

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**ESCALAS ESPACIAIS E USO DE INDICADORES BENTÔNICOS NA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM RESERVATÓRIO
TROPICAL**

RAFAELA LIMA DE FARIAS

CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO DE 2014

Universidade Estadual da Paraíba
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação

**ESCALAS ESPACIAIS E USO DE INDICADORES BENTÔNICOS NA
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM RESERVATÓRIO
TROPICAL**

Rafaela Lima de Farias

Orientador: Prof. Dr. Marcos Callisto – UFMG

Co-Orientadora: Profa. Dra. Joseline Molozzi - UEPB

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

Campina Grande – PB
Fevereiro de 2014

F224e Farias, Rafaela Lima de.

Escalas espaciais e uso de indicadores bentônicos na avaliação da qualidade ambiental em um reservatório tropical [manuscrito] /

Rafaela Lima de Farias. - 2014.

54 p. : il.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Marcos Callisto, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação".

"Co-Orientação: Profa. Dra. Joseline Molozzi, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação".

1. Qualidade ambiental. 2. Macroinvertebrados bentônicos. 3. Ecossistema aquático. 4. Qualidade da água. I. Título.

21. ed. CDD 577.6

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Capítulo I

Figura 1. Localização do reservatório de Volta Grande (MG/SP) e estações de amostragem.....18

Figura 2: Classificação dos sítios de amostragem nos níveis de distúrbio quanto ao uso e ocupação do solo (A) e integridade da mata ciliar (B) no reservatório de Volta Grande (MG/SP).....19

Figura 3: Distribuição das espécies exóticas de moluscos: *Corbicula fluminea* (A), *Melanoides tuberculatus* (B), *Limnoperna fortunei* (C) ao longo do reservatório de Volta Grande (MG/SP), coletados em maio de 2012.....20

Capítulo II

Figura 1: Rede amostral no reservatório de Volta Grande (MG/SP), bacia do rio Grande.....26

Figura 2: Modelo conceitual do plano de perturbação cujos eixos representam a perturbação observada em escala local e regional. X: distância euclidiana entre o ponto “A” e a origem dos eixos..... 29

Figura 3: Distribuição (medianas e quartis) dos valores das métricas de habitat físico relacionadas ao distúrbio humano na zona ripária (RDIS_IXrip) e inundável (RDIS_IXinund) do reservatório de Volta Grande (MG/SP)..... 30

Figura 4: Análise de Agrupamento das estações de amostragem de acordo com os Índices de Distúrbios nas escalas Local e Regional.....32

Figura 5: Distribuição dos locais amostrados no plano de perturbação segundo os valores de IDL e IDR ponderados. Linha contínua: Médio Distúrbio. Linha pontilhada: Alto Distúrbio.....32

Figura 6: Gradiente de perturbação no reservatório de Volta Grande (MG/SP), representado por valores ascendentes do Índice de Distúrbio Integrado (IDI).....33

Tabela 1. Resultado da regressão linear múltipla entre os índices de distúrbio e as métricas biológicas de macroinvertebrados coletados com draga e *kicking-net* no reservatório de Volta Grande (MG/SP).....33

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO I: Degradação ambiental e distribuição de espécies exóticas de moluscos em um reservatório no cerrado	16
Estudo de caso	17
Considerações finais e recomendações	21
CAPÍTULO II: Escalas espaciais e uso de indicadores bentônicos na avaliação da qualidade ambiental em um reservatório tropical	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1. Área de Estudo e desenho amostral.....	25
2.2. Escala regional: Uso e ocupação do solo	26
2.3. Escala local: Habitats físicos.....	26
2.4. Mensuração dos parâmetros limnológicos de água e sedimento.....	27
2.5. Macroinvertebrados bentônicos	27
2.6. Análise de dados.....	28
<i>Gradiente de distúrbio</i>	28
<i>Métricas biológicas e índices de distúrbios</i>	29
3. RESULTADOS	30
3.1. Escala regional: Uso e ocupação do solo	30
3.2. Escala local: Habitats físicos.....	30
3.3. Parâmetros limnológicos na água e sedimento	31
3.4. Macroinvertebrados bentônicos	31
3.5. Índices de distúrbio local e regional no gradiente de perturbação	31
3.6. Métricas biológicas e índices de distúrbios.....	33
4. DISCUSSÃO.....	34
5. REFERÊNCIAS	36
CONCLUSÕES.....	42
PERSPECTIVAS FUTURAS	43

AGRADECIMENTOS

À CEMIG (Programa Peixe Vivo) pelo financiamento do projeto IBI, ao qual essa dissertação faz parte e por fornecer minha bolsa de mestrado.

À FAPEMIG e CNPq pelos apoios financeiros.

Ao meu orientador, Marcos Callisto, pela oportunidade de trabalhar no Laboratório de Ecologia de Bentos - UFMG, pela ótima recepção em BH, pelos ensinamentos acadêmicos e conversas informais, serei sempre grata!

À minha co-orientadora, Joseline Molozzi, por me receber de braços abertos em Campina Grande, pela orientação e auxílio em uma das fases decisivas do mestrado, pelos momentos de descontração e por ser tão atenciosa!

Aos meus amigos do Laboratório de Ecologia de Bentos - UFMG, pelo acolhimento e ótima convivência dentro e fora da Universidade; minha estadia em BH se tornou bem mais leve ao lado de vocês!

À Letícia, Bárbara e Isabela, pelo apoio na construção deste trabalho, juntas formamos uma verdadeira equipe: o “Bonde do Reservatório”!

Aos meus colegas de Campina Grande, pela convivência durante o último ano, em especial à Raiane, Climélia, Cíntia, Lúgia e Rebeca por serem tão queridas!

À minha “Maria”, Laryssa, pela companhia durante toda a caminhada acadêmica, por não ser apenas uma colega de trabalho, mas uma amiga!

Ao Diogo, pelos últimos seis anos, superando as dificuldades e vencendo os desafios, sempre ao meu lado.

Aos meus queridos pais e irmãos, pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões; a vocês dedico este trabalho!

RESUMO

Considerar as várias escalas espaciais na caracterização de condições ecológicas de ecossistemas aquáticos é uma abordagem importante na avaliação de qualidade ambiental em bacias hidrográficas. Este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade ambiental de um reservatório quanto aos níveis de distúrbios em diferentes escalas espaciais, além de avaliar a influência dos distúrbios na comunidade de macroinvertebrados bentônicos bioindicadora de qualidade de água. A coleta de dados foi realizada em 40 estações amostrais equidistantes ao longo da região litorânea do reservatório, no período seco de 2012. Em cada local foram avaliados aspectos de uso e ocupação do solo, caracterização física de habitats, parâmetros físicos e químicos de qualidade de água na coluna d'água e sedimento. Análises multivariadas (Cluster e PERMANOVA) foram utilizadas para avaliar os sítios amostrados quanto aos níveis de distúrbios em macro (uso do solo no entorno), meso (métricas de habitats físicos) e microescalas (parâmetros limnológicos). Para definir quantitativamente os níveis de distúrbios foram utilizados os índices de Distúrbio Regional (IDR), de Distúrbio Local (IDL) e o Integrado de Distúrbio (IDI). A estimativa dos usos do solo no entorno do reservatório caracterizou áreas com alto, médio e baixo graus de distúrbios. As métricas de habitats físicos permitiram a classificação das estações amostrais em apenas dois grupos: alto e médio distúrbios. Como os parâmetros limnológicos (água e sedimento) e biológicos não variaram na região litorânea do reservatório, não foi possível a classificação em grupos de distúrbios com base nesses dados. Os valores dos Índices de Distúrbios (IDR, IDL e IDI) indicaram um forte gradiente de perturbação no reservatório. Contudo, as métricas biológicas não mostraram relação com este gradiente. A avaliação ambiental em diferentes escalas de observações permitiu a classificação dos locais de amostragem quanto aos níveis de distúrbios nas duas abordagens (macro/meso escalas e índices de distúrbios). Porém, a comunidade bentônica sob a perspectiva de bioindicadora não respondeu de forma significativa a essa classificação. Futuros estudos devem considerar a utilização de diferentes escalas de observação e métricas biológicas bioindicadoras como ferramentas em avaliações ambientais de reservatórios, no intuito de validar metodologias eficazes e propor medidas de conservação desses sistemas.

Palavras-chave: reservatório, distúrbio humano, bioindicadores, Chironomidae, espécies exóticas.

ABSTRACT

Consider the various spatial scales to characterize ecological conditions of aquatic ecosystems is an important approach in the evaluation of environmental quality in watersheds. This study aimed to evaluate the environmental quality of a reservoir regarding levels of disturbance at different spatial scales besides to evaluate the influence of disturbances on the benthic macroinvertebrate community bioindicator of water quality. Data collection was performed in 40 equidistant sampling stations in the coastal area of the reservoir during the dry season of 2012. At each location aspects of use and occupation, physical characterization of habitats, physical and chemical parameters of the water column and sediment were evaluated. Multivariate analyzes (Cluster and PERMANOVA) were used to evaluate the sites sampled for levels of disturbances in macro (land use surrounding), meso (physical habitat metrics) and microescalas (limnological parameters). To define quantitatively the levels of disturbance the indices of Local Disturbance (IDL), Regional Disturbance (IDR) and the Integrated Disturbance (IDI) were used. The estimate of land use around the reservoir characterized the areas with high, medium and low degrees of disturbance. The metrics of physical habitats allowed the classification of sampling stations in just two groups: high and medium disturbances. As the limnological parameters (water and sediment) and biological did not vary in the coastal area of the reservoir, it was not possible to classify into groups of disturbance based on these data. The values of the indices of Disturbance (IDL, IDI and IDR) indicated a strong gradient of disturbance in the reservoir. Environmental assessment at different scales of observations allowed the classification of sampling sites regarding levels of disturbances in the two approaches (macro/meso scales and indices of disturbance). However, the benthic community from the perspective of bioindicator did not respond significantly to this classification. Future studies should consider the use of different scales of observation and biological metrics bioindicators as tools for environmental assessments of reservoirs in order to validate methodologies and propose effective measures for maintaining these systems.

Keywords: environmental quality, reservoir, human disturbance, bioindicators, Chironomidae, exotic species.

APRESENTAÇÃO

Essa dissertação é composta por dois capítulos. O Capítulo I refere-se ao manuscrito de divulgação que traz os resultados obtidos através da abordagem em macro (uso do solo), meso (habitats físicos) e microescalas (parâmetros limnológicos) espaciais. Estes resultados serão divulgados à sociedade em geral, como parte de um livro a ser editado pela CEMIG. O Capítulo II refere-se ao manuscrito científico a ser submetido à revista *Limnologica*, que traz os resultados obtidos através da abordagem dos Índices de Distúrbio em escalas Regional (IDR) e Local (IDL).

INTRODUÇÃO GERAL

Reservatórios são ecossistemas aquáticos artificiais, complexos e dinâmicos, criados a partir do barramento de um rio para fins econômicos e sociais (PRADO, 2002), tais como, geração de energia elétrica, abastecimento, irrigação, navegação, controle de enchentes, recreação, entre outros (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2003; ARTHINGTON *et al.*, 2010; POFF *et al.*, 2010). Possuem características distintas em sua paisagem, sendo muitas vezes caracterizados pela presença de atividades humanas desordenadas no seu entorno (TUNDISI, 2006) como urbanização, agricultura e atividades industriais (FORE *et al.*, 1994; KLEMM *et al.*, 2003). Tais atividades contribuem para o assoreamento do ecossistema, reduzindo a heterogeneidade de substratos e a disponibilidade de habitats para a biota, tendo como consequência a perda de biodiversidade (AGOSTINHO *et al.*, 2007a).

Em geral, os reservatórios impulsionam o desenvolvimento econômico regional, estimulam a migração de populações humanas e promovem uma reorganização da sociedade local (TUNDISI *et al.*, 2008). Apesar da sua reconhecida importância econômica e social, a construção de reservatórios promove alterações ambientais em larga escala em sua bacia hidrográfica (TUNDISI, 1999), incluindo a perda e fragmentação de habitats (SANTOS *et al.*, 2008), introdução de espécies exóticas (AGOSTINHO *et al.*, 2007b; TUNDISI, 2008) e extinção de espécies nativas (BAILEY, 1996; POSTEL, 1998; DUDGEON *et al.*, 2006).

As mudanças ocorridas no ambiente podem ser avaliadas por meio de análises das variáveis físicas e químicas que permitem a quantificação das alterações nas propriedades da água (CORTES *et al.*, 2002). Contudo, esses dados fornecem apenas um retrato momentâneo de uma situação dinâmica, uma vez que podem apresentar variação espacial (WHITFIELD, 2001). Nos últimos anos, estudos em bacias hidrográficas têm utilizado abordagens biológicas, como ferramenta nas avaliações ambientais (HUGHES *et al.*, 1999; LOEB & SPACIE, 1994; MOLOZZI *et al.*, 2012; FEIO *et al.*, 2013); através da análise de respostas dos organismos (BONADA *et al.*, 2006).

Os organismos podem apresentar dois tipos de respostas frente a condições adversas: morte (sensibilidade) ou adaptação (tolerância) (CALLISTO *et al.*, 2005). Com isso, os bioindicadores são espécies, populações ou comunidades biológicas que indicam a magnitude dos impactos no ambiente por meio de sua presença, densidade e distribuição (WASHINGTON, 1984; BONADA *et al.*, 2006; ESTEVES *et al.*, 2011). Abordagens multimétricas das respostas dos organismos podem ser usadas como índices bióticos em

avaliações ambientais, de acordo com os diferentes graus de seletividade de habitats e de tolerância à poluição (ARMITAGE *et al.*, 1987; BARBOUR *et al.*, 1996; BAPTISTA *et al.*, 2007; FEIO *et al.*, 2009).

Entre os componentes biológicos de um ecossistema aquático, os macroinvertebrados bentônicos estão entre os mais utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental (BONADA *et al.*, 2006; MERRIT *et al.*, 2008; HOLT & MILLER, 2011). Diversas vantagens podem ser atribuídas à utilização de invertebrados bentônicos em estudos ambientais, dentre as quais se destacam: o comportamento sedentário, presença de táxons cosmopolitas, ciclo de vida longo e capacidade de reação aos impactos nos diferentes compartimentos do ecossistema aquático, amplificando o espectro das respostas ao ambiente (ROSENBERG, 1998; CAREW *et al.*, 2007). Além disso, esses organismos integram as condições ambientais ao longo da vida, permitindo uma avaliação mais eficiente das alterações esporádicas, cumulativas e crônicas do ambiente (BARBOUR *et al.*, 1995; GORNI & ALVES, 2012).

A composição e distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos são determinadas por características ambientais associadas a fatores locais (p.ex. granulometria do sedimento, oxigênio dissolvido, interações ecológicas) (BISPO & OLIVEIRA, 2007; COWELL & RANGEL, 2009) e regionais (p.ex. uso do solo, geomorfologia, altitude) (LI *et al.*, 2001; MISERENDINO *et al.*, 2011). Com isso, as comunidades aquáticas em um local são produtos de uma série de processos que ocorrem num intervalo de pequenas a grandes escalas espaciais (TONN, 1990; POFF, 1997).

Embora seja conhecida a importância dos processos vigentes em múltiplas escalas na estruturação de comunidades aquáticas, poucos estudos têm relatado a importância de ambos os fatores locais e regionais sobre a estrutura e função de assembleias (ORMEROD E WATKINSON, 2000; JOHNSON *et al.*, 2004; LIGEIRO *et al.*, 2013). O conhecimento da interação entre a escala ecológica e a composição de comunidades bentônicas é necessário para detectar e interpretar de forma mais eficaz as alterações na biodiversidade, melhorando assim o conhecimento sobre as resposta do ambiente (resistência e resiliência) frente a perturbações naturais ou antrópicas (JOHNSON *et al.*, 2004; LIGEIRO *et al.*, 2013).

Este estudo buscou responder à pergunta “A comunidade bentônica nos trechos amostrados varia conforme os níveis de distúrbios em diferentes escalas”? Foi testada a seguinte hipótese: há uma relação de dependência entre intensidade de distúrbios nas escalas observadas e abundância dos grupos de macroinvertebrados resistentes a alterações antrópicas. O objetivo foi avaliar a qualidade ambiental de um reservatório quanto aos graus

de distúrbios regionais e locais, bem como a influência desses fatores nas assembleias de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores.

Esta dissertação faz parte de um projeto maior intitulado: “*Desenvolvimento de Índices de Integridade Biótica para avaliação de qualidade ambiental e restauração de habitats em áreas de soltura de alevinos*” que conta com a colaboração de pesquisadores de uma rede de instituições incluindo Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e Universidade Estadual da Paraíba, em parceria com pesquisadores da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) e da Oregon State University. Este amplo projeto é financiado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), através do Programa Peixe Vivo.

REFERÊNCIAS

- ARMITAGE, P. D.; GUNN, R. J. M.; FURSE, M. T.; WRIGHT, J. F. & MOSS, D. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. **Hidrobiologia**, v.144, p. 25-32, 1987.
- ARTHINGTON, A.H.; NAIMAN, R.J.; MCCLAIN, M.E. & NILSSON, C. Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. **Freshwater Biology**, v.55, p.1–16, 2010.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. & PELICICE, F.M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatório do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007a. 501p.
- AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M.; PETRY, A.C.; GOMES, L.C.; JÚLIO JR., H.F. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v.10, p.174–186, 2007b.
- BAILEY, R.G. Changes in the fish and fisheries ecology of a large man-made lake in Tanzania, 1965-94. **Fisheries Management and Ecology**, v.3, n.3, p.25-260, 1996.
- BARBOUR, M.T.; STRIBLING, J.B. & KARR, J.R. Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. In: DAVIS, W.S. & SIMON, T.P. (Eds.) **Biological assessment and criteria. Tools for Water Resource Planning and Decision Making**, Boca Raton: Lewis Publishers, p.63-77, 1995.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; GRIFFITH, G.E.; FRYDENBORG, R.; Mc CARRON, E.; WHITE, J.S. & BATIAN, M.L. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological**, v.5, p.179-184, 1996.
- BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; EGLER, M.; GIOVANELLI, A.; SILVEIRA, M. P. & NESSIMIAN, J.L. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia**, v.575, p.83–94, 2007.
- BISPO, P.C. & OLIVEIRA, L.G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.2, p.283-293, 2007.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.H. & STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v.51, p. 495-523, 2006.
- CAREW, M.E.; PETTIGROVE, V.; COX, R.L., & HOFFMANN, A.A. The response of Chironomidae to sediment pollution and other environmental characteristics in urban wetlands. **Freshwater Biology**, v.52, p.2444-2462, 2007.
- CORTES, R.; PINTO, P.; FERREIRA, M. T. & MOREIRA, I. Qualidade biológica dos ecossistemas fluviais. In: MOREIRA, I.; FERREIRA, M.T.; CORTES, R. M. V.; PINTO, P.

& ALMEIDA, P.R. (Eds) **Ecosystemas Aquáticos e Ribeirinhos, Ecologia, Gestão e Conservação**. Instituto da Água, Direção de Serviços do Planeamento, v.9, p. 3-26, 2002.

COWELL, R.K. & RANGEL, T.F. Hutchinson's duality: the once and future niche. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p.1-8, 2009.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A.H.; GESSNER, M.O.; KAWABATA, Z.I.; KNOWLER, D.J.; LEVEQUE, C.; NAIMAN, R.J.; PRIEUR-RICHARD, A.H.; SOTO, D.; STISSNY, M.L.J.; SULLIVAN, C.A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v.81, p.163-182, 2006.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência/FINEP, 2011, 790p.

FEIO, M.J.; NORRIS, R.H.; GRAÇA, M.A.S & NICOLS, S. Water quality assessment of Portuguese streams: regional or national predictive models? **Ecological Indicators**, v.9, n.4, p. 791-806, 2009.

FEIO, M.J.; FERREIRA, W.R.; MACEDO, D.R.; ELLER, A.P.; ALVES, C.B.M.; FRANÇA, J.S. & CALLISTO, M. Defining and testing targets for the recovery of tropical streams based on macroinvertebrate communities and biotic conditions. **River Research and Applications**, 2013.

FORE, L.S.; KARR, J.R.; CONQUEST, L.L. Statistical properties of and index of biological integrity used to evaluate water resources. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.51, p.1077–1087, 1994.

GORNI, G.R. & ALVES, R.G. Oligochaetes (Annelida, Clitellata) in an neotropical stream: a mesohabitat approach. **Iheringia, Série Zoologia**, v.102, p.106-110, 2012.

HOLT, E.A. & MILLER, S.W. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. **Nature Education Knowledge**, v.3, n.10, p.8, 2011.

HUGHES, R.M. *Et al.* Development of lake condition indicators for EMAP 991 Pilot, p.7-90. In: LARSEN, D. P. & CHRISTIE, S. J. (Eds), **EMAP-Surface Waters 1991 Pilot Report**. EPA/620/R-93/003. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 1999.

JOHNSON, R.K.; GOEDKOOP, W. & SANDIN, L. Spatial scale and ecological relationships between the macroinvertebrate communities of stony habitats of streams and lakes. **Freshwater Biology**, v.49, p.1179–1194, 2004.

KLEMM, D.J.; BLOCKSOM, F.A.; FULK, A.T.; HERLIHY, R.M. Development and evaluation of a macroinvertebrate biotic integrity index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic highlands streams. **Environmental Management**, v.31, p.656–669, 2003.

LIGEIRO, R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; MACEDO, D. R.; FIRMIANO, K. R.; FERREIRA, W.; OLIVEIRA, D.; MELO, A. S. & CALLISTO, M. Defining quantitative

stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. **Ecological Indicators**, v.25, p.45-57, 2013.

LI, J.; HERLIHY, A.; GERTH, WILLIAM;KAUFMANN, P; GREGORY, S.; URQUHART, S. & LARSEN, D.P. Variability in stream macroinvertebrates at multiple spatial scales. **Freshwater Biology**, v.46, p. 87–97, 2001.

LOEB, S.L. & SPACIE, A. Biological monitoring of aquatic systems. Boca Raton: Lewis, 1994.

MERRIT, R.W.; CUMMINS, K.W. & BERG, M.B. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 2008, 1158p.

MISERENDINO, M.L.; CASAUX, R.; ARCHANGELSKY, M.; DI PRINZIO, C.Y.; BRAND, C. & KUTSCHKER, A.M. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. **Science of the Total Environment**, v.409, p.612- 624, 2011.

MOLOZZI, J.; FEIO, M.J.; SALAS, F.; MARQUES, J.C. & CALLISTO, M. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. **Ecological Indicators**, v.23, p.155–165, 2012.

ORMEROD, S. J. & WATKINSON, A.R. Large-scale ecology and hydrology: an introductory perspective from the editors of the Journal of Applied Ecology. **Journal of Applied Ecology**, v.37, p.1–5, 2000.

POFF, N.L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the North American Benthological Society**, v.16, p.391–409, 1997.

POFF, N. L.; RICHTER, B.D; ARTHINGTON, A. H.; BUNN, S.E.; NAIMAN, R.J.; KENDY, E.; ACREMAN, M.; APSE, C.; BLEDSOE, B.P.; FREEMAN, M.C.; HENRIKSEN, J.; JACOBSON, R.B.; KENNEN, J.G.; MERRITT, D.M.; O'KEEFE, J. H.J.; OLDEN, D.; ROGERS, K.R.; THARME, E. & WARNER, A. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. **Freshwater Biology**, v.55, p. 147–170, 2010.

POSTEL, S.L. Water for food production: will there be enough in the 2025? **BioScience**, v.48, n.8, p. 629-637, 1998.

PRADO, R.B. Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água. In: **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado**. RiMa, São Carlos, SP, 2002.

ROSENBERG, D.M. A National Aquatic Ecosystem Health Program for Canada: We should go against the flow. **Bulletin of the Entomological Society of Canada**, v.30, p.144-152, 1998.

SANTOS, M.J.; PEDROSO, N.M.; FERREIRA, J.P.; MATOS, H.M.; SALES-LUÍS, T.; PEREIRA, I.; BALTAZAR, C.; GRILO, C.; CÂNDIDO, A.T.; SOUSA, I. & SANTOS-REIS, M. Assessing dam implementation impact on threatened carnivores: the case of Alqueva in SE Portugal. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 142, p.47-64, 2008.

TONN, W.M. Climate change and fish communities: a conceptual model approach. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.119, p. 337–352, 1990.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como ecossistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed). **Ecologia de Reservatório: estrutura, função e aspectos sociais**. São Paulo: FAPESP-FUNDIBIO, p.19-38, 1999.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. **Hydrobiologia**, v.500, p. 231–242, 2003.

TUNDISI, J.G. Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Reservatórios-Estudo de Caso e Perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G., HENRY, R. & JORCIN, A. (Eds.). **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: RIMA, v.2, p.1-21, 2006.

TUNDISI, J. G. Water Resources in the Future: problems and solutions. **Estudos Avançados** (USP. Impresso), v. 22, p. 07-16, 2008.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

WASHINGTON, H.G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research**, v.18, p.653-694, 1984.

WHITTFIELD, J. Vital Signs. **Nature**, v.411, n.28, p. 989-990, 2001.

CAPÍTULO I

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS DE MOLUSCOS EM UM RESERVATÓRIO NO CERRADO

FARIAS, R. L.^{1,2}, MOLOZZI, J.² & CALLISTO, M.¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia de Bentos, CEP 31270-901, Belo Horizonte-MG, Brasil.

² Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas. Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia de Bentos, CEP 58429-500, Campina Grande-PB, Brasil.

Espécies exóticas, não nativas ou introduzidas, são encontradas fora de sua área de distribuição natural. Quando a espécie estabelecida interfere na capacidade de sobrevivência de outras espécies, ou quando causa impactos mensuráveis na economia e até mesmo na saúde humana são consideradas como espécies exóticas invasoras. No último caso, podem levar à extinção as espécies nativas através da predação direta ou competição por recursos.

Introduções intencionais de espécies são motivadas por diversas razões sejam de cunho social, econômico e até ambiental. Espécies são introduzidas para ornamentar praças e jardins, para uso na agropecuária, como alternativa de renda e subsistência para populações de baixa renda, para controle biológico de pragas e por outras razões. No Brasil, a introdução de espécies exóticas, notadamente moluscos, tem sido intensificada nas últimas décadas, motivada principalmente por interesses econômicos relacionados ao cultivo mariscos, ostras e caracóis. Contudo, a introdução acidental representa igualmente um importante fator na disseminação de moluscos, que podem migrar aderidos a carrocerias de automóveis, máquinas ou equipamentos, bem como em água de lastro, cascos de embarcações, plantas ornamentais e insumos agrícolas.

A criação de um reservatório pode alterar a condição dos parâmetros físicos e químicos e conseqüentemente, promover o desaparecimento ou proliferação de espécies e estabelecimento de organismos exóticos invasores. Além disso, atividades humanas sem planejamento nas áreas de entorno desses ecossistemas aquáticos é mais um fator que altera as condições ambientais, favorecendo a permanência e proliferação de organismos resistentes a tais condições, que podem ser usados como indicadores biológicos.

O filo Mollusca é o segundo maior entre os animais, perdendo apenas para os artrópodes (insetos, aracnídeos, crustáceos etc). Podem ser encontrados em quase todos os tipos de habitats terrestres, de água doce ou oceânicos. São popularmente conhecidos, como caracóis, caramujos, lesmas, ostras, mariscos, lulas e polvos. De uma forma geral, os moluscos podem ser divididos em gastrópodes (caracóis e lesmas), cefalópodes (polvos e lulas) e bivalves (ostras, mexilhões e mariscos). Estes grupos são os mais representativos em abundância e número de espécies, apresentando grande importância para economia e saúde humana. Dentre os organismos indicadores de degradação ambiental os moluscos assumem papel de destaque porque são capazes de acumular em seus tecidos metais pesados e outros poluentes. São fundamentais na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica, além de servir como fonte alimentar para peixes, aves e humanos.

Estudo de caso

Com o objetivo de avaliar a distribuição de espécies exóticas de moluscos e sua provável relação com a degradação ambiental em um reservatório tropical, foram mensurados dados físicos químicos e biológicos em 40 sítios amostrais na região litorânea do reservatório de Volta Grande, bacia do rio Grande, em maio de 2012.

Volta Grande localiza-se na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, sendo circundado pelas cidades de Água Comprida (MG), Conceição das Alagoas (MG) e Miguelópolis (SP). Tem como característica principal o baixíssimo tempo de residência de apenas 21 dias. Juntamente com outros 10 reservatórios, Volta Grande forma um sistema de reservatórios em cascata na bacia do rio Grande para fins de geração de energia elétrica (Figura 1).

Foram realizadas avaliações de uso e ocupação do solo no entorno, extensão da mata ciliar e mensuração de parâmetros limnológicos na água e sedimento para caracterizar os 40 sítios amostrais de acordo com os níveis de distúrbios (alto, médio e baixo). Além disso, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi avaliada com ênfase nas espécies exóticas de moluscos.

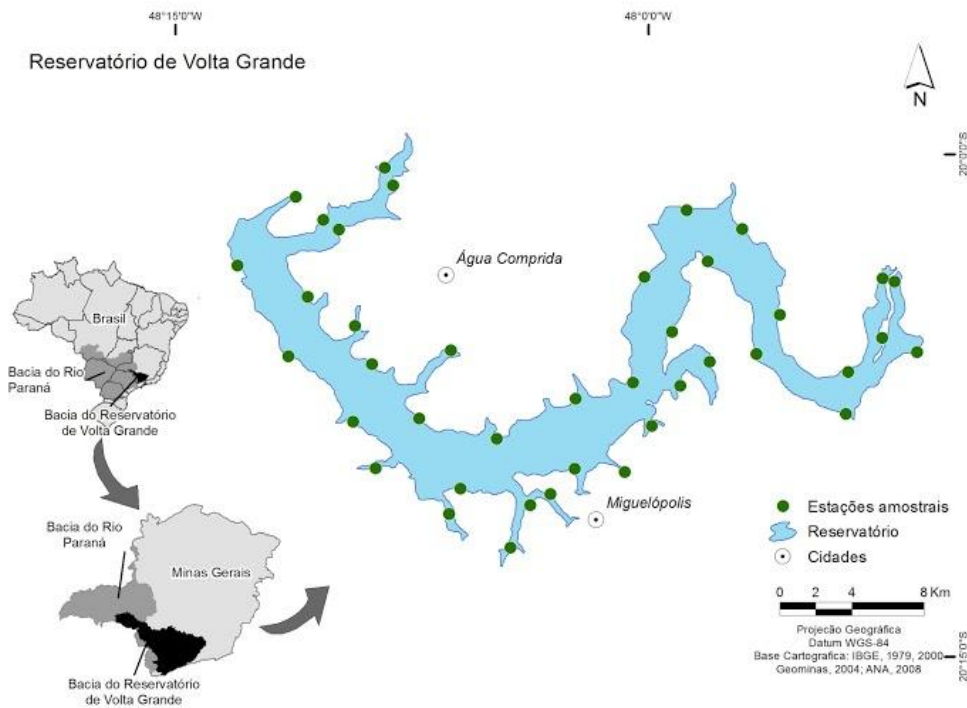


Figura 1. Localização do reservatório de Volta Grande (MG/SP) e estações de amostragem.

De acordo com o uso e ocupação do solo em um raio de 500m de cada sítio amostral, foi possível classificar os locais nos três níveis de distúrbios: alto, médio e baixo (Figura 2a); locais de maior distúrbio foram caracterizados pelo predomínio de agricultura ($\geq 70\%$), com parcelas menores de mata e campo. Em relação à estrutura do habitat na margem, os sítios foram classificados em dois níveis de distúrbios: alto e médio (Figura 2b). Nesse caso, locais de maior distúrbio foram caracterizados pela influência de atividades humanas como presença de lixo, construções, estradas etc. No entanto, não foi possível classificar os sítios amostrais com base nos dados limnológicos de água e sedimento, pois os parâmetros mensurados não variaram ao longo do reservatório.

Três espécies de moluscos exóticos foram encontradas no reservatório de Volta Grande: *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774), *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) e *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857).

Melanooides tuberculatus é um gastrópode nativo do sul da Ásia e leste da África, tendo uma ampla distribuição geográfica em função de suas invasões em outros continentes. No Brasil o primeiro registro da espécie ocorreu no município de Santos-SP em 1967 e atualmente encontra-se distribuída em 17 estados e no Distrito Federal.

Corbicula fluminea é um bivalve originário da Ásia e sudeste da Rússia, introduzido na América do Norte como alimento pelos chineses, na década de 20. No Brasil, esta espécie foi registrada na bacia do rio Paraná desde 1990 onde se espalhou por mais oito estados.

Uma das mais expressivas ocorrências de bioinvasão no Brasil está relacionada à introdução do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*). Originário do sudeste asiático foi registrado na América do Sul pela primeira vez na Argentina, em 1991. No Brasil, essa espécie foi registrada em 1998, no Sul do país. A introdução do mexilhão dourado motivou discussões de autoridades e da comunidade científica quanto aos problemas associados à água de lastro, pois sua dispersão no ambiente natural está geralmente associada ao trânsito de embarcações.

Os moluscos exóticos no reservatório hidrelétrico de Volta Grande tiveram uma alta representatividade sobre a comunidade bentônica (80,6%) e ampla distribuição ao longo do reservatório (90% dos locais), com exceção de *Limnoperna fortunei* que ocorreu em apenas 27,5% da região litorânea (Figura 3c). Desses, uma maior abundância (<50%) foi registrada em dois locais classificados pelo uso e ocupação do solo em baixo e médio distúrbio. Tais sítios se localizam na parte mediana do reservatório; sendo o primeiro na margem paulista, próximo à Miguelópolis e o segundo na margem mineira, próximo à Água Comprida.

Corbicula fluminea e *Melanoides tuberculatus* apresentaram distribuições semelhantes no reservatório e suas maiores abundâncias (<50%) foram associadas aos locais com alto e médio distúrbios em macro escala (Figuras 3 a, b). Apesar disso, em alguns sítios com baixo distúrbio foi observada maior abundância desses moluscos exóticos (7,5% dos sítios amostrados).

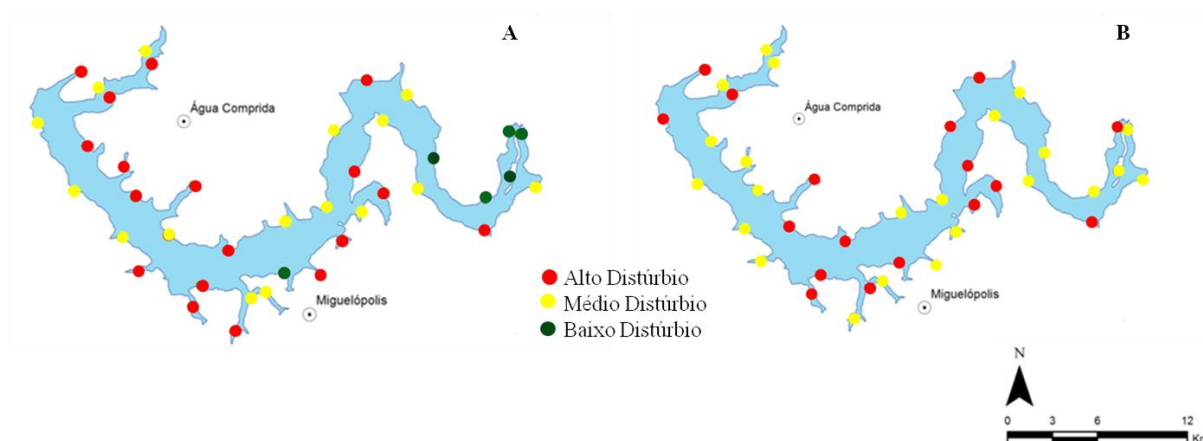


Figura 2. Classificação dos sítios de amostragem nos níveis de distúrbio quanto ao uso e ocupação do solo (A) e estrutura do habitat na margem (B) no reservatório de Volta Grande (MG/SP).

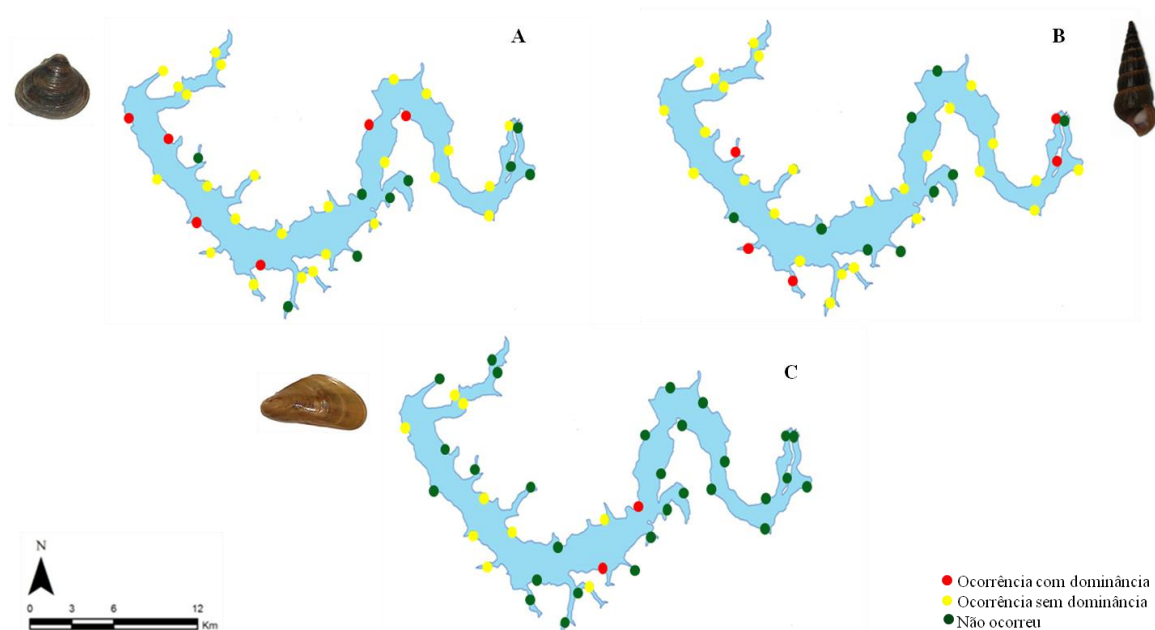


Figura 3. Distribuição das espécies exóticas de moluscos: *Corbicula fluminea* (A), *Melanoides tuberculatus* (B), *Limnoperna fortunei* (C) ao longo do reservatório de Volta Grande (MG/SP), coletados em maio de 2012.

Em uma menor escala de observação (mesoescala) nenhum dos sítios amostrados foi classificado em baixo distúrbio. Com isso, em relação à extensão da mata ciliar, as maiores densidades de moluscos exóticos foram associadas aos locais com maior degradação ambiental (alto e médio distúrbios).

Normalmente, em áreas naturais, as espécies exóticas ocorrem em baixas densidades; ficando sua ocorrência quase que restrita a áreas urbanas ou de agricultura. Volta Grande é um reservatório urbano e sob intensas atividades agrícolas no seu entorno. A degradação de condições ambientais na área pode ter facilitado o estabelecimento de moluscos exóticos e o distúrbio elevado em alguns locais, favorecido sua dominância sobre os outros componentes da comunidade bentônica. *Melanoides tuberculatus*, assim como o *Corbicula fluminea*, são comuns em reservatórios e suas maiores densidades estão associadas a ambientes impactados com elevada quantidade de matéria orgânica. Podem ser encontrados em rios e riachos a jusante desses sistemas e em ambientes naturais, porém, em baixas densidades.

Além do desequilíbrio ecológico, o adensamento de moluscos exóticos em reservatórios traz problemas de ordem econômica. O *Limnoperna fortunei* possui uma estrutura proteica chamada bisso que permite a fixação do molusco sobre substratos firmes formando grandes aglomerações ou incrustações. O *Corbicula fluminea* também forma incrustações tornando-se mais um fator preocupante, quando muito abundantes. Quando a

água é captada de rios, riachos e reservatórios, as larvas são introduzidas nas usinas, onde crescem e se multiplicam, entupindo os sistemas coletores de água, canalizações e refrigeradores das hidrelétricas. A parada destas unidades para a retirada dos aglomerados de moluscos e consequente desentupimento gera despesas consideráveis na casa dos milhões de reais, em apenas um dia.

Considerações finais e recomendações

A ocorrência de espécies exóticas é considerada a segunda principal causa da perda de biodiversidade no planeta, causando o desequilíbrio ecológico de ecossistemas e a eliminação de espécies nativas. Estão também ligadas a danos econômicos e sociais associados com a diminuição da produção e saúde pública.

A degradação ambiental na bacia hidrográfica de empreendimentos hidrelétricos pode ser uma aliada no estabelecimento, proliferação e permanência de espécies exóticas nos ecossistemas aquáticos, pois favorece as espécies mais resistentes, contribuindo para a homogeneização da biota.

Dessa forma, programas de controle e erradicação de espécies invasoras em águas brasileiras precisam ser desenvolvidos na tentativa de contornar a situação alarmante em que o país se encontra em relação a organismos invasores. Tais programas devem incluir uma análise de risco levando em conta o custo-benefício das ações, os impactos ao sistema natural e os impactos sociais e econômicos.

Além disso, a qualidade ambiental também deve ser avaliada e, como consequência, medidas de reabilitação (recuperação de parte das funções ecossistêmicas e das espécies nativas) ou restauração (restabelecimento da condição original do local) devem ser realizadas como uma ferramenta adicional ao controle da bioinvasão e propagação de espécies exóticas.

Bibliografia sugerida

MANSUR, M.C.D. *et al.* Moluscos límnicos invasores do Brasil. Biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.

OLIVEIRA, A.E.S.; PEREIRA, D.G. Erradicação de espécies exóticas invasoras: múltiplas visões da realidade brasileira. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n.21, p.173-181, 2010.

SILVA, E.C. & BARROS, F. Macrofauna bentônica introduzida no Brasil: Lista de espécies marinhas e ducícolas introduzidas. **Oecologia Australis**, v.15, n.2, p.326-344, 2011.

CAPÍTULO II

ESCALAS ESPACIAIS E USO DE INDICADORES BENTÔNICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM RESERVATÓRIO TROPICAL

FARIAS, R. L.^{1,2}, MOLOZZI, J.² & CALLISTO, M.¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Laboratório de Ecologia de Bentos, CEP 31270-901, Belo Horizonte-MG, Brasil.

² Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas. Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia de Bentos, CEP 58429-500, Campina Grande-PB, Brasil.

RESUMO

Estudos de avaliação de qualidade ambiental em bacias hidrográficas integram aspectos físicos, químicos e biológicos ao longo de um gradiente contínuo de perturbações humanas. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade ambiental de um reservatório quanto aos níveis de distúrbios local e regional, bem como, a influência desses fatores na comunidade de macroinvertebrados bentônicos bioindicadoras de qualidade de água. A avaliação ambiental foi realizada em 40 estações amostrais na região litorânea do reservatório, sendo baseada em avaliações do uso e ocupação do solo e mensuração de métricas de habitat físico, relacionadas com a intensidade e a extensão das pressões antrópicas. Foram calculados índices de distúrbio em escala regional (IDR) e local (IDL); além da combinação destes índices (IDI). Nenhum dos sítios se mostrou próximo à origem no plano de perturbação, em consequência dos altos valores de IDR e IDL, o que indica um forte gradiente de distúrbios no ecossistema. Este padrão é resumido pelos altos valores de IDI (a partir de 0,6) que se apresentaram em ordem crescente ao longo do reservatório. Não foi encontrada relação de dependência entre as métricas biológicas e os níveis de distúrbios nas escalas local e regional ($p > 0,05$). A avaliação ambiental em diferentes escalas de observação permitiu a classificação dos locais de amostragem quanto à intensidade dos distúrbios. Porém, as assembleias bentônicas sob a perspectiva de bioindicadoras não responderam a essa classificação. Fatores como a baixa variação dos parâmetros físicos e químicos, associados com a degradação ambiental no reservatório, podem ter contribuído para uma maior homogeneização da biota, mascarando suas respostas frente ao gradiente de perturbação.

Palavras-chave: empreendimentos hidrelétricos, índices de distúrbio, plano de perturbação, macroinvertebrados, bioindicadores.

1. INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios a partir de barramentos de rios é uma prática antiga que buscou inicialmente a reserva de água para os períodos de seca (Agostinho et al., 2007; Tundisi, 2008). Com o aumento na demanda devido ao crescimento econômico, esses empreendimentos têm sido construídos principalmente para fins de geração de energia elétrica, promovendo o desenvolvimento em suas áreas de influência (Karr, 1999; Tundisi, 2006a; 2008; Von Sperling, 2012).

Apesar dos múltiplos usos, especialistas em manejo de recursos hídricos alertam para o comprometimento das reservas de água associado ao desmatamento para a agricultura, ocupação humana, poluição, mineração, introdução de espécies exóticas, superexploração da pesca, entre outras atividades (Batista et al., 2000). Nesse contexto, a avaliação da integridade de reservatórios torna-se importante para a gestão consciente e eficaz desses recursos (Araújo, 1998). Além disso, auxiliam na tomada de decisões sobre o uso da terra e permitem projeções de quais “cenários” em escala de paisagem é possível encontrar baseado nas relações entre as atividades humanas e as respostas do ecossistema (Bailey et al., 2007).

A avaliação de padrões espaciais permite identificar as potenciais causas de degradação de qualidade ambiental de reservatórios tropicais (Pinto-Coelho et al., 2010). Parâmetros e processos importantes em uma escala espacial não são frequentemente preditivos em outra, variando conforme a escala de observação (Henderson-Sellers et al., 1985; Meentemeyere & Box, 1987; Levin, 1992). Isso ocorre, pois, os padrões ecológicos estão intimamente ligados às escalas de observação, sofrendo influência de processos que atuam em múltiplas escalas (Boyero, 2003; Hepp & Melo, 2013).

Dessa forma, os ecossistemas devem ser estudados em uma ampla gama de escalas espaciais (Tansley, 1935); desde características ambientais locais (p.ex. granulometria do sedimento, habitat físico) até fatores ambientais em maior escala como uso e ocupação do solo no entorno (Poff, 1997; Townsend et al., 2003; Mykra et al., 2007). Estudar a influência de fatores locais e regionais é necessário para uma compreensão mais abrangente dos processos de estruturação das comunidades em ecossistemas aquáticos (Shurin et al., 2000; Heino et al., 2003).

Dentre as comunidades aquáticas, os macroinvertebrados bentônicos destacam-se como importantes indicadores de condições ambientais e têm sido amplamente utilizados nos estudos em lagos e reservatórios (Johnson & Sandin, 2001; Martin & Rippey, 2008; Peeters et

al., 2009; Molozzi et al., 2013a). Diversas características justificam a utilização dos macroinvertebrados como ferramenta nas avaliações ambientais, tais como: hábito sedentário, sensibilidade de respostas a diferentes tipos e níveis de perturbações e capacidade de detectar mudanças estruturais no habitat (Karr, 1991; Barbour et al., 1996). Além disso, podem responder de forma integrada às influências de múltiplas escalas espaciais através de parâmetros de uso do solo, habitat físico e química da água (Bonada et al., 2006; Feio et al., 2013).

Dessa forma, estudos de avaliação de qualidade ambiental têm se baseado em uma visão holística dos ecossistemas aquáticos, combinando informações geradas pela mensuração tradicional dos parâmetros abióticos, ao monitoramento de comunidades biológicas, notadamente macroinvertebrados bentônicos (Barbour et al., 1999; Molozzi et al., 2013b). Tais dados podem ser avaliados dentro de um gradiente contínuo de perturbação ambiental, permitindo uma seleção *a posteriori* de locais mais ou menos perturbados, de acordo com o seu posicionamento no gradiente (Ligeiro et al., 2013).

Neste estudo foi realizada a classificação de sítios amostrais segundo metodologia da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA), que prevê duas abordagens: *a priori*, realizada desde o início do projeto, baseada nas características gerais de sítios amostrais e *a posteriori*, baseada na interpretação dos dados obtidos com amostragens em campo (USEPA, 1998; 2004). A classificação *a posteriori* dos locais quanto aos níveis de distúrbios, pode ser mais vantajosa quando comparada a abordagens subjetivas, anteriores à coleta de dados (Ligeiro et al., 2013; Molozzi et al., 2013b). Distúrbio foi adotado aqui como qualquer evento ou estado que possa resultar em mudanças na estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos, para além do esperado em condições naturais (Wallace, 1990).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental de um reservatório quanto aos níveis de distúrbios em escalas regional e local, bem como a influência desses fatores nas assembleias de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água. Foi testada a hipótese de que há uma relação de dependência entre intensidade de distúrbios e abundância de macroinvertebrados resistentes a alterações de origem antrópica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e desenho amostral

O reservatório de Volta Grande situa-se na porção baixa da bacia hidrográfica do rio Grande entre os estados de Minas Gerais e São Paulo (19° 57', 20° 10' S e 48° 25', 47° 35' W). Abrange os municípios de Conceição das Alagoas, Água Comprida e Uberaba (MG), Miguelópolis, Aramina e Igarapava (SP). Está situado a aproximadamente 500 metros acima do nível do mar, tendo a montante o reservatório de Igarapava e a jusante o reservatório de Porto Colômbia (Santos & Formagio, 2000). Juntamente com outros 10 reservatórios, Volta Grande forma um sistema em cascata no rio Grande, que vai de 900m (reservatório de Camargos) até 300m acima do nível do mar (reservatório de Água Vermelha) (Santos & Formagio, 2000).

Trata-se de um reservatório de médio porte, com uma área inundada de aproximadamente 222 km², perímetro de 80 km (Rolla et al., 1990) e volume de 2,3 bilhões de m³, construído para geração de energia elétrica (Braga & Gomieiro, 1997). Tendo iniciado sua operação em 1974, possui capacidade instalada para a geração de 380 MW (Campos, 2003). A principal característica hidrológica desse corpo de água é o baixíssimo tempo de residência (21 dias) sendo, portanto, um reservatório do tipo "fio d'água". Localiza-se em uma área urbanizada e de intensas atividades agrícolas que ocupam percentuais acima de 50% da área total dos municípios (CETESB, 1976).

Segundo Greco (2002), o clima da região é de savana tropical, quente e úmido com período seco correspondente ao outono e inverno e com 80% das chuvas entre outubro e março. O índice pluviométrico anual atinge 1598,0mm, com temperatura média de 23°C nos meses chuvosos e 19°C nos meses secos. Os solos são do tipo latossolos vermelhos, formados principalmente por basalto, caracterizando a "terra roxa" da região agrícola do triângulo mineiro e do sudoeste paulista (Castro, 2001).

A coleta de dados foi realizada durante o mês de maio de 2012, final do período chuvoso, quando o reservatório apresenta-se com máxima retenção de água (cota máxima), em 40 pontos equidistantes ao longo da região litorânea do reservatório de Volta Grande (Figura 1).

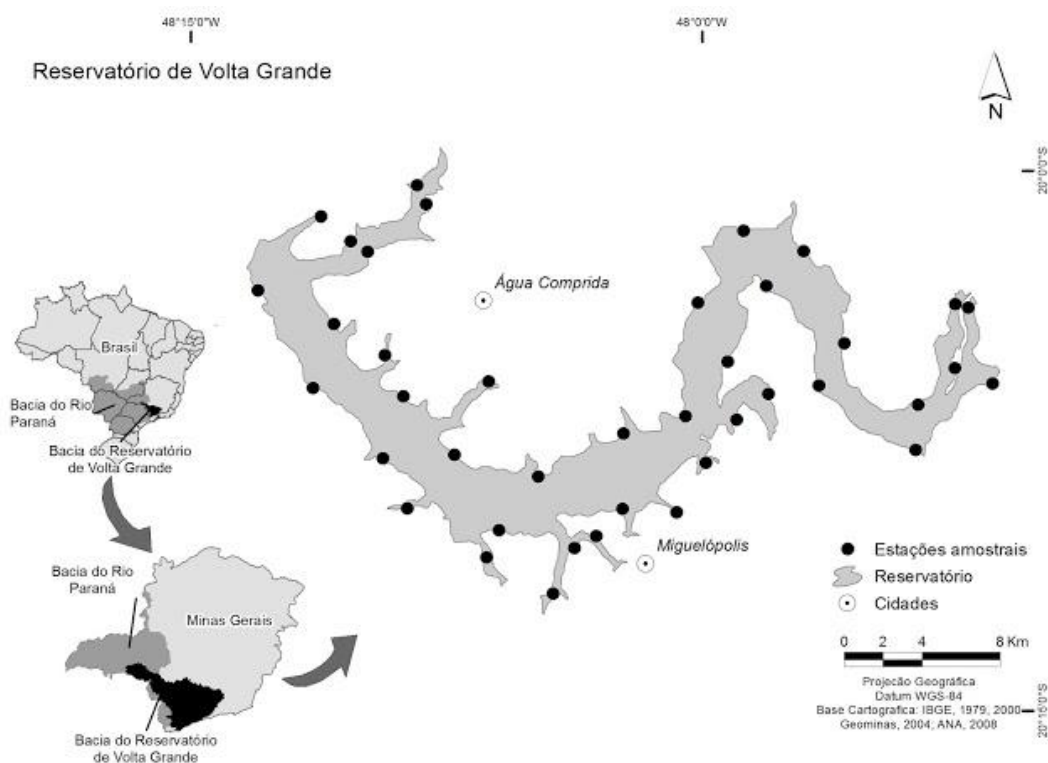


Figura 1: Rede amostral no reservatório de Volta Grande (MG/SP), bacia do rio Grande.

2.2. Escala regional: uso e ocupação do solo

A avaliação de uso e ocupação do solo buscou determinar as características das estações amostrais a partir de áreas de influência de 500m (*buffers*) no entorno. Os *buffers* foram demarcados em uma carta imagem datada do mesmo período da coleta (maio de 2012). No software Kosmo 2.0 foi realizado tratamento da imagem, onde se definiu padrões de cores para as atividades de uso do solo nas áreas observadas (agricultura, mata, campo, pasto, construções, estradas). As imagens de satélite serviram como suporte para definição e classificação das áreas em estudo, por apresentar melhor visualização.

2.3. Escala local: habitats físicos

A caracterização física de habitats foi realizada com aplicação do Protocolo de Diversidade de Habitat (USEPA, 2011) em 10 transectos (15m) ao longo de cada sítio amostral, totalizando 400 protocolos aplicados em todo o reservatório. Os transectos foram

divididos em zona ripária (15x15m), zona litorânea (15x10m) e zona inundável (15xY), sendo o comprimento da zona inundável variável de acordo com a inclinação da margem.

Foram utilizadas duas métricas de habitats físicos para caracterizar o distúrbio em escala local: RDis_IXrip, extensão e intensidade do distúrbio humano na zona ripária e RDis_IXindund, extensão e intensidade do distúrbio humano na zona inundável; calculadas a partir de somas e médias das informações geradas no protocolo (Anexo 1), segundo Kaufmann et al., 2011 (*in press*).

Estas métricas resumem a quantidade de evidências observadas de 12 tipos de distúrbio humano (construções, comercial, rampa/praias artificiais, docas/barcos, muros/diques, lixo/entulho, rodovias/ferrovias, linhas de transmissão, plantações, pastagem, parque/gramado, pomar) nas 10 parcelas demarcadas em cada sítio amostral.

2.4. Mensuração dos parâmetros limnológicos de água e sedimento

Algumas características físicas e químicas de coluna d'água foram mensuradas em campo nas estações de amostragem: temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e sólidos totais dissolvidos (ppm) por meio de um multi-analisador (marca YSI); profundidade da zona eufótica (m) por meio do disco de Secchi. O oxigênio dissolvido (mg/L) foi determinado pelo método de Winkler (1888) e a turbidez analisada através de um turbidímetro Digimed e expressa em UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Amostras de água foram coletadas para análise em laboratório dos teores de clorofila-a (segundo Golterman et al., 1978), nitrogênio total, fósforo total e ortofosfato de acordo com APHA (1998). Amostras de sedimento foram coletadas nos mesmos locais para análise granulométrica (Suguio, 1973 modificado por Callisto & Esteves, 1996) e mensuração dos teores de matéria orgânica (MO) pelo método da gravimetria em forno mufla a 500°C.

2.5. Macroinvertebrados bentônicos

Amostragens de sedimento foram realizadas com uma draga de Eckman-Birge (0,0225 m²) e rede *kicking-net* em cada uma das 40 estações amostrais nas margens do reservatório, totalizando 80 amostras coletadas. Diferenças entre amostradores foram avaliadas através da

estimativa de riqueza (ANEXO II), no intuito de avaliar a eficiência de amostragem e subsidiar estudos de inventários de comunidades bentônicas em reservatórios tropicais.

As amostras foram fixadas em campo com formol 4% e, no laboratório, lavado em peneiras sucessivas de 1,0 a 0,5 mm, sendo posteriormente preservado em álcool 70%. Os organismos coletados foram identificados ao menor nível taxonômico possível utilizando microscópio estereoscópico de acordo com: Pérez (1988), Merritt & Cummins (1996), Carvalho & Calil (2000), Epler (2001), Fernández & Domínguez (2001), Costa et al. (2006) e Mugnai et al. (2010). A família Chironomidae (Insecta: Diptera) foi identificada em nível de gênero, segundo Trinvinho-Strixino (2011).

2.6. Análise de dados

Gradiente de distúrbio

Para definir quantitativamente os níveis de distúrbios em cada sítio amostral foram utilizados três índices, seguindo a metodologia de Ligeiro et al. (2013): IDR (Índice de Distúrbio Regional) que reflete os distúrbios em escala regional ou de bacia; IDL (Índice de Distúrbio Local) reflete os distúrbios em escala local e o IDI (Índice Integrado de Distúrbio) que reúne os distúrbios mensurados em ambas as escalas.

O IDR foi baseado no uso humano do solo, observado em um raio de 500m no entorno de cada sítio amostral na região litorânea do reservatório. Foram atribuídos pesos diferentes a cada tipo de atividade de uso do solo de acordo com a fórmula: $IDR = 4 \times \% \text{ áreas urbanas} + 2 \times \% \text{ áreas agrícolas} + \% \text{ áreas de pastagem}$. O IDL é baseado na métrica de distúrbio humano *RDis_IX* (Kaufmann et al., 2011 *in press*), que reúne os distúrbios humanos observados nas zonas ripária e inundada do reservatório. Finalmente, o IDI foi medido como a distância Euclidiana entre a posição do local no plano de perturbação para a origem do plano (zero). Para cada índice, valores mais distantes da origem (zero) representam maiores desvios do estado em melhores condições ecológicas e, conseqüentemente, maior a intensidade de modificações humanas observadas no sítio amostral (Figura 2).

Para analisar os padrões nos valores das métricas relacionadas ao Índice de Distúrbio Local foi construído um gráfico box-plot por meio do programa Statistica (Statsoft, 2011). Uma análise de Agrupamento (Cluster) foi realizada para descrever os padrões dos Índices de

Distúrbio nas escalas Regional e Local. Para testar a significância dos agrupamentos formados pelo Cluster foi realizada uma Permanova. Todas as análises multivariadas foram feitas no programa Primer 6.0 + Permanova (Clarke & Gorley, 2006).

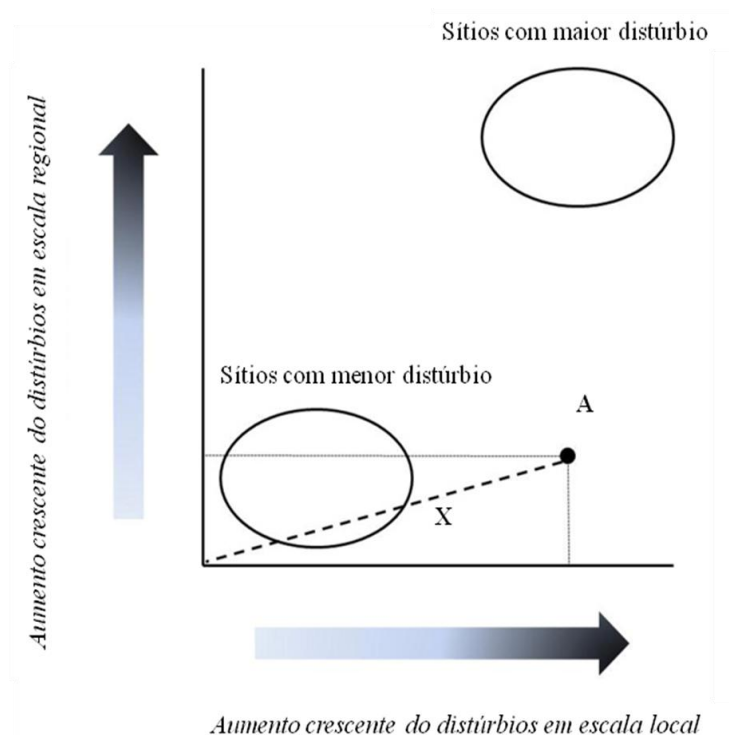


Figura 2. Modelo conceitual do plano de perturbação cujos eixos representam a perturbação observada em escala local e regional. X: distância euclidiana entre o ponto “A” e a origem dos eixos (Ligeiro et. al., 2013).

Métricas biológicas e índices de distúrbios

Para avaliar as respostas das assembleias de macroinvertebrados bentônicos quanto ao grau de distúrbios humanos nas diferentes escalas foi realizada uma regressão linear múltipla entre as métricas biológicas consideradas de resistência (Abundância de Chironomidae, % Chironomidae, Abundância Oligochaeta, % Oligochaeta, Abundância Chironomidae + Oligochaeta, % Chironomidae + Oligochaeta, Abundância espécies exóticas, % espécies exóticas) além da riqueza numérica e em percentual, com os índices de distúrbio (IDL, IDR e IDI) no reservatório. Para estas análises os dados de riqueza e abundância foram transformados por $\log(x+1)$ e os percentuais pelo Arcoseno da Raiz (Hughes *et al.*, 2009). Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 6.0 (Statsoft, 2011).

3. RESULTADOS

3.1. Escala regional: uso e ocupação do solo

O Uso e Ocupação do solo no entorno do reservatório de Volta Grande caracteriza-se por intensas atividades agrícolas (87%), com percentuais reduzidos de mata (6%), campo (4%), pasto, construções e estradas (3%).

3.2. Escala local: habitats físicos

As métricas de habitat físico referentes à intensidade do distúrbio humano na zona ripária (RDIS_IXrip) e inundável (RDIS_IXinund) variaram de 0 à 0,94 e de 0 à 0,92, respectivamente; o que representa um padrão semelhante dessas métricas ao longo do reservatório. Apesar disso, RDIS_IXrip apresentou valores de média mais elevada quando comparada com RDIS_IXinund (Figura 3); indicando um maior distúrbio na zona ripária do reservatório.

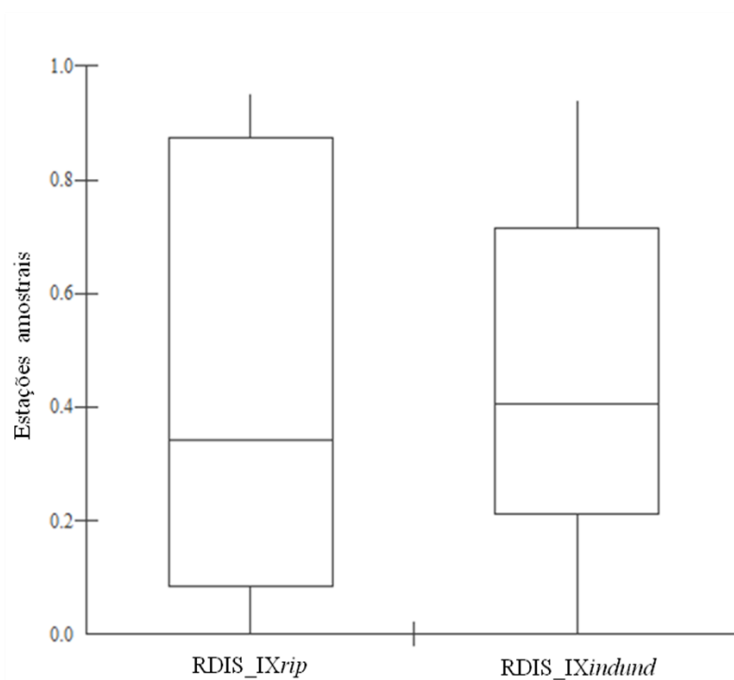


Figura 3: Distribuição (medianas e quartis) dos valores das métricas de habitat físico relacionadas ao distúrbio humano na zona ripária (RDIS_IXrip) e inundável (RDIS_IXinund) do reservatório de Volta Grande (MG/SP).

3.3. Parâmetros limnológicos na água e sedimento

Os parâmetros físicos e químicos na água, com exceção do pH (superior a 9), atenderam aos limites de qualidade de águas Classe 2 segundo a resolução CONAMA 357/2005 (MMA, 2005). Com isso, o reservatório de Volta Grande possui águas de boa qualidade que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional), à recreação, irrigação, aquicultura e à atividade de pesca.

A granulometria do sedimento em Volta Grande é composta, principalmente, por partículas de tamanhos menores como areia muito fina e areia fina, seguidos de silte + argila e areia média. O percentual de matéria orgânica no sedimento variou de 0,93 a 28,13%.

3.4. Macroinvertebrados bentônicos

Foi encontrado um total de 3737 indivíduos distribuídos em 17 grupos taxonômicos, coletados com draga de Eckman-Birge. Dentre os grupos mais abundantes destacaram-se os moluscos exóticos: *Limnoperna fortunei* (60,85%), *Corbicula fluminea* (9,98%) e *Melanoides tuberculatus* (9,77%); além de larvas de Chironomidae (14,16%). A família Chironomidae foi representada por 486 indivíduos distribuídos em 23 gêneros, dentre os quais *Paratanytarsus* (23,2 %), *Polypedilum* (19,5%) e *Riethia* (10,1 %) foram os mais abundantes.

As amostragens realizadas com *kicking-net* registraram um total de 4234 indivíduos distribuídos em 40 grupos taxonômicos. Dentre os grupos mais abundantes destacaram-se Chironomidae (29,1%), Baetidae (14,1%), Oligochaeta (10,7%) e o molusco exótico *Melanoides tuberculatus* (10,2%). Foram registrados 1200 indivíduos da família Chironomidae coletados com *kicking-net* com predomínio de *Polypedilum* (28,5%), *Paratanytarsus* (23,8%) e *Chironomus* (10,%).

3.5. Índices de distúrbios regional e local no gradiente de perturbação

De acordo com a Análise de Agrupamento, foi observada a separação dos locais amostrados em dois grupos distintos (PERMANOVA, $F= 7,4648$; $p= 0,001$) (Figura 4). Tais grupos foram caracterizados em Alto e Médio Distúrbios. A maioria dos sítios foi classificada dentro do grupo de Médio Distúrbio, com valores máximos de IDR igual a 1,0 e IDL igual 0,8

(Figura 5). Um sítio amostral apresentou valor de IDR superior a 1,0, mas foi agrupado dentro de Médio Distúrbio devido ao baixo valor de IDL. Apenas 30% dos locais se localizaram ainda mais distantes da origem e foram classificados dentro do grupo de Alto Distúrbio com valores dos índices variando de 1,0 a 1,3.

Nenhuma das estações amostrais se mostrou próximo à origem, quando plotadas no plano de perturbação. Este fator pode ser atribuído aos altos valores de IDR e IDL, indicando forte gradiente de perturbação no reservatório. Este padrão de acentuado distúrbio é resumido pelos valores de IDI que se apresentaram em ordem crescente ao longo do reservatório. Nesse caso, o valor 1,2 foi considerado como ponto de corte, pois os locais de amostragem com menores valores de IDI (Médio Distúrbio) se agruparam tendo esse valor como máximo (Figura 6).

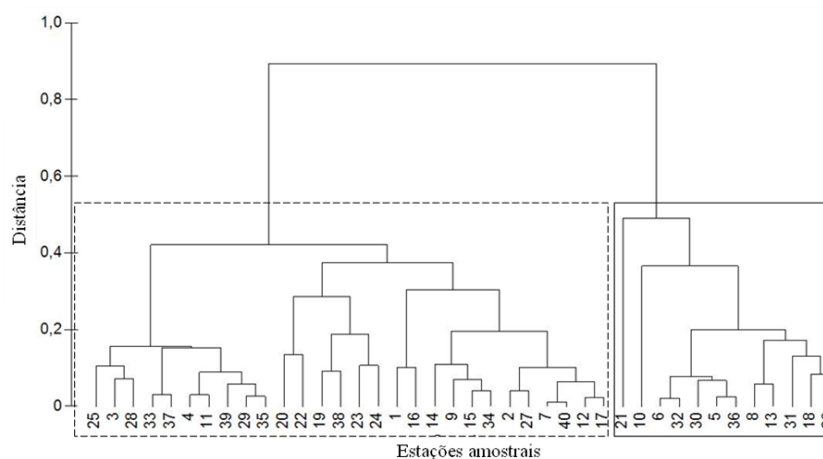


Figura 4: Análise de Agrupamento das estações de amostragem baseada na Distância Euclidiana entre os Índices de Distúrbios nas escalas Local e Regional.

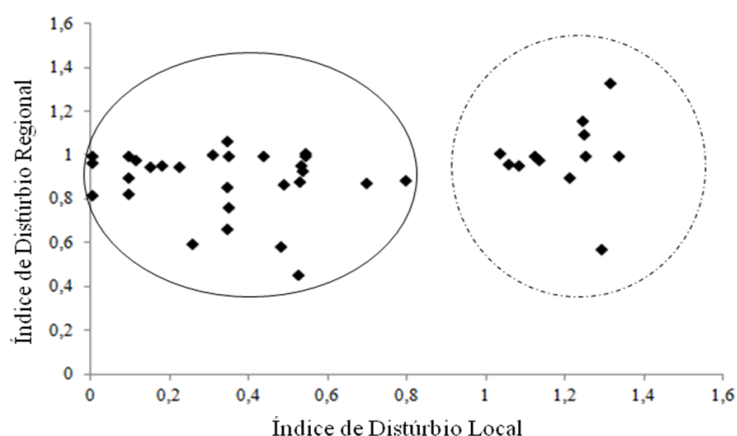


Figura 5: Distribuição das estações amostrais no plano de perturbação segundo os valores de IDL e IDR ponderados. Linha contínua: Médio Distúrbio. Linha pontilhada: Alto Distúrbio.

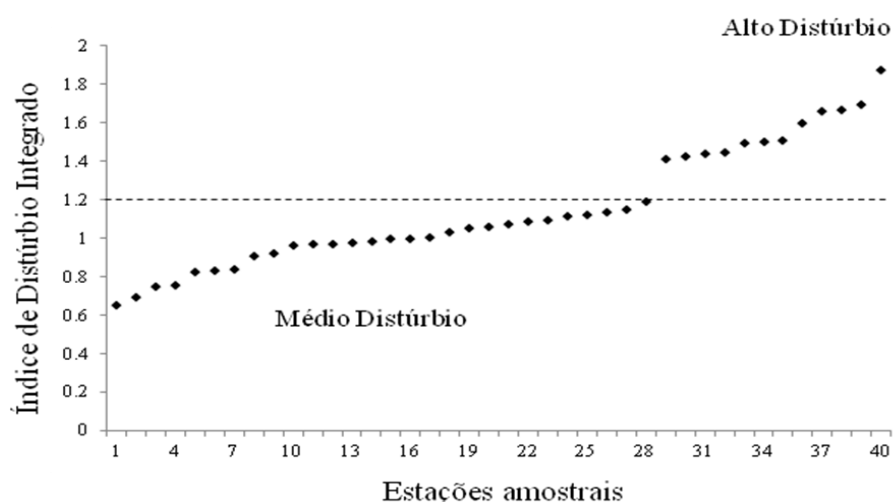


Figura 6. Gradiente de perturbação no reservatório de Volta Grande (MG/SP), representado por valores ascendentes do Índice de Distúrbio Integrado (IDI).

3.6. Métricas biológicas e índices de distúrbios

Não foi encontrada relação de dependência entre as métricas biológicas e os distúrbios nas escalas regional e local ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da regressão linear múltipla entre os índices de distúrbio e as métricas biológicas de macroinvertebrados coletados com draga e *kicking-net* no reservatório de Volta Grande (MG/SP).

	DRAGA		KICK	
Índices X Chironomidae	F= 0,12	p=0,95	F=1,76	p=0,17
Índices X % Chironomidae	F=0,20	p=0,90	F=0,80	p=0,50
Índices X Oligochaeta	F=0,36	p=0,78	F=0,18	p=0,91
Índices X % Oligochaeta	F=0,17	p=0,91	F=0,55	p=0,66
Índices X Chiro + Oligo	F=0,11	p=0,95	F=1,28	p=0,30
Índices X % Chiro + Oligo	F=0,12	p=0,95	F=0,61	p=0,61
Índices X Espécies exóticas	F=0,47	p=0,71	F=0,10	p=0,96
Índices X % Espécies exóticas	F=0,05	p=0,98	F=0,59	p=0,63
Índices X Riqueza	F=1,01	p=0,40	F=0,62	p=0,61
Índices X % Riqueza	F=1,03	p=0,39	F=0,52	p=0,68

4. DISCUSSÃO

O levantamento dos tipos de uso do solo na bacia de drenagem do reservatório de Volta Grande evidenciou intensa atividade de agricultura, com pequenas áreas sombreadas por uma mata esparsa e pastagem na margem do reservatório, corroborando ao encontrado por Mota (2006). Segundo Greco (2002) as áreas dos municípios no entorno do reservatório são ocupadas de 50 a 81% por atividades agrícolas, principalmente plantações de cana-de-açúcar. Bedê et al. (2013), com base em séries históricas de dados desses municípios, alertam para uma forte expansão do plantio de cana-de-açúcar sobre as demais atividades desde a década de 90, aumentando também a emissão de efluentes agrícolas, industriais e domésticos. Ainda segundo esses autores, o tratamento de esgotos na região iniciou-se apenas em 2002, com um maior crescimento a partir de 2008.

Apesar do elevado aporte externo, a qualidade das águas no reservatório de Volta Grande foi caracterizada pela baixa concentração de nutrientes. Os dados deste estudo corroboram mensurações anteriores de Greco (2002), Campos (2003) e Mota (2006), que evidenciaram que o corpo central do reservatório não apresenta tendência à eutrofização e pode ser classificado como oligotrófico. Essa condição pode estar associada à capacidade de absorção de fósforo e ao baixo tempo de residência das águas, 21 dias (Greco, 2002). Porém, o atual estado trófico pode ser transitório, sendo necessárias medidas para mitigar o aporte de nutrientes no reservatório, tais como: recuperação de matas ciliares e consequente redução do escoamento superficial da água, redução do uso de agroquímicos, manejo adequado dos efluentes domésticos e daqueles resultantes de atividades agropecuárias (Von Sperling, 1995; Tomaz, 2006; Tundisi, 2006b).

A utilização de índices permitiu a classificação das estações amostrais em dois níveis de distúrbios (Alto e Médio), indicando degradação ambiental no reservatório. Este pode ser um modo facilitado de descrever a condição ecológica de um ecossistema aquático (Bryce et al., 1999; Wang et al., 2008; Molozzi et al., 2013c) através do posicionamento de sítios ao longo de um gradiente contínuo de perturbação (Ligeiro et al., 2013; Molozzi et al., 2013b; Feio et al., 2013). Dessa forma, a classificação de locais mais ou menos alterados é realizada com base em dados quantitativos, sendo mais eficiente quando comparada a outras possíveis abordagens (Ligeiro et al., 2013). Isso é necessário para definir limites de perturbação e apresentar para a sociedade e ao Estado uma medida objetiva de condições do local, trazendo um rigor mais científico para a gestão das águas (Hughes & Peck, 2008); além de melhorar o

entendimento de como as assembleias aquáticas respondem às alterações ambientais (Ligeiro et al., 2013).

Contudo, no presente estudo as métricas biológicas não responderam ao gradiente de distúrbio revelado pelos índices, em ambas as escalas. As assembleias de macroinvertebrados bentônicos apresentaram baixa riqueza, sendo dominadas por organismos considerados resistentes como Oligochaeta, larvas de Chironomidae e espécies exóticas de moluscos. A riqueza taxonômica em um reservatório é sempre menor quando comparada ao rio antes da construção do barramento. Uma menor riqueza é acompanhada pelo aumento no número de espécies exóticas devido às mudanças nas propriedades físicas e químicas da água, causadas pela construção do empreendimento (Horsák et al., 2009; Yanling et al., 2009).

A colonização de novos habitats altamente modificados, como em reservatórios hidrelétricos, é realizada principalmente por espécies resistentes, generalistas, com tamanho pequeno e longos ciclos de vida, que se adaptam rapidamente às novas condições do ambiente (Roda et al., 2006; Ruse, 2010; Cañedo-Arguelles & Rierdevall, 2011); como as espécies dominantes neste estudo. Além disso, Volta Grande sofreu ao longo dos anos, uma intensa extração de areia por dragagem devido ao extrativismo mineral (Campos, 2003). A retirada de sedimentos do fundo provoca uma diminuição no número de espécies e indivíduos das comunidades bentônicas, alterando os padrões de dominância e distribuição dos organismos (Bolam, 2003). Esta redução da riqueza bentônica deve-se à desestruturação de habitats físicos, aumento da turbidez e remobilização de nutrientes estocados no sedimento que são liberados para a coluna d'água (Callisto et al., 2001).

Tais fatores associados podem ter levado a uma homogeneização da biota, mascarando as respostas biológicas frente ao gradiente de perturbação. A dominância da agricultura como atividade de uso do solo no entorno do reservatório e a baixa variabilidade dos parâmetros limnológicos na água e sedimento, também podem ter contribuído para que a comunidade bentônica não respondesse de forma significativa. Com isso, a hipótese de que existe uma relação de dependência entre intensidade de distúrbio e abundância de espécies resistentes foi rejeitada.

O presente estudo contribuiu para o retrato da qualidade ambiental no reservatório de Volta Grande, além de validar a utilização de índices como ferramenta em avaliações ambientais de ecossistemas aquáticos; com o potencial de subsidiar medidas de gestão da bacia do rio Grande e consequentemente, a conservação da biodiversidade bentônica local.

5. REFERÊNCIAS

- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M., 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios no Brasil. EDUEM, Maringá.
- Araújo, F.G., 1998. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. Rev. Bras. Biol. 54, 547-558.
- Bailey, R.C., Reynoldson, T.B., Yates, A.G., Bailey, J., Linke, S., 2007. Integrating stream bioassessment and landscape ecology as a tool for land use planning. Freshw. Biol. 52, 908-917.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Griffith, G.E., Frydenborg, R., Mc Carron, E., White, J.S., Batian, M.L., 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. J. N. Am. Benthol. Soc. 5, 179-184.
- Barbour, M.T., Stribling, J.B., Karr, J.R., 1999. Rapid bioassessment protocol for use in streams and weadable rivers. Environmental Protection Agency, EPA 841-B-99-002, Washington.
- Baptista, D.F., Silveira, M.P., Nessimian, J.L., Buss, D.F., Egler, M., 2000. Perspectivas do uso do biomonitoramento para avaliação da saúde ambiental de ecossistemas aquáticos. In: Workshop água, meio ambiente e recursos hídricos. UNIRIO (Anais), Rio de Janeiro.
- Bedê, J.C., Vasconcelos, V.V., Sabino, C.S., Castro, I., 2013. Alterações na Ocupação das Áreas de Entorno do Reservatório das Represas de Jaguará, Igarapava e Volta Grande e Avaliação de suas Implicações na Qualidade das Águas. XIV Congresso Brasileiro de Limnologia (Anais), Bonito.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H., Statzner, B., 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. Ann. Rev. Entomol. 51, 495-523.
- Bolam, S.G. & Rees, H.L., 2003. Minimizing impacts of maintenance dredged material disposal in the coastal environment: a habitat approach. Environ. Manage. 32, 171-188.
- Boyer, L., 2003. Multiscale patterns of spatial variation of stream macroinvertebrate communities. Ecol. Res. 18, 365-379.
- Braga, F.M. & Gomieiro, L.M., 1997. Análise da pesca experimental realizada no reservatório de Volta Grande, rio Grande (MG-SP). Boletim do Instituto de Pesca 24, 131-138.

- Bryce, S.A., Larsen, D.P., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R., 1999. Assessing relative risks to aquatic ecosystems: a Mid-Appalachian case study. *J. Am. Water Resour. Assessm.* 35, 23–36.
- Cañedo, M & Rieradevall, M., 2011. Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: response to changes in the habitat condition, *Limnologica* 41, 363–370.
- Callisto, M., Moreno, P., Barbosa, F.A.R., 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southest Brazil, *Rev. Brasil. Biol.* 61(2), 259-266.
- Callisto, M. & Esteves, F., 2006. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. *Ac. Limnol. Bras.* 8, 115-126.
- Campos, M.C.S., 2003. Pesquisa para desenvolvimento de ecotecnologias de prevenção e controle de *Limnoperna fortunei*; Estudo de caso: Reservatório de Volta Grande. Relatório Parcial, CETEC, Belo Horizonte.
- Carvalho, A.L. & CALIL, E.R., 2000. Chaves de identificação para Famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adulto e larvas. *Papéis Avulsos de Zoologia* 41 (15), 223-241.
- Castro, A. A., 2001. Proposição do escopo para a elaboração do relatório ambiental da UHE Volta Grande baseado no termo de referência do IBAMA – Licenciamento Ambiental Corretivo. EIA/RIMA CEMIG, Nova Lima.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 1976. Relatório final de levantamento ecológico-sanitário das represas do rio Grande; considerações sobre a piscicultura e a recreação. Sistemas FURNAS-CEMIG, São Paulo.
- Costa, C.M.R., Herrmann, G., Martins, C.S., Lins, L.V., Lamas, I.R. (Orgs). Biodiversidade em Minas Gerais (um atlas para sua conservação). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- Costa, C., Ide, S., Simonka, C.S., 2006. Insetos Imaturos Metamorfose e Identificação. Ed. Helos, Ribeirão Preto.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N., 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Epler, J.H., 2001. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida. Department of Environmental Protection, Tallahassee.
- Fernandez, H.R. & Domingues, E., 2001. Guia para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. UNT, Tucumán.
- Feio, M.J., Ferreira, W.R., Macedo, D.R., Eller, A.P., Alves, C.B.M., França, J.S., Callisto, M., 2013. Defining and testing targets for the recovery of tropical streams based on

- macroinvertebrate communities and biotic conditions. Wiley Online Library, DOI: 10.1002/rra.2716.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M., 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2nd ed. Blackwell Scientific Publications (IBP 8), Oxford.
- Greco, M.K.B., 2002. Balanço de massa de fósforo, evolução da eutrofização e o crescimento de macrófitas flutuantes no reservatório de Volta Grande (MG/SP). (Tese Doutorado). UFMG, Belo Horizonte.
- Heino, J., Muotka, T., Paavola, R., 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. *J. Anim. Ecol.* 72, 425–434.
- Henderson-Sellers, A., Wilson, M.F., Thomas, G., 1985. The effect of spatial resolution on archives of land cover type. *Climatic Change* 7, 391–402.
- Hepp, L.U. & Melo, A.S., 2013. Dissimilarity of stream insect assemblages: effects of multiple scales and spatial distances. *Hydrobiologia* 703, 239–246.
- Horsák, M., Bojková, J., Zahrádková, S., Omesová, J., Helešic, J., 2009. Impact of reservoirs and channelization on lowland river macroinvertebrates: a case study from Central Europe. *Limnologia* 39, 140–151.
- Hughes, R.M. & Peck, D.V., 2008. Acquiring data for large aquatic resource surveys: the art of compromise among science, logistics, and reality. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 27, 837–859.
- Hughes, S.J., Santos, J.M., Ferreira, M.T., Caraça, R., Mendes, A.N., 2009. Ecological assessment of an intermittent Mediterranean river using community structure and function: evaluating the role of different organism groups. *Freshw. Biol.* 54, 2383–2400.
- Johnson, R.K., Sandin, L., 2001. Development of a Prediction and Classification System for Lake (Littoral, SWEPACLLI) and Stream (Riffle, SWEPACSRI) Macroinvertebrate Communities. Department of Environmental Assessment, Uppsala.
- 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.
- Karr, J.R., 1999. Defining and measuring river health. *Freshw. Biol.* 41, 221–234.
- Ligeiro, R., Hughes, R. M., Kaufmann, P. R., Macedo, D. R., Firmiano, K. R., Ferreira, W., Oliveira, D., Melo, A.S., Callisto, M., 2013. Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness, *Ecol. Indic.* 25, 45–57.
- Levin, S.A., 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73, 1943–1967.

- Martin, N.W. & Rippey, B.A., 2008. Comparison of environmental and biological site classifications for the prediction of macroinvertebrate communities of lakes in Northern Ireland. *Aquatic Conservation* 18, 729–741.
- Meentemeyer, V. & Box, E.O., 1987. Scale effects in landscape studies, in: Turner, M.G. (Ed.) *Landscape heterogeneity and disturbance*. Springer-Verlag, New York, pp.15-34.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W., 1996. *An introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque.
- Molozzi, J., Feio, M.J., Salas, F., Marques, J.C., Callisto, M., 2013a. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. *Ecol. Indic.* 23, 155–165.
- Molozzi, J., Feio, M.J., Marques, J.C., Callisto, M., 2013b. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. *Environ. Monit. Asses.* 185, 6591–6606.
- Molozzi, J., Salas, F., Callisto, M., Marques, J.C., 2013c. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. *Ecol. Indic.* 24, 543–551.
- Mota, H.R., 2006. Análise da influência geoquímica e do substrato na população de *Corbicula fluminea*, Muller 1974 (Molusca, Bivalvia) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Volta Grande-MG/SP. (Dissertação de Mestrado). UFOP, Ouro Preto.
- 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.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº: 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso: 10/06/2013.
- Mykra, H., Heino, J., Muotka, T., 2007. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. *Global Ecol. Biogeogr.* 16, 149–159.
- Pérez, G.R., 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Editorial Presencia Ltda., Bogotá.
- Peeters, E.T.H.M., Franken, R.J.M., Jeppesen, E., Moss, B., Becares, E., Hansson, L.A., Romo, T., Kairesalo, T., Gross, E.M., van Donk, E., Nöges, T., Irvine, K., Kornijow, R., Scheffer, M., 2009. Assessing ecological quality of shallow lakes: Does knowledge of transparency suffice? *Basic Appl. Ecol.* 10, 89–96.
- Pinto-Coelho, R. M., Brighenti, L.S., Bezerra-Neto, J.F., Morais JR., C. A., Gonzaga, A.V., 2010. Effects of sampling effort on the estimation of spatial gradients in a tropical reservoir impacted by an oil refinery. *Limnologia* 40, 126–133.

- Poff, N.L., 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16, 391–409.
- Rocha-Miranda, F. & Martins-Silva, M.J., 2006. First record of the invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the Paraná River basin, GO, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66,1109–1115.
- Rolla, M.E., Dabes, M.B.G.S., França, R.C., Ferreira, E.M.V.M., 1990. Aspectos limnológicos do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais/ São Paulo. *Acta Limnol. Bras.* 3, 219-244.
- Ruse, L., 2010. Classification of nutrient impact on lakes using the chironomid pupal exuvial technique. *Ecol. Indic.* 10, 594–601.
- Santos, G.B. & Formagio, P.S., 2000. Estrutura da ictiofauna dos reservatórios do rio Grande, com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros exóticos. *Informática Agropecuária*, v.21, p.98-106.
- Suguio, K., 1973. Introdução à sedimentologia. EDUSP, São Paulo.
- Shurin, J.B., Havel, J.E., Leibold, M.A., Pinel-Alloul, B., 2000. Local and regional zooplankton species richness: a scale independent test for saturation. *Ecology*, 81, 3062–3073.
- Tansley, A.G., 1935. The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology*, 16, 3, 284-307.
- Townsend C.R., Doledec S., Norris R., Peacock K., Arbuckle C., 2003. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshw. Biol.* 48, 768–785.
- Tundisi, J.G., 2006a. Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas e Reservatórios- Estudo de Caso e Perspectivas, in: Nogueira, M.G., Henry, R., Jorcin, A. (Eds.), *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*, Rima, São Carlos, pp.1-21.
- Tundisi, J. G., 2006b. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, São Paulo, 70, p.24-35.
- Tundisi, J. G., 2008. Water Resources in the Future: problems and solutions. *Estudos Avançados (USP. Impresso)*, 22, p.07-16.
- Tomaz, P., 2006. *Poluição Difusa*. Navegar Editora, São Paulo.
- Trivinho-Strixino, S., 2011. Larvas de Chironomidae. Guia de identificação. Depto Hidrobiologia/Lab. Entomologia Aquática/UFSCar, São Carlos.

- USEPA, 1998. Lake and Reservoir Bioassessment and Biocriteria: Technical Guidance Document (EPA 841-B-98-007). Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, Washington, DC.
- USEPA, 2004. Classification framework for coastal systems. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, p.1-85.
- USEPA, 2011. 2012 National Lakes Assessment. Field Operations Manual. EPA 841-B-11-003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Von Sperling, M., 1996. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias, 3ª edição. Editora UFMG, Belo Horizonte.
- Von Sperling, E., 2012. Hydropower in Brazil: Overview of Positive and Negative Environmental Aspects. *Energy Procedia* 18, 110–118.
- Wallace, J.B., 1990. Recovery of lotic macroinvertebrate communities from disturbance. *Environ. Manage.* 5, 605-620.
- Wang, L., Brenden, T., Seelbach, P., Cooper, A., Allan, D., Clark Jr., R., Wiley, M., 2008. Landscape based identification of human disturbance gradients and reference conditions for Michigan streams. *Environ. Monit. Assess.* 141, 1–17.
- Winkler, L.W., 1888. Die Bestimmung des em Wasser gelösten Sauerstoffes. *Chem. Ber.* 21, 2843-2855.
- Yanling, T., Guangxini, Z., Yuesuo, Y., Yingzhis, G., 2009. Identifying key environmental factors influencing spatial variation of water quality in Upper Shitoukoumen Reservoir Basin in Jilin Province, China. *China Geographic Information Science* 4, 365–374.

CONCLUSÕES

- A avaliação ambiental em diferentes escalas de observação permitiu uma classificação *a posteriori* dos locais amostrados tanto em macro e mesoescalas, quanto na abordagem de índices de distúrbios.
- A utilização de índices permitiu a seleção de locais mais ou menos perturbados ao longo do reservatório.
- Não foi observada relação entre as métricas biológicas e os níveis de distúrbios nas escalas observadas.
- Foram encontradas três espécies exóticas de moluscos: *Melanoides tuberculatus*, *Corbicula fluminea* e *Limnoperna fortunei*, presentes em quase todas as estações de amostragem e dominantes em relação aos outros componentes da comunidade bentônica.
- Os impactos relacionados à construção do empreendimento hidrelétrico, somados à dominância de espécies exóticas e degradação ambiental no reservatório podem ter levado a uma homogeneização da biota, mascarando sua resposta frente ao gradiente de perturbação.
- O presente estudo contribuiu para o retrato da qualidade ambiental em um reservatório hidrelétrico, com o potencial de subsidiar medidas para a restauração de bacias hidrográficas impactadas e conservação de espécies.

PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente estudo serviu como um alerta sobre as alterações na qualidade ambiental no reservatório de Volta Grande, com o potencial de subsidiar futuros estudos em reservatórios que devem incluir:

- A seleção de sítios quanto ao grau de perturbação em diferentes escalas espaciais;
- A definição de locais menos perturbados como áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e de sítios mais perturbados para serem destinados à restauração;
- A avaliação da distribuição das espécies exóticas de moluscos e proposição de medidas mitigadoras de seus efeitos sobre a comunidade bentônica e funcionamento de reservatórios;
- A avaliação da viabilidade das métricas biológicas de resistência como indicadoras de má qualidade ambiental.

ANEXO I: Protocolo de caracterização de habitats físicos modificado de USEPA (2011).

CARACTERIZAÇÃO DE HABITAT FÍSICOS (frente)																																																																																																			
Site ID: _____		Data: ____/____/____		Revisado por (iniciais): _____																																																																																															
ESTAÇÃO: ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J SE A ESTAÇÃO FOI REALOCADA, INDICAR AQUI: ☐																																																																																																			
ESTÁ EM UMA ILHA? ☐ INACESSÍVEL: ☐		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.: ☐ Ausente ☐ Espuma ☐ Algal Mat ☐ Óleo ☐ Outros																																																																																																			
0 = Ausente (0%) 1 = Esporço (<10%) 2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%) 4 = Muito denso (>75%)																																																																																																			
SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORÂNEA																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Substrato</th> <th colspan="4">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rocha (>4000mm; maior que um carro)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Bloco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Madeira</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Vegetação ou Outros</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> </tbody> </table>										Substrato	Obs				Rocha (>4000mm; maior que um carro)	☐	☐	☐	☐	Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)	☐	☐	☐	☐	Bloco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)	☐	☐	☐	☐	Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)	☐	☐	☐	☐	Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)	☐	☐	☐	☐	Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)	☐	☐	☐	☐	Madeira	☐	☐	☐	☐	Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)	☐	☐	☐	☐	Vegetação ou Outros	☐	☐	☐	☐																																								
Substrato	Obs																																																																																																		
Rocha (>4000mm; maior que um carro)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Bloco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Madeira	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Vegetação ou Outros	☐	☐	☐	☐																																																																																															
SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Substrato</th> <th colspan="4">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> </tbody> </table>										Substrato	Obs				☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐																																								
Substrato	Obs																																																																																																		
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Ângulo (ver diagrama abaixo): ☐ Plano (<5°) ☐ Gradual (5-30°) ☐ Íngreme (30-75°) ☐ Quase vertical ou negativo (>75°)																																																																																																			
CLASSES DOS ÂNGULOS DAS MARGENS																																																																																																			
Cor: ☐ Preto ☐ Cinza ☐ Marron ☐ Vermelho ☐ Outra					Odor: ☐ Ausente ☐ H ₂ S ☐ Anóxico ☐ Óleo ☐ Químico ☐ Outro																																																																																														
MACRÓFITAS AQUÁTICAS																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Macrófita</th> <th colspan="4">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Submergente</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Emergente</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Flutuante</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> <tr> <td>Cobertura Total de Macrófitas Aquáticas</td> <td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td> </tr> </tbody> </table>										Macrófita	Obs				Submergente	☐	☐	☐	☐	Emergente	☐	☐	☐	☐	Flutuante	☐	☐	☐	☐	Cobertura Total de Macrófitas Aquáticas	☐	☐	☐	☐																																																																	
Macrófita	Obs																																																																																																		
Submergente	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Emergente	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Flutuante	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Cobertura Total de Macrófitas Aquáticas	☐	☐	☐	☐																																																																																															
As macrófitas se estendem além da parcela na zona litorânea? ☐ Sim ☐ Não																																																																																																			
ABRIGO PARA PEIXES					ZONA INUNDÁVEL																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Abrigo</th> <th colspan="4">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> </tbody> </table>					Abrigo	Obs				☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Abrigo</th> <th colspan="4">Obs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> <tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr> </tbody> </table>					Abrigo	Obs				☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Abrigo	Obs																																																																																																		
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
Abrigo	Obs																																																																																																		
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
☐	☐	☐	☐	☐																																																																																															
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																																																																																																			

[illegible]

ANEXO II: Avaliação entre diferentes métodos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos

As diferenças entre os amostradores draga Eckman-Birge e *kicking-net* foram avaliadas por meio de estimativas de riqueza, utilizando-se o estimador não paramétrico *Jackknife* de segunda ordem (*Jackknife 2*) (BURNHAM & OVERTON, 1978; BURNHAM & OVERTON, 1979). Para representar a riqueza observada nas amostras, foi gerada uma curva de acumulação de espécies para cada tipo de amostrador.

As riquezas observada e estimada foram calculadas no programa ESTIMATES 8.2 (COLWELL, 1994).

A riqueza estimada para as famílias de macroinvertebrados bentônicos foi de 23 *taxa* para a draga e de 45 para o *kicking-net* (*Jackknife 2*). Com isso, a riqueza observada representou 79% da riqueza esperada para a draga (Figura 1a) e de 88,75% para o *kicking-net* (Figura 1b). A estimativa de riqueza para os gêneros da família Chironomidae (Insecta, Diptera) indicou que 79% da riqueza esperada foi amostrada pela draga (Figura 2a) e 71% pelo *kicking-net* (Figura 2b).

Porcentagens diferentes da riqueza estimada e observada para os coletores em relação às famílias de macroinvertebrados e os gêneros de Chironomidae indicam que a seleção do amostrador deve ser realizada de acordo com o objeto a ser avaliado. Contudo, os dados evidenciaram eficiência de coleta semelhante para os dois tipos de amostradores.

Sugere-se, portanto em reservatórios, a utilização da draga Eckman-Birge na avaliação da riqueza de *taxa*, considerando o menor tempo necessário para o processamento de amostras, estratégico em programas de gestão e conservação de bacias hidrográficas.

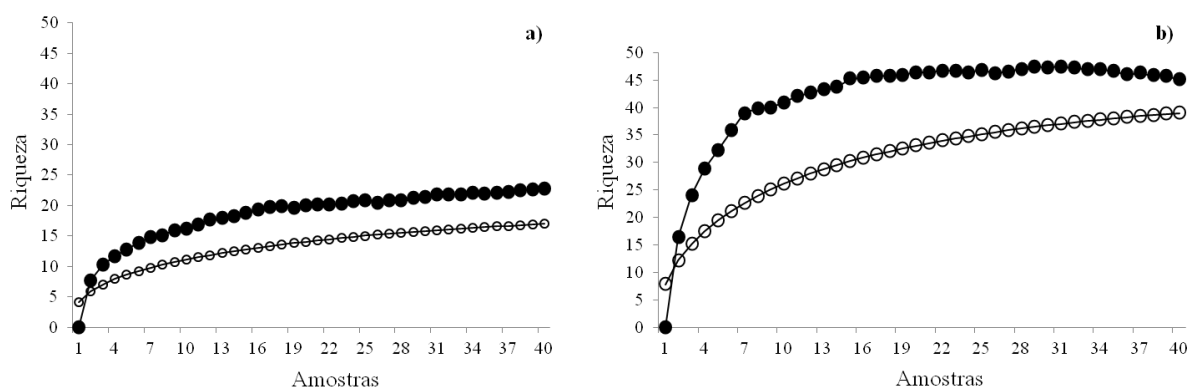


Figura 1. Estimativa de riqueza das famílias de macroinvertebrados bentônicos coletados com draga de Eckman-Birge (a) e *kicking-net* (b) na região litorânea do reservatório de Volta Grande, bacia do rio Grande, em maio de 2012. Os símbolos representam as riquezas observada (círculo vazio) e estimada (círculo cheio).

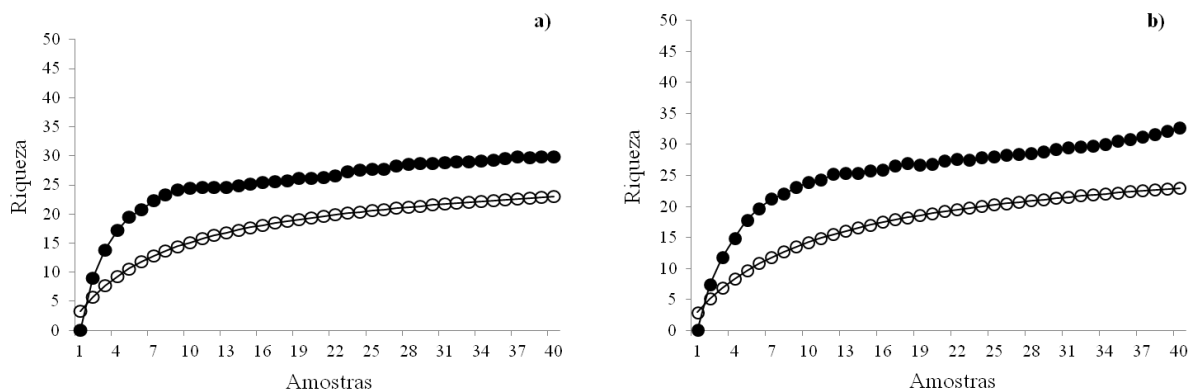


Figura 2. Estimativa de riqueza dos gêneros de Chironomidae (Insecta:Diptera) coletados com draga de Eckman-Birge (a) e *kicking-net* (b) na região litorânea do reservatório de Volta Grande, bacia do rio Grande, em maio de 2012. Os símbolos representam as riquezas observada (círculo vazio) e estimada (círculo cheio).

REFERÊNCIAS

- BURNHAM, K.P. & OVERTON, W.S. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. **Biotropic**, v.30, p. 625-633, 1978.
- BURNHAM, K.P. & OVERTON, W.S. Robust Estimation of Population Size When Capture Probabilities Vary Among Animals. **Ecology**, v.60, p. 927-936, 1979.
- COLWELL, R.K. & CODDINGTON, J.A. Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. **Philosophical Transactions B**, v.345, p.101-118, 1994.

ANEXO III: Normas da revista Limnologica para submissão de manuscritos.

Guide for Authors



Introduction

Unpublished papers of scientific value which comply with the standards of the editorial aims of LIMNOLOGICA will be readily accepted. Acceptance for publication is dependent upon recommendation by one of the editors. The editor-in-chief reserves the right to reject any manuscript submitted, whether on invitation or otherwise, and to make suggestions and modifications before publication. All manuscripts will be peer-refereed. Submission of a manuscript implies that the submitted work has not been published before (except as part of a thesis, lecture note or in the form of an abstract) and that it is not under consideration for publication elsewhere.



Before You Begin

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see:

<http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts: *Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to:

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

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal does not ordinarily have publication charges; however, authors can now opt to make their articles available to all (including non-subscribers) via the ScienceDirect platform, for which a fee of US \$3000 applies (for further information on open access see <http://www.elsevier.com/about/open-access/open-access-options>). Please note that you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication, to avoid any perception of conflict of interest. The fee excludes taxes and other potential costs such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Submit your article

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/limno>.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of three potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.



Preparation

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

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.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

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.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British 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.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

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.).

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

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.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), 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.

Illustration services

Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/illustrationservices>) offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

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.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

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.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

Scientific names

Italics should be used for all scientific names from the level of the genus downward.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail (the PDF file is a watermarked version of

the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).



Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.