

SUBMETIDO 27/08/2021

APROVADO 05/05/2022

PUBLICADO ON-LINE 04/06/2022

PUBLICADO 30/06/2023

EDITORA ASSOCIADA

Maria Angélica Ramos da Silva

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6152>

ARTIGO ORIGINAL

Relação do gênero *Polypedilum* (KIEFFER, 1921) (Chironomidae, Diptera) com a variação do gradiente ambiental em ecossistemas aquáticos: uma revisão bibliográfica

 Antonio Joaquim Batista Neto ^[1]

 Igor Barbosa Oliveira ^[2]

 Rute Erivânia Moreira das Neves ^[3]

 Sarahbelle Leitte Cartaxo Meneses ^[4]

 Wilza Carla Moreira Silva ^[5]

 Evaldo de Lira Azevêdo ^{[6]*}

[1] antonio.joaquim@academico.ifpb.edu.br

[2] igor.barbosa@academico.ifpb.edu.br

[3] rute.erivania@academico.ifpb.edu.br

[4] sarahbelle.cartaxo@ifpb.edu.br

[5] wilza.silva@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB),
Campus Cajazeiras, Brasil

[6] evaldo.azevedo@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB),
Campus Princesa Isabel, Brasil

RESUMO: Para avaliações holísticas de ecossistemas aquáticos, é essencial que se desenvolvam pesquisas de biomonitoramento, além das avaliações físicas e químicas. Entre os diversos bioindicadores nesses ecossistemas, destacam-se os gêneros de Chironomidae (Diptera). O gênero *Polypedilum* tem sido reportado estando relacionado a condições ambientais variáveis. Em termos de monitoramento, é essencial definir a relação que o gênero apresenta frente aos diferentes gradientes ambientais. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a relação de *Polypedilum* frente às condições ambientais. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos, em língua portuguesa, produzidos no Brasil. Foi possível constatar que a maior parte dos estudos relacionou o gênero a piores condições ambientais. Ainda que o gênero estivesse mais associado a altas concentrações de matéria orgânica (13,93%) e altas temperaturas (5,74%), com o levantamento de dados foi possível lançar luz sobre a relação do gênero frente ao gradiente ambiental, embora seja necessário que estudos abarcando trabalhos publicados em outros países sejam realizados.

Palavras-chave: bioindicadores; Chironomidae; invertebrados bentônicos; qualidade ambiental.

*Relationship of the genus *Polypedilum* (KIEFFER, 1921) (Chironomidae, Diptera) with the variation of the environmental gradient in aquatic ecosystems: a literature review*

*Autor para correspondência.

ABSTRACT: For holistic assessments of aquatic ecosystems, it is essential to develop biomonitoring research, in addition to physical and chemical assessments. Among the various bioindicators in these ecosystems, the genus of Chironomidae (Diptera) stands out. *Polypedilum* has been reported to be related to variable environmental conditions. In terms of monitoring, it is essential to define the relationship that genus has in relation to different environmental gradients. In this sense, the objective of this work was to evaluate the relationship of *Polypedilum* against environmental conditions. Therefore, a bibliographic survey of works in Portuguese produced in Brazil was carried out. It was possible to verify that most of the studies related genus to bad environmental conditions. Even though the genus was more associated with high concentrations of organic matter (13.93%) and high temperatures (5.74%). With the data survey carried out, it was possible to shed light on the relationship of the genus against the environmental gradient. However, it is necessary to carry out studies that include works published in other countries.

Keywords: benthic invertebrates; bioindicators; Chironomidae; environmental quality.

1 Introdução

Os ecossistemas aquáticos apresentam grande diversidade de características físicas, químicas e biológicas, e alterações nesses fatores podem causar desequilíbrios ambientais (SALVARREY *et al.*, 2014), por isso é imprescindível que sejam monitorados. Nesse sentido, a estrutura da comunidade bentônica tem sido amplamente utilizada no biomonitoramento (METCALFE, 1989).

Em termos de biomonitoramento, diversas comunidades aquáticas têm sido estudadas, tais como peixes (SIMON; EVANS, 2017), macrófitas aquáticas (FEDONIUK, 2018), fitoplâncton (ALLENDE *et al.*, 2019), zooplâncton (XIONG *et al.*, 2020) e macroinvertebrados bentônicos (BUSH *et al.*, 2019; CALLISTO; GOULART; MORETTI, 2001; LIMA, 2002). Entre os macroinvertebrados são registrados diversos táxons, tais como Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Bivalve, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Neuroptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera e Diptera (GOULART; CALLISTO, 2003). Na ordem Diptera, destaca-se a família Chironomidae, a qual tem sido reconhecida como excelente bioindicadora, pois apresenta gêneros e espécies adaptadas a condições ambientais variadas (MARQUES; BARBOSA; CALLISTO, 1999).

Alguns gêneros da família têm sido relacionados, de forma muito clara, a condições ambientais específicas. O gênero *Chironomus* (MEIGEN, 1803), por exemplo, tem sido relacionado a locais com baixas concentrações de oxigênio e elevada concentração de matéria orgânica (MACHADO *et al.*, 2015). No entanto, outros gêneros merecem ser avaliados para o esclarecimento de sua relação com a qualidade ambiental. Entre esses gêneros, pode-se citar *Polypedilum* (KIEFFER, 1921), que é um gênero rico em espécies, sendo encontrado em quase todos os ecossistemas aquáticos continentais. As larvas são caracterizadas por apresentar, comumente, mento (porção localizada na parte inferior do aparelho bucal) com 14 a 16 dentes, com dentes medianos maiores (JOHNSON; KELLER; KRIEGER, 2005).

Nesse sentido, considerando a necessidade de monitoramento dos ecossistemas aquáticos e avanço contínuo na identificação de táxons bioindicadores, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento bibliográfico de trabalhos, em língua portuguesa,

para buscar esclarecer a relação de *Polypedilum* com o gradiente de degradação ambiental em ecossistemas aquáticos.

Este trabalho é apresentado em três seções principais: a seção 2 busca traçar um panorama do uso das larvas de Chironomidae como bioindicadores; a seção 3 apresenta a forma como foi realizado o levantamento bibliográfico e as análises de dados; a seção 4 apresenta dados e inferências sobre os tipos de trabalhos registrados, trabalhos publicados por região do Brasil, tipos de ecossistemas em que o gênero *Polypedilum* foi registrado, e relação do gênero com o gradiente de qualidade ambiental; por fim, na seção 5 são apontadas as principais conclusões e possíveis trabalhos futuros decorrentes desta pesquisa.

2 Referencial teórico

O termo bioindicador é utilizado para se referir a diferentes fatores bióticos, ou derivados de organismos vivos, resultantes de mudanças ecológicas, sendo utilizados para indicar alterações positivas ou negativas em um ambiente (PARMAR; RAWTANI; AGRAWAL, 2016). Alguns organismos têm sido utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos, tais como: o zooplâncton, fitoplâncton, perifíton, peixes e macroinvertebrados bentônicos (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é formada por um grupo diverso de organismos como Diptera, Mollusca e Annelida que vivem na zona bentônica dos ecossistemas aquáticos (PAMPLIN; ALMEIDA; ROCHA, 2006). Esses organismos têm sido largamente utilizados por sua capacidade de indicar, por meio de alterações na estrutura e distribuição da comunidade, mudanças ambientais em longo prazo (AZEVEDO *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2015).

A comunidade bentônica fornece informações de alterações esporádicas, cumulativas e crônicas, além de alterações no hábitat (GOULART; CALLISTO, 2003). Isso ocorre, especialmente, por apresentar características como: diversidade de formas de vida e de hábitats, mobilidade limitada, grande número de espécies, presença de espécies com ciclo de vida longo e facilidade de uso em manipulações experimentais (MCGOFF *et al.*, 2013). Segundo Goulart e Callisto (2003), os organismos que compõem a comunidade podem ser classificados de acordo com seu nível de tolerância à degradação ambiental. Desse modo, podem ser classificados em:

- i) Sensíveis: grupo de organismos que apresentam elevada necessidade de oxigênio dissolvido na água, habitando ambientes com alta diversidade de hábitats e micro-hábitats;
- ii) Tolerantes: organismos que apresentam menor exigência de elevadas concentrações de oxigênio, uma vez que muitos representantes utilizam oxigênio atmosférico; também são menos exigentes em relação à diversidade de hábitats e micro-hábitats;
- iii) Resistentes: grupo que comporta grandes proporções de organismos com elevada tolerância à degradação ambiental. Apresentam representantes que podem viver em condições de ausência de oxigênio na água e de elevadas concentrações de matéria orgânica; também não apresentam exigências quanto à diversidade de hábitats e micro-hábitats.

Fazendo parte da comunidade de macroinvertebrados, registra-se a família Chironomidae (Diptera), a qual é considerada excepcional bioindicadora, visto que em ambientes muito poluídos, apresentando condicionantes como alta concentração de matéria orgânica e pouco oxigênio dissolvido, as larvas podem ser as únicas a resistir (MARQUES; BARBOSA; CALLISTO, 1999). A utilização dessa família no biomonitoramento também se deve a fácil coleta e ampla distribuição dos espécimes (REMOR *et al.*, 2014).

Diversos gêneros têm sido registrados estando relacionados a condições degradantes, como *Chironomus* (MEIGEN, 1803) (DORNFELD; ESPÍNDOLA; LEITE, 2005; ZHANG *et al.*, 2020) e *Cladopelma* (KIEFFER, 1921) (TAKAHASHI *et al.*, 2008). Outros têm sido relacionados a condições de melhor qualidade ambiental, como *Fissimentum* (CRANSTON; NOLTE, 1996) (AZEVEDO *et al.*, 2017; OLIVEIRA; MARTINS; ALVES, 2010) e *Tanytarsus* (VAN DER WULP, 1874) (FEITOSA, 2016; SANSEVERINO; NESSIMIAN, 2008). O gênero *Polypedilum* (KIEFFER, 1921) tem sido registrado em alguns estudos, no entanto, não apresenta um padrão geral de ocorrência em relação à variação no gradiente de qualidade ambiental. No Brasil, são registradas mais de 50 espécies do gênero, as quais habitam ambientes lóticos e lânticos com condições ambientais variáveis (TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

As larvas de *Polypedilum* geralmente apresentam mento com 14 a 16 dentes, possuindo os dentes medianos maiores que os laterais. Estas são encontradas, com frequência, associadas a lama, areia, macrófitas aquáticas, madeira submersa, em algas filamentosas. Considerando os grupos funcionais de alimentação, podem ser trituradores, coletores e predadores (JOHNSON; KELLER; KRIEGER, 2005).

Definir a relação do gênero *Polypedilum* com o gradiente de qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos no Brasil é importante para esclarecer se o referido gênero tem potencial para ser utilizado como um bioindicador confiável da qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos brasileiros, tendo em vista que as relações das espécies com os ambientes podem ser alteradas devido a diversos fatores, tais como temperatura, concentrações de oxigênio na água, cargas de nutrientes (como nitrogênio e fósforo), disponibilidade de habitat para reprodução, entre outros fatores.

Os dados gerados por estudos desse tipo podem ser utilizados em pesquisas de biomonitoramento, o que pode contribuir para o desenvolvimento efetivo de ações de manutenção da qualidade de ecossistemas aquáticos.

3 Método da pesquisa

Esta seção é apresentada em duas subseções. A primeira apresenta a forma como foram prospectados os trabalhos que faziam referência ao gênero de *Polypedilum*. A segunda faz referência às análises realizadas, sobretudo, para definir diferenças significativas entre os trabalhos, ao se considerar a relação do gênero com o gradiente de qualidade ambiental.

3.1 Levantamento bibliográfico

Foi realizado levantamento bibliográfico de trabalhos produzidos e publicados em língua portuguesa, no Brasil, relacionados ao gênero *Polypedilum* (Chironomidae, Diptera) e sua utilização como bioindicador da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos.

Os tipos de trabalhos utilizados como referência foram: trabalhos de conclusão de curso, trabalhos completos, artigos, dissertações e teses. O levantamento foi realizado

no Google Scholar, por este possibilitar uma busca mais abrangente e acessível. Foram extraídas as seguintes informações dos trabalhos: autores, ano de publicação, tipo de trabalho, região em que o trabalho foi produzido, tipo de ecossistema onde o estudo foi realizado (reservatório/represa, rio, riacho, ribeirão, córrego, lago, lagoa, igarapé e estuário, buscando preservar a denominação dada aos ecossistemas pelos autores), e os fatores relacionados à associação do gênero com a indicação da melhor ou pior qualidade ambiental.

Para a busca dos trabalhos científicos foram utilizadas palavras-chave como *Polypedilum*, Chironomidae, qualidade ambiental, macroinvertebrados bentônicos, zoobentos. Foram analisados trabalhos produzidos nos últimos 20 anos.

3.2 Análise de dados

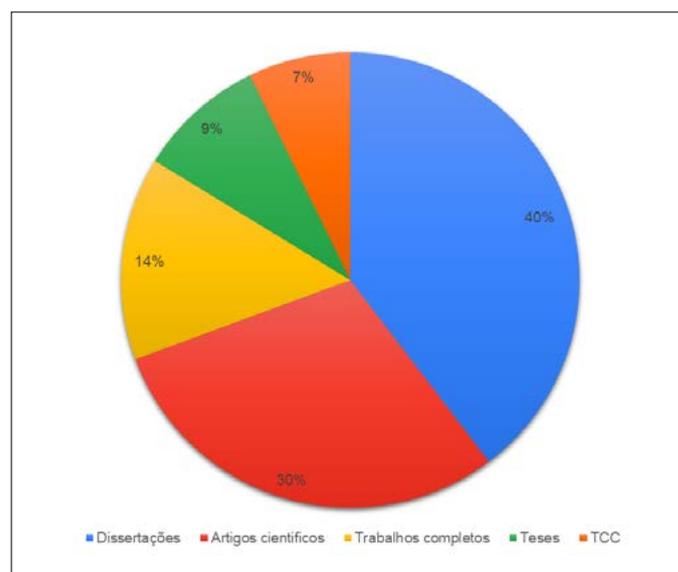
Os dados extraídos dos trabalhos foram analisados em uma planilha do Microsoft Excel®. Após a análise dos dados, gráficos de pizza foram construídos. Uma tabela foi elaborada para uma melhor visualização das categorias de relações do gênero com a indicação da pior ou melhor qualidade ambiental. Uma análise de significância, utilizando PERMANOVA – *Permutational Analysis of Variance Univariate* (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008) foi realizada para avaliar a existência de diferenças significativas entre a quantidade de trabalhos que relacionaram o gênero *Polypedilum* aos diferentes gradientes de qualidade ambiental.

4 Resultados e discussão

Foram acessados 55 trabalhos, dos mais variados tipos acadêmicos. No entanto, as dissertações de Mestrado (40%) e os artigos científicos (30%) foram os mais recorrentes (Figura 1). Vale salientar que só foram acessados trabalhos disponibilizados de modo on-line. O fato de a maioria dos trabalhos que relatam o gênero *Polypedilum* terem sido representados por dissertações indica um aspecto positivo, tendo em vista que evidencia que pesquisas em programas de pós-graduação têm considerado, em maior ou menor grau, pesquisas relacionadas ao gênero.

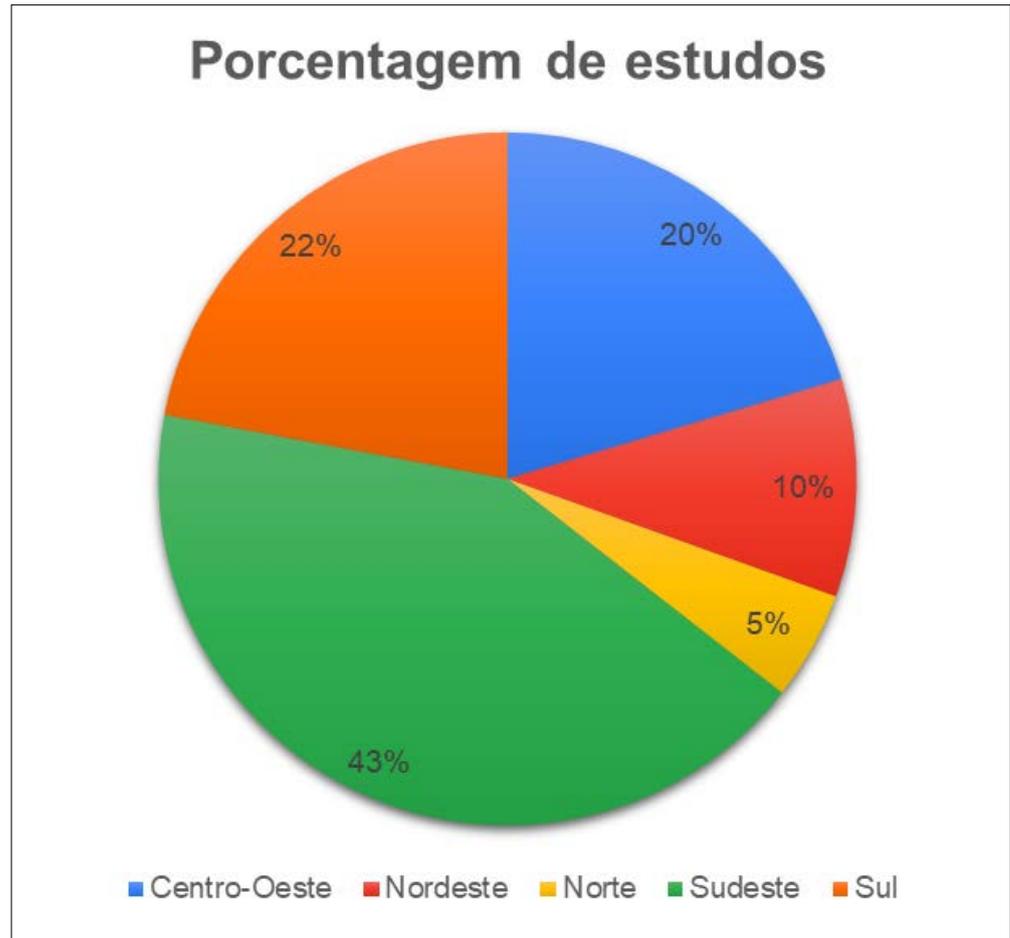
Figura 1 ►

Percentual dos tipos de trabalhos científicos acessados durante o período de estudo.
Fonte: dados da pesquisa.



Foram registrados trabalhos realizados nas cinco regiões do Brasil. As maiores porcentagens de trabalhos que fizeram referência ao gênero *Polypedilum* ocorreram nas regiões Sudeste (43%), Sul (22%) e Centro-Oeste (20%) (Figura 2). As regiões Nordeste e Norte apresentaram as menores porcentagens de trabalhos – 10% e 5%, respectivamente (Figura 2). As maiores porcentagens de estudos nas regiões Sudeste e Sul podem estar atreladas à existência de corpos aquáticos perenes nessas regiões, possibilitando maiores oportunidades de realização de estudos. No entanto, é necessário que ocorra maior investigação em relação a esse dado, tendo em vista que a região Norte, mesmo com abundância de ecossistemas perenes, apresentou baixas porcentagens de estudos relacionados ao gênero.

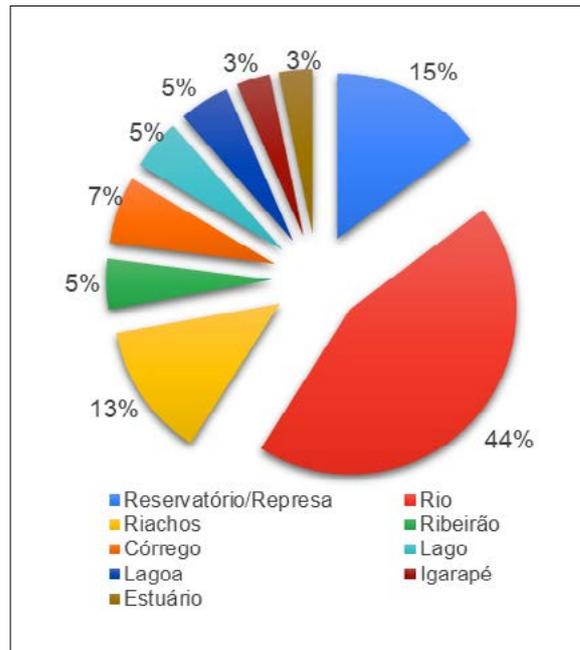
Figura 2 ►
Porcentagens de trabalhos com referência ao gênero *Polypedilum* por região do Brasil.
Fonte: dados da pesquisa.



Dos tipos de ambientes em que as pesquisas foram realizadas, ocorreu predominância em rios (44%) e uma proporção considerável em reservatórios/represas artificiais (15%); já para os demais tipos de ecossistemas, tais como igarapés e estuários, ocorreram baixas proporções de registros (Figura 3). A maior porcentagem de estudos em rios pode estar relacionada às maiores proporções de estudos nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Essas regiões apresentam rios perenes, os quais podem ser pesquisados durante todo o ano, o que não ocorre com frequência na região Nordeste, tendo em vista que a maioria dos rios na região é intermitente (MACHADO, 2016), restando principalmente os reservatórios como principais fontes de abastecimento e pesquisa. No entanto, há necessidade de avaliar o que sucede para que ocorram poucos registros na região Norte.

Figura 3 ▶

Porcentagens dos tipos de ambientes em que os estudos levantados foram realizados.
Fonte: dados da pesquisa.



Ocorreu diferença significativa em relação à quantidade de trabalhos que relacionaram *Polypedilum* a pior qualidade ambiental, à melhor qualidade e a condições ambientais diversas (PERMANOVA: Pseudo- $F_{2,58} = 3,1083$; $p = 0,005$). Constatou-se que a maioria das pesquisas relacionou o gênero a ambientes com condições de degradação ambiental (60%); outros estudos relacionaram o gênero tanto a condições de pior qualidade quanto a de melhor qualidade (16%); e 24% dos estudos relacionaram *Polypedilum* a melhores condições ambientais (Figura 4). Relacionando o gênero a pior qualidade ambiental, destacam-se os estudos de Roque, Corbi e Trivinho-Strixino (2000), Takeda *et al.* (2001), Callisto, Goulart e Moretti (2001), Amorim, Henriques-Oliveira e Nessimian (2004), Sonoda (2005), Fusari (2006), Resende e Takeda (2007), Mazzini (2007), Sanseverino e Nessimian (2008), Queiroz, Trivinho-Strixino e Nascimento (2000), Zardo (2011), Araújo (2011), Bem, Higuti e Azevedo (2015) e Silvano (2018). Entre os trabalhos que relacionaram o gênero à melhor qualidade, podem ser citados Floss (2011), Gurski (2011), Anjos, Takeda e Pinha (2011), Medeiros (2016) e Hernández (2018).

Figura 4 ▶

Porcentagens das relações do gênero *Polypedilum* em face da qualidade ambiental nos estudos levantados.
Fonte: dados da pesquisa.

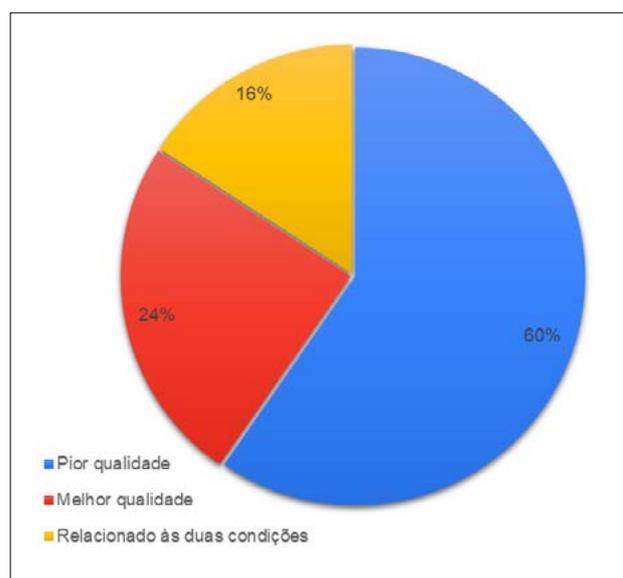


Tabela 1 ▼

Relações de *Polypedilum* com as três categorias básicas de associações às condições ambientais (associações gerais, associações relacionadas à pior qualidade ambiental, e associações relacionadas à melhor qualidade ambiental).
Fonte: dados da pesquisa.

Diversos fatores ambientais foram apontados como preponderantes para justificar as ocorrências e abundâncias dos gêneros nos estudos. Foi possível identificar três categorias básicas de associações: i) associações generalistas, aquelas não relacionadas a fatores que pudessem direcionar diretamente a relação do gênero com a qualidade ambiental; ii) associações que relacionam *Polypedilum* a pior qualidade ambiental; iii) associações que relacionam *Polypedilum* a melhor qualidade ambiental.

Das associações generalistas, destaca-se o registro do gênero em locais com ampla variedade de condições ambientais (9,84% das associações) e registro em ambientes lóticos (5,74% das associações). Para as associações à pior qualidade ambiental, destaca-se a relação com as altas concentrações de matéria orgânica (13,93% das associações) e com as altas temperaturas (5,74% das associações). Para associações à melhor qualidade ambiental, destacam-se as altas concentrações de oxigênio (4,1% das associações) e os valores básicos de pH (4,1% das associações) (Tabela 1).

Associações feitas e relação aos tipos de ambientes em que o gênero esteve presente					
Associações generalistas		Associações que relacionam <i>Polypedilum</i> a pior qualidade		Associações que relacionam <i>Polypedilum</i> a melhor qualidade	
Associações	Porcentual (%)	Associações	Porcentual (%)	Associações	Porcentual (%)
Ambientes com diversas condições ambientais	9,84	Matéria orgânica	13,93	Altas concentrações de oxigênio	4,1
Ambientes lóticos	5,74	Altas temperaturas	5,74	Alto pH	4,1
Ambientes lênticos	3,28	Áreas com maior degradação ambiental	4,1	Áreas com vegetação ripária conservada	3,28
Associados a macrófitas	2,46	Ambientes eutrofizados	4,1	Áreas com menor degradação ambiental	2,46
Período seco	1,64	Baixas concentrações de oxigênio	4,1	Baixas concentrações de matéria orgânica	1,64
Período chuvoso	0,82	Alta condutividade	3,28	Sedimentos grossos (cascalho, areia grossa)	1,64
Ambientes rasos	0,82	Áreas com vegetação ripária desmatada	2,46	Baixos valores de clorofila	0,82
Ambientes profundos	0,82	Sedimentos finos (lama/areia fina)	2,46		
Associado ao folhço	0,82	Altas concentrações de amônia	1,64		

Continua

Altas concentrações de fósforo	1,64
Áreas sob influência agrícola	1,64
Áreas sob influência urbana	1,64
Sólidos totais dissolvidos	1,64
Alta turbidez	1,64
Altos valores de clorofila	1,64
Metais pesados	1,64
Água ácida	0,82
Altas concentrações de nitrato	0,82
Alta salinidade	0,82

É necessário destacar que os dados obtidos aqui não são definitivos e evidenciam a necessidade de realização de uma análise global da relação do gênero e/ou espécies nos diferentes continentes, o que reforça a necessidade de acesso a trabalhos publicados em língua inglesa.

O gênero *Polypedilum* é um dos mais diversos no Brasil. Trivinho-Strixino (2011) relata o pouco conhecimento em relação à identificação das larvas; isso pode explicar o fato de o gênero ser registrado nos mais variados tipos de ambientes, mostrando que a identificação ao nível de gênero para esse táxon pode não ser suficiente para tê-lo como bom bioindicador. Com isso, a identificação ao nível de espécie pode trazer maiores esclarecimentos em relação à afinidade delas com os diferentes gradientes ambientes. Contudo, a identificação ao nível de espécie pode não ser viável em termos de disponibilidade de taxonomistas especializados.

5 Considerações finais

Considerando os dados levantados, é necessário destacar que há necessidade do aumento das publicações relacionadas ao gênero em revistas científicas. Dissertações e teses são essenciais, mas seus dados precisam ser publicados em revistas científicas, pois, ao permanecerem apenas como dissertações e teses, restringem o alcance de leitores.

Outro ponto que chama a atenção são as baixas proporções de trabalhos envolvendo o gênero nas regiões Norte e Nordeste. Para a região Nordeste, parece plausível que as baixas proporções de registros sejam em decorrência da existência de poucos

ecossistemas perenes, no entanto, essa não seria uma justificativa pertinente para a região Norte. Nesse sentido, outro fator que pode ser investigado em estudos futuros é a existência de pesquisadores especialistas em macroinvertebrados bentônicos e/ou Chironomidae nessas regiões, tendo em vista que a proporção de especialistas em cada região do Brasil também pode influenciar a proporção de trabalhos levantados.

Ainda, o conjunto de trabalhos avaliados mostrou relação do gênero *Polypedilum* com a pior qualidade ambiental. Esse dado reflete a adaptação do gênero aos diferentes gradientes ambientais, suportando condições não aceitáveis para outras larvas de Chironomidae. No entanto, é preciso investigar as respostas das espécies dentro do gênero *Polypedilum* aos diferentes gradientes, uma vez que espécies diferentes dentro do mesmo gênero podem apresentar adaptações ambientais diferentes frente às perturbações ambientais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico por possibilitarem a realização deste trabalho através do Edital nº 18/2020 - PIBIC-EM/CNPq - Edital de Pesquisa.

Financiamento

Este projeto foi financiado pelo Edital nº 18/2020 - PIBIC-EM/CNPq, em parceria com o IFPB.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ALLENDE, L.; FOTANARROSA, M. S.; MURNO, A.; SINISTRO, R. Phytoplankton functional group classifications as a tool for biomonitoring shallow lakes: a case study. **Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems**, v. 420, 5, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/kmae/2018044>.

AMORIM, R. M.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) na seção ritral do rio Cascatinha, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Lundiana: International Journal of Biodiversity**, v. 5, n. 2, p. 119-127, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/lundiana/article/view/22012>. Acesso em: 7 maio 2022.

ANDERSON, M. J. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, n. 3, p. 626-639, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1139/f01-004>.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **PERMANOVA + for PRIMER: guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E. 2008. Disponível em: http://updates.primer-e.com/primer7/manuals/PERMANOVA+_manual.pdf. Acesso em: 5 maio 2022.

ANJOS, A. F.; TAKEDA, A. M.; PINHA, G. D. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae em diferentes ambientes do complexo - rio Baía, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 4, p. 417-426, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v33i4.5386>.

ARAÚJO, C. S. C. **Efeito de distúrbio causado pelo despejo de efluente orgânico sobre a comunidade de insetos aquáticos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/2569>. Acesso em: 13 maio 2022.

AZEVEDO, E. L.; BARBOSA, J. E. L.; VIANA, L. G.; ANACLETO, M. J. P.; CALLISTO, M.; MOLOZZI, J. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 2, p. 65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5723-3>.

BEM, C. C.; HIGUTI, J.; AZEVEDO, J. C. R. Qualidade da água de um ambiente lótico sob impacto antropogênico e sua comunidade bentônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 418-429, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n2.p418-429>.

BUSH, A.; COMPSON, Z. G.; MONK, W. A.; PORTER, T. M.; STEEVES, R.; EMILSON, E.; GAGNE, N.; HAJIBABAEI, M.; ROY, M.; BAIRD, D. J. Studying ecosystems with DNA metabarcoding: lessons from biomonitoring of aquatic macroinvertebrates. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 7, p. 434, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00434>.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MORETTI, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v6n1.p71-82>.

CRANSTON, P. S.; NOLTE, U. *Fissimentum*, a new genus of drought-tolerant *Chironomini* (Diptera: Chironomidae) from the Americas and Australia. **Entomological News**, v. 107, n. 1, p. 1-15, 1996. Disponível em: <https://biostor.org/reference/3497>. Acesso em: 13 maio 2022.

DORNFELD, C. B.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A. Avaliação da eutrofização e sua relação com Chironomidae no rio Atibaia e reservatório de Salto Grande (Americana, SP - Brasil). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 3, p. 53-62, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v10n3.p53-62>.

FEDONIUK, T. Morphogenetic analysis of the stability of water macrophytes development in the short-term biomonitoring of water ecosystems of the Polissya of Ukraine. **Balanced Nature Using**, v. 9, n. 1, p. 90-98, 2018. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/bnu/journal/v9y2018i1p90-98.html> Acesso em: 12 maio 2022.

FEITOSA, G. A. **Represamento do Rio Poxim-Açu e possíveis impactos sobre a macrofauna bentônica e qualidade de água, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, São Cristóvão, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/257>. Acesso em: 7 maio 2022.

FLOSS, E. C. S. **Composição e distribuição espacial e temporal de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera), em um rio em região montanhosa, no extremo sul do Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5289>. Acesso em: 10 maio 2022.

FUSARI, L. M. **Estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos das represas do Monjolinho e do Fazzari no campus da UFSCar, município de São Carlos, SP.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1904>. Acesso em: 10 maio 2022.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Goulart%20&%20Callisto-Fapam.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.

GURSKI, F. A. **Efeito da heterogeneidade de habitats na composição e distribuição da assembleia de Chironomidae (Diptera) em riachos preservados de Mata Atlântica, no sul do Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2011. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1968>. Acesso em: 9 maio 2022.

HERNÁNDEZ, C. G. **Efeitos de florestas ripárias em restauração na estrutura de comunidades de macroinvertebrados aquáticos e nas taxas de decomposição de matéria orgânica.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10539>. Acesso em: 7 maio 2022.

JOHNSON, N. J.; KELLER, T. S.; KRIEGER, K. A. **Atlas of Larvae of the Chironomid midges (class Insecta: order Diptera: family Chironomidae) Recorded at the Old Woman Creek National Estuarine Research Reserve & State Nature Preserve, Ohio.** Tiffin, Ohio: National Center for Water Quality Research, 2005. Disponível em: https://ohiodnr.gov/static/documents/coastal/owc/OWCAtlas_Midges.pdf. Acesso em: 8 maio 2022.

LIMA, J. B. **Impactos das atividades antrópicas sobre a comunidade dos macroinvertebrados bentônicos do Rio Cuiabá no perímetro urbano das cidades de Cuiabá e Várzea Grande-MT.** 2002. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1864>. Acesso em: 9 maio 2022.

MACHADO, G. L. S. N. **Análise da contaminação em águas superficiais por esgotos domésticos em rios intermitentes do semiárido brasileiro.** 2016. Trabalho de Conclusão

de Curso (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/7040>. Acesso em: 10 maio 2022.

MACHADO, N. G.; NASSARDEN, D. C. S.; SANTOS, F.; BOAVENTURA, I. C. G.; PERRIER, G.; SOUZA, F. S. C.; MARTINS, E. L.; BIUDES, M. S. *Chironomus larvae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream*. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 2, p. 298-309, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1533>.

MARQUES, M. M. G. S. M.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. Distribuição e abundância de Chironomidae (Diptera, Insecta) em uma bacia hidrográfica impactada no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 4, p. 553-561, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000400004>.

MARTINS, I.; SANCHES, B.; KAUFMANN, P. R.; HUGHES, R. M.; SANTOS, G. B.; MOLOZZI, J.; CALLISTO, M. Ecological assessment of a southeastern Brazil reservoir. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-06032015006114>.

MAZZINI, F. **Efeitos da resolução taxonômica de invertebrados bentônicos no diagnóstico da qualidade de ecossistemas lóticos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.11606/D.91.2007.tde-22102007-111107>.

MCGOFF, E. A.; AROVITA, J.; PILOTTO, F.; MILER, O.; SOLIMINI, A. G.; PORST, G.; JURCA, T.; DONOHUE, L.; SANDIN, L. Assessing the relationship between the Lake Habitat Survey and littoral macroinvertebrate communities in European lakes. **Ecological Indicators**, v. 25, p. 205-214, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.018>.

MEDEIROS, C. R. F. **Padrões de distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em estuários tropicais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2753>. Acesso em: 9 maio 2022.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, n. 1-2, p. 101-139, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6).

OLIVEIRA, V.; MARTINS, R.; ALVES, R. Evaluation of water quality of an urban stream in southeastern Brazil using *Chironomidae Larvae (Insecta: Diptera)*. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 873-878, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600004>.

PAMPLIN, P. A. Z.; ALMEIDA, T. C. M.; ROCHA, O. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 2, p. 121-132, 2006. Disponível em: <https://www.actalb.org/article/627b11e5782aad05cf54920d/pdf/alb-18-2-121.pdf>. Acesso em: 5 maio 2023.

PARMAR, T. K.; RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science**, v. 9, n. 2, p. 110-118, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco. **Comunicado Técnico Embrapa Meio Ambiente**, n. 3, nov. 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14551/organismos-bentonicos-bioindicadores-da-qualidade-das-aguas-da-bacia-do-medio-sao-francisco>. Acesso em: 7 maio 2022.

REMOR, M. B.; HERMOSO, M.; SGARBI, L. F.; PRESTES, T. M. V.; CÂMARA, C. D.; MODEL, K. J. Qualidade da água do rio das Pedras, oeste do Paraná, utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 17, n. 2, 2014. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4930>. Acesso em: 10 maio 2022.

RESENDE, D. L. M. C.; TAKEDA, A. M. Larvas de Chironomidae (Diptera) em três Reservatórios do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 9, n. 2, 2007. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-482571>. Acesso em: 15 maio 2022.

ROQUE, F. O.; CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Considerações sobre a utilização de larvas de Chironomidae (Diptera) na avaliação da qualidade da água de córregos do Estado de São Paulo. *In*: ESPÍNDOLA, E. L. G.; PASCHOAL, C. M. R. B.; ROCHA, O.; BOHRER, M. B. C.; OLIVEIRA NETO, A. L. (org.). **Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI**. São Carlos: RiMa, 2000. p. 115-126.

SALVARREY, A. V. B.; KOTZIAN, C. B.; SPIES, M. R.; BRAUN, B. The influence of natural and anthropic environmental variables on the structure and spatial distribution along longitudinal gradient of macroinvertebrate communities in southern Brazilian streams. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 1-23, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jis/14.1.13>.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 382-405, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/5733>. Acesso em: 7 maio 2022.

SILVANO, J. E. **Distribuição de Chironomidae (Diptera) em ecossistemas lânticos e lóticos no semiárido do Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/43291>. Acesso em: 12 maio 2022.

SIMON, T. P.; EVANS, N. T. Environmental quality assessment using stream fishes. *In*: LAMBERTI, G. A.; HAUER, F. R. **Methods in stream ecology**. Vol. 2: Ecosystem function. 3. ed. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, 2017. Cap. 39, p. 319-334. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813047-6.00017-6>.

SONODA, K. C. **Relação entre uso da terra e composição de insetos aquáticos de quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2005. Tese (Doutorado

em Ecologia de Agrossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.11606/T.91.2005.tde-17102006-164011>.

TAKAHASHI, M. A.; HIGUTI, J.; BAGATINI, Y. M.; ZVIEJKOVSKI, I. P.; VELHO, L. F. M. Composition and biomass of larval *chironomid* (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 20, n. 1, p. 5-13, 2008. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1039.6582&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 14 maio 2022.

TAKEDA, A. M.; KOBAYASHI, J. T.; RESENDE, D. L. M. C.; FUJITA, D. S.; AVELINO, G. S.; FUJITA, R. H.; PAVAN, C. B.; BUTAKKA, C. M. M. A influência do decréscimo do nível fluviométrico na comunidade de Chironomidae da Planície Aluvial do Rio Paraná. **UEM-NUPELIA**, p. 97-100, 2001. Disponível em: http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf/comp_biotico_influenciaCresc.pdf. Acesso em: 14 maio 2022.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, suppl. 1, p. 675-684, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000500032>.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

XIONG, W.; HUANG, X.; CHEN, Y.; FU, R.; DU, X.; CHEN, X.; ZHAN, A. Zooplankton biodiversity monitoring in polluted freshwater ecosystems: a technical review. **Environmental Science and Ecotechnology**, v. 1, 100008, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2019.100008>.

ZARDO, D. C. **Ocorrência de macroinvertebrados bentônicos em ecossistema aquático localizado em área agrícola no município de Campo Verde-MT**. 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em: <https://ri.ufmt.br/handle/1/1210>. Acesso em: 10 maio 2022.

ZHANG, J.; WANG, C.; JIANG, X.; SONG, Z.; XIE, Z. Effects of human-induced eutrophication on macroinvertebrate spatiotemporal dynamics in Lake Dianchi, a large shallow plateau lake in China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 12, p. 13066-13080, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07773-w>.