



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

**FELIPE ANTONIO DOS SANTOS**

**COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA DE RESERVATORIOS EXPOSTOS A  
DIFERENTES GRAUS DE URBANIZAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL**

**Recife – PE,  
Junho de 2019**

**FELIPE ANTONIO DOS SANTOS**

**COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA DE RESERVATORIOS EXPOSTOS A DIFERENTES  
GRAUS DE URBANIZAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGE/UFRPE), como requisito obrigatório para o título de Mestre em Ecologia.

Linha de pesquisa: Estrutura e Funcionalidade de Comunidade e Ecossistemas, Monitoramento de Ecossistemas e Saúde Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior  
COORIENTADORA: Prof. Dra. Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo

**Recife – PE,  
Junho de 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237c Santos, Felipe Antonio dos  
Comunidade zooplancônica de reservatórios expostos a diferentes  
graus de urbanização no Nordeste do Brasil / Felipe Antonio dos  
Santos. – 2019.  
65 f. : il.

Orientador: Mauro de Melo Júnior.  
Coorientadoras: Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Recife, BR-  
PE, 2019.

Inclui referências e anexo(s).

1. Estado trófico 2. Reservatórios 3. Indicador de qualidade  
4. Zooplâncton I. Melo Júnior, Mauro de, orient. II. Melo, Viviane  
Lúcia dos Santos Almeida de, coorient. III. Título

CDD 574.5

**FELIPE ANTONIO DOS SANTOS**

**COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA DE RESERVATÓRIOS EXPOSTOS A DIFERENTES  
GRAUS DE URBANIZAÇÃO NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGE/UFRPE), como requisito obrigatório para o título de Mestre em Ecologia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior – UFRPE

---

Profa. Dra. Sigrid Neumann Leitão - UFPE

---

Dra. Simone Maria de Albuquerque Lira - UFRPE

*Dedico esta dissertação:*

*A minha mãe, Maria Hilda, ao meu irmão Fabio e minha madrinha Maria das Graças, pelo amor e carinho de sempre, e que com muito esforço me deram condições para que eu pudesse estudar. Obrigado.*

## O bicho

*Vi ontem um bicho  
Na imundície do pátio  
Catando comida entre os detritos.*

*Quando achava alguma coisa,  
Não examinava nem cheirava:  
Engolia com voracidade.*

*O bicho não era um cão,  
Não era um gato,  
Não era um rato.*

*O bicho, meu Deus, era um homem.*

*(Manuel Bandeira)*

## AGRADECIMENTOS

A palavra agradecer sempre foi muito forte. Ao pensar em todos os companheiros que permitiram que este trabalho fosse realizado da melhor forma possível, só tenho algo a dizer: todos vocês têm minha gratidão.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador Mauro de Melo Júnior, pela calma e segurança em suas explicações, opiniões e conversas. Sem toda essa tranquilidade eu provavelmente teria sofrido muito mais para chegar até aqui. Agradeço também a minha coorientadora, a Profa. Viviane de Melo, por me introduzir ao mundo do zooplâncton.

A minha mãe, exemplo de perseverança, força, garra de sempre ir em frente, independente dos desafios que a vida nos traz, mas que não perde a oportunidade de defender suas opiniões com convicção e paixão, exemplo esse que eu carrego comigo.

Ao doutorando Cihelio Alves Amorim (PPGB/UFRPE), por sempre disponibilizar uma parte do seu tempo para me auxiliar com as análises no programa R e por todos os ensinamentos em Estatística.

A todos os professores que participaram da minha formação, em especial, aos professores do PPGE, por todos os ensinamentos sobre os encantos da Ecologia.

Aos parceiros e grandes amigos do Laboratório de Ecologia de Plâncton (LEPLANC/UFRPE), pela amizade, conversas, aprendizados e auxílio nas etapas de campo e laboratório. Em especial a Ítalo, Alef, Leidiane e Claudio pela preciosa ajuda nas análises estatísticas e identificação das espécies.

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado a ao PROAP pela ajuda de custo na compra dos materiais utilizados nas análises em laboratório.

A banca avaliadora desta etapa de conclusão da dissertação, Paula Braga Gomes (UFRPR), Sigrid Neumann Leitão (UFPE), Simone Maria de Albuquerque Lira (UFRPE) e Tâmara de Almeida e Silva (UNEB) por terem aceitado o convite e pelas valiosas considerações na dissertação.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio logístico do Programa Pesquisa em Movimento da PRPPG/UFRPE, pela liberação do transporte e toda logística de campo, Aos funcionários da Estação ecológica de Tapacurá, pelo alojamento e apoio durante as etapas de coleta.



## Lista de Figuras

- Fig. 1. Georreferenciamento do uso e ocupação do solo na área de entorno dos reservatórios estudados. .... 21
- Fig. 2. Diagramas de ordenação não-métrica multidimensional (nMDS) dos reservatórios da zona da mata norte de Pernambuco. CP: Capina; CS: Cursaí; GT: Goitá; GU: Guararema; SJ: Siriji; TP: Tapacurá. .... 22
- Fig. 3. Índices de diversidade obtidos através da série de Hill. CAP (Carpina), CUR (Cursaí), GOT (Goitá), GUA (Guararema), SIRI (Siriji) TAPA (Tapacurá). .... 22
- Fig. 4. Abundância relativa zooplancônica nos reservatórios estudados ..... 23
- Fig. 5. Frequência relativa zooplancônica nos reservatórios estudados ..... 23
- Fig. 6. Diagrama de dispersão obtida a partir da Análise de Redundância (RDA) aplicada sobre as espécies zooplancônicas de ambos os períodos estacionais nos ambientes estudados. As variáveis utilizadas na análise foram: Monocultura (Monoc), Florestamento (Flores), Desflorestamento (Desfl), Condutividade elétrica (CE), Sólidos totais dissolvidos (STD), Turbidez (Turb), Temperatura (Temp) Transparência (Transp). Vinte e sete espécies foram relacionadas com as variáveis: *B. angularis* (Bangu), *B. caldatus* (Bcald) *B. Calyciclorus* (Bcaly), *B. dolabratus* (Bdola), *B.falcatus* (Bfalc), *B. havanaensis* (Bhava), *B.leydigi* (Bleyd), *B. mirus* (Bmiru), *Bidelioida* (Bidel), *C. dossuarius* (Cdoss), *F. longseta* (Flong), *H. mira* (Hmira), *K. tropica* (Ktrop), *T. carlini* (Tcarl), *Microcyclops sp1*. (Micsp1), *Microcyclops sp1* (Micsp2), Nauplio de Cyclopida (NauCy), Nauplio de Calanoida (NauCa), *N. cearensis* (Ncear), *N.Conifer* (Nconi), *Thermocyclops* sp (Thesp), *C. laticaudata* (Clati), *D. spinulosum* (Dspin), *E. Barrosi* (Ebarr), *M. laticornis* (Mlati), *M. superculata* (Msupe), *M. micrura* (Mmicr) ..... 24
- Fig. S. 7. Média histórica de precipitação dos últimos trinta anos da zona da mata norte de Pernambuco. .... 27

## Lista de Tabelas

<b>Tab.1.</b> Localização e características climáticas e hidrológicas dos seis reservatórios estudados.	25
<b>Tab.2.</b> Teste de Mann-Whitney dos parâmetros físicos e químicos avaliados nos períodos seco e chuvoso nos reservatórios estudados. Os valores em negrito indicam o valor do teste que obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ).....	25
<b>Tab.3.</b> Percentuais de uso e de ocupação dos solos obtidos através do Georreferenciamento dos 500 metros do entorno dos reservatórios). .....	25
<b>Tab.4.</b> Lista de espécies zooplanctônicas com percentual indicativos, IndVal (>70%) e com nível de significância de $p < 0,05$ .....	26
<b>Material suplementar</b>	
<b>Tab.S.1.</b> Valores para as variáveis limnológicas registrados nos reservatórios Carpina (CP), Cursai (CR), Goitá (GT), Guararema (GU), Sirijí (SJ), Tapacurá (TP), Estado de Pernambuco, Brasil, em 2018. ....	28
<b>Tab.S.2.</b> Composição taxonômica nos reservatórios Carpina (CP), Cursai (CS), Goitá (GT), Guararema (GU), Siriji (SJ) e Tapacurá (TP). Valores de frequência de ocorrência discriminados dentro da tabela, e de riqueza para cada reservatório ao final da tabela. ....	29

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELA</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. HIPÓTESES</b> .....	3
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	4
<b>4. Influência do Uso e Ocupação do Solo sobre o zooplâncton de Reservatórios do Nordeste do Brasil</b> .....	6
4.1. <i>Resumo</i> .....	7
4.2. <i>Abstract</i> .....	7
4.3. <i>Introdução</i> .....	8
4.2. <i>Material e Métodos</i> .....	10
4.2.1. <i>Análise de Dados</i> .....	12
4.3. <i>Resultados</i> .....	13
4.4. <i>Discussão</i> .....	17
4.5. <i>Figuras e tabelas</i> .....	21
4.7. <i>Referências</i> .....	31
<b>5. Considerações Finais</b> .....	36
<i>Anexo Normas para publicação na Urban Ecosystems</i> .....	37

## RESUMO

A influência dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo depreciam a qualidade da água no entorno dos corpos hídricos. Tais usos podem acarretar mudanças nas variáveis química e física da água e conseqüentemente na estrutura da comunidade aquática modificando a diversidade, riqueza e composição zooplanctônica. Com a finalidade de testar se i. a biodiversidade zooplanctônica de reservatórios tropicais são afetados negativamente por modificações antrópicas quanto ao uso do solo; ii. Se os efeitos da eutrofização e poluição orgânica alteram a composição zooplanctônica em reservatórios de áreas tropicais. Para isto, foram selecionados seis reservatórios na zona da mata norte de Pernambuco, sendo três com maior influência da urbanização e três situados em zonas rurais com menor influência. Foram realizadas coletas em 12 pontos situados na zona limnética de cada reservatório. As amostras foram obtidas através da filtração de 100L de água da subsuperfície, através de uma rede de plâncton (45 µm). Para definir os tipos de uso do solo foram feitas classificações através do mapeamento do entorno dos ambientes aquáticos com delimitação de 500m e os tipos de uso do solo foram Área desflorestada, Área florestada e Monocultura. Foram registrados 108 táxons zooplanctônicos, sendo 59 de Rotifera, 41 de Cladocera e 12 de Copepoda. Os seis ambientes estudados apresentam riquezas e diversidade diferentes ( $p < 0,05$ ). A maior riqueza ( $S = 46$  espécies) foi registrada no entorno do reservatório mais preenchido por vegetação nativa e a maior diversidade foi registrada para os reservatórios mais impactados por desmatamento ( $H = 8.644$ ). Os reservatórios são diferentes um do outro, quanto aos descritores ambientais (clorofila a, fósforo, pH, condutividade, turbidez, transparência, oxigênio dissolvido, e sólidos totais), destes, quatro (Carpina, Goitá, Guararema e Tapacurá) foram descritos como hipereutróficos e dois (Cursai e Siriji) como oligotróficos. Foram verificadas diferenças significativas nas estruturas das comunidades zooplanctônica entre os reservatórios (PERMANOVA:  $F = 32.598$ ;  $P = 0,001$ ). Os oligotróficos apresentaram uma dominância de microcrustáceos enquanto que os hipereutróficos apresentaram uma comunidade com maior predominância de rotífera (RDA,  $p < 0.05$ ) As hipóteses de que a diversidade zooplanctônica é afetada pelo uso e ocupação do solo e que os efeitos da eutrofização alteram a estrutura da comunidade zooplanctônica foram aceitas. Dessa forma os reservatórios podem ser utilizados como modelo para ajudar a revelar como a diversidade de espécies é afetada pela configuração da paisagem.

Palavras-chave: Estado trófico, Reservatórios tropicais, Indicador de qualidade da água, Zooplâncton.

## ABSTRACT

The influence of different types of land use and occupation detracts from water quality around water bodies. Such uses may lead to changes in the chemical and physical variables of water and consequently in the structure of the aquatic community, modifying zooplankton diversity, richness and composition. For the purpose of testing whether i. zooplankton biodiversity of tropical reservoirs is negatively affected by anthropogenic changes in land use; ii. Whether the effects of eutrophication and organic pollution alter zooplankton composition in reservoirs of tropical areas. For this, six reservoirs were selected in the northern forest zone of Pernambuco, three with the greatest influence of urbanization and three located in rural areas with less influence. Samples were collected at 12 points in the limnetic zone of each reservoir. Samples were obtained by filtering 100L of subsurface water through a plankton net (45  $\mu$ m). To define the types of land use, classifications were made by mapping the surroundings of aquatic environments with a delimitation of 500m and the types of land use were deforested area, forested area and monoculture. 108 zooplankton taxa were recorded, 59 from Rotifera, 41 from Cladocera and 12 from Copepoda. The six environments studied have different richness and diversity ( $p < 0.05$ ). The highest richness ( $S = 46$  species) was recorded around the reservoir most filled with native vegetation and the highest diversity was recorded for the reservoirs most impacted by deforestation ( $H = 8,644$ ). The reservoirs are different from each other in terms of environmental descriptors (chlorophyll a, phosphorus, pH, conductivity, turbidity, transparency, dissolved oxygen, and total solids). Of these, four (Carpina, Goitá, Guararema and Tapacurá) were described as hypereutrophic and two (Cursaí and Siriji) as oligotrophic. Significant differences in zooplanktonic community structures were observed between reservoirs (PERMANOVA:  $F = 32,598$ ;  $P = 0.001$ ). Oligotrophic showed a dominance of microcrustaceans while hypereutrophic presented a community with greater rotifer predominance (RDA,  $p < 0.05$ ). From the zooplankton community were accepted. In this way reservoirs can be used as a model to help reveal how species diversity is affected by landscape configuration.

Keywords: Trophic state, Tropical reservoirs, Water quality indicator, Zooplankton.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento elevado e desordenado das áreas urbanas, que ocorre principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, tem provocado sérios efeitos no meio ambiente. Os ecossistemas aquáticos que estão inseridos dentro dos centros urbanos sofrem consequências diretas da ocupação populacional nas cidades, principalmente onde há moradias de menor nível social e econômico. Muitos moradores e comerciantes lançam lixo e resíduos orgânicos através de redes clandestinas, transformando os corpos hídricos em corredores de esgoto a céu aberto (GOULART; CALLISTO, 2003). De forma similar ao que ocorre em grandes metrópoles, centros urbanos localizados em municípios do interior também exercem forte impacto sobre as bacias hidrográficas (SILVA et al., 2006).

Ecossistemas aquáticos como os reservatórios apresentam grande importância biológica, econômica e social, além de proporcionar uma base teórica limnológica e ecológica para diversos ambientes e estudos (TUNDISI, 2008; SOUZA et al., 2014). Construídos para suprir a grande demanda energética do país, os reservatórios também têm sido utilizados, ainda que de forma pobre e não planejada, com a finalidade de controle de vazão, recreação, navegação e abastecimento de água urbana e rural (MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI 2003; TUCCI 2008). De maneira geral, eles são classificados como corpos d'água lênticos, ambientes propícios ao acúmulo de materiais, uma vez que suas águas exibem menor velocidade de fluxo e maior tempo de residência (SANTOS; SAGGIO; SILVA, 2015). Estas características permitem a sedimentação e consequente deposição de partículas poluentes no sedimento de fundo (TUNDISI, 2008). Esses mananciais estão inseridos em importantes bacias hidrográficas e, portanto, sofrem todos os efeitos das atividades antrópicas causadas na bacia da qual fazem parte (TUNDISI, 2007; RIGHETTO; GOMES FREITAS, 2017).

Determinados impactos ambientais são maximizados, devido, principalmente, ao crescimento populacional humano (MUCELIN; BELLINI 2008). A qualidade da água desses ambientes acaba sendo comprometida, uma vez que o despejo de efluentes sem tratamento no manancial, tanto de origem doméstica como industrial, modificam a paisagem e comprometem o ecossistema como um todo (MUCELIN; BELLINI, 2008; MINELLA; MERTEN, 2011). A eutrofização dos reservatórios representa o impacto negativo de maior relevância, sendo resultado dos diferentes usos da bacia hidrográfica (atividades agrícolas, industriais e urbanas) e agravada pelo aumento da densidade populacional (SANTOS et al., 2015). Este processo provoca alterações nas comunidades, com diversos riscos para as espécies aquáticas e, também

representa riscos para todos os seres vivos que direta ou indiretamente utilizam a água e os animais contaminados da região (GAZONATO NETO ET AL., 2014).

A eutrofização é o resultado do enriquecimento do corpo d'água por nutrientes, principalmente pelo nitrogênio e fósforo, cujo aporte ocorre na forma dissolvida ou particulada nos ambientes aquáticos (MATSUMURA-TUNDISI; GALIZIA TUNDISI, 2003); GIKUMA-NJURU et al., 2013); esta pode ocorrer naturalmente ou artificialmente (quando provocada pelo homem) (SANTOS et al., 2015), resultando em profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas da água e no nível de produção do sistema (ESTEVES, 2011).

Nos ecossistemas aquáticos, a poluição da água, a degradação de habitat e a invasão de espécies constituem as principais ameaças a diversidade biológica (Dudgeon et al. 2006). Os usos múltiplos das bacias hidrográficas aumentam a carga de nutrientes no sistema, o que provoca o aumento da produtividade e alteração dos processos ecossistêmicos, como ciclagem da matéria orgânica e fluxo de energia (TUNDISI, 2008; DIAS et al., 2012). Esse processo de eutrofização, associado às atividades humanas, tem sido denominado eutrofização artificial e se caracteriza pela intensa produção de matéria orgânica, excedendo a capacidade de assimilação do sistema, por meio dos processos de consumo e decomposição (PINTO-COELHO et al. 2005). Estas distintas condições de trofia interferem nas interações bióticas associadas à abundância e à composição de espécies das comunidades aquáticas (STRAILE, GELLER 1998).

Dentre os organismos aquáticos mais afetados pela eutrofização, destacam-se aqueles que compõem o zooplâncton, um grupo cosmopolita de animais que habitam uma infinidade de ambientes aquáticos, assim como os reservatórios (GAZONATO NETO et al., 2014; MANICKAM et al., 2014). Estes organismos estão sujeitos à ação de diversos fatores biológicos e ambientais, que afetam sua distribuição vertical e horizontal na coluna d'água (MORGADO et al. 2003). Considerados bioindicadores da qualidade da água, o zooplâncton possui um ciclo de vida curto, refletindo rapidamente as mudanças provenientes da ação antrópica, fornecendo, desta forma, subsídios sobre as condições e extensão dos impactos causados nesses ambientes (GAZONATO NETO et al., 2014; SCHILLER et al., 2017).

Os indivíduos que compõem a comunidade zooplânctônica podem apresentar sensibilidade frente às mudanças ambientais e podem responder rapidamente aos mais diversos tipos de impactos; essas respostas podem se manifestar tanto através da alteração na composição e diversidade, como no aumento ou diminuição da densidade da comunidade (DANTAS-SILVA, DANTAS, 2013).

## **2. HIPÓTESES**

- Elevados níveis de eutrofização e poluição orgânica, em decorrência dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo, reduzem e aumentam a diversidade de espécies zooplanctônicas em reservatórios tropicais.
- Elevados níveis de eutrofização alteram a composição e densidade zooplanctônica em reservatórios tropicais

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar se uso e a ocupação do solo afetam a composição, densidade e diversidade da comunidade zooplanctônica e a qualidade da água em reservatórios tropicais.

### **3.2. Específicos**

- Avaliar os atributos ecológicos da comunidade zooplanctônica em reservatórios com diferentes usos e ocupação do solo.
- Determinar o estágio trófico da água dos reservatórios tropicais estudados.
- Determinar a influência das variáveis físicas, químicas e biológicas na comunidade zooplanctônica em reservatórios com diferentes usos e ocupação do solo.
- Analisar a influência do uso e ocupação do solo sobre a comunidade zooplanctônica.



### 3.3 REFERÊNCIAS

- DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 53–58, jun. 2013.
- DIAS, J.; SIMÕES, N.; BONECKER, C. Zooplankton community resilience and aquatic environmental stability on aquaculture practices: a study using net cages. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 1–11, fev. 2012.
- DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v. 81, n. 02, p. 163, 12 maio 2006.
- ESTEVEES, F. D. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3a Ed. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- GAZONATO NETO, A. J. et al. Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 4, 2014.
- GIKUMA-NJURU, P. et al. Strong spatial differentiation of N and P deficiency, primary productivity and community composition between Nyanza Gulf and Lake Victoria (Kenya, East Africa) and the implications for nutrient management. **Freshwater Biology**, p. n/a-n/a, ago. 2013.
- GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**. Ano 2, n.1, 2003.
- MANICKAM N ET AL. Seasonal Variations of Zooplankton Diversity in a Perennial Reservoir at Thoppaiyar , Dharmapuri District , South India. **Austin Journal of Aquaculture and Marine Biology**, v. 1, n. 1, p. 1–7, 2014.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALIZIA TUNDISI, J. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. **Hydrobiologia**, v. 504, n. 1–3, p. 215–222, set. 2003.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 424–432, mar. 2011.
- MORGADO, F. et al. Zooplankton abundance in a coastal station off the Ria de Aveiro inlet (north-western Portugal): relations with tidal and day/night cycles. **Acta Oecologica**, v. 24, p. S175–S181, maio 2003.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza (Online)**, v. 20, n. 1, p. 111–124, 2008.
- PINTO-COELHO, R. et al. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, n. 2, p. 348–361, 2005.
- RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1109–1120,

dez. 2017.

SANTOS, RM., SAGGGIO, AA., SILVA, TLR., N. Short-term thermal stratification and partial overturning events in a warm polymictic reservoir : effects on distribution of phytoplankton community. **Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia**, v. 75, n. 1, p. 19–29, 2015.

SCHILLER, A. D. P. et al. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA COMO FERRAMENTA DE IMPACTO AMBIENTAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 165, 9 nov. 2017.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas. **Revista VeraCidade**. Ano 3. Nº 5. 2006.

SOUZA, J. R. DE et al. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **2014**, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.

STRAILE, D.; GELLER, W. Crustacean zooplankton in Lake Constance from 1920 to 1995: response to eutrophication and re-oligotrophication. **Archiv für Hydrobiologie, Special Issues: Advances in Limnology**, v. 53, n. December, p. 255–274, 1998.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

TUNDISI, J. G. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 109–117, abr. 2007.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.

#### 4. ARTIGO

### **Influência do uso e ocupação do solo sobre a comunidade zooplanctônica de reservatórios tropicais, Nordeste do Brasil**

Felipe Antônio dos Santos, Ítalo Luã Silva Medeiros, Cihelio Alves Amorim, Alef Jonathan da Silva, Viviane Lúcia dos Santos Almeida de Melo; Mauro de Melo Júnior

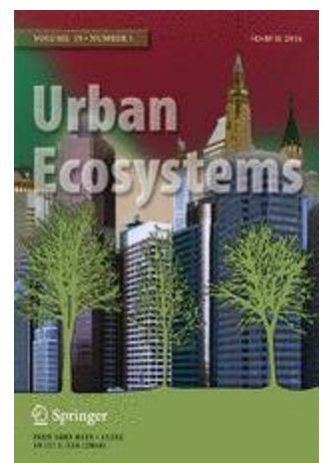
Santos, F. A.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-7761>  
Medeiros, I. L. S.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8721-6557>  
Amorim, C. A.;  
Melo-Júnior, M.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7963-1205>  
Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: R. Manuel de Medeiros, 97 - Dois Irmãos, PE N: 401  
e-mail: mauro.melojr@ufrpe.br, tel: 55 81 994410816

Silva, A. J.  
Universidade de São Carlos  
Endereço: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Hidrobiologia, Departamento de Hidrobiologia. Via Washington Luis, km 235

Almeida-Melo, V. L. S.  
Upe Campus Mata Norte  
R. Prof. Amaro Maltez, 201 – Centro – Nazaré da Mata – PE  
CEP: 55800-000 – Fone/Fax: 3633-4604

Artigo a ser submetido à **Urban Ecosystems**

Fator de Impacto 1,97; Qualis A2 - Biodiversidade



## RESUMO

Os aumentos das atividades antrópicas em áreas próximas a ambientes aquáticos têm causado a eutrofização de muitos desses ecossistemas, como por exemplo, em diversos reservatórios. Em decorrência do uso excessivo e descontrolado das margens desses corpos hídricos. As comunidades planctônicas desses ambientes apresentam sensibilidade a tais mudanças ambientais e podem responder de forma específica aos impactos antrópicos. Avaliamos a diversidade, composição e a estrutura da comunidade zooplanctônica em seis reservatórios tropicais (quatro hipereutróficos e dois oligotróficos) buscando determinar quais os principais fatores responsáveis pela distribuição das espécies e se estas são influenciadas pela eutrofização e também a caracterização quando ao uso do solo nas margens desses habitats. Doze amostras de 100 filtrados foram coletadas em cada reservatório no período chuvoso e seco no ano de 2018 nos meses de janeiro a março para o período seco e junho a agosto para o período chuvoso. Os táxons foram identificados e estimados os atributos ecológicos de densidade, diversidade e riqueza, com o objetivo de descrever e relacionar com as diferenças entre os ambientes e a hidrologia do mesmo, além de caracterizar as espécies indicadoras ( $\text{IndVal} > 70\%$ ). Foram identificadas 108 espécies zooplanctônicas, com maior riqueza observada em habitats oligotróficos.

Entre os reservatórios hipereutróficos, o que exibiu maior diversidade foi o de Tapacurá, enquanto Guararema apresentou maior dominância, em especial de organismos da família Brachionidae. Vinte e oito espécies mostraram-se como indicadoras dos tipos de uso do solo, da sazonalidade e das variáveis ambientais, ou seja, exibiram valores de indicação maior que 70% ( $\text{IndVal } p = 0,001$ ). Também foram verificadas diferenças significativas na composição da comunidade zooplanctônica (PERMANOVA:  $F = 32.598$ ;  $P = 0,001$ ). Dessa forma, a hipótese pode ser aceita, uma vez, que os diferentes usos do solo estiveram relacionados com a redução da diversidade e alteração na composição zooplanctônica nos reservatórios estudados.

**Palavras chave:** Estado trófico, Qualidade da Água, Zooplâncton.

## ABSTRACT

Increased population density and anthropogenic activities have led to the eutrophication of many aquatic environments, such as reservoirs. Due to the excessive use of uncontrolled water bank margins. The zooplankton species of these environments are sensitive to such environmental changes and may respond specifically to human impacts. We evaluated the composition and structure of the zooplankton community in six tropical reservoirs (four hypereutrophic and two oligotrophic) in order to determine the main factors responsible for the distribution of the species and whether these are influenced by eutrophication and the land uses in the margins of these habitats. Twelve filtered 100L samples were collected in each reservoir, both in the rainy and dry periods. Cladocera, Copepoda and Rotifera planktonic species were identified and estimated the ecological attributes of density, diversity and richness, in order to correlate with the physical and chemical variables of the water, and to characterize the indicator species ( $\text{IndVal} > 70\%$ ). A total of 108 zooplankton species were identified, with higher richness observed in oligotrophic habitats.

Among the hypereutrophic reservoirs, the one with the greatest diversity was Tapacurá, while Guararema showed greater dominance, especially of organisms of the Brachionidae family. Twenty-eight species were indicated as indicators of soil use, seasonality and environmental variables, that is, they showed values of indication greater than 70% ( $\text{IndVal } p = 0.001$ ). There were also significant differences in the composition of the zooplankton community (PERMANOVA:  $F = 32,598$ ;  $P = 0.001$ ). Thus, the hypothesis can be accepted, once, that the different uses of the soil were related to the reduction of diversity and alteration in the zooplankton composition in the studied reservoirs.

**Keywords:** Trophic state, Water Quality, Zooplankton.

#### 4.1. Introdução

O aumento das atividades antrópicas, em decorrência do crescimento dos centros urbanos, associado às condições precárias de saneamento básico, tem gerado inúmeros impactos negativos aos ecossistemas aquáticos (Grimm et al. 2008). Nesse sentido, estima-se que a maioria dos ambientes aquáticos, em especial os reservatórios, está sofrendo pressões antrópicas (Tundisi 2007; Gazonato-Neto et al. 2014; Schiller et al. 2017). Estes ambientes proporcionam inúmeros serviços ecossistêmicos, como abastecimento hídrico, irrigação, dessedentação de animais e produção de energia elétrica, desta forma esses ambientes ganhou a atenção de pesquisas científicas (Almeida et al. 2006; Nogueira et al. 2008; Dantas et al. 2009; Guevara et al. 2009; Dantas-Silva and Dantas 2013; Moreno-Gutiérrez et al. 2018; Celik and Ongun Sevindik 2019).

Os padrões sucessionais nas comunidades de zooplâncton de reservatórios são estimulados pela combinação de fatores abióticos e bióticos (Rettig et al. 2006). As variáveis como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez e sólidos totais dissolvidos exercem influência sobre o zooplâncton. Essas variáveis alteram-se naturalmente durante as estações do ano causando mudanças na estrutura da comunidade zooplânctônica sazonalmente, ou através de distúrbios antropogênicos fatores responsáveis pela degradação do entorno dos corpos hídricos (Aoyagui and Bonecker 2004; Rettig et al. 2006; Enríquez García et al. 2009; Cole et al. 2011).

Tais perturbações contribuem para a deterioração da qualidade da água e, conseqüentemente, modificam o estado trófico destes ambientes (Tundisi 2007; Cole et al. 2011). Essas alterações causam mudanças na composição das comunidades aquáticas e na funcionalidade dos ecossistemas (Tundisi and Matsumura-Tundisi 2003). O incremento dos nutrientes nos corpos hídricos é o principal fator que favorece a eutrofização destes ambientes. Tal condição altera a distribuição e estrutura das comunidades aquáticas, favorecendo, principalmente, o crescimento dos produtores primários, como o fitoplâncton e, conseqüentemente, alterando a estrutura dos níveis tróficos superiores, como o zooplâncton (Ger et al. 2014, 2016).

Como resultado, a abundância, riqueza, composição e diversidade desta comunidade podem variar-nos mais diversos ambientes aquáticos (Pinese et al. 2015). Mudança nos atributos da comunidade zooplânctônica tem sido encontradas em reservatórios com diferentes usos do solo e estados tróficos diferentes (Sendacz et al. 1984; Cabianca and Sendacz 1985; Nogueira et al. 2008; Bays and Crisman 2010; Sługocki et al. 2018). Dessa forma, as respostas ecológicas do zooplâncton as variações ambientais são uma ferramenta de

grande utilidade para o monitoramento, pois são utilizadas para avaliar as respostas de distúrbios naturais e antropogênicos e detectar alterações na estrutura e funções do ecossistema (Cingolani et al. 2010; Lindenmayer and Likens 2010; Magurran and Henderson 2010).

Comunidades e populações aquáticas podem ser consideradas indicadores biológicos do nível de contaminação de um ambiente, onde a presença ou a ausência de espécies pode atuar como um indicativo de perturbações no ecossistema (Chapman et al. 1996). Dentre estas comunidades, o zooplâncton, que é constituído principalmente por rotíferos, cladóceros e copépodos, é considerado um eficiente indicador biológico da qualidade da água (Pinto-Coelho et al. 2005; Sousa et al. 2008). Algumas características, como metabolismo elevado, ciclo de vida curto e rápida reprodução, permitem que os organismos zooplanctônicos respondam rapidamente aos variados estresses ambientais (Arora 1966; Cushing 2000; Dodson et al. 2005; Lindenmayer and Likens 2010; Magurran and Henderson 2010).

A diversidade, estrutura de tamanho e composição taxonômica do zooplâncton atuam como excelentes bioindicadores dos efeitos da ação antrópica nos ecossistemas aquáticos (Dodson et al. 2007; Havens 2011). Nesse sentido, os diferentes tipos de uso e ocupação do solo podem refletir diretamente na estrutura do zooplâncton, sendo a urbanização um importante fator regulador da diversidade zooplanctônica (Brans et al. 2017; Gianuca et al. 2018). As diferenças observadas na estrutura da comunidade zooplanctônica de ambientes próximos a áreas urbanas estão associadas às características intrínsecas destas regiões, como elevada temperatura e despejo de esgotos, os quais são menos evidentes em áreas naturais (Mimouni et al. 2015).

No entanto, reservatórios localizados em áreas distantes de centros urbanos passam por um processo de enriquecimento por nutrientes decorrentes da poluição difusa oriunda da crescente urbanização, devido a grande quantidade de poluentes carregados pelas águas de drenagem dessas áreas. Esses poluentes provenientes de esgoto não tratado, resíduos agrícolas e industriais, são carregados de forma lenta e constante para os reservatórios através do rio a jusante de centros urbanos para a montante dos corpos hídricos (Grassi 2001; Righetto et al. 2017). Assim, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a composição e estrutura da comunidade zooplanctônica em seis reservatórios tropicais com variados tipos de uso e ocupação do solo, além de determinar quais os principais fatores responsáveis pela distribuição das espécies indicadoras de eutrofização e outros parâmetros limnológicos nos ambientes selecionados. Foi testada a hipótese de que “elevados níveis de eutrofização e poluição orgânica, em decorrência dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo, reduzem a diversidade de espécies e alteram a composição zooplanctônica em reservatórios tropicais”.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1. Área de estudo

Foram selecionados seis reservatórios na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, quatro na bacia do Rio Capibaribe (Carpina, Cursai, Goitá, Tapacurá) e dois na bacia do Rio Goiana (Guararema e Siriji). Os reservatórios foram selecionados com base no grau de antropização (Gianuca et al. 2018). Os mais antropizados cujos níveis de urbanização ou área de agropecuária excederam 20% da cobertura do solo (até 500 m das margens) que foram Carpina, Goitá e Tapacurá; os menos antropizados valores de cobertura de urbanização ou área de agropecuária abaixo de 20% - Cursai, Guararema e Siriji, inseridos em áreas rurais (Fig. 1). Em cada ambiente, também foi observada a predominância de macrófitas flutuantes das espécies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara, *Nymphoides indica* (L.) Kuntze, *Pistia stratiotes* L, *Salvinia auriculata* Aubl., nos reservatórios de Cursai, Guararema, Siriji e Tapacurá, enquanto em Carpina e Goitá foram predominantes macrófitas emergentes como as *Ceratophyllum demersum* L., *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf, *Polygonum ferrugineum* Wedd. Outros detalhes sobre a localização geográfica, caracterização climática e hidrológica dos reservatórios foi sintetizada na Tabela 1.

### 4.2.2. Estratégia amostral e análise das amostras

As coletas das variáveis bióticas e abióticas foram realizadas no período diurno e em dois períodos sazonais: seco (entre os meses outubro de 2017 a fevereiro de 2018) e chuvoso (junho a agosto de 2018). Na zona limnética de cada reservatório, foram selecionados 12 pontos de coleta de forma estratégica, para abranger todo o corpo hídrico ou a maior parte do mesmo, com pontos equidistantes no sentido montante-jusante (Fig. 1). Amostras para mensuração dos parâmetros físico-químicos foram coletadas na subsuperfície de cada ponto amostral. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez foram aferidos com uma sonda multiparamétrica *Horiba* U-52. A transparência da água foi estimada através da profundidade do desaparecimento do disco de Secchi. Em cada ambiente também foram coletadas amostras da água para determinação das concentrações de clorofila *a* e fósforo total, as quais foram congeladas até o momento das análises.

As determinações das concentrações de clorofila *a* foram realizadas a partir do método espectrofotométrico, após extração dos pigmentos em etanol a 90%, conforme Chorus and Bartram (1999). As concentrações de fósforo total foram realizadas com o intuito de calcular o índice de estado trófico dos ambientes, e foram determinadas pelo método descrito em APHA (1992). Os reservatórios foram classificados quanto ao estado trófico com base nas categorias propostas por Cunha et al. (2013).

Amostras para a análise quali-quantitativa do zooplâncton foram coletadas nos 12 pontos selecionados de cada reservatório em cada período sazonal, através da filtragem de 100 l de água com auxílio de uma rede de plâncton com abertura de malha de 45  $\mu\text{m}$ . Em seguida, as amostras foram fixadas com formol neutro a 4%. Inicialmente, foram analisadas sub amostras qualitativas para identificação e sistematização dos táxons registrados nas amostras, as amostras foram coradas com rosa de bengala para uma melhor visualização dos organismos. Os táxons foram identificados até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de literatura específica (por ex.: Koste 1978; Matsumura-Tundisi 1986; Elmoor-Loureiro 1997; Ueda and Reid, 2003; Perbiche-Neves et al. 2015). Posteriormente, no mínimo três subamostras de 1 mL foram analisadas para quantificação dos organismos presentes nas amostras. As amostras foram diluídas, quando necessário, para uma melhor visualização dos organismos, sendo contado um mínimo de 100 indivíduos por sub amostra, ou toda a amostra, nos casos em que não foi possível atingir o número mínimo de organismos.

Para cada amostra, foram determinadas a riqueza de espécies e a densidade dos táxons, sendo esta última expressa em organismos por metros cúbicos ( $\text{org.m}^{-3}$ ). As espécies foram ainda classificadas quanto à frequência de ocorrência em frequentes (>50%), pouco frequentes (25-50%) e esporádicas (<25%), conforme Dajoz (1983). Foram definidos os índices de diversidade segundo a série de Hill, através de três ordens “q”, sendo q0 – riqueza total de espécies (S), q1 – índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e q2 – índice de dominância de Simpson (1/D) (Chao et al. 2014).

#### **4.2.3. Análises do uso e da ocupação do solo**

Para realizar a análise da ocupação do solo do entorno dos reservatórios, foram utilizados dados geoespaciais em forma de vetor (*shape*) da hidrografia da região, com a delimitação do entorno do reservatório por meio da delimitação vetorial de um buffer de 500 metros junto ao perímetro do *shape* do reservatório. No mapa gerado foram identificadas as classes que compõem a paisagem (área florestada, monocultura e área desflorestada), com a classificação do uso e da ocupação do solo realizadas através da vetorização manual baseada em imagens de satélite do Google Earth, por meio do Software QGis versão 3.6. Para não



mascarar a vegetação na margem dos reservatórios, não analisada de forma isolada pelo QGIS, foram criadas duas categorias de mata ripária para os reservatórios (>30% e <20%) a partir da porcentagem já obtida da análise QGIS sobre área florestada, através de polígonos utilizando Google Earth.

#### 4.2.4. Análises estatísticas

O teste não paramétrico de Mann-Whitney foi empregado para avaliar possíveis diferenças significativas dos parâmetros abióticos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e transparência) entre os períodos seco e chuvoso nos ambientes hipereutróficos e oligotróficos. Foi utilizada análise de escalonamento multidimensional não-métrica (NMDS, Non-metric Multi-Dimensional Scaling) para identificar as espécies que mais contribuíram para diferenciação entre os ambientes estudados. Essa análise foi realizada com base em matrizes de similaridade de Bray-Curtis a partir dos dados de densidade das espécies presentes em cada amostra, os quais foram transformados em  $\log(x+1)$ . Quando se observou a formação de grupos no NMDS, a análise de SIMPER foi aplicada para indicar a contribuição percentual das espécies para a similaridade e dissimilaridade dos grupos. A PERMANOVA foi utilizada para conferir o grau de similaridade das amostras formadas no NMDS e sua significância. A similaridade entre os ambientes e o tipo de uso e de ocupação do solo, foi constatada através da análise de Similaridade de Bray-Curtis.

Para averiguar potenciais espécies indicadoras das condições limnológicas, foi realizada uma análise de espécies indicadoras (IndVal), sendo selecionadas as espécies que obtiveram um percentual de indicação superior a 70% (Dufrêne and Legendre 1997). Para isso, foram definidas categorias com os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, transparência e estado trófico, percentuais de área florestada, desflorestada e monocultura. Tais categorias foram estabelecidas com base na distribuição equilibrada dos dados entre elas. Esta análise foi realizada utilizando o pacote *Indicspecies*, através do programa R (R Development Core Team 2018).

Para examinar as relações entre a comunidade zooplanctônica e o uso e a ocupação do solo, assim como com as variáveis limnológicas, foi realizada uma análise de redundância (RDA), definida com base no comprimento do primeiro eixo da uma análise de correspondência destendenciada (DCA), no pacote *Vegan*. Para isso, a matriz com os dados limnológicos de uso e ocupação do solo foi transformada [ $\log(x+1)$ ] e padronizada com a função *range*, enquanto a matriz de dados bióticos foi transformada com a função  $\log(x+1)$ . Em seguida, os dados abióticos foram separados em duas matrizes, uma contendo as variáveis

limnológicas da água e outra com os dados de uso e ocupação do solo (denominadas de água e uso do solo, respectivamente) para realização de uma RDA parcial. Esta análise foi realizada para definir qual a participação de cada conjunto de dados na explicação da variação na densidade do zooplâncton para os reservatórios e períodos sazonais estudados. Todas as análises foram realizadas no programa R com nível de significância de  $p < 0,05$  (R Development Core Team 2018).

### **4.3. RESULTADOS**

#### **4.3.1. Variáveis limnológicas e uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios**

Os reservatórios Cursái e Siriji foram considerados oligotróficos em ambos os períodos de amostragem (IET  $< 54$ ), enquanto Carpina, Goitá, Guararema e Tapacurá foram classificados como hipereutróficos (IET  $> 58$ ). A maioria das variáveis físicas e químicas não apresentou diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso, com exceção do pH, que foi maior em ambientes hipereutróficos no período seco, ( $U = 1281$ ,  $p < 0,0001$ ) e temperatura, a qual foi maior em ambientes oligotróficos no período seco ( $U = 40$ ,  $p < 0,0001$ ). Durante o período seco, foram observadas diferenças significativas entre os reservatórios hipereutróficos e oligotróficos para a temperatura da água ( $U = 238$ ,  $p < 0,0001$ ), condutividade ( $U = 0$ ,  $p < 0,0001$ ), turbidez ( $U = 108$ ,  $p < 0,0001$ ) e transparência ( $U = 408$ ,  $p < 0,05$ ). Para o período chuvoso, a temperatura e transparência não apresentaram diferenças significativas entre os níveis de eutrofização, enquanto os demais parâmetros apresentaram diferenças significativas: pH ( $U = 40$ ,  $p < 0,0001$ ), condutividade ( $U = 0$ ,  $p < 0,0001$ ), turbidez ( $U = 62,5$ ,  $p < 0,0001$ ), oxigênio dissolvido ( $U = 180$ ,  $p < 0,0001$ ) e sólidos totais dissolvidos ( $U = 108$ ,  $p < 0,0001$ ) (Tab. 2).

Foram verificadas diferenças significativas na composição da comunidade zooplânctônica entre os reservatórios (PERMANOVA:  $F = 32,598$ ;  $P = 0,001$ ), com a separação dos dois períodos sazonais; tais diferenças foram evidenciadas pelo nMDS (Fig.2).

#### **4.3.2. Serie de Hill**

Os resultados da análise de série de Hill demonstraram que os reservatórios oligotróficos e com percentual de mata ripária superior a 30% nas margens (Cursái e Siriji) registraram maior riqueza para ambos os períodos pluviométricos (Fig. 4a). Em comparação aos ambientes hipereutróficos (Carpina, Goitá, Guararema e Tapacurá), que apresentaram maior diversidade e dominância de espécies, principalmente de rotíferos. Dentre os

reservatórios hipereutróficos, Carpina foi o único que apresentou maior riqueza no período chuvoso (Fig. 4b).

#### 4.3.3 Estrutura e composição da comunidade zooplanctônica

Foram identificadas 108 espécies para a comunidade zooplanctônica nos ambientes estudados, distribuídas nos três principais grupos: Rotifera (59 espécies), Cladocera (41 espécies) e Copepoda (12 espécies) (Tabela 5). Ao todo, foram identificadas 24 famílias, com destaque para Chydoridae (Cladocera), Brachionidae e Lecanidae (ambas de Rotifera), que apresentaram maior diversidade de espécies (21, 18 e 11, respectivamente). Maiores valores de riqueza foram observados no reservatório de Siriji (oligotrófico) no período seco, com 46 e no chuvoso com 42, Carpina foi o reservatório (hipereutrófico), que apresentou maior riqueza com 31 espécies no período chuvoso e 25 no seco. (Tab. Suplementar 2)

Os ambientes com área de vegetação superior a 18% em seu entorno (Cursai e Siriji) apresentaram maiores valores de riqueza no período seco e chuvoso ( $q_0$ ,  $S = 42$  espécies). Já o índice de Shannon ( $q_1$ ,  $H = 8.644$ ) evidenciou maior diversidade em reservatórios com perda de cobertura vegetal natural ( $q_2$ ,  $C = 6.310$ ). O índice de dominância de Simpson foi maior nos ambientes com de perda de cobertura vegetal  $>70\%$  (Tab.3, Fig.4).

Entre os rotíferos, as famílias Brachionidae, Bdelloidea, Hexarthridea e Trochospheridae se destacaram com maior frequência em ambientes hipereutróficos em ambos os períodos sazonais, em especial no reservatório de Guararema, que possui maior percentual de monocultura em seu entorno (83%). As espécies de rotíferos que ocorreram com frequência superior a 50% nesses ambientes foram: *Brachionus angularis* Gosse, 1851, *B. calyciflorus* Pallas, 1766, *B. caldatus* Barrois & Daday, 1894, *B. dolabratus* Hanning, 1914, *B. falcatus* Koste & Shiel, 1987, *B. havanaensis* Rousselet, 1911, *B. leydigi* Cohn, 1862, *B. mirus* Daday, 1905, *K. americana* Carlin, 1943, *K. tropica* Apstein, 190), *K. quadrata* Müller, 178), *Filinia longseta* Ehrenberg, 1834, *F. opoliensis* Zacharias, 1898, *F. terminalis* Plate, 1886, *Hexarthra intermedia* Wiszniewski, 1929, *H. mira* Hudson, 1871.

Em comparação aos rotíferos, poucas espécies de microcrustáceos apresentaram frequência superior à 50% nos ambientes hipereutróficos, sendo elas: *Ceriodaphnia cornuta* Sars, 1886, *C. laticaudata* P. E. Muller, 1867, *Diaphanosoma spinulosum* Herbst 1967, *Moina micrura* Kurz, 1874, *M. reticulata* Daday, 1905, *Thermocyclops* sp., *Notodiptomus cearensis* Wright, 1935 e náuplios de Copepoda. No entanto, maiores riquezas e dominância de microcrustáceos das famílias Chydoridae e Daphniidae foram observadas em ambientes com monocultura que possuíam presença de mata ripária.

Os reservatórios com elevados percentuais de desmatamento e monocultura e sem a presença de mata riparia nas margens foram caracterizadas como hipereutróficos (Goitá, Guararema e Tapacurá) e exibiram dominância de rotíferos em ambos os períodos sazonais, com exceção de Carpina, que mostrou dominância de microcrustáceos. Os grupos que ocorreram com maior frequência foram os mesmos que apresentaram maiores abundâncias relativas.

Os microcrustáceos só apresentaram valores de abundância relativa mais altos em comparação aos rotíferos em ambientes com presença de mata riparia na margem, sem levar em consideração se eram desflorestados ou com monocultura; esses ambientes foram caracterizados como oligotróficos (Fig.5, Fig.6, Tab.3).

#### 4.3.4. Espécies indicadoras

Vinte e oito espécies mostraram-se como indicadoras dos tipos de uso do solo, da sazonalidade e de algumas condições relativas às variáveis ambientais. Dentre essas espécies, destacaram-se os Rotifera (16), seguidos pelos Cladocera (7) e Copepoda (5).

Os microcrustáceos foram os que melhor indicaram os períodos sazonais, *C. laticaudata* (82%), *E. barrosi* (91%) e, Náuplio de Calanoida (97%), indicando o período seco, e *Ceriodaphnia cornuta* (89%) e *D. spinulosum* (79%) indicando o período chuvoso. Para os usos e ocupações do solo, oito espécies foram associadas a essas condições, com destaque para *B. calyciflorus* <20 (78%) e *F. opoliensis* >20 (78%) que evidenciaram ambientes com vegetação, e *K. tropica* e *H. mira*, ambas indicando ambientes sem vegetação >20 e com monocultura <20 (89%), respectivamente. Em relação ao estado trófico dos ambientes, os rotíferos foram os melhores representantes da baixa qualidade da água. *B. calyciflorus* (83%) e *K. tropica* (77%) estiveram relacionadas a locais hipereutróficos, em associação com *P. vulgaris* (78%) e *F. longiseta* (78%), que indicaram ambientes turvos e com baixa transparência, características típicas de ambientes mais impactados. Em contraste, *H. fennica* foi a única espécie relacionada aos ambientes oligotróficos, estando associada com *H. mira* (79%) nos ambientes com elevada transparência e baixa turbidez.

Os microcrustáceos *C. cornuta* (88%), *D. spinulosum* (78%),  $\geq 28^{\circ}\text{C}$  *C. laticaudata* (73%), *E. barrosi* (84%), *M. minuta* (78%), Náuplio de Calanoida (95%) e *N. conifer* (75%) estiveram ligados a temperaturas baixas e intermediárias (< 28°C); *C. laticaudata* (96%), *E. barrosi* (74%) e *N. cearensis* (80%) estiveram relacionados à transparência elevada. *D. spinulosum* foi à única espécie indicativa de seis condições distintas (baixa vegetação, sem vegetação, ambientes hipereutróficos, temperatura baixa, elevada condutividade e sólidos totais dissolvidos), todas com o percentual entre 72% e 97%), bem como foi o único

microcrustáceo ligado a ambientes hipereutróficos, podendo ser considerada uma espécie chave em reservatórios eutrofizados (Tab.4).

#### 4.3.5. Relação das espécies com as condições ambientais

O modelo de RDA parcial explicou 54,44% ( $F = 17,474$ ,  $p < 0,001$ ) na variação da densidade do zooplâncton; deste total, 24,1% foi atribuído às variáveis limnológicas e 17,1% aos percentuais de uso e de ocupação do solo. A associação entre esses dois conjuntos de variáveis explicou 13,1% da variação (Fig.7). Os dois primeiros eixos no diagrama do RDA explicaram 37% e 24% do total da variação explicada para os reservatórios, em ambos os períodos sazonais.

Correlações negativas com o primeiro eixo foram observadas apenas para cobertura de monoculturas ( $r = -0,73$ ), temperatura ( $r = -0,53$ ) e cobertura florestada ( $r = -0,29$ ). Correlações positivas acima de 0,20 foram observadas apenas para turbidez ( $r = 0,31$ ) e cobertura desflorestada ( $r = 0,29$ ). Para o segundo eixo, correlações negativas foram observadas entre a temperatura ( $r = -0,70$ ), cobertura desflorestada ( $r = -0,48$ ) e pH ( $r = -0,19$ ). Os demais parâmetros que apresentaram correlações positivas superiores a 0,20 foram: transparência ( $r = 0,67$ ), cobertura de monocultura ( $r = 0,47$ ), turbidez ( $r = 0,29$ ), sólidos totais dissolvidos ( $r = 0,27$ ), condutividade ( $r = 0,26$ ) e cobertura florestada ( $r = 0,24$ ).

Nesta análise, não foram plotados grandes agrupamentos de espécies, porém algumas espécies mostraram maior correlação com determinados tipos de parâmetros abióticos e com o tipo de uso e de ocupação do solo. *Testudinella carlini* Bartoš, 1951 e *Brachionus leydigi* apresentaram alta correlação com ambientes com maior área desflorestada, condição que foi encontrada nos reservatórios de Carpina, Goitá, Tapacurá. Ambientes com maiores áreas florestadas, coincidentemente Tapacurá e Goitá, além de Cursaí, foram correlacionados significativamente com as espécies *Hexarthra mira* e *Notodiptomus cearensis*. De forma intermediária, *Macrothrix supeculata* Smirnov, 1982, *Microcyclops* sp.2 e *Macrothrix laticornis* Jurine, 1920 também mostraram correlação com áreas florestadas, e, assim, mostraram uma forte correlação negativa com ambientes cobertos por grandes zonas de monocultura.

Quanto aos parâmetros abióticos da água, ambientes com valores mais elevados de temperatura da água apresentaram maior correlação com *Moina micrura*, *Brachionus dolabratus* e *Ephemeroporus barroisi*, tendo sido esta última espécie já mencionada como indicadora dessa condição. As demais espécies de microcrustáceos foram correlacionadas com águas menos quentes ( $< 28$  °C). A abundância dos rotíferos Bdelloidea e de *Brachionus*

*falcatus* apresentou maior correlação com os ambientes de água mais alcalinas, como os reservatórios de Carpina e Guararema, nos quais os valores de pH estiveram entre 8 e 9.

A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos são parâmetros relacionados entre si e, por isso, a RDA mostrou uma sobreposição entre suas setas. *Diaphanosoma spinulosum* apresentou alta correlação com ambientes de águas mais transparentes e, embora *Keratella tropica* e náuplio de Calanoida também tenham mostrado correlação com águas mais transparentes, essa não foi significativa, uma vez que estas espécies não estiveram próximas a esse fator na análise. *Microcyclops* sp.2 apresentou correlação com a condutividade elétrica, transparência e sólidos totais dissolvidos. Por fim, a turbidez foi o parâmetro que influenciou positivamente o maior número de espécies: *Brachionus havanaensis*, *Brachionus caudatus*, *Conochilus dossuarius*, náuplio de Cyclopoida e *Microcyclops* sp.1 (Fig.6).

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo revelam uma ligação entre o uso e a ocupação do solo, alterações das variáveis ambientais e com a estrutura da comunidade zooplanctônica. As categorias de uso e de ocupação do solo (ambiente florestado, ambiente desflorestado e monocultura) foram correlacionadas com comunidades distintas de zooplâncton. Padrões similares foram encontrados por Zanata and Espíndola (2002) e Brito et al. (2011). O uso e ocupação do solo tem uma ligação direta com as variáveis ambientais, uma vez que diferentes usos podem estar ligados a diferentes condições limnológicas nos corpos de água.

Estudos recentes (Karpowicz 2016; Napiórkowski and Napiórkowska 2017) mostraram que a comunidade zooplanctônica é moldada pelas condições da margem e do leito do rio. A configuração espacial do uso e da ocupação do solo pode influenciar a entrada excessiva de nutrientes nos ambientes aquáticos, modificando, assim, o estado trófico dos mesmos, tornando-os hipereutróficos (Soranno et al. 2015; Sługocki et al. 2018).

Nos ambientes oligotróficos foram observados baixos valores de condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais dissolvidos, clorofila *a* e fósforo total; além disso, esses foram os ambientes que apresentaram maior transparência da água, fatores esses que podem estar relacionados com a presença de mata ripária, pois ela atua como filtro biológico impedindo o carreamento de nutrientes difusos para o meio aquático (Naiman and Décamps, 1997). Nos ambientes hipereutróficos, as condições limnológicas foram distintas: baixa transparência da água e temperatura, pH, condutividade elétrica, alta turbidez concentração de sólidos totais dissolvidos, clorofila *a* e fósforo mais elevadas. Estes resultados podem estar relacionados

com a ausência de vegetação nas margens dos reservatórios, que permite a entrada excessiva de nutrientes de fontes difusas (agricultura), uma vez que as margens ficam desprotegidas, permitindo a elevação nos níveis nutricionais (Naiman and Décamps, 1997; Grassi, 2001).

Foi observada uma maior diversidade zooplanctônica nos reservatórios hipereutróficos com os maiores percentuais de área desflorestada, em ambos os períodos sazonais. Nesses ambientes, apesar de ser possível a dominância de espécies fitoplanctônicas impalatáveis para o zooplâncton (Almeida et al. 2009), a grande variedade de hábitos alimentares, como por exemplo, carnívora, onívora e herbívora, pode conferir vantagem ao zooplâncton, os quais podem buscar outras fontes alimentares, como pequenos invertebrados (Caleffi et al. 1994).

Maiores valores de riqueza de rotíferos foram observados em ambientes desflorestados ou com monocultura, os quais foram classificados como hipereutróficos (Carpina, Goitá, Guararema e Tapacurá), com destaque para a família Brachionidae, assim como verificado para outros reservatórios hipereutróficos (Almeida et al. 2006; De-Carli et al. 2018). Os organismos da família Brachionidae são conhecidos por seu oportunismo frente às alterações limnológicas, como observado por Rocha e Matsumura-Tundisi (1995) e Serafim-Júnior et al. (2010). A dominância desta família em ambientes de água doce está relacionada com a sua capacidade de se adaptar as variações físico-químicas da água, o que lhes confere uma vantagem competitiva sobre os microcrustáceos, os quais, em grande parte, não são adaptados a ambientes hipereutróficos (Allan 1976; Waichman et al. 2002; Nogueira et al. 2008; Parra et al. 2009).

Em contraste à dominância de rotíferos nos ambientes hipereutróficos, maior abundância relativa de microcrustáceos foram verificadas nos reservatórios oligotróficos com maior percentual de mata em sua margem (Cursai e Siriji). Como verificado por Wallace et al. (1997) e Krupek (2006), a mata ciliar pode atuar como filtro biológico de poluentes adjacentes, fornecendo matéria orgânica para os ambientes aquáticos, um componente crucial para espécies zooplanctônicas. A riqueza observada de microcrustáceos pode estar associada à heterogeneidade de habitats, proporcionada pela presença de macrófitas flutuantes nestes reservatórios (Crispim 2001). Dodson et al. (2000, 2005) mostraram diferentes respostas do zooplâncton ao uso e ocupação do solo e observaram que os ambientes antropizados por agricultura e desmatamento apresentaram uma riqueza menor em relação a ambientes menos impactados por esse tipo de uso do solo.

A agricultura e o desmatamento podem afetar a biodiversidade aquática, uma vez que permitem o aumento da erosão causando maior turbidez e contribuindo para o aumento da produtividade primária pelo escoamento de fertilizantes e pesticidas para o ambiente aquático. Esses fatores podem estar relacionados com a diminuição potencial da riqueza nos ambientes

nos ambientes hipereutróficos estudados. Padrões de baixa riqueza em ambientes aquáticos com pressão agrícola também foram observados por Dodson et al. (2005, 2007). A contaminação hídrica afeta a riqueza e diversidade dos táxons seja ela por toxicidade aguda ou por mudanças nos parâmetros abióticos da água, como consequências da eutrofização.

A composição dos grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda variou entre os seis ambientes (nMDS e similaridade de Jaccard) estudados, sendo o ambiente com mata ripária particularmente diferente dos demais. A dominância dos microcrustáceos nesses ambientes se deve provavelmente às condições propícias de abrigo e alimento somadas às características peculiares desses organismos quanto à reprodução e crescimento. Contudo, nos ambientes sem vegetação nas margens e com elevados percentuais de monocultura, as espécies de rotíferos que ocorreram foram similares. Entretanto a dominância e a elevada frequência de rotíferos em ambientes com monocultura podem estar relacionadas com as condições dos ambientes: águas turvas, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e cargas de nutrientes elevados (Tundisi, 2008b; Nogueira et al. 2008; Parra et al. 2009).

A análise de espécie indicadora selecionou 28 espécies, sendo que as famílias de rotíferos Brachionidae e Hexarthridae e de crustáceos Moinidae, Sididae e Cyclopidae apresentaram maior percentual de indicação para ambientes degradados (Carpina, Goitá, Guararema e Tapacurá). Esses tipos de ambientes geralmente são eutróficos e dominados por cianobactérias (Saksena 1987; Bays and Crisman 2010). A análise também apontou que espécies da família Brachionidae foram as que melhor representaram ambientes eutrofizados com elevados percentuais de desmatamento e monocultura, organismos dessa família tem sido apontadas por vários autores como bioindicadores do processo de antropização dos corpos hídricos (Dodson et al. 2005; Almeida et al. 2009; Sługocki et al. 2018). Ocorrendo em maior abundância em ambientes eutrofizados, pois conseguem desenvolver grandes populações em ambientes com florações de algas Cyanophyceae (Sládeček 1983). Ao contrário dos rotíferos a maioria dos microcrustáceos foram indicadores de ambientes menos impactados e com melhor condições tróficas da água exceto *Diaphanosoma spinulosum* o único microcrustáceo indicador de ambientes antropizados, pois como já observado por outros autores (Cuker et al. 1990; Maia-Barbosa and Bozelli 2006; Pagano 2008), são favorecidos pela turbidez dos corpos de água eutróficos ou hipereutróficos.

As famílias de crustáceos Chydoridae, Notodiptomidae e Daphnidae apresentaram maior frequência em ambientes menos degradados (Cursá e Siriji). Esse resultado obtido pela análise de espécies indicadoras foi corroborado através da Análise de Redundância (RDA), mostrando que espécies da família Brachionidae como *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis*, *B. caldatus*, *B. dolabratus*, *B. leydigi*, *B. falcatus* estiveram correlacionadas



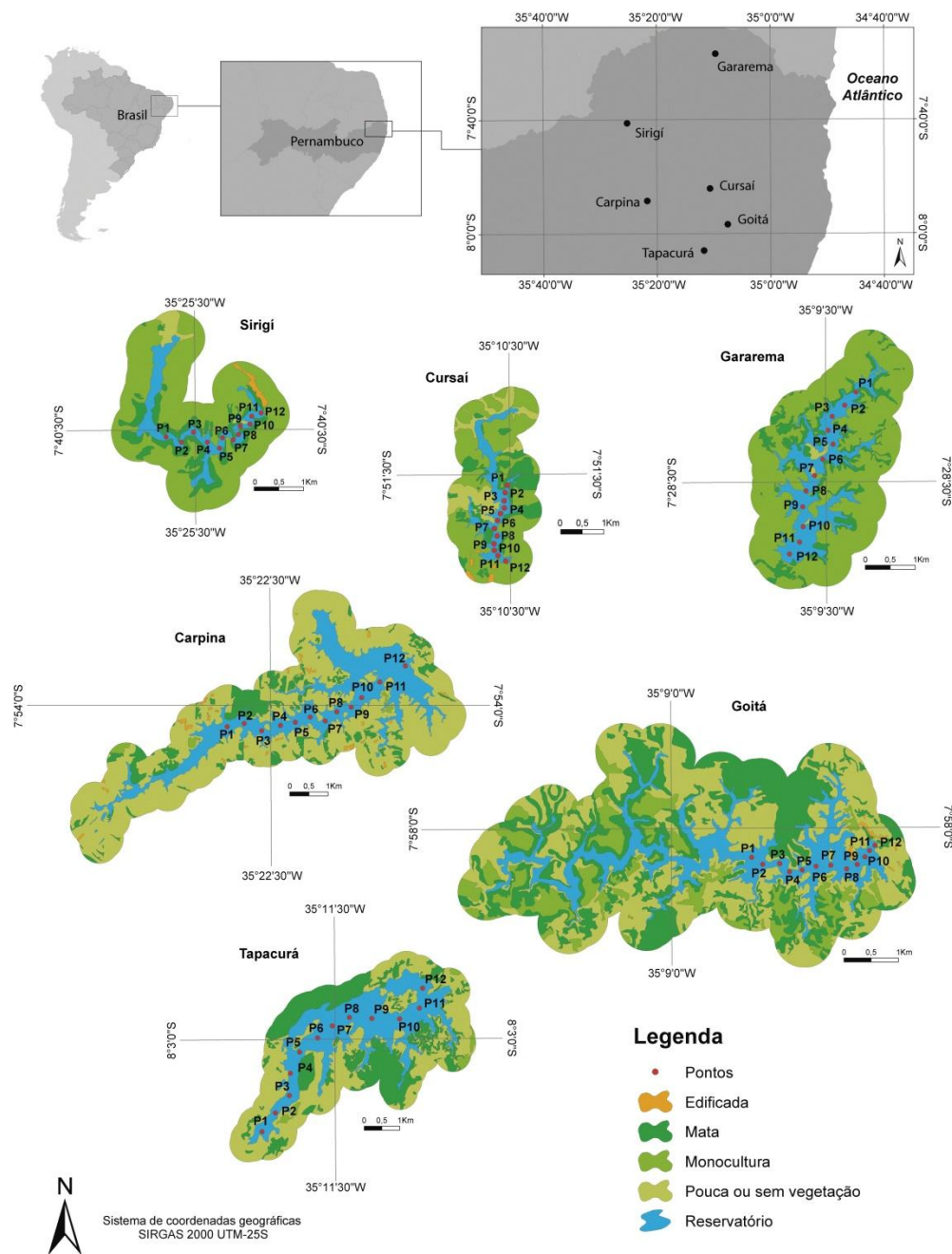
positivamente com a turbidez, temperatura, pH elevados, e foram associados a ambientes com monocultura e desflorestados, padrões esses já observados por outros autores (Dantas-Silva and Dantas 2013; Sługocki et al. 2018). Já os microcrustáceos estiveram relacionados positivamente com ambientes florestados e de pH menos elevados. *C. laticaudata*, *N. conifer*, *N. cearensis* e *Thermocyclops* sp. correlacionaram-se negativamente com ambientes com elevados níveis de turbidez, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, enquanto *D. spinulosum* se correlacionou com transparência e condutividade elétrica, como já observado em outros estudos (Pinto-Coelho 2006; Chen et al. 2010; Rajkumar and Rahman, 2016).

O estudo permitiu conhecer os principais tipos de uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios e determinar a situação da qualidade da água dos mesmos. Os dados do estudo indicam que os diferentes tipos de usos do solo podem contribuir de forma negativa ou positiva na qualidade da água, mostrando que reservatórios tropicais situados no Nordeste do Brasil, independente do período do ano, são hipereutróficos ou oligotróficos, dessa forma ambientes mais antropizados com monocultura e com elevado desmatamento no margem dos reservatórios tem a qualidade da água comprometida possibilitando que espécies oportunistas como rotíferos dominem nesses, em contrapartida ambientes com maior preservação da mata em suas margens apresentaram melhor qualidade da água e uma diversidade de microcrustáceos conhecidos como bons indicadores de águas menos impactadas. Dessa forma, a hipótese proposta pode ser aceita, uma vez, que os diferentes usos do solo estiveram relacionados com o estado trófico dos ambientes, sendo o estado trófico o responsável pela redução da riqueza de espécies e alteração na composição zooplancônica nos reservatórios estudados.

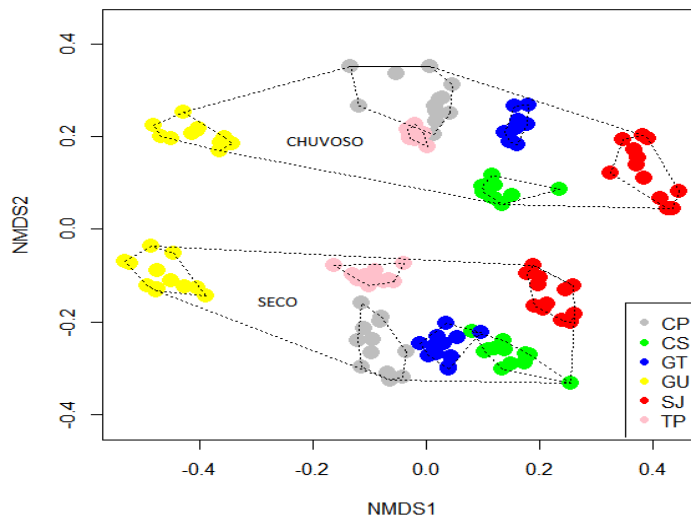
#### **Agradecimentos:**

Os autores agradecem a Ariadne do nascimento, Paula Braga Gomes, Sigrid Neumann Leitão e Simone Maria de Albuquerque Lira pelas contribuições para melhora do. Gostaríamos também de expressar nosso agradecimento aos alunos do Leplanc (Laboratório de Ecologia do Plâncton, UFRPE, DB, Pernambuco, Brasil) por sua participação no trabalho de campo e a. Em nome de todos os autores, o autor correspondente afirma que não há conflitos de interesse.

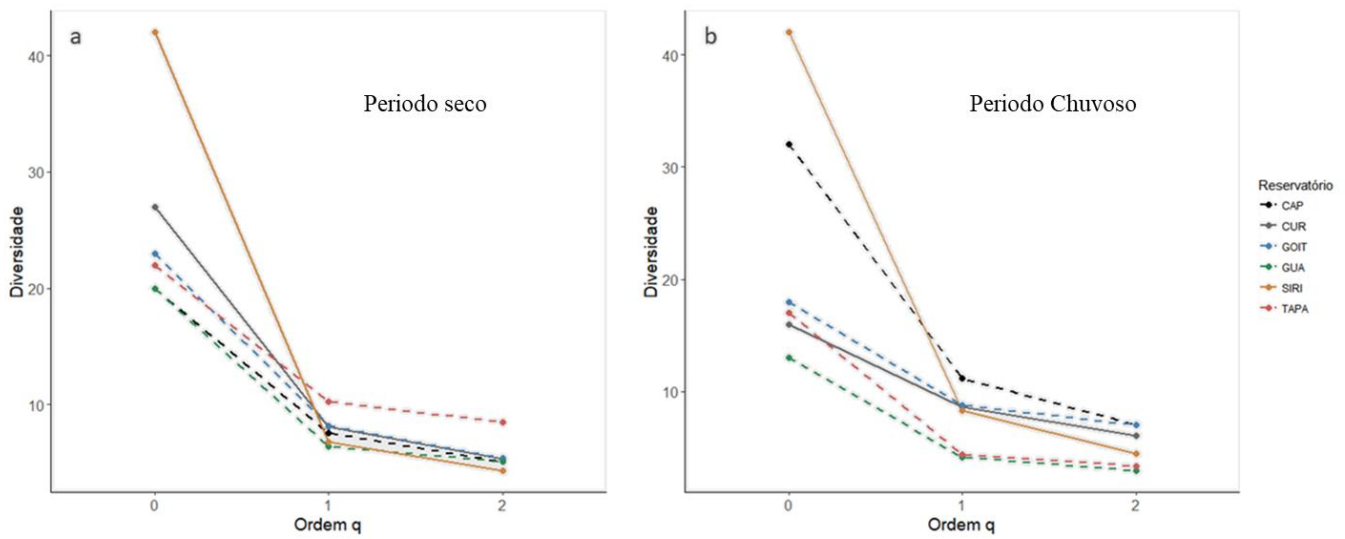
## Figuras e tabelas



**Fig. 1.** Georreferenciamento do uso e ocupação do solo na área de entorno dos reservatórios estudados.



**Fig. 2.** Diagramas de ordenação não-métrica multidimensional (nMDS) dos reservatórios da zona da mata norte de Pernambuco. CP: Capina; CS: Cursaí; GT: Goitá; GU: Guararema; SJ: Siriji; TP: Tapacurá.



**Fig. 3.** Índices de diversidade obtidos através da série de Hill. CAP (Carpina), CUR (Cursaí), GOT (Goitá), GUA (Guararema), SIRI (Siriji) TAPA (Tapacurá).

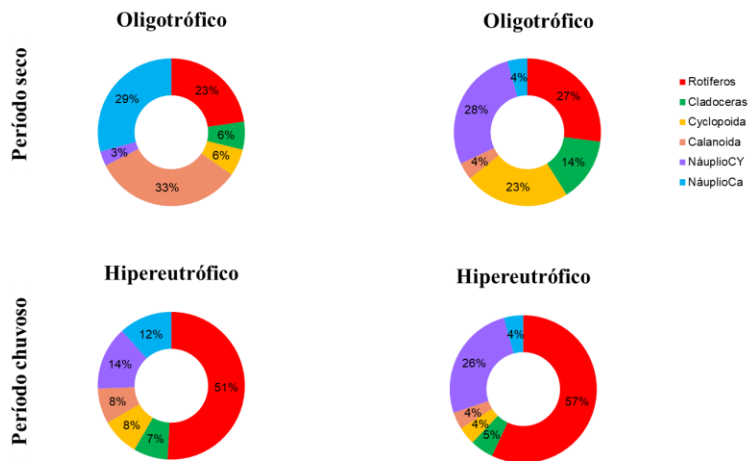


Fig. 4. Abundância relativa zooplancônica nos reservatórios estudados

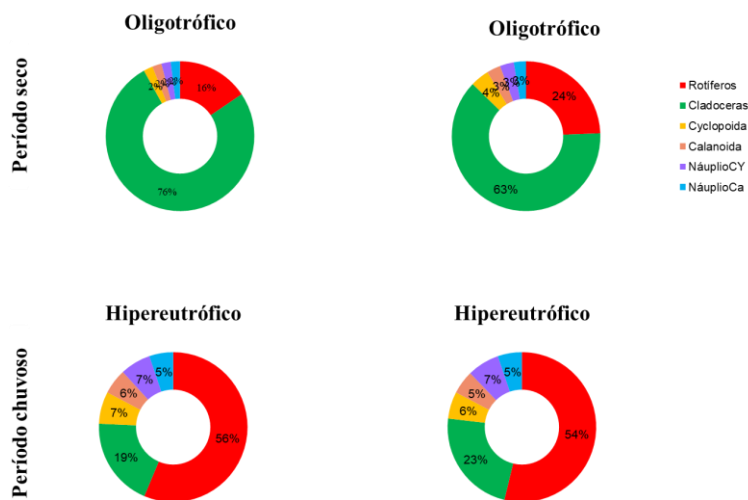
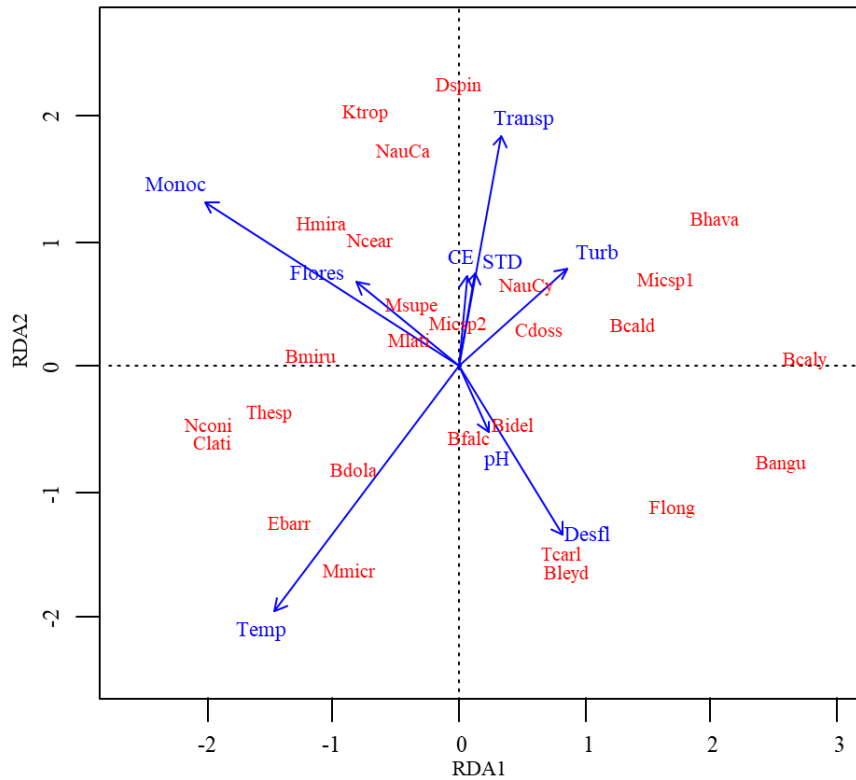


Fig. 5. Frequência relativa zooplancônica nos reservatórios estudados



**Fig. 6.** Diagrama de dispersão obtida a partir da Análise de Redundância (RDA) aplicada sobre as espécies zooplanctônicas de ambos os períodos estacionais nos ambientes estudados. As variáveis utilizadas na análise foram: Monocultura (Monoc), Florestamento (Flores), Desflorestamento (Desfl), Condutividade elétrica (CE), Sólidos totais dissolvidos (STD), Turbidez (Turb), Temperatura (Temp) Transparência (Transp). Vinte e sete espécies foram relacionadas com as variáveis: *B. angularis* (Bangu), *B. caldatus* (Bcald) *B. Calyciclorus* (Bcaly), *B. dolabratus* (Bdola), *B.falcatus* (Bfalc), *B. havanaensis* (Bhava), *B.leydigi* (Bleyd), *B. mirus* (Bmiru), *Bidelioides* (Bidel), *C. dossuarius* (Cdoss), *F. longseta* (Flong), *H. mira* (Hmira), *K. tropica* (Ktrop), *T. carlini* (Tcarl), *Microcyclops sp1.* (Micsp1), *Microcyclops sp1* (Micsp2), Nauplio de Cyclopida (NauCy), Nauplio de Calanoida (NauCa), *N. cearensis* (Ncear), *N. Conifer* (Nconi), *Thermocyclops sp* (Thesp), *C. laticaudata* (Clati), *D. spinulosum* (Dspin), *E. Barrosi* (Ebarr), *M. laticornis* (Mlasi), *M. superculata* (Msupe), *M. micrura* (Mmicr)

**Tab.1.** Localização e características climáticas e hidrológicas dos seis reservatórios estudados.

Reservatórios	Carpina	Cursai	Goitá	Guararema	Siriji	Tapacurá
Bacia hidrográfica	Capibaribe	Capibaribe	Capibaribe	Goiana	Goiana	Capibaribe
Município	Lagoa do Carro	Paudalho	Paudalho	Itambé	Vicência	São Lourenço da Mata
Clima <i>sensu</i> Köppen	As	As	As	As	As	As
Latitude	-7.902579	-7.870382	-7.973078	-7.470891	-7.676443	-8.049664
Longitude	-35.365547	-35.178476	-35.125801	-35.158959	-35.419882	-35.196065
Capacidade máxima de acumulação (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	270.000	13.034	52.536	20.714	17.26	94.200
Volume no período seco (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	43.747	10.678	25.96	14.986	15.766	68.126
Volume no período chuvoso (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	33.556	8.989	8.854	7.987	9.773	58.642

**Fonte:** Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2018)

**Tab.2.** Teste de Mann-Whitney dos parâmetros físicos e químicos avaliados nos períodos seco e chuvoso nos reservatórios estudados. Os valores em negrito indicam o valor do teste que obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ )

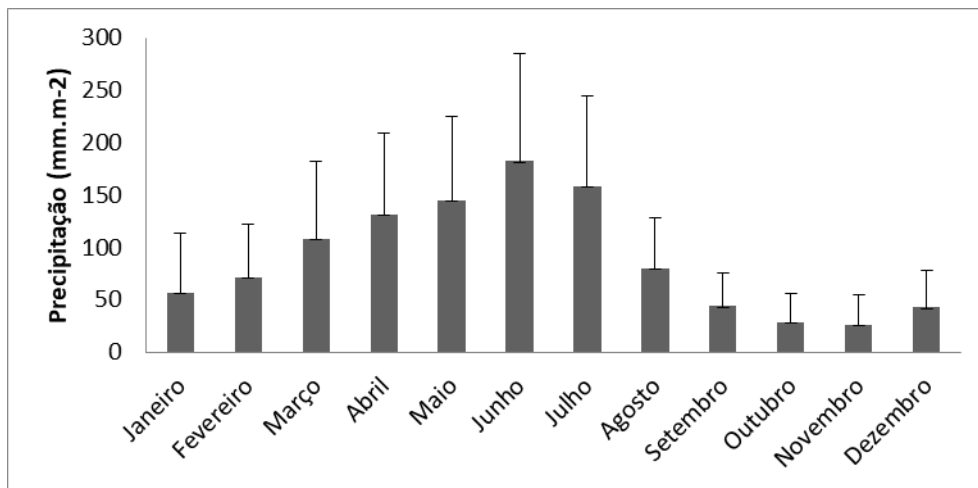
Periodo Seco x Chuvoso	U	p-valor
pH	<b>1281</b>	<0.0001
Temperatura	<b>40</b>	<0.0001
Condutividade	2577	0.95522
OD	2178	0.0981
Sólidos totais	2375	0.3859
Transparência	2480	0.6545
Turbidez	2448.5	0.5664

**Tab.3.** Percentuais de uso e de ocupação dos solos obtidos através do Georreferenciamento dos 500 metros do entorno dos reservatórios).

Reservatório	Área florestada (%)	Monocultura (%)	Área desflorestada (%)
Carpina	14	1	84
Cursai	20	63	17
Goitá	36	17	47
Guararema	16	83	1
Siriji	18	77	4
Tapacurá	39	2	59

**Tabela 4.** Lista de espécies zooplancônicas com percentual indicativos, IndVal (>70%) e com nível de significância de  $p < 0,05$ .

Parâmetro	Indicação Obtidas	Espécies indicadoras e percentual de Indicação
Periodo	Seco	<i>Ceriodaphnia laticaudata</i> (82%), <i>E. barrosi</i> (91%), N. de Calanoida (97%), <i>N. conifer</i> (80%)
	Chuvoso	<i>Brachionus havanaensis</i> (76%), <i>Ceriodaphnia cornuta</i> (89%), <i>D. spinulosum</i> (79%) <i>K. tropica</i> (70%), <i>T. decipiens</i> (70%)
Com Vegetação	<20	<i>B. calyciflorus</i> (78%), <i>D. spinulosum</i> (72%)
	>20	<i>F. opoliensis</i> (81%), <i>K. americana</i> (80%), <i>K. tropica</i> (74%)
Sem vegetação	<20	<i>B. falcatus</i> (77%)
	>20	<i>K. tropica</i> (89%), <i>C. laticaudata</i> (76%), <i>H. mira</i> (85%), <i>D. spinulosum</i> (75%)
Monocultura	<20	<i>K. tropica</i> (89%), <i>H. mira</i> (85%), <i>C. laticaudata</i> (76%)
	>20	<i>B. Falcatus</i> (77%)
Estado trófico	Hipereutrófico	<i>B. calyciflorus</i> (83%), <i>D. spinulosum</i> (76%), <i>H. mira</i> (71%), <i>K. tropica</i> (77%)
	Oligotrófico	<i>H. fennica</i> (84%)
Temperatura	< 28 °C	<i>C. cornuta</i> (88%), <i>D. spinulosum</i> (78%)
	≥ 28 °C	<i>C. laticaudata</i> (73%), <i>E. barrosi</i> (84%), <i>M. minuta</i> (78%), N. de Calanoida (95%), <i>N. conifer</i> (75%)
	> 28 °C	<i>B. havanaensis</i> (77%)
pH	< 7	<i>K. americana</i> (78%)
	≥ 7	N. de Calanoida (95%)
Condutividade	< 0.47 mS cm <sup>-1</sup>	<i>K. americana</i> (72%)
	≥ 0.47 mS cm <sup>-1</sup>	<i>D. spinulosum</i> (97%), <i>F. terminalis</i> (79%), <i>H. mira</i> (90%), <i>L. patella</i> (70%), N. de Calanoida (71%), <i>S. serricauda</i> (70%)
Turbidez	< 15 NTU	<i>H. mira</i> (79%)
	> 15, ≤ 29 NTU	<i>E. barrosi</i> (71%), N. de Calanoida (75%)
	> 30 NTU	<i>K. tropica</i> (93%), <i>P. vulgaris</i> (78%)
Oxigênio	≤ 4 mg L <sup>-1</sup>	<i>Microcyclops</i> sp.2 (71%)
	≥ 4.1 mg L <sup>-1</sup>	<i>C. laticaudata</i> (70%)
Sólidos totais dissolvidos	≥ 0.5 mg L <sup>-1</sup>	<i>F. terminalis</i> (74%), <i>H. mira</i> (84%)
	≤ 0.5 mg L <sup>-1</sup>	<i>D. spinulosum</i> (95%)
Transparência	≤ 0.6 m	<i>B. calyciflorus</i> (92%), <i>F. longiseta</i> (78%)
	> 0.7, < 1.49 m	<i>B. havanaensis</i> (73%), <i>H. mira</i> (77%), <i>K. americana</i> (77%)
	≥ 1.5 m	<i>C. laticaudata</i> (96%), <i>E. barrosi</i> (74%), <i>H. fennica</i> (70%), <i>N. cearensis</i> (80%), <i>T. decipiens</i> (71%)

**Material Suplementar**

**Fig. S. 7.** Média histórica de precipitação dos últimos trinta anos da zona da mata norte de Pernambuco.



**Tab.S.1.** Valores para as variáveis limnológicas registrados nos reservatórios Carpina (CP), Cursaf (CR), Goitá (GT), Guararema (GU), Sirijí (SJ), Tapacurá (TP), Estado de Pernambuco, Brasil, em 2018.

Variáveis	Carpina		Cursaf		Goitá		Guararema		Sirijí		Tapacurá	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
Temperatura	28.9 ± 0.83	27.5 ± 0.41	30.6 ± 0.31	27.1 ± 0.42	30.0 ± 0.17	27.3 ± 0.34	29.8 ± 0.25	24.5 ± 0.22	29.7 ± 0.39	25.5 ± 0.15	29.3 ± 0.19	26.3 ± 0.29
pH	8.46 ± 0.12	8.57 ± 0.30	7.60 ± 0.09	6.36 ± 0.13	7.17 ± 0.11	6.81 ± 0.10	8.23 ± 0.08	7.23 ± 0.41	7.72 ± 0.10	6.39 ± 0.24	7.58 ± 0.16	7.60 ± 0.49
Condutividade Elétrica	2.58 ± 0.01	2.86 ± 0.02	0.27 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.47 ± 0.01	0.50 ± 0.00	0.55 ± 0.01	0.61 ± 0.02	0.27 ± 0.02	0.24 ± 0.00	0.46 ± 0.01	0.46 ± 0.02
Turbidez	20.1 ± 9.85	10.9 ± 2.08	0.90 ± 0.56	1.18 ± 0.64	6.67 ± 1.99	7.02 ± 1.90	13.3 ± 2.78	12.5 ± 2.34	7.41 ± 8.19	6.26 ± 5.36	28.8 ± 11.6	51.8 ± 15.3
Oxigênio Dissolvido	8.71 ± 0.74	14.5 ± 2.41	6.68 ± 0.59	6.48 ± 5.58	7.93 ± 0.47	7.39 ± 3.13	7.26 ± 0.70	5.35 ± 1.40	6.04 ± 0.54	3.01 ± 1.16	6.31 ± 1.26	7.48 ± 6.79
Sólidos Totais Dissolvidos	1.65 ± 0.01	1.78 ± 0.15	0.18 ± 0.00	0.27 ± 0.20	0.24 ± 0.00	0.32 ± 0.00	0.35 ± 0.01	0.38 ± 0.02	0.18 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01
Transparência	0.42 ± 0.17	0.23 ± 0.29	2.68 ± 1.60	3.21 ± 2.20	1.62 ± 0.13	2.24 ± 1.50	0.15 ± 0.6	0.14 ± 0.7	2.27 ± 0.24	2.67 ± 53.9	75.5 ± 3.61	0.79 ± 0.12
Clorofila a	29.00	3.8	0.3	0.4	43	39	235	444	2.2	2.8	76	132
Fósforo Total	60	53	44	51	61	61	68	70	51	52	66	60
IET	62.6	58.4	49.3	53	60.1	60	67.2	68.8	52.1	53.2	65.4	66.5
Estado trófico	HI	HI	UT	OL	HI	HI	HI	HI	OL	OL	HI	HI

**Tab.S.2.** Composição taxonômica nos reservatórios Carpina (CP), Cursaí (CS), Goitá (GT), Guararema (GU), Siriji (SJ) e Tapacurá (TP). Valores de frequência de ocorrência discriminados dentro da tabela, e de riqueza para cada reservatório ao final da tabela.

PERÍODO RESERVATÓRIOS	SECO						CHUVOSO					
	CP	CS	GT	GU	SJ	TP	CP	CS	GT	GU	SJ	TP
ROTIFERA												
Asplanchnidae												
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850		25										
<i>Asplanchna sieboldii</i> Leydig, 185					25							
<i>Asplanchna. sp.</i>				33								
Brachionidae												
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851				83	17				100			
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	58		8	100	42	100	92		100		100	
<i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday, 1894					8				100			
<i>Brachionus dolabratus</i> Hanning, 1914		83	17	17	75	100		100				25
<i>Brachionus falcatus</i> Koste & Shiel, 1987	58	100	17		100	92	42	100		100		
<i>Brachionus havanaensis</i> Rousselet, 1911						100		83		100	75	92
<i>Brachionus leydigi</i> Cohn, 1862				100								
<i>Brachionus mirus</i> Daday, 1905		33	100						100			
<i>Brachionus plicatilis</i> Koste & Shiel, 1980				8								
<i>Brachionus quadrimentatus</i> Hermann, 1783					17						58	25
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838						17						
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943		92	100	17	58	25		100	100		25	
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse, 1851		17										
<i>Keratella quadrata</i> Müller, 178)			67									
<i>Keratella tropica</i> Apstein, 190)		8	75			100	100		100			100
<i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1834	8						25					
<i>Plationus patulos</i> Müller, 1786						8			8		33	
<i>Platyias quadricornis</i> Ehrenberg, 1832							25					
Bdelloidea	42	92	83	100	100	100	83	100	33	75	75	100
Collothecidae												
<i>Collotheca. sp.</i>		42						14				
Conochilidae												
<i>Colônia de Conochilus</i>			92			75						
<i>Conochilus dossuarius</i> Hudson, 1885						50				50		25
<i>Conoclius sp.</i>		8							92			
Euchlanidae												
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1830				17		25	92					
Trochosphaeridae												
<i>Filinia longseta</i> Ehrenberg, 1834	50	8	75	100		50				100		
<i>Filinia opoliensis</i> Zacharias, 1898		42	17		33	100		100	100			50
<i>Filinia Terminalis</i> Plate, 1886	92	33	92		50		50					
Hexarthridae												
<i>Hexarthra fennica</i> Levander, 1892		92			92			100				
<i>Hexarthra intermedia</i> Wiszniewski, 1929	67		92						100			
<i>Hexarthra mira</i> Hudson, 1871	100		100			100	92				100	75
Lecanidae												
<i>Lecane bulla</i> Gosse, 1851	17	17	8	8	17		33				42	
<i>Lecane closterocerca</i> Schmarda, 1859											42	
<i>Lecane cornuta</i> Müller, 1786					25						42	
<i>Lecane furcata</i> Murray, 1913						8						
<i>Lecane hamata</i> Stokes, 1896											17	
<i>Lecane leotina</i> Turner, 1892					33							
<i>Lecane luna</i> Müller, 1776								8			92	
<i>Lecane lunaris</i> Ehrenberg, 1832					8						67	
<i>Lecane mira</i> Murray, 1913		8			17			8			17	
<i>Lecane monostyla</i> Daday, 1897						17	33				8	
<i>Lecane quadridentata</i> Ehrenberg, 1830			67									
Lepadellidae												
<i>Lepadella acuminata</i> Ehrenberg, 1834					8							
<i>Lepadella patela</i> Müller, 1773	8	17			25		100				83	
Mytilinidae												
<i>Mytilina mucronata</i> Müller, 1773					8						17	
<i>Mytilina ventralis</i> Ehrenberg, 1830	17	8			25		33				42	
Synchaetidae												
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943									25			92

Testudinellidae													
<i>Testudinella carline</i> Bartoš, 1951													25
<i>Testudinella mucronata</i> Gosse, 1886		8						0.2					
<i>Testudinella patina</i> Hermann, 1783		8	100	8			92					42	25
Trichocercidae													
<i>Trichocerca insulata</i> Hauer, 1937											8		8
<i>Trichocerca elongata</i> Gosse, 1886				17									
<i>Thricocerca</i> sp.	42				42	8							33
Trichotriidae													
<i>Trichotria tetractis</i> Ehrenberg, 1830													0.2
CRUSTACEA													
Cyclopidae													
<i>Microcyclops</i> sp.								33			100		
<i>Microcyclops</i> sp.1												26	
<i>Microcyclops</i> sp.2												100	
<i>Morfotipo de Cyclopoida 1</i>											100		
<i>Morfotipo de Cyclopoida 2</i>				8									
<i>Nauplio de cyclopoida</i>	100	100	83	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Thermocyclops decipiens</i> Kiefer, 1929	25			17		100	100	100	100				
<i>Thermocyclops</i> sp.	100	100	100										67
<i>Thermocyclops</i> sp.1					100								8
Diatomidae													
<i>Notodiaptomus amazonicos</i> Wright, 1935							42						
<i>Notodiaptomus cearensis</i> Wright, 1935	100				100			92	100	100			100
<i>Notodiaptomus conifer</i> Sars G.O., 1901		100										100	
<i>Notodiaptomus iheringi</i> Wright, 1936													
<i>Nauplio de calanoidea</i>	100	100	100		100	100	100	100	100			75	100
Chydoridae													
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901					8								83
<i>Chydorus nitidulus</i> Sars, 1901					8			50					
<i>Chydorus pubensis</i> Sars, 1901					17			25					
<i>Dadaya macrops</i> Daday, 1898					8								42
<i>Ephemeroporus barrosi</i> Richard, 1894	100	67	100	42	92	100							
<i>Ephemeroporus hybridus</i> Daday, 1905					33								42
<i>Euryalona brasiliense</i> Brehm & Thomsen, 1936					8								50
<i>Euryalona orientalis</i> Daday, 1898					8								33
<i>Kurzia polyspina</i> Hudec, 2000													83
<i>Leberis davidi</i> Richard, 1895					67								17
<i>Leydigioopsis brevirostris</i> Brehm, 1938													42
<i>Oxyurella longicaudis</i> Birge, 1910					8								9
<i>Picripleuroxus similis</i> Vávra, 1900)					8								50
<i>Pleuroxus veridentatus</i> de Frey, 1993b	100				25								
Daphniidae													
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> Jurine, 1820										25			
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	100	100	25	92	42			83	100	100		100	100
<i>Ceriodaphnia laticaudata</i> P. E. Muller, 1867	100	92			75	67			92				
<i>Daphina gesneri</i> Herbst, 1967		8							100	33			
Sididae													
<i>Diaphanosoma fluviatili</i> Hansen, 1899	17							50					
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst 1967	100	75	75	92	100			100	75	100	75	75	100
<i>Latonopsis australis</i> Sars 1888		25											
<i>Sarsilatona serricauda</i> Sars 1901					42			100					83
Macrothricidae													
<i>Grimaldina brazzai</i> Richard, 1892					8								
<i>Macrothrix elegans</i> Sars, 1901)					8								
<i>Macrothrix laticornis</i> Jurine, 1920						8		42					
<i>Macrothrix mira</i> Smirnov 1982													42
<i>Macrothrix superculata</i> Smirnov, 1982					8			67					
Moinidae													
<i>Moina macclay</i> King, 1853										8			
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	100	75	100	100		25		50	100	25	100	8	
<i>Moina minuta</i> Hansen, 1899				42				8	100				
<i>Moina reticulata</i> Daday, 1905	67												
Riqueza de espécies	25	31	23	21	46	28	31	21	17	12	42	18	

## Referências

- Allan JD (1976) Life History Patterns in Zooplankton. *The American Naturalist* 110:165–180. doi: 10.1086/283056
- Almeida V, Dantas Ê, Melo-Júnior M, et al (2009) Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 69:57–65. doi: 10.1590/S1519-69842009000100007
- Almeida VLDS, Larrazábal MEL de, Moura ADN, Melo Júnior M De (2006) Rotifera das zonas limnética e litorânea do reservatório de Tapacurá, Pernambuco, Brasil. *Iheringia Série Zoologia* 96:445–451. doi: 10.1590/S0073-47212006000400009
- Aoyagui ASM, Bonecker CC (2004) Rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): richness, abundance and the relationship with connectivity. *Hydrobiologia* 522:281–290. doi: 10.1023/B:HYDR.0000029980.49859.40
- Arora HC (1966) Cyclomorphosis (Form Variations) in Some Species of Indian Planktonic Rotatoria. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 51:623–632. doi: 10.1002/iroh.19660510403
- Bays JS, Crisman TL (2010) Zooplankton and Trophic State Relationships in Florida Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40:1813–1819. doi: 10.1139/f83-210
- Brans KI, Govaert L, Engelen JMT, et al (2017) Eco-evolutionary dynamics in urbanized landscapes: evolution, species sorting and the change in zooplankton body size along urbanization gradients. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372:20160030. doi: 10.1098/rstb.2016.0030
- Brito SL, Maia-Barbosa PM, Pinto-Coelho RM (2011) Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 16:253–264. doi: 10.1111/j.1440-1770.2011.00484.x
- Cabianca MAA, Sendacz S (1985) Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba, SP), II. Zooplâncton. *Boletim do Instituto de Pesca* 12:83–95
- Caleffi S, Zanardi E, Beyruth Z (1994) Trophic state of Guarapiranga Reservoir in 1991/92. *SIL Proceedings, 1922-2010* 25:1306–1310. doi: 10.1080/03680770.1992.11900380
- Celik K, Ongun Sevindik T (2019) No Title. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 19:. doi: 10.4194/1303-2712-v19\_6\_06
- Chapman D, World Health Organization, Unesco & United Nations Environment Programme (1996) *Water Quality Assessments: a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. E & FN Spon, London.
- Chen G, Dalton C, Taylor D (2010) Cladocera as indicators of trophic state in Irish lakes. *Journal of Paleolimnology* 44:465–481. doi: 10.1007/s10933-010-9428-2
- Cingolani AM, Vaieretti M V, Gurvich DE, et al (2010) Predicting alpha , beta and gamma plant diversity from physiognomic and physical indicators as a tool for ecosystem monitoring. *Biological Conservation* 143:2570–2577. doi: 10.1016/j.biocon.2010.06.026
- Cole JJ, Carpenter SR, Kitchell J, et al (2011) Strong evidence for terrestrial support of

- zooplankton in small lakes based on stable isotopes of carbon, nitrogen, and hydrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:1975–1980. doi: 10.1073/pnas.1012807108
- Corgosinho PHC, Pinto-Coelho RM (2006) Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 182:213–224
- Crispim MC (2001) Impactos da predação de copepodes e peixes sobre o zooplankton. 15:49–67
- Cushing DH (2000) South Atlantic Zooplankton, Boltovskoy, D. (ed.) (1999) Backhuys, Leiden. *Journal of Plankton Research* 22:997–997. doi: 10.1093/plankt/22.5.997
- Dantas-Silva LT, Dantas ÊW (2013) Zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. *Oecologia Australis* 17:53–58. doi: 10.4257/oeco.2013.1702.06
- Dantas ÊW, Almeida VL dos S, Barbosa JE de L, et al (2009) Efeito das variáveis abióticas e do fitoplâncton sobre a comunidade zooplânctônica em um reservatório do Nordeste brasileiro. *Iheringia Série Zoologia* 99:132–141. doi: 10.1590/s0073-47212009000200003
- Dias J, Simões N, Bonecker C (2012) Zooplankton community resilience and aquatic environmental stability on aquaculture practices: a study using net cages. *Brazilian Journal of Biology* 72:1–11. doi: 10.1590/S1519-69842012000100001
- Dodson SI, Arnott SE, Cottingham KL (2000) The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology* 81:2662–2679. DOI: 10.2307/177332
- Dodson SI, Everhart WR, Jandl AK, Krauskopf SJ (2007) Effect of watershed land use and lake age on zooplankton species richness. *Hydrobiologia* 579:393–399. doi: 10.1007/s10750-006-0392-9
- Dodson SI, Lillie RA, Will-Wolf S (2005) Land use, water chemistry, aquatic vegetation, and zooplankton community structure of shallow lakes. *Ecological Applications* 15:1191–1198. doi: 10.1890/04-1494
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, et al (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81:163. doi: 10.1017/S1464793105006950
- Dufrêne M, Legendre P (1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345–366. doi: 10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAIST]2.0.CO;2
- Enríquez García C, Nandini S, Sarma SSS (2009) Seasonal dynamics of zooplankton in Lake Huetzalin, Xochimilco (Mexico City, Mexico). *Limnologica* 39:283–291. doi: 10.1016/j.limno.2009.06.010
- Gasparini D, Cunha F, Calijuri C, Condé M (2013) A trophic state index for tropical / subtropical reservoirs. *Ecological Engineering* 60:126–134. doi: 10.1016/j.ecoleng.2013.07.058
- Gazonato Neto AJ, Silva LC da, Saggio AA, Rocha O (2014) Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. *Biota Neotropica* 14. doi: 10.1590/1676-06032014001814

- Gianuca AT, Engelen J, Brans KI, et al (2018) Taxonomic, functional and phylogenetic metacommunity ecology of cladoceran zooplankton along urbanization gradients. *Ecography* 41:183–194. doi: 10.1111/ecog.02926
- Gikuma-Njuru P, Guildford SJ, Hecky RE, Kling HJ (2013) Strong spatial differentiation of N and P deficiency, primary productivity and community composition between Nyanza Gulf and Lake Victoria (Kenya, East Africa) and the implications for nutrient management. *Freshwater Biology* n/a-n/a. doi: 10.1111/fwb.12205
- Grassi MT (2001) As águas do planeta Terra. *Química Nova* 10
- Grimm NB, Grimm NB, Faeth SH, et al (2008) Global change and the ecology of cities. *Science* 319:756–760. doi: 10.1126/science.1150195
- Guevara G, Lozano P, Reinoso G, Villa F (2009) Horizontal and seasonal patterns of tropical zooplankton from the eutrophic Prado Reservoir (Colombia). *Limnologica* 39:128–139. doi: 10.1016/j.limno.2008.03.001
- Havens K (2011) Body size versus taxonomy in relating zooplankton to water quality in lakes. *Inland Waters* 1:107–112. doi: 10.5268/IW-1.2.403
- Karpowicz M (2016) Biodiversity of microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a lowland river ecosystem. *Journal of Limnology*. doi: 10.4081/jlimnol.2016.1449
- Krupek RA (2006) Avaliação da Cobertura Ripária de Rios e Riachos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Região Centro-Sul do Estado do Paraná. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 8:179-188.
- Lindenmayer DB, Likens GE (2010) The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation* 143:1317–1328. doi: 10.1016/j.biocon.2010.02.013
- Magurran AE, Henderson PA (2010) Temporal turnover and the maintenance of diversity in ecological assemblages. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365:3611–3620. doi: 10.1098/rstb.2010.0285
- Manickam N et al (2014) Seasonal Variations of Zooplankton Diversity in a Perennial Reservoir at Thoppaiyar, Dharmapuri District, South India. *Austin Journal of Aquaculture and Marine Biology* 1:1–7
- Matsumura-Tundisi T, Galizia Tundisi J (2003) Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia* 504:215–222. doi: 10.1023/B:HYDR.0000008521.43711.35
- Mimouni EA, Pinel-Alloul B, Beisner BE (2015) Assessing aquatic biodiversity of zooplankton communities in an urban landscape. *Urban Ecosystems* 18:1353–1372. doi: 10.1007/s11252-015-0457-5
- Minella JPG, Merten GH (2011) Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimentos em suspensão. *Ciência Rural* 41:424–432. doi: 10.1590/S0103-84782011000300010
- Moreno-Gutiérrez RM, Sarma SSS, Sobrino-Figueroa AS, Nandini S (2018) Population growth potential of rotifers from a high altitude eutrophic waterbody, Madín reservoir (State of Mexico, Mexico): The importance of seasonal sampling. *Journal of Limnology*. doi:

10.4081/jlimnol.2018.1823

Morgado F, Queiroga H, Melo F, Sorbe JC (2003) Zooplankton abundance in a coastal station off the Ria de Aveiro inlet (north-western Portugal): relations with tidal and day/night cycles. *Acta Oecologica* 24:S175–S181. doi: 10.1016/S1146-609X(03)00037-7

Mucelin CA, Bellini M (2008) Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza (Online)* 20:111–124. doi: 10.1590/S1982-45132008000100008

Naiman and RJ, Décamps H (1997) The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:621–658. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621

Napiórkowski P, Napiórkowska T (2017) Limnophase versus potamophase: how hydrological connectivity affects the zooplankton community in an oxbow lake (Vistula River, Poland). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 53:143–151. doi: 10.1051/limn/2017001

Nogueira MG, Caroline P, Oliveira R, et al (2008) Zooplankton assemblages (Copepoda and Cladocera) in a cascade of reservoirs of a large tropical river (SE Brazil). *Limnetica* 27:151-170.

Parra G, Matias NG, Guerrero F, Boavida MJ (2009) Short term fluctuations of zooplankton abundance during autumn circulation in two reservoirs with contrasting trophic state. *Limnetica* 28:175–184. doi: 10.23818/limn.28.13

Pinese OP, Pinese JF, Del Claro K (2015) Structure and biodiversity of zooplankton communities in freshwater habitats of a Vereda Wetland Region, Minas Gerais, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 27:275–288. doi: 10.1590/S2179-975X0415

Pinto-Coelho R, Pinel-Alloul B, Méthot G, Havens KE (2005) Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62:348–361. doi: 10.1139/f04-178

Rajkumar M, Rahman MM (2016) Culture of the calanoid copepod, *acartia erythraea* and cyclopoid copepod, *oithona brevicornis* with various microalgal diets. *Sains Malaysiana* 45:615–620

R Development Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN3-900051-07-0. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 10/08/2018.

Rettig JE, Schuman LS, McCloskey JK (2006) Seasonal Patterns of Abundance: Do Zooplankton in Small Ponds do the Same Thing Every Spring–Summer? *Hydrobiologia* 556:193–207. doi: 10.1007/s10750-005-1278-y

Righetto AM, Gomes KM, Freitas FRS (2017) Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 22:1109–1120. doi: 10.1590/s1413-41522017162357

Saksena DN (1987) Rotifers as Indicators of Water Quality. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 15:481–485. doi: 10.1002/aheh.19870150507

Santos, RM., Saggio, AA., Silva, TLR. N (2015) Short-term thermal stratification and partial overturning events in a warm polymictic reservoir : effects on distribution of phytoplankton community. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia* 75:19–29. doi:

10.1590/1519-6984.05313

Schiller ADP, Kunh A, Manfrin J, et al (2017) BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA COMO FERRAMENTA DE IMPACTO AMBIENTAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 6:165. doi: 10.19177/rgsa.v6e32017165-180

Sendacz S, Kubo E, Fujiara LP (1984) Further studies on the zooplankton community of a eutrophic reservoir in southern Brazil. *SIL Proceedings, 1922-2010* 22:1625–1630. doi: 10.1080/03680770.1983.11897546

Sługocki Ł, Czerniawski R, Kowalska-Górska M, et al (2018) The Impact of Land Use Transformations on Zooplankton Communities in a Small Mountain River (The Corgo River, Northern Portugal). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16:20. doi: 10.3390/ijerph16010020

Sousa W, Attayde JL, Rocha EDS, Eskinazi-Sant'Anna EM (2008) The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research* 30:699–708. doi: 10.1093/plankt/fbn032

Souza JR De, Bruck De Moraes ME, Sonoda SL, et al (2014) A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. 2014 8:26–45. doi: 10.22411/rede.v8i1.217

Straile D, Geller W (1998) Crustacean zooplankton in Lake Constance from 1920 to 1995: response to eutrophication and re-oligotrophication. *Archiv für Hydrobiologie, Special Issues: Advances in Limnology* 53:255–274

Tucci CEM (2008) Águas Urbanas. *Estudos Avançados* 22:97–112. doi: 10.1590/S0103-40142008000200007

Tundisi JG (2007) Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. *Estudos Avançados* 21:109–117. doi: 10.1590/S0103-40142007000100009

Tundisi JG (2008a) Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados* 22:7–16. doi: 10.1590/S0103-40142008000200002

Tundisi JG (2008b) *Limnologia. Oficina de Textos*, São Paulo

Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T (2003) Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: The experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia* 500:231–242. doi: 10.1023/A:1024617102056

Waichman AV, García-Dávila CR, Hardy ER, Robertson BA (2002) Composição do Zooplâncton em diferentes ambientes do lago Camaleão, na ilha da Marchantaria, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 32:339–339. doi: 10.1590/1809-43922002322347

Wallace JB, Eggert SL, Meyer JL, Webster JR (1997) Multiple Trophic Levels of a Forest Stream Linked to Terrestrial Litter Inputs. *Science* 277:102–104. doi: 10.1126/science.277.5322.102

Zanata LH, Espíndola ELG (2002) Longitudinal processes in Salto Grande reservoir (Americana, SP, Brazil) and its influence in the formation of compartment system. *Brazilian Journal of Biology* 62:347–361. doi: 10.1590/S1519-69842002000200019



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de que *elevados níveis de eutrofização e poluição orgânica, em decorrência dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo, reduzem a diversidade de espécies e alteram a composição zooplanctônica em reservatórios tropicais* foi aceita, visto que, os resultados obtidos corroboram com a hipótese, demonstrando que o uso negativo do solo provoca alterações na qualidade da água modificando o estado trófico da mesma, fator esse responsável pelas mudanças na estrutura das comunidades zooplanctônicas do reservatório.

É recomendável que mais estudos sejam desenvolvidos nos ecossistemas aquáticos especialmente em reservatórios do Nordeste, uma vez que existe um grande potencial de biodiversidade não conhecida e já está ameaçada pelas pressões do desenvolvimento urbano rural da região.

## ANEXO. Normas para publicação na Urban Ecosystems

### *Instructions for Authors*

#### TYPES OF PAPERS

Submissions may be original research articles not previously published in, nor under consideration by, the peer-reviewed literature; discussion papers that develop the policy implications of research published in the journal and elsewhere; letters to the editor and comments. Review articles may also be appropriate, but require prior approval by the Editor-in-Chief.

#### REVIEW PROCESS

##### Full-length manuscripts

The review process is serial. If the Editor-in-Chief determines that the subject matter of the paper falls within the scope of the Journal, the paper will be sent to an editorial board member for review, who solicits at least two external peer reviews for the paper. The editorial board member then forwards these reviews, along with a recommendation concerning the publication, to the Editor-in-Chief, who decides whether and in what form to accept a paper. The decision of the Editor-in-Chief is final.

##### Comments

If space is available, the Editor-in-Chief may accept brief comments on a paper which has recently been published in the journal. Submit them promptly in duplicate. They may: contain small amounts of supporting data, further illuminate a full-length paper, or take issue with some aspect of it. Each issue of the Journal will probably contain only a few pages of comments, and in no case more than 15 pages. Shorter comments therefore have a higher probability of publication. The Editor-in-Chief may decide to treat longer comments as full-length papers and submit them to an editor for review.

#### ONLINE SUBMISSION

##### Online submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please connect directly to the site: <http://ueco.edmgr.com> and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

<http://ueco.edmgr.com>

#### MANUSCRIPT SUBMISSION

##### Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

## Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

## Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source files might cause unnecessary delays in the review and production process.

## MANUSCRIPT GUIDELINES

Manuscripts should normally not exceed 10,000 words, which is approximately equivalent to 40 pages of double-spaced text. However, most articles are between 15 and 25 pages long (4000 to 6000 words).

## TITLE PAGE

### Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

## Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

## Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

## TEXT

### Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.

- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 183 kB\)](#)

#### Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

#### Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

#### Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

#### Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

### SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).

Genus and species names should be in italics.

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities

Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)

Bold for vectors, tensors, and matrices.

#### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

#### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

## TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

### Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### Line Art

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

### Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

### Combination Art

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

### Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

### Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

#### Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

#### Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

#### Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

#### Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

#### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

## ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

### Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

### Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

### Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

### Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

### Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

### Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

### Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
- Name the files consecutively, e.g. "ESM\_3.mpg", "ESM\_4.pdf".



### Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

### Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

### Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

## ENGLISH LANGUAGE EDITING

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

- Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.
- Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.
- Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of these services, simply follow the links below.
  - English language tutorial
  - Nature Research Editing Service
  - American Journal Experts

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before publication.

## ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation is helped by following the rules of good scientific practice, which include\*:

- The manuscript should not be submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The submitted work should be original and should not have been published elsewhere in any form or language (partially or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work. (Please provide transparency on the re-use of material to avoid the concerns about text-recycling ('self-plagiarism')).
- A single study should not be split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (i.e. 'salami-slicing/publishing').
- Concurrent or secondary publication is sometimes justifiable, provided certain conditions are met. Examples include: translations or a manuscript that is intended for a different group of readers.
- Results should be presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification or inappropriate data manipulation (including image based manipulation). Authors should adhere to discipline-specific rules for acquiring, selecting and processing data.
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ('plagiarism'). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks (to indicate words taken from another source) are used for verbatim copying of material, and permissions secured for material that is copyrighted.

**Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.**

- Authors should make sure they have permissions for the use of software, questionnaires/(web) surveys and scales in their studies (if appropriate).
  - Authors should avoid untrue statements about an entity (who can be an individual person or a company) or descriptions of their behavior or actions that could potentially be seen as personal attacks or allegations about that person.
  - Research that may be misapplied to pose a threat to public health or national security should be clearly identified in the manuscript (e.g. dual use of research). Examples include creation of harmful consequences of biological agents or toxins, disruption of immunity of vaccines, unusual hazards in the use of chemicals, weaponization of research/technology (amongst others).
  - Authors are strongly advised to ensure the author group, the Corresponding Author, and the order of authors are all correct at submission. Adding and/or deleting authors during the revision stages is generally not permitted, but in some cases may be warranted. Reasons for changes in authorship should be explained in detail. Please note that changes to authorship cannot be made after acceptance of a manuscript.
- \*All of the above are guidelines and authors need to make sure to respect third parties rights such as copyright and/or moral rights.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results presented. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential or proprietary data is excluded.

If there is suspicion of misbehavior or alleged fraud the Journal and/or Publisher will carry out an investigation following COPE guidelines. If, after investigation, there are valid concerns, the author(s) concerned will be contacted under their given e-mail address and given an opportunity to address the issue. Depending on the situation, this may result in the Journal's and/or Publisher's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the manuscript is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction:
  - an erratum/correction may be placed with the article
  - an expression of concern may be placed with the article
  - or in severe cases retraction of the article may occur.

The reason will be given in the published erratum/correction, expression of concern or retraction note. Please note that retraction means that the article is **maintained on the platform**, watermarked “retracted” and the explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

- The author’s institution may be informed
- A notice of suspected transgression of ethical standards in the peer review system may be included as part of the author’s and article’s bibliographic record.

#### Fundamental errors

Authors have an obligation to correct mistakes once they discover a significant error or inaccuracy in their published article. The author(s) is/are requested to contact the journal and explain in what sense the error is impacting the article. A decision on how to correct the literature will depend on the nature of the error. This may be a correction or retraction. The retraction note should provide transparency which parts of the article are impacted by the error.

#### Suggesting / excluding reviewers

Authors are welcome to suggest suitable reviewers and/or request the exclusion of certain individuals when they submit their manuscripts. When suggesting reviewers, authors should make sure they are totally independent and not connected to the work in any way. It is strongly recommended to suggest a mix of reviewers from different countries and different institutions. When suggesting reviewers, the Corresponding Author must provide an institutional email address for each suggested reviewer, or, if this is not possible to include other means of verifying the identity such as a link to a personal homepage, a link to the publication record or a researcher or author ID in the submission letter. Please note that the Journal may not use the suggestions, but suggestions are appreciated and may help facilitate the peer review process.

#### AUTHORSHIP PRINCIPLES

These guidelines describe authorship principles and good authorship practices to which prospective authors should adhere to.

#### Authorship clarified

The Journal and Publisher assume all authors agreed with the content and that all gave explicit consent to submit and that they obtained consent from the responsible authorities at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.

The Publisher does not prescribe the kinds of contributions that warrant authorship. It is recommended that authors adhere to the guidelines for authorship that are applicable in their specific research field. In absence of specific guidelines it is recommended to adhere to the following guidelines\*:

All authors whose names appear on the submission

- 1) made substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data; or the creation of new software used in the work;
- 2) drafted the work or revised it critically for important intellectual content;
- 3) approved the version to be published; and
- 4) agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

\* Based on/adapted from:

- ICMJE, Defining the Role of Authors and Contributors,
- Transparency in authors' contributions and responsibilities to promote integrity in scientific publication, McNutt at all, PNAS February 27, 2018

#### Disclosures and declarations

All authors are requested to include information regarding sources of funding, financial or non-financial interests, study-specific approval by the appropriate ethics committee for research involving humans and/or animals, informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals (as appropriate).

The decision whether such information should be included is not only dependent on the scope of the journal, but also the scope of the article. Work submitted for publication may have implications for public health or general welfare and in those cases it is the responsibility of all authors to include the appropriate disclosures and declarations.

#### Data transparency

All authors are requested to make sure that all data and materials as well as software application or custom code support their published claims and comply with field standards. Please note that journals may have individual policies on (sharing) research data in concordance with disciplinary norms and expectations. Please check the Instructions for Authors of the Journal that you are submitting to for specific instructions.

#### Role of the Corresponding Author

**One author** is assigned as Corresponding Author and acts on behalf of all co-authors and ensures that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately addressed.

The Corresponding Author is responsible for the following requirements:

- ensuring that all listed authors have approved the manuscript before submission, including the names and order of authors;
- managing all communication between the Journal and all co-authors, before and after publication;\*
- providing transparency on re-use of material and mention any unpublished material (for example manuscripts in press) included in the manuscript in a cover letter to the Editor;
- making sure disclosures, declarations and transparency on data statements from all authors are included in the manuscript as appropriate (see above).

\* The requirement of managing all communication between the journal and all co-authors during submission and proofing may be delegated to a Contact or Submitting Author. In this case please make sure the Corresponding Author is clearly indicated in the manuscript.

#### Author contributions

Please check the Instructions for Authors of the Journal that you are submitting to for specific instructions regarding contribution statements.

In absence of specific instructions and in research fields where it is possible to describe discrete efforts, the Publisher recommends authors to include contribution statements in the work that specifies the contribution of every author in order to promote transparency. These contributions should be listed at the end of the submission.

#### Examples of such statement(s) are shown below:

- Free text:

All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by [full name], [full name] and [full name]. The first draft of the manuscript was written by [full name] and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

- Example: CRediT taxonomy:
  - Conceptualization: [full name], ...; Methodology: [full name], ...; Formal analysis and investigation: [full name], ...; Writing - original draft preparation: [full name, ...]; Writing - review and editing: [full name], ...; Funding acquisition: [full name], ...; Resources: [full name], ...; Supervision: [full name],....

For **review articles** where discrete statements are less applicable a statement should be included who had the idea for the article, who performed the literature search and data analysis, and who drafted and/or critically revised the work.

For articles that are based primarily on the **student's dissertation or thesis**, it is recommended that the student is usually listed as principal author:

- A Graduate Student's Guide to Determining Authorship Credit and Authorship Order, APA Science Student Council 2006

#### Affiliation

The primary affiliation for each author should be the institution where the majority of their work was done. If an author has subsequently moved, the current address may additionally be stated. Addresses will not be updated or changed after publication of the article.

#### Changes to authorship

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, the Corresponding Author, and the order of authors at submission. Changes of authorship by adding or deleting authors, and/or changes in Corresponding Author, and/or changes in the sequence of authors are **not** accepted **after acceptance** of a manuscript.

- **Please note that author names will be published exactly as they appear on the accepted submission!**  
Please make sure that the names of all authors are present and correctly spelled, and that addresses and affiliations are current.

Adding and/or deleting authors at revision stage are generally not permitted, but in some cases it may be warranted. Reasons for these changes in authorship should be explained. Approval of the change during revision is at the discretion of the Editor-in-Chief. Please note that journals may have individual policies on adding and/or deleting authors during revision stage.

#### Author identification

Authors are recommended to use their ORCID ID when submitting an article for consideration or acquire an ORCID ID via the submission process.

#### Deceased or incapacitated authors

For cases in which a co-author dies or is incapacitated during the writing, submission, or peer-review process, and the co-authors feel it is appropriate to include the author, co-authors should obtain approval from a (legal) representative which could be a direct relative.

#### Authorship issues or disputes

In the case of an authorship dispute during peer review or after acceptance and publication, the Journal will not be in a position to investigate or adjudicate. Authors will be asked to resolve the dispute themselves. If they are unable the Journal reserves the right to withdraw a manuscript from the editorial process or in case of a published paper raise the issue with the authors' institution(s) and abide by its guidelines.

#### Confidentiality

Authors should treat all communication with the Journal as confidential which includes correspondence with direct representatives from the Journal such as Editors-in-Chief and/or Handling Editors and reviewers' reports unless explicit consent has been received to share information.

### COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

### DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of

relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- [here](#):

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

**Funding:** This study was funded by X (grant number X).

**Conflict of Interest:** Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

## RESEARCH DATA POLICY

The journal encourages authors, where possible and applicable, to deposit data that support the findings of their research in a public repository. Authors and editors who do not have a preferred repository should consult Springer Nature's list of repositories and research data policy.

- List of Repositories
- Research Data Policy

General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may also be used.

Datasets that are assigned digital object identifiers (DOIs) by a data repository may be cited in the reference list. Data citations should include the minimum information recommended by DataCite: authors, title, publisher (repository name), identifier.

- DataCite

Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be contacted at **researchdata@springernature.com**.

This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data repositories. It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices and does not advise on specific manuscripts.

- Helpdesk

#### AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice and offprints.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

#### Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

#### Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

#### Color illustrations

Publication of color illustrations is free of charge.

#### Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

#### Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

#### OPEN CHOICE



Open Choice allows you to publish open access in more than 1850 Springer Nature journals, making your research more visible and accessible immediately on publication.

Article processing charges (APCs) vary by journal – [view the full list](#)

Benefits:

- Increased researcher engagement: Open Choice enables access by anyone with an internet connection, immediately on publication.
- Higher visibility and impact: In Springer hybrid journals, OA articles are accessed 4 times more often on average, and cited 1.7 more times on average\*.
- Easy compliance with funder and institutional mandates: Many funders require open access publishing, and some take compliance into account when assessing future grant applications.

It is easy to find funding to support open access – please see our funding and support pages for more information.

\*) Within the first three years of publication. Springer Nature hybrid journal OA impact analysis, 2018.

- [Open Choice](#)
- [Funding and Support pages](#)

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

- [Find more about the license agreement](#)