

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

BRUNO LEANDRO SANTINI

**O GRAU DE CONECTIVIDADE AFETA OS ATRIBUTOS DAS  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS  
ÀS RAÍZES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Maringá  
2018

BRUNO LEANDRO SANTINI

**O GRAU DE CONECTIVIDADE AFETA OS ATRIBUTOS DAS  
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS  
ÀS RAÍZES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Roger Paulo Mormul

Maringá  
2018

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

S235g

Santini, Bruno Leandro, 1990-

O grau da conectividade afeta os atributos das comunidades de macroinvertebrados associados às raízes de macrófitas aquáticas / Bruno Leandro Santini.-- Maringá, 2018. 41 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Biologia Comparada)--Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Roger Paulo Mormul.

1. Macroinvertebrados de água doce - Comunidades, Ecologia de - Atributos - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Macrófitas aquáticas - *Habitat* - Complexidade. I. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada.

CDD 23. ed. -592.178209816  
NBR/CIP - 12899AACR/2

BRUNO LEANDRO SANTINI

O grau de conectividade afeta os atributos das comunidades de macroinvertebrados associados às raízes de macrófitas aquáticas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roger Paulo Mormul  
Universidade Estadual de Maringá (UEM) (Presidente)

Dr.<sup>a</sup> Gisele Daiane Pinha  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Flávio Henrique Ragonha  
Centro Universitário de Maringá (UniCesumar)

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2018.

Local de defesa: Anfiteatro do Nupélia, Bloco H-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço:*

*Aos meus pais, Valter e Neide, por todo amor, dedicação, incentivo aos estudos e pelas broncas que puderam me tornar uma pessoa melhor;*

*Aos amigos que fiz durante a graduação e continuo levando sempre comigo, foi a melhor turminha de catequese que eu poderia ter, responsáveis por inúmeras risadas, mágicas, viagens e bares;*

*Aos meus amigos do laboratório de Zoobentos, por toda ajuda, parceria nas coletas, momentos de descontração e muitas risadas;*

*Ao Prof. Dr. Roger Paulo Mormul, por ter aceitado me orientar e desde o início, ter me acolhido, ajudado e dado tantas oportunidades;*

*Aos que me ajudaram nesta coleta: Dodô, Nayara, Lolis e também ao Rafa, que além de ajudar pode dar uma corrigida crítica no trabalho, pois sem vocês este trabalho poderia não ter saído do papel;*

*Aos amigos que fiz no meu mestrado, que me compartilharam as dores de cabeça, a angústia e também as cervejas e as piadas ruins, que já encheu tanto que está extrapolando a tampa;*

*Ao Nupélia e a todos que fazem parte da sua história, pela infra-estrutura e recursos oferecidos para realização deste trabalho;*

*Aos meus professores, que contribuíram para meu avanço profissional e formação pessoal;*

*À CAPES, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa;*

*Ao PGB, por tudo suporte fornecido, inclusive pelo auxílio financeiro do PROAP, o qual me proporcionou a participação em congressos e a ter conhecimento sobre a limnologia;*

*À banca pelos conselhos e críticas que ajudaram a tornar este trabalho melhor.*

**Título:** O grau de conectividade afeta os atributos das comunidades de macroinvertebrados associados às raízes de macrófitas aquáticas.

## RESUMO

Avaliou-se os atributos das comunidades de macroinvertebrados em raízes de *Echhornia azurea* e *Salvinia auriculata*, em diferentes pontos da lagoa, com a hipótese de que estes atributos alterarão entre as diferentes raízes e a distância da conexão com rio. Realizou-se amostras de macroinvertebrados na lagoa das Garças, localizada na planície de inundação do alto rio Paraná, sendo que as coletas foram feitas com auxílio de uma peneira de malha de 0,5 mm, com os macroinvertebrados separados das raízes. Estas, posteriormente, foram secadas para mensurar o peso seco. Os macroinvertebrados foram contados e depois mensurado a densidade (indivíduo por peso seco das raízes), diversidade de taxa e riqueza. Analisou-se a hipótese, utilizando teste de ANCOVA e gráfico de Whitaker, para mensurar a equitabilidade. A densidade elevou à medida que aumenta a distância com a conectividade com rio. Contrariamente, a diversidade declinou conforme aumenta a distância com esta conectividade, sendo a equitabilidade menor no intermédio da lagoa. Destaca-se a importância da manutenção da sazonalidade da planície, visto que a conectividade influenciou nos macroinvertebrados associados em uma lagoa de uma planície de inundação.

**Palavras-chave:** Planície de inundação. Sazonalidade. Complexidade.

**Title:** The connectivity degree affects the attributes of the macroinvertebrates communities associated to roots of aquatic macrophytes.

### **ABSTRACT**

The objective this work was to evaluate the attributes of macroinvertebrate community at roots of *Eichhornia azurea* and *Salvinia auriculata*, in distinct points in a lagoon, with hypotheses the community change in both roots, and the distance of river connectivity will change the community attributes. We took samples of the macroinvertebrates in Garças lake, localized in Upper Paraná River floodplain. The sample were done with sieve of 0,5 mm mesh size, and the macroinvertebrates were separated of roots. These roots were dried, for measure the dry weight. The macroinvertebrates were counted and we measured the density (Specimen per dry roots weight), diversity and taxa richness. Finally, the ANCOVA and Whitaker plots were made. The density raises with increasing distance in connectivity distance. Opposite, the diversity declined with this distance, and the evenness was lowest in lake central area. Considering this, our study suggest that floodplain seasonality is important for connectivity conservation, because different degrees of connectivity affected macroinvertebrates attributes in this lake.

**Keywords:** Floodplain. Seasonality. Complexity.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	11
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	11
2.2	AMOSTRAGEM.....	12
2.3	ANÁLISE DE DADOS.....	13
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	13
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	21
	<b>NORMAS DA REVISTA</b> .....	28



Artigo elaborado e formatado conforme  
as normas para publicação científica no  
periódico *Hydrobiologia*.

## 1 **1 INTRODUÇÃO**

2  
3 O funcionamento de uma planície de inundação depende da variação do nível  
4 hidrométrico local, a qual está associada à sazonalidade dos eventos de cheia e de seca (Junk,  
5 1989). A transição do período de seca para o período de cheia, frequentemente gera aumento  
6 na conectividade entre os ecossistemas na planície de inundação, principalmente entre o rio  
7 principal da planície e as lagoas adjacentes (Junk, 1989; Tockner et al., 2000). Sendo a  
8 conectividade hidrológica definida como a transferência de água de uma parte da paisagem para  
9 outra (Ward et al., 1999; Pringle, 2001; Tetzlaff et al., 2007). Sendo este aumento na  
10 conectividade funciona como transportador de organismos e nutrientes, facilitando a dispersão  
11 de espécies e alterando as características físicas e químicas das lagoas adjacentes (Taylor et al.,  
12 1993; Tockner et al., 2000; Amoros & Bornette, 2002). Além disso, entre ambientes conectados  
13 é possível encontrar uma zona de transição, a qual possui características similares às registradas  
14 nos dois ambientes conectados (Neiff, 2002).

15 A conectividade entre ecossistemas aquáticos é fundamental para a diversificação de  
16 *habitat*, pois distintos ambientes, ao se conectarem, geram uma variação espacial das  
17 características do *habitat* como, por exemplo, a variação na condição trófica de lagos que  
18 recebem água de riachos próximos (Scheffer, 1998). Apesar de sua importância, a  
19 conectividade entre ambientes aquáticos em áreas de inundação pode ser comprometida, por  
20 exemplo, por barramentos, uma vez que a regulação de fluxo pela barragem de uma hidrelétrica  
21 acarreta na redução das cheias e conseqüentemente da conectividade (p.ex., Nilsson, 2005). Em  
22 rios em que se registra a construção de uma cascata de reservatórios, por exemplo, é possível  
23 verificar o declínio principalmente de macroinvertebrados (Calistro et al., 2005; Shao et al.,  
24 2007; Santos et al., 2016). Esse declínio se deve ao caráter bioindicador desses organismos,  
25 pois diversas espécies de macroinvertebrados são sensíveis à alteração ambiental (Shao et al.,  
26 2006a). Similarmente, a construção de barramentos a montante de áreas de inundação também

27 acarreta em mudanças na estrutura da comunidade de macroinvertebrados não apenas na calha  
28 do rio, mas também nos ambientes adjacentes ao rio barrado (Shao et al., 2006b).

29 Os macroinvertebrados podem estar presentes não apenas no sedimento, mas também  
30 associados às macrófitas aquáticas (p.ex., Heino, 2000), as quais são abundantes em lagoas e  
31 lagos, principalmente em sua forma flutuante enraizada ou flutuante livre (Thomaz et al., 2009;  
32 Araujo et al., 2010). As macrófitas aquáticas formam extensos bancos nas margens dos  
33 ambientes aquáticos (p.ex., Thomaz et al., 2009), elevando a complexidade de *habitat*  
34 (Rezende, 2000; Mormul et al., 2011), o que por sua vez, aumenta o número de locais para  
35 refúgio, oviposição e alimentação de vertebrados e macroinvertebrados (p.ex., Hixon & Menge,  
36 1991; Agostinho et al., 2003; Johnson, 2007; Yee, 2010). O aumento da complexidade de  
37 *habitat* pelas macrófitas aquáticas pode ser considerado uma função da variação morfológica  
38 das raízes das macrófitas, uma vez que o aumento da complexidade de *habitat* pode ocorrer  
39 devido ao aumento na variação de estruturas físicas presentes no *habitat* (Taniguchi et al., 2003;  
40 Taniguchi & Tokeshi, 2004). Sendo assim, diferentes espécies de macrófitas podem afetar  
41 diferentemente a estrutura da comunidade de invertebrados associados (Cunha et al., 2012).

42 Uma das espécies de macrófitas com elevada complexidade estrutural é a *Eichhornia*  
43 *azurea* (Swartz) Kunth (Padial et al., 2009), a qual possui raízes adventícias ao longo do caule,  
44 podendo abrigar diversos grupos de macroinvertebrados, inclusive de espécies coletoras que  
45 obtém o recurso alimentar nos detritos acumulados nas raízes (Trivinho-Strixino et al., 2000;  
46 Martins et al., 2011). Outra espécie com elevada complexidade estrutural e encontrada com alta  
47 abundância em bancos macrófitas é a espécie *Salvinia auriculata* Aubl, a qual possui forma  
48 flutuante e apresenta folhas modificadas em forma de raízes que auxiliam na absorção de água  
49 e nutrientes (Henry-Silva & Camargo, 2006). As folhas modificadas de *S. auriculata* também  
50 elevam a complexidade estrutural do *habitat*, servindo de abrigo para macroinvertebrados  
51 (Callisto & Moreno, 2002; Silva & Henry al., 2011).

52           Sendo assim, podemos considerar que a comunidade de macroinvertebrados pode se  
53   alterar de acordo com a presença de diferentes espécie de macrófitas aquáticas (Thomaz et al.,  
54   2008), bem como com diferentes níveis de conectividade (Thomaz et al., 2008), visto que  
55   estudos similares têm abordado que diferentes níveis de conectividade (Poi de Neiff &  
56   Carignan, 1997; Zilli & Marchese, 2011). De fato, alterações na estrutura da comunidade de  
57   macroinvertebrados associados às macrófitas são registradas no Rio Paraná (p.ex., Poi de Neiff  
58   & Carignan, 1997; Zilli & Marchese, 2011), na área de estudo, bem como em outras planícies  
59   como a do Rio Yantzé na China (Pan et al., 2011).

60           Assim, tivemos como objetivo avaliar a comunidade de macroinvertebrados  
61   associados às raízes de *E. azurea* e *S. auriculata* em uma lagoa adjacente em diferentes pontos  
62   da conexão com o rio. Nessa avaliação, verificamos o efeito do aumento na distância em que  
63   os bancos de macrófitas estão posicionados em relação à conexão da lagoa com o rio, sobre os  
64   atributos da comunidade de macroinvertebrados, sendo estes atributos a diversidade, a  
65   densidade, riqueza e dominância. A hipótese foi que, por se tratarem, de espécies de macrófitas  
66   com diferentes tipos de estruturação de raízes, a comunidade de macroinvertebrados apresentara  
67   diferenças em seus atributos entre as espécies de macrófitas. Entretanto, a hipótese é que o  
68   aumento da distância da conexão reduzirá a diversidade de *taxa* e elevará a dominância de  
69   alguns grupos de macroinvertebrados. Espera-se esse resultado, pois a área de transição entre  
70   os ambientes (lagoa e rio) forma um ecótono e terá maior heterogeneidade ambiental devido à  
71   mistura das condições existentes no rio e na lagoa. O aumento da distância da conexão para o  
72   interior da lagoa, faria com que características ambientais da lagoa predominem, selecionando  
73   assim, os macroinvertebrados tolerantes a essas condições, o que levaria a uma mudança na  
74   estrutura da comunidade.

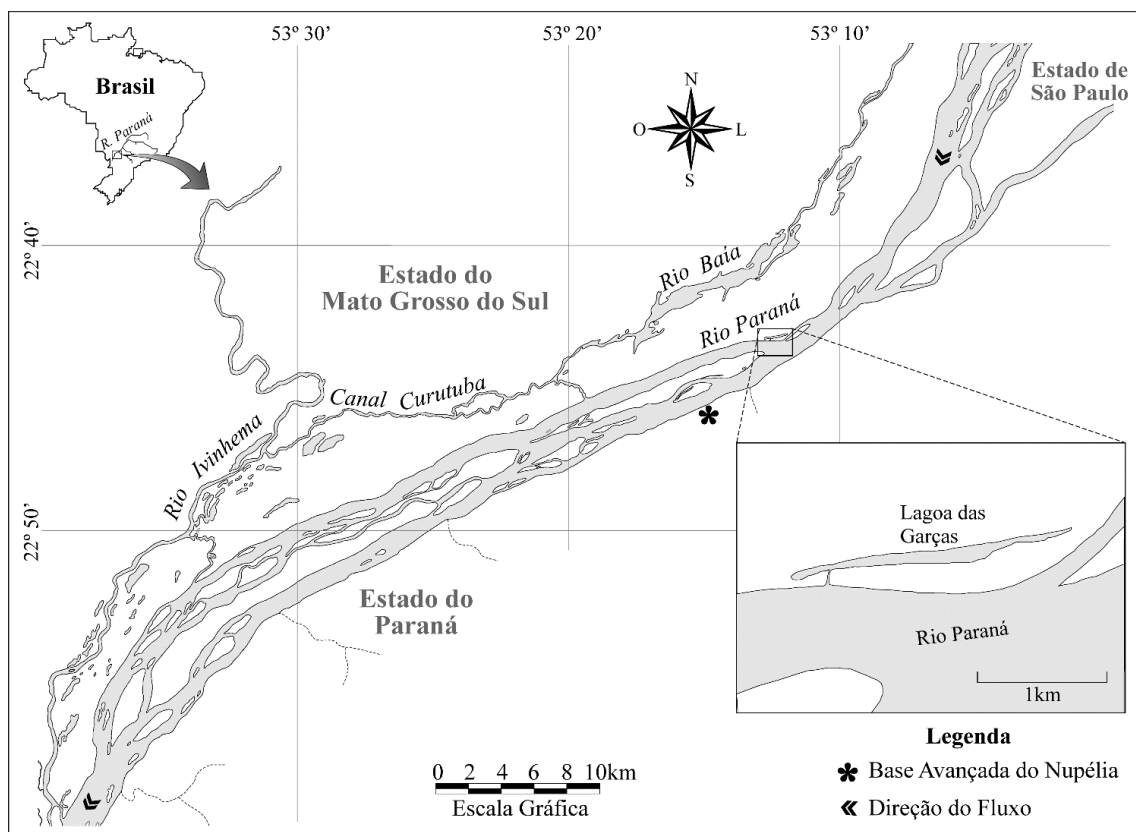
75

76

## 77 2 MÉTODOS

### 78 2.1 ÁREA DE ESTUDO

79 A planície de inundação do alto Rio Paraná é composta por uma ampla variedade de  
 80 ambientes, incluindo rios, canais secundários e lagoas. O clima da região é classificado como  
 81 Cfa (clima tropical-subtropical), de acordo com o sistema de Köppen, apresentando temperatura  
 82 média anual de 22°C e precipitação média anual de 1500 mm (Eletrosul, 1986). O ambiente de  
 83 estudo é a lagoa das Garças, localizada a margem direita do Rio Paraná (22°43'27,18"S;  
 84 53°13'4,56" O), tem profundidade média de 2 m e comprimento de 2,2 km (Fig. 1). A lagoa está  
 85 inserida na planície de inundação do alto Rio Paraná e apresenta conexão com o Rio Paraná,  
 86 sendo que suas margens são cobertas por vegetação ripária e extensos bancos de macrófitas.

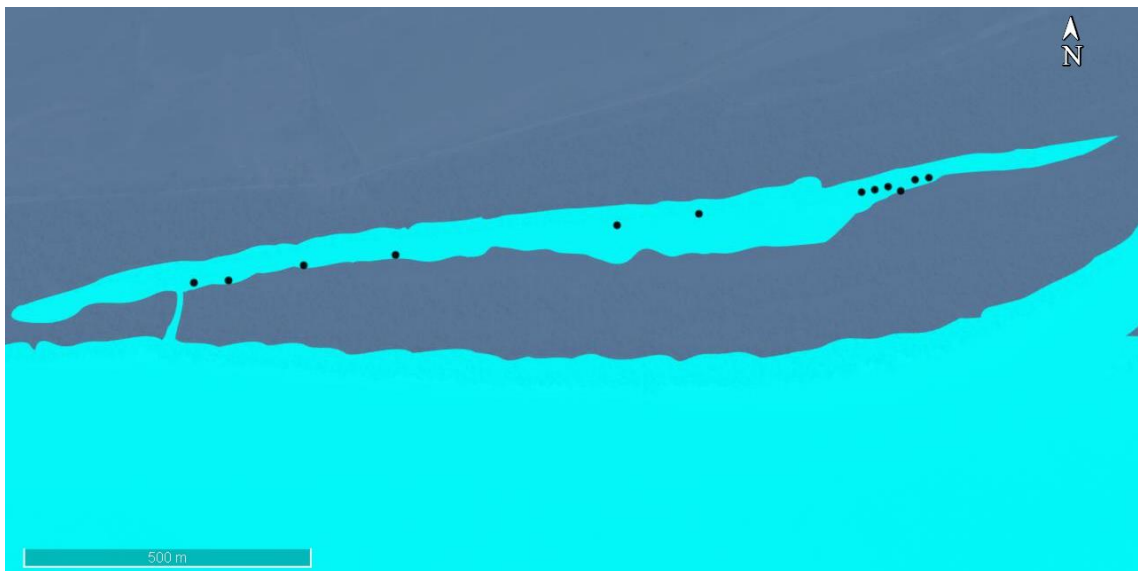


87  
 88 Figura 1 – Mapa da planície de inundação do alto Rio Paraná, indicando o posicionamento da  
 89 lagoa das Garças.

### 90 91 2.2 AMOSTRAGEM

92 As amostras foram coletadas utilizando uma peneira circular, com malha de 0,5 mm,  
 93 sendo em cada ponto amostrado coletados aos pares em raízes de *E. azurea* e *S. auriculata* (Fig.

94 2). Para a coleta das macrófitas a peneira foi submergida na água, sendo elevada para acima da  
95 coluna d'água com finalidade de não permitir a fuga dos macroinvertebrados. Posteriormente,  
96 o material retido na peneira foi acondicionado em sacos plásticos e levado para base avançada  
97 do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia). Após a coleta as  
98 raízes contidas na amostra foram lavadas com água, sendo que a mesma peneira usada para a  
99 coleta foi usada para reter o material removido das raízes, o qual foi acondicionado em frascos  
100 de polietileno e fixado com álcool 80° para posterior triagem em microscópio estereoscópico.  
101 As raízes foram separadas da parte aérea e em seguida, secadas em estufa de ventilação forçada  
102 a 60°C, com objetivo de mensurar o peso seco de raízes por amostra.



103  
104 Figura 2 – Pontos de amostragem onde foram obtidos os pares de amostras (uma para *E. azurea*  
105 e outra para *S. auriculata*) na Lagoa das Garças.  
106

107 Os macroinvertebrados foram identificados com auxílio de um microscópio  
108 estereoscópico, sendo identificado em diferentes níveis taxonômicos, utilizando livros e chaves  
109 de identificação como Perez (1988) e Mugnai (2010).

### 110 2.3 ANÁLISE DE DADOS

111 Para avaliar o efeito da distância da conexão e das espécies de macrófitas sobre os  
112 atributos da comunidade de macroinvertebrados, foi aplicada uma análise de covariância

113 (ANCOVA), utilizando-se as espécies de macrófitas como fator fixo e a distância da conexão  
114 (medida em metros) como variável contínua. Como variável resposta foram utilizadas, a riqueza  
115 de *taxa*, diversidade de *taxa* (índice de diversidade de Shannon) e densidade de organismos  
116 encontrados (número de indivíduos por grama de peso seco de raiz). Além disso, os grupos  
117 taxonômicos encontrados foram analisados individualmente com o objetivo de verificar  
118 especificidades na resposta ao efeito da distância da conectividade e ao tipo de macrófita  
119 utilizada como substrato. As ANCOVAs foram realizadas no software STATISCA 7.1 (Statsoft  
120 Inc., 2005), tendo como significativo, resultados com valores de  $p < 0,05$ . Por fim, a dominância  
121 foi avaliada por meio do ranqueamento da abundância dos *taxa* utilizando gráficos do tipo  
122 Whittaker com curvas log-normal no software RStudio – pacote vegan (Oksanen, 2017).

123

### 124 **3 RESULTADOS**

125 Foram identificados 21 grupos de macroinvertebrados, sendo 1 identificado até o nível  
126 de Filo, 2 identificados até o nível de Classe, 3 identificados até Subclasse, 9 foram  
127 identificados até Ordem e 6 identificados até Família (da Ordem Diptera). Foi registrado um  
128 total de 4367 indivíduos, sendo 2508 associados a *E. azurea* e 1859 associados a *S. auriculata*,  
129 destes apenas 16 *taxa* foram analisados por atingirem os pressupostos.

130 A distância da conexão e o tipo de macrófita afetaram significativamente a densidade  
131 de macroinvertebrados encontrados (Fig. 3A; Tab. 1). Contudo, a distância da conexão não  
132 afetou significativamente a densidade de macroinvertebrados associados a *E. azurea*, mas  
133 afetou significativamente a densidade de macroinvertebrados associados a *S. auriculata*,  
134 levando a uma interação entre a distância e o tipo de macrófita (Tab. 1). Similarmente a  
135 densidade, a diversidade de Shannon foi afetada por uma interação significativa entre a  
136 distância da conexão e o tipo de macrófitas, em ambos os substratos (Fig. 3B; Tab. 1). Embora  
137 a diversidade de macroinvertebrados associados a ambas as macrófitas tenha sofrido um

138 declínio significativo com o aumento da distância da conexão, esse declínio foi mais  
 139 significativo para a diversidade de macroinvertebrados associados a *S. auriculata*. Por fim,  
 140 apenas a distância da conexão afetou significativamente a riqueza de *taxa* associados as  
 141 macrófitas (Fig. 3C; Tab. 1).

142 Tabela 1 – Resultado da análise de covariância para a densidade de macroinvertebrados,  
 143 diversidade e riqueza de *taxa*. Os resultados do teste *t* para as espécies de macrófitas indicam a  
 144 significância da inclinação da reta referente à relação da macrófita com a distância.

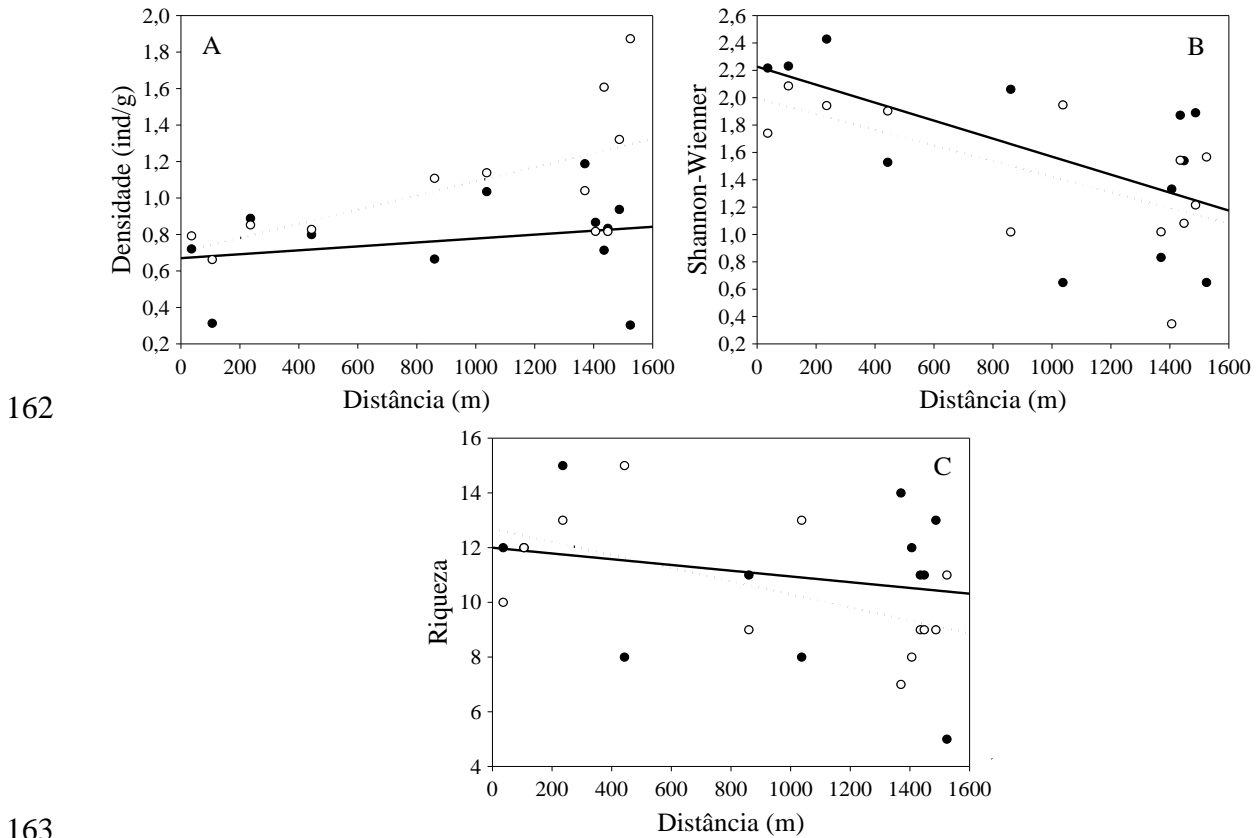
	Densidade	Diversidade	Riqueza
Distância	F = 5,6 <b>p = 0,02</b>	F = 13,71 <b>p = 0,00</b>	F = 3,76 p = 0,06
Macrófitas	F = 6,43 <b>p = 0,02</b>	F = 0,65 p = 0,43	F = 0,33 p = 0,57
Interação	F = 3,85 <b>p = 0,04</b>	F = 6,59 <b>p = 0,01</b>	F = 2,12 p = 0,14
<i>E. azuera</i>	<i>t</i> = 0,74 p = 0,46	<i>t</i> = -2,74 <b>p = 0,02</b>	<i>t</i> = -0,82 p = 0,41
<i>S. auriculata</i>	<i>t</i> = 2,67 <b>p = 0,01</b>	<i>t</i> = -2,38 <b>p = 0,03</b>	<i>t</i> = -1,88 p = 0,07

145

146 Considerando os grupos de macroinvertebrados de forma isolada, Culicidae,  
 147 Chironomidae e Ceratopogonidae foram afetados significativamente pela interação entre a  
 148 distância da conexão e o tipo de macrófita (Fig. 4; Tab. 2). Culicidae tem sua densidade reduzida  
 149 com o aumento da distância da conexão em ambas as macrófitas, porém essa redução é  
 150 levemente mais acentuada nos macroinvertebrados associados a *E. azurea*. Inversamente,  
 151 Chironomidae e Ceratopogonidae tem sua densidade elevada com o aumento da distância da  
 152 conexão. Contudo, o aumento na densidade ocorre apenas com os macroinvertebrados  
 153 associados a *S. auriculata*. Além desses grupos, Coleoptera apresentou relação positiva e  
 154 significativa com a distância da conexão independentemente do tipo de macrófita, sendo que  
 155 Hirudinea associados a *E. azurea* também apresentaram essa relação (Fig. 4; Tab. 2). Vale  
 156 ressaltar que alguns grupos como Decapoda (espécie não-nativa - *Macrobrachium amazonicum*  
 157 (Heller, 1982)), por exemplo, foram encontrados apenas no ponto de amostragem mais próximo  
 158 da conexão, inviabilizando a realização da análise dos dados. Bivalvia esteve presente em todos



159 os pontos de amostragem, porém nos pontos mais próximos da conexão foi registrada maior  
 160 densidade de espécies não-nativas, enquanto que no interior da lagoa as espécies nativas  
 161 apresentaram maior densidade.



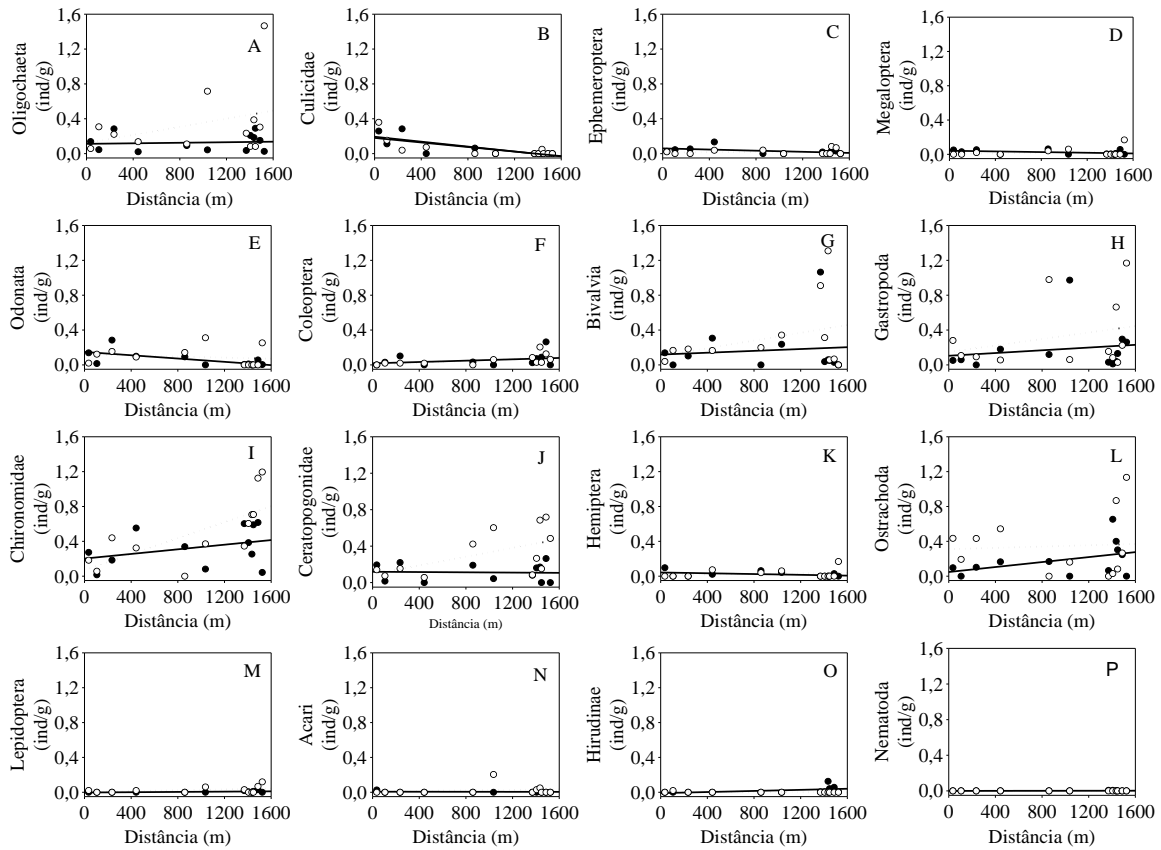
163  
 164 Figura 3 – Relação entre a distância da conexão e a densidade de macroinvertebrados (A), a  
 165 diversidade de taxa (B) e a riqueza de taxa (C) para *E. azurea* (círculo fechado e linha cheia) e  
 166 *S. auriculata* (círculo aberto e linha tracejada). Valores de densidade estão em escala log+1.  
 167

168 Tabela 2 – Resultado da análise de covariância para a densidade de cada grupo de  
 169 macroinvertebrado encontrado. Os resultados do teste *t* para as espécies de macrófitas indicam  
 170 a significância da inclinação da reta referente à relação da macrófita com a distância. \* =  $p <$   
 171 0,05.

	<b>Distância</b>	<b>Macrófitas</b>	<b>Interação</b>	<b><i>E. azuera</i></b>	<b><i>S. auriculata</i></b>
	<b>F=</b>	<b>F=</b>	<b>F=</b>	<b><i>t=</i></b>	<b><i>t=</i></b>
<b>Oligochaeta</b>	1,42	3,38	1,26	0,10	1,50
<b>Culicidae</b>	28,29*	0,90	13,52*	-3,81*	-3,53*
<b>Ephemeroptera</b>	0,87	0,35	2,07	-1,96	0,56
<b>Megaloptera</b>	0,70	0,00	1,08	-0,98	1,09
<b>Odonata</b>	3,51	0,73	2,20	-1,99	-0,65
<b>Coleoptera</b>	4,81*	0,00	2,43	1,18	1,86
<b>Bivalvia</b>	1,19	1,02	0,80	0,29	1,82
<b>Gastropoda</b>	1,20	1,14	0,67	0,45	1,16
<b>Chironomidae</b>	9,50*	2,67	6,83*	1,02	3,55*
<b>Ceratopogonidae</b>	3,15	7,95*	3,85*	-0,08	2,77*
<b>Hemiptera</b>	0,04	0,17	0,77	-1,01	0,72
<b>Ostracoda</b>	0,73	1,88	0,47	0,94	0,24
<b>Lepdoptera</b>	2,97	3,82	1,80	0,60	1,81
<b>Acari</b>	0,18	1,03	0,20	-0,05	0,64
<b>Hirudinea</b>	1,94	2,81	3,03	2,44*	-0,34
<b>Nematoda</b>	1,34	2,22	1,36	1,65	0,00

172 A distribuição de abundância dos macroinvertebrados apresenta maior equitabilidade  
 173 em *E. azurea* do que em *S. auriculata* (Fig. 5), sendo que foram registradas mais *taxa* raros  
 174 associados a *S. auriculata*. A equitabilidade na distribuição de abundância de  
 175 macroinvertebrados é similar entre os tipos de macrófitas, havendo baixa dominância ou  
 176 raridade partindo dos pontos próximos à conexão para o interior da lagoa. Contudo, ao analisar  
 177 as inclinações das curvas do *ranking* de abundância por ponto de amostragem, nota-se que nas  
 178 proximidades da região central da lagoa (860 m da conexão), é possível registrar maior raridade  
 179 de espécies, bem como maior dominância (Fig. 6). Destaca-se ainda que nos pontos de  
 180 amostragem intermediários (Fig. 6E e 6F) onde se iniciou uma alteração visível na  
 181 equitabilidade houve dominância expressiva de Gastropoda, enquanto que no ponto de  
 182 amostragem mais distante da conexão houve expressiva dominância de Oligochaeta e  
 183 Chironomidae (Fig. 6L).

185



186

187

188

189

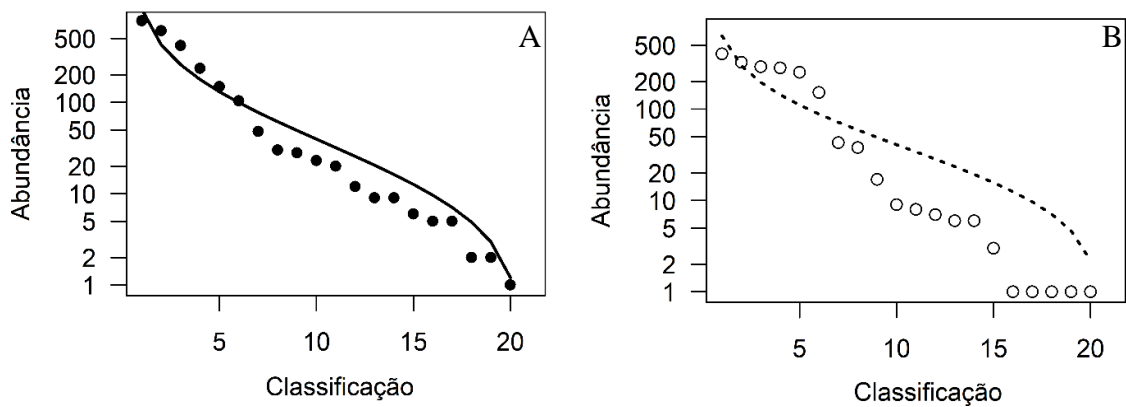
190

191 Figura 4 – Relação entre a distância da conexão e a densidade de cada grupo de  
 192 macroinvertebrado encontrado para *E. azurea* (círculo fechada e linha cheia) e *S. auriculata*  
 193 (círculo aberto e linha tracejada). Valores de densidade estão em escala log+1.

194

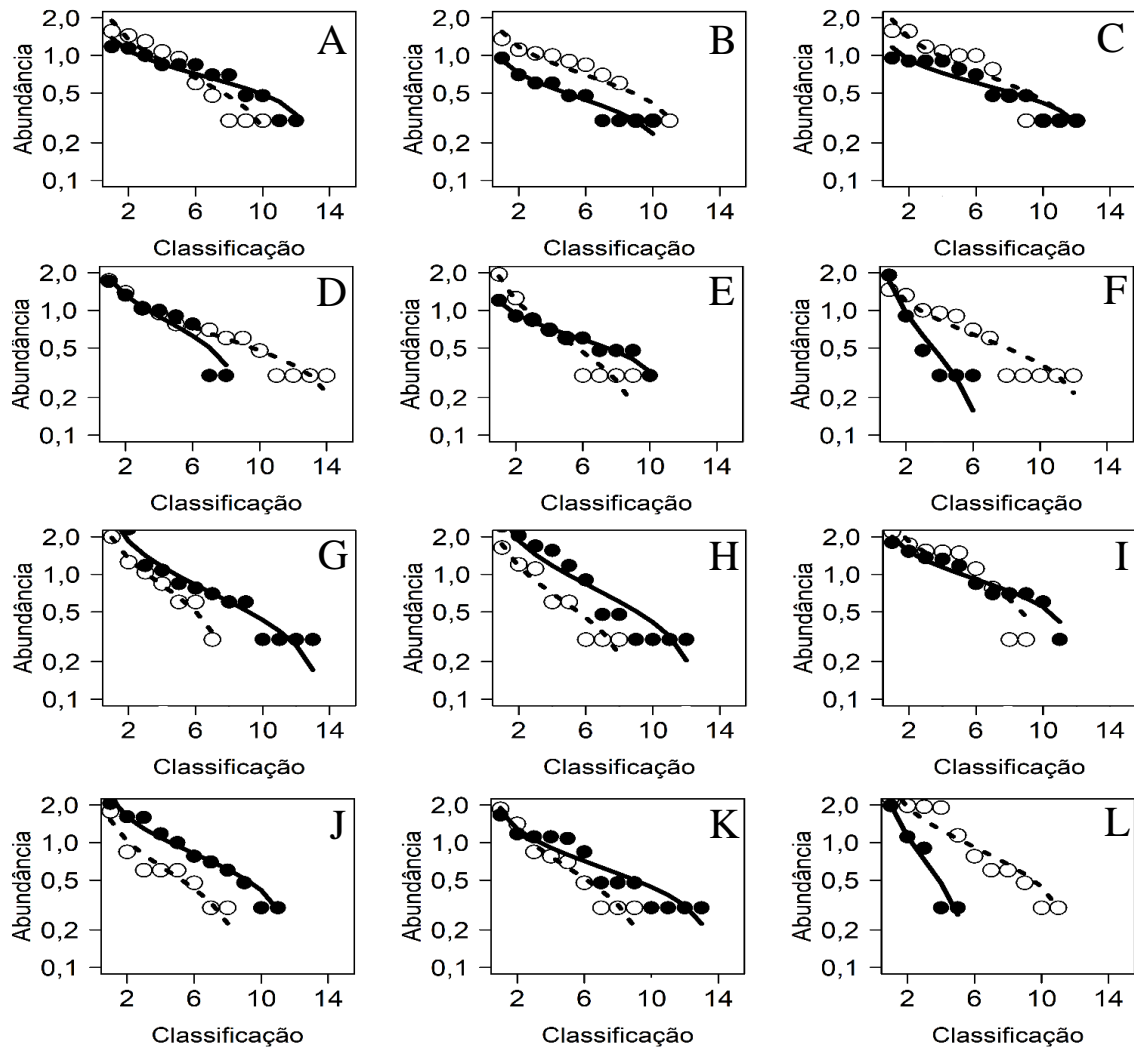
195

196



197

198 Figura 5 – Ranqueamento da abundância de taxa de macroinvertebrados encontrados  
 199 associados a *E. azurea* (A) e *S. auriculata* (B).



200

201 Figura 6 – Ranqueamento da abundância de *taxa* encontrados associados em *E. azurea* (círculo  
 202 fechado e reta completa) e *S. auriculata* (círculo aberto e reta tracejada) em cada um dos pontos  
 203 de amostragem (A = 36 m, B = 106 m, C = 236 m, D = 443 m, E = 860 m, F = 1037 m, G =  
 204 1370 m, H = 1406 m, I = 1435 m, J = 1448 m, K = 1487 m, L = 1524 m). Valores de abundância  
 205 transformados em log+1 para padronizar a escala.

206

#### 207 4 DISCUSSÃO

208 Os resultados corroboram com a hipótese de que o aumento da distância da conexão  
 209 reduz a diversidade de *taxa*, eleva a densidade de macroinvertebrados e também, a dominância  
 210 de alguns grupos taxonômicos. Os resultados suportam a hipótese de que espécies de macrófitas  
 211 com diferentes tipos de estruturação de raízes apresentam comunidades associadas com  
 212 diferentes estruturas. A densidade de macroinvertebrados associados a *S. auriculata* se elevou

213 de forma mais intensa com o aumento da distância da conexão, enquanto a diversidade de *taxa*  
214 decresceu mais intensamente em *E. azurea*.

215 Somando a isso, morfometria da lagoa somada com a distribuição das macrófitas no  
216 ambiente podem ter tido um papel importante na determinação desse padrão. Foi possível  
217 observar em campo que em regiões mais ao fundo da lagoa, ocorre estreitamento das margens  
218 e acúmulo de bancos de macrófitas, possibilitando aumento de recursos alimentares e refúgios  
219 contra predadores (p.ex., Hixon & Menge, 1991; Agostinho et al., 2003; Johnson, 2007; Yee,  
220 2010), o que pode ter afetado positivamente a densidade de macroinvertebrados. Contudo, o  
221 acúmulo de macrófitas pode gerar uma carga excessiva de matéria orgânica (Bianchini Jr.,  
222 2003), a qual em sua decomposição, consome oxigênio da água, reduzindo a presença de  
223 diversos grupos taxonômicos sensíveis ao declínio de oxigênio.

224 Dessa forma, poderia haver declínio da diversidade de espécies com consequente  
225 aumento da dominância de alguns grupos taxonômicos. De fato, a aumento da distância da  
226 conexão elevou a dominância de Chironomidae e Ceratopogonidae, famílias que podem  
227 aumentar a densidade em função do aumento na oferta de recurso alimentar (Wazbinski &  
228 Quinlan, 2013), sendo que a dominância de Chironomidae também é considerada um indicador  
229 de alteração ambiental (Marques et al., 1999)

230 Inversamente ao registrado para Chironomidae e Ceratopogonidae, a família Culicidae  
231 teve as maiores densidades mais próximo à conexão. O rio Paraná vem perdendo nutrientes  
232 disponíveis na água devido a retenção destes em uma cascata de reservatórios a montante da  
233 área de estudo (Roberto et al., 2009). Dessa forma, a área próxima da conexão entre a lagoa e  
234 o rio apresenta água oligotrófica, característica que pode favorecer a dominância de Culicidae  
235 (Kenea et al., 2011; Garcia-Sánchez et al., 2017). De fato, um estudo desenvolvido na área da  
236 hidrelétrica Engenheiro Sergio Motta, a montante da área de estudo, mostrou que depois da  
237 construção da barragem, Culicidae teve um grande aumento na densidade em rios adjacente ao

238 reservatório (De Paula et al., 2012). Sem dúvida, não apenas diferenças nas concentrações de  
239 nutrientes podem afetar a comunidade de macroinvertebrados, mas também a turbidez, uma vez  
240 que Okano et al. (2017) demonstraram que a variação da turbidez de uma lagoa ocasionada pela  
241 conexão entre ambientes com diferentes níveis de turbidez, acarretou na variação da estrutura  
242 de comunidade de organismos aquáticos. Os resultados também foram similares ao registrado  
243 por Cai et al. (2011), quem registrou que os macroinvertebrados têm abundâncias diferentes,  
244 dependendo da distância da foz do rio, com um gradiente de mudança na composição de espécies  
245 a partir da entrada de água na lagoa.

246 Vale ressaltar que outro grupo taxonômico encontrado é reconhecidamente causador  
247 de muitos impactos negativos a biota nativa (Nakano et al., 2011; Bonel et al., 2013; Paolucci  
248 et al., 2014; Bonel & Lorda, 2015), o Bivalvia invasor *Limnoperna fortunei* Dunker, 1857, o  
249 qual raramente é encontrado em ambientes lacustres. Esta espécie foi encontrada até o ponto  
250 intermediário da lagoa, mostrando que o gradiente ambiental gerado do início para o fim da  
251 lagoa está possibilitando seu estabelecimento nas áreas próximas a conexão com o rio Paraná,  
252 que também pode ser causado pela turbidez da lagoa, visto que estes moluscos não sobrevivem  
253 a alta turbidez (Ernandes-Silva et al., 2016). Ainda invasor, também foi registrada a presença  
254 do Decapoda não-nativo *M. amazonicum*, nas áreas próximas a conexão com o rio. *M.*  
255 *amazonicum* uma ampla invisibilidade na bacia do alto rio Paraná, sendo relatados grande  
256 favorecimento na disputa de *habitats* (Magalhães et al., 2005),

257 Sendo assim, salienta para que manutenção das usinas geradores de energia, que  
258 mantenha sazonalidade do pulso de inundação, o que gera a heterogeneidade ambiental nas  
259 lagoas das planícies. No mais deve se atentar que estas usinas retém um gama grande de  
260 nutrientes vindo do rio, pois isto pode alterar a turbidez da lagoa devido a influência da  
261 conectividade (Hill, 2011). No mais é possível ressaltar que ao realizar um estudo em uma lagoa

262 conectada, observar a distância com a conexão, bem como considerar diferentes períodos de  
263 cheia e seca.

264

## 265 **REFERÊNCIAS**

266

267 Agostinho, A. A., L. C. Gomes & H. J. Ferreira Jr. 2003. Relações entre macrófitas  
268 aquáticas e fauna de peixes. In Thomaz, S. M. & L. M. Bini (eds), Ecologia e manejo  
269 de macrófitas aquáticas. EDUEM, Maringá, 261–279

270 Amoros, C. & G. Bornette. 2002 Connectivity and biocomplexity in waterbodies of  
271 riverine floodplains. *Freshwater Biology* 47:761–766

272 Araujo, R. B.; Langeani & F.N. T. Ranga. 2010. Vascular plants of oxbow lakes of Turvo  
273 River, Upper Paraná River Basin, São Paulo State, Brazil. *Check List: Journal of*  
274 *Species and Distribution, Rio Claro.* 6: 58-61

275 Bianchini Jr, I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas.  
276 *In: Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas (Eds. Thomaz, S.M. e Bini, L.M.).*  
277 *EDUEM, Maringá.* p.85-125

278 Bonel, N. & J. Lorda., 2015. Growth and body weight variability of the invasive mussel  
279 *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) across habitat and season. *Malacologia* 58:129–145

280 Bonel N, L. C. Solari & J. Lorda. 2013 Differences in density, shell allometry and growth  
281 between two populations of *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) from the Río De La  
282 Plata basin, Argentina. *Malacologia* 56:43–58

283 Cai, Y., Z. Gong & B. Qin, 2011. Influences of habitat type and environmental variables  
284 on benthic macroinvertebrate communities in a large shallow subtropical lake (Lake  
285 Taihu, China). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 47: 85–  
286 95

- 287 Callisto, F. A. R. & P. Moreno, 2002. The influence of eucalyptus plantations on the  
288 macrofauna associated with *Salvinia auriculata* in southeast Brazil. Brazilian Journal  
289 Biology, 62: 63–68
- 290 Callisto, M., M. Goulart, F. A. R. Barbosa & O. Rocha, 2005. Biodiversity assessment of  
291 benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river  
292 (northeastern Brazil). Brazilian Journal of Biology, 65: 229-240
- 293 Cunha, E.R., S. M. Thomaz, R. P. Mormul, E. G. Cafofo & A. B. Bonaldo, 2012.  
294 Macrophyte Structural Complexity Influences Spider Assemblage Attributes in  
295 Wetlands. Wetlands 32: 369-377
- 296 De Paula, M. B., A. De Castro Gomes, D. Natal, A. M. R. D. C. Duarte & L. F. Mucci,  
297 2012. Effects of artificial flooding for hydroelectric development on the population  
298 of *Mansonia humeralis* (Diptera: Culicidae) in the Paraná River, São Paulo, Brazil.  
299 Journal of Tropical Medicine 2012:1-6
- 300 Ernandes-Silva, J., F. H. Ragonha, L. C. Rodrigues & R. P. Mormul, 2016. Freshwater  
301 invasibility level depends on the population age structure of the invading mussel  
302 species. Biological invasions, 18:1421-1430
- 303 ELETROSUL, 1986. Ilha Grande: a vegetação da área de influência do reservatório da  
304 Usina Hidrelétrica de Ilha Grande (PR/MS). Florianópolis: ELETROSUL.  
305 Levantamento na escala 1:250.000. Relatório de pesquisa. 52p. Vol. 4
- 306 Garcia-Sánchez, D. C., G. A. Pinilla & J. Quintero, 2017. Ecological characterization of  
307 *Aedes aegypti* larval habitats (Diptera: Culicidae) in Artificial Water Containers in  
308 Girardot, Colombia. Journal of Vector Ecology 42: 289–297
- 309 Heino, X., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial  
310 heterogeneity, habitat size and water chemistry. Hydrobiologia 418: 229-242
- 311 Henry-Silva, G. G. & A. F. M. Camargo, 2006. Composição química de macrófitas



- 312 aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. Planta  
313 Daninha, 1:21-28
- 314 Hill, R. G. & D. S. Brauer, 2011. Predicting the bioactivity of glasses using the network  
315 connectivity or split network models. Journal of Non-Crystalline Solids, 357: 3884-  
316 3887
- 317 Hixon, M. A. & B. A. Menge. 1991. Species diversity: prey refuges modify the interactive  
318 effects of predation and competition. Theoretical Population Biology 39:178–200
- 319 Johnson, D. W. 2007. Habitat complexity modifies post-settlement mortality and  
320 recruitment dynamics of a marine fish. Ecology 88:1716–1725
- 321 Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks, 1989. The flood pulse concept in river-  
322 floodplain systems. Canadian Special Publications on Fisheries and Aquatic Sciences  
323 106: 110–127
- 324 Kenea, O., M. Balkew, & T. Gebre-Michael, 2011. Environmental factors associated with  
325 larval habitats of anopheline mosquitoes (Diptera: Culicidae) in irrigation and major  
326 drainage areas in the middle course of the rift valley, central ethiopia. Journal of  
327 Vector Borne Diseases 48: 85–92
- 328 Magalhães, C., S. L. S. Bueno, G. Bond-Buckup, W. C. Valenti, H. L. M. Da Silva, O.  
329 Kiyohara, , ... & Rocha, S. S., 2005. Exotic species of freshwater decapod crustaceans  
330 in the state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction.  
331 Biodiversity & Conservation, 14: 1929-1945
- 332 Marques, M. M. G. S. M., F. A. R. Barbosa & M. Callisto, 1999. Distribution and  
333 abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-  
334 east Brazil. Revista Brasileira de Biologia, 59: 553-561
- 335 Martins, R. T., L. S. Silveira, & R. G. Alves, 2011,. Colonization by oligochaetes  
336 (Annelida: Clitellata) in decomposing leaves of *Eichhornia azurea* (SW.) Kunth

- 337 (Pontederiaceae) in a neotropical lentic system. In *Annales de Limnologie-*  
338 *International Journal of Limnology*, 49: 339-346
- 339 Mormul, R. P., S. M. Thomaz, A. M. Takeda & R. D. Behrend, 2011. Structural  
340 complexity and distance from source habitat determine invertebrate abundance and  
341 diversity. *Biotropica*, 43: 738-745
- 342 Mugnai, R., J. L. Nessimian & D. F. Baptista, 2010. Manual de Identificação de  
343 Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro:  
344 Technical Books Editora. 176 p
- 345 Nakano D, Kobayashi T, Endo N & Sakaguchi I 2011 Growth rate and settlement of  
346 *Limnoperna fortunei* in a temperate reservoir. *J Molluscan Stud* 77:142–148
- 347 Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius M., & Revenga, C., 2005. Fragmentation and flow  
348 regulation of the world's large river systems. *Science*, 308: 405-408
- 349 Neiff, J.J, 2002. Planícies de inundação são ecótonos? In: Henry, R (ed), *Ecótonos*  
350 *nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. RiMa, São Carlo: 29-45
- 351 Okano, J. I., J. Y. Shibata, Y. Sakai, M. Yamaguchi, M. Ohishi, Y. Goda, ... & Okuda, N.  
352 2017. The effect of human activities on benthic macroinvertebrate diversity in  
353 tributary lagoons surrounding Lake Biwa. *Limnology*, 1: 1-9
- 354 Oksanen, J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara,... &  
355 Wagner, H, 2017. *vegan: community ecology package, version*. R package version  
356 2.4
- 357 Padial, A. A., S. M. Thomaz, & A. A. Agostinho, 2009. Effects of structural heterogeneity  
358 provided by the floating macrophyte *Eichhornia azurea* on the predation efficiency  
359 and habitat use of the small Neotropical fish *Moenkhausia sanctaefilomenae*.  
360 *Hydrobiologia*, 624: 161-170
- 361 Paolucci E.M., P. Sardiña, F. Sylvester, P.V. Perepelizin, A. Zhan, S. Ghabooli , M. E.

- 362 Cristescu, M.D. Oliveira & H.J. MacIsaac, 2014. Morphological and genetic  
363 variability in an alien invasive mussel across an environmental gradient in South  
364 America. *Limnol Oceanogr* 59:400–412
- 365 Pan, B.-Z., H.-J. Wang, X.-M. Liang, & H.-Z. Wang, 2011. Macrozoobenthos in Yangtze  
366 floodplain lakes: patterns of density, biomass, and production in relation to river  
367 connectivity. *Journal of the North American Benthological Society* 30: 589–602
- 368 Perez, G. P., 1988, Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del  
369 departamento de Antioquia. Editorial Presencia Ltda., Bogotá, 217p
- 370 Poi de Neiff, A. and Carignan, R., 1997. Macroinvertebrates on *Eichhornia crassipes*  
371 roots in two lakes of the a River floodplain DS. *Hydrobiologia* 345: 185–196
- 372 Resende, E. K. 2000 Trophic structure of fish assemblages in the lower Miranda river,  
373 Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 60:389-  
374 403
- 375 Roberto, M. C., N. F. Santana, & S. M. Thomaz, 2009. Limnology in the Upper Paraná  
376 River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of  
377 reservoirs. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 717-725
- 378 Santos, N. C. L., H. S. de Santana, R. M. Dias, H. F. L. Borges, V. F. de Melo, W.  
379 Severi, ... & Agostinho, A. A., 2016. Distribution of benthic macroinvertebrates in a  
380 tropical reservoir cascade. *Hydrobiologia*, 765: 265-275
- 381 Scheffer, M., 1999. The effect of aquatic vegetation on turbidity; how important are the  
382 filter feeders. *Hydrobiologia*, 408: 307-316
- 383 Shao, M., X. Han, Z. Xie, X. Jia, R. Liu, & Q. Cai, 2007. Comparative study on  
384 macroinvertebrate communities along a reservoir cascade in Xiangxi River Basin.  
385 *Acta Ecologica Sinica* 27: 4963–4971
- 386 Shao, M., Z. Xie, L. Ye, & Q. Cai, 2006a. Changes in the benthic macroinvertebrates in

- 387 xiangxi bay following dam closure to form the three gorges reservoir. Journal of  
388 Freshwater Ecology 21: 717–719
- 389 Shao, M., Z. Xie, L. Ye, & Q. Cai, 2006b. Monthly change of community structure of  
390 zoobenthos in Xiangxi Bay after impoundment of Three Gorges Reservoir. Acta  
391 Hydrobiologica Sinica, 30: 69
- 392 Silva, C. V., & R. Henry, 2013. Aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia*  
393 *azurea* (Swartz) Kunth and relationships with abiotic factors in marginal lentic  
394 ecosystems (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 73: 149-162
- 395 Statsoft Incorporation 2005, Statistic, data analysis software system. Statistic, Tusla.
- 396 Taniguchi, H., S. Nakano, M. Tokeshi, 2003. Influences of habitat complexity on the  
397 diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. Freshwater Biology 48:  
398 718–728
- 399 Taniguchi, H., M. Tokeshi, 2004. Effects of habitat complexity on benthic assemblages  
400 in a variable environment. Freshwater Biology 49:1164–1178
- 401 Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein & G. Merriam, 1993. Connectivity is a vital element  
402 of landscape structure. Oikos 68: 571–573
- 403 Thomaz, S. M., P. Carvalho, A. A. Padial & J. T. Kobayashi, 2009. Temporal and spatial  
404 patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain.  
405 Brazilian Journal of Biology, 69: 617-625
- 406 Thomaz, S. M., E. D. Dibble, L. R. Evangelista, J. Higuti, & L. M. Bini, 2008. Influence  
407 of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in  
408 tropical lagoons. Freshwater biology, 53: 358-367
- 409 Trivinho-Strixino, S., L. C. S. Correia, & K. Sonoda, 2000. Phytophilous Chironomidae  
410 (Diptera) and other macroinvertebrates in the oxbow Infernão Lake (Jataí Ecological  
411 Station, Luiz Antônio, SP, Brazil). Revista Brasileira de Biologia, 60: 527-535

- 412 Tockner, K., F. Malard & J. V. Ward, 2000. An extension of the flood pulse concept.  
413 Hydrological Processes 14: 2861–2883
- 414 Wazbinski, K. E. & R. Quinlan, 2013. Midge (Chironomidae, Chaoboridae,  
415 Ceratopogonidae) assemblages and their relationship with biological and  
416 physicochemical variables in shallow, polymictic lakes. Freshwater Biology 58:  
417 2464–2480
- 418 Yee, D. A. 2010. Behavior and aquatic plants as factors affecting predation by three  
419 species of larval predaceous diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae). Hydrobiologia  
420 637:33–43
- 421 Zilli, F. L. & M. R. Marchese, 2011. Patterns in macroinvertebrate assemblages at  
422 different spatial scales. Implications of hydrological connectivity in a large  
423 floodplain river. Hydrobiologia 663: 245–257

## **NORMAS DA REVISTA**

### **Instructions for Authors Hydrobiologia**

#### **General**

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test-objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

**THERE IS NO PAGE CHARGE**, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

**Language**

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

#### Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. *Hydrobiologia* endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh ([www.freshwaterbiodiversity.eu](http://www.freshwaterbiodiversity.eu))

#### Categories of Contributions

There are four categories of contributions to *Hydrobiologia*:

[1.] Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers **MUST** be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.

[2.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.

[3.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

[4.] Special section papers. Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

#### 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.

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, telephone and fax numbers of the corresponding author

### Abstract

Please provide an abstract of 150 to 200 words. Abstracts longer than 200 words cannot be uploaded. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

The abstract should start with the aim of research, preferably a hypothesis to be tested, followed by the main methods used, major results obtained and implications of these findings that may be of interest to a wide and international, scientific audience. Numerical data in the abstract should be avoided as much as possible.

### Keywords

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

Keywords should not include any word or term that already appears in the title.

## 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, 181 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.

### Additional remark Text

Do not include section numbers.

### Scientific style

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new *taxa* should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.



Genus and species names should be in italics.

## Wording

Please, do not use words as “physicochemical”, “physico.chemical”, “physiochemical”, etc. “Physical and chemical” or, when appropriated, “physiological and chemical” or “biochemical” should be preferred.

## References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.

Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.

Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.

Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv fr Hydrobiologie* 131: 309–320.

## 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.

MSPowerPoint 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 most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 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)

#### Research Data Policy

A submission to the journal implies that materials described in the manuscript, including all relevant raw data, will be freely available to any researcher wishing to use them for non-commercial purposes, without breaching participant confidentiality.

The journal strongly encourages that all datasets on which the conclusions of the paper rely should be available to readers. We encourage authors to ensure that their datasets are either deposited in publicly available repositories (where available and appropriate) or presented in the main manuscript or additional supporting files whenever possible. Please see Springer Nature's information on recommended repositories.

#### List of Repositories

##### Research Data Policy

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

For more information:

Research Data Policy Frequently Asked Questions

#### Data availability

All original articles must include a Data availability statement. Data availability statements should include information on where data supporting the results reported in the article can be found including, where applicable, hyperlinks to publicly archived datasets analysed or generated during the study. By data we mean the minimal dataset that would be necessary to interpret, replicate and build upon the findings reported in the article. We recognise it is not always possible to share research data publicly, for instance when individual privacy could be compromised, and in such instances data availability should still be stated in the manuscript along with any conditions for access. Data Availability statements can take one of the following forms (or a combination of more than one if required for multiple datasets):

1. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available in the [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS]
2. The datasets generated during and/or analysed during the current study are not publicly available due [REASON WHY DATA ARE NOT PUBLIC] but are available [STATE CONDITIONS FOR ACCESS].
3. Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analysed during the current study.

4. All data generated or analysed during this study are included in this published article [and its supplementary information files].

More examples of template data availability statements, which include examples of openly available and restricted access datasets, are available:

#### Data availability statements

The journal also requires that authors cite any publicly available data on which the conclusions of the paper rely in the manuscript. Data citations should include a persistent identifier (such as a DOI) and should ideally be included in the reference list. Citations of datasets, when they appear in the reference list, should include the minimum information recommended by DataCite and follow journal style. Dataset identifiers including DOIs should be expressed as full URLs.

#### Research data and peer review

Peer reviewers should consider a manuscript's Data availability statement (DAS), where applicable. They should consider if the authors have complied with the journal's policy on the availability of research data, and whether reasonable effort has been made to make the data that support the findings of the study available for replication or reuse by other researchers.

For the Data availability statement, reviewers should consider:

Has an appropriate DAS been provided?

Is it clear how a reader can access the data?

Where links are provided in the DAS, are they working/valid?

Where data access is restricted, are the access controls warranted and appropriate?

Where data are described as being included with the manuscript and/or supplementary information files, is this accurate?

For the data files, where available, reviewers should consider:

Are the data in the most appropriate repository?

Were the data produced in a rigorous and methodologically sound manner?

Are data and any metadata consistent with file format and reporting standards of the research community?

Are the data files deposited by the authors complete and do they match the descriptions in the manuscript?

Do they contain personally identifiable, sensitive or inappropriate information?

Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be contacted at [researchdata@springernature.com](mailto: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. Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

##### 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

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based

article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink.  
Open Choice

#### 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

#### 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 can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.

The manuscript has not been published previously (partly 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 hint of text-recycling ("self-plagiarism")).

A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. "salami-publishing").

No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions

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 are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

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

Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.

Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are not accepted after acceptance of a manuscript.

Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors at revision stage may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the reason for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.



Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.

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

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

If the article 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, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is maintained on the platform, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

The author's institution may be informed.

#### 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.

#### 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.