

Composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em área de mineração de carvão em processo de recuperação ambiental

Benthic macroinvertebrates assemblage composition in a coalmining area undergoing environmental reclamation

Composición de ensambles de macroinvertebrados bentónicos en un área minera de carbón en proceso de recuperación ambiental

Recebido: 03/04/2022 | Revisado: 22/04/2022 | Aceito: 03/07/2022 | Publicado: 12/07/2022

Ariadne Watywarawan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4999-4213>
Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
E-mail: ariadnewatywarawan@gmail.com

Mainara Figueiredo Cascaes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1477-1813>
Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
E-mail: mcascaes@unesc.net

Natália da Silva Brunelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9298-8727>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: nataliasbrunelli@gmail.com

Jairo José Zocche

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2291-3065>
Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
E-mail: jjz@unesc.net

Resumo

Lagoas formadas em cavas de mineração de carvão são habitats próprios para organismos bentônicos, os quais, podem ser utilizados para indicar a qualidade de tais corpos d'água. Este estudo teve por objetivo analisar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lagoa artificial em área minerada em processo de recuperação ambiental. Foram realizadas duas campanhas de amostragem, nas quais, foram dispostos 10 pontos amostrais em duas distâncias da margem, com revolvimento do substrato durante três minutos e coletas com puçá, totalizando uma hora de esforço amostral. Os dados foram analisados com base nos atributos de riqueza (Bootstrap e Chao1), abundância, diversidade (Shannon-Weaver) e qualidade ambiental da lagoa (BMWP'). Foram coletados 786 indivíduos pertencentes a 24 famílias. A riqueza estimada para a área ficou entre 24 e 25 famílias e a amostragem abrangeu entre 92% e 98%. Chironomidae (n = 363), Libellulidae (n = 99) e Culicidae (n = 85) foram as mais abundantes. Foi observada diferença estatística nos valores de diversidade e abundância total entre as coletas (t = 3,027; p = 0,005 e t = 1,318; p = 0,01, respectivamente), com valores mais elevados na primavera. A qualidade da lagoa foi classificada como duvidosa de acordo com o índice BMWP' em ambas as coletas, demonstrando que a mesma está comprometida e, embora a área esteja em processo de recuperação, as famílias mais abundantes são típicas de habitats poluídos. O estudo indica a importância do biomonitoramento no acompanhamento das condições ambientais e na adoção de medidas de recuperação de ambientes degradados.

Palavras-chave: Índice BMWP'; Biomonitoramento; Lagoas artificiais.

Abstract

Lakes formed in open pit mines are suitable habitats for benthic organisms, which are be used to indicate the quality of such water bodies. This study aimed to analyze the benthic community of macroinvertebrates in an artificial lake of a mined area in the process of environmental recovery. Two samplings were accomplished, in which 10 points were arranged at two different distances from the shore, the substrate was revolved for three minutes and collection using a dip net, totalizing one hour of sampling effort. The analysis was based on the attributes of richness (using Bootstrap and Chao1), abundance, diversity (Shannon-Weaver) and environmental quality of the lake (BMPM). A total of 786 individuals belonging to 24 families were sampled. The estimated richness for the area was 24 and 25 families and the samples covered between 92% and 98% of these. Chironomidae (n = 363), Libellulidae (n = 99) and Culicidae (n = 85) were the most abundant. Statistical differences was observed in the diversity and total abundance values between the samples (t = 3.027; p<0.005 and t=1.318; p<0.01, respectively), with higher values in spring. The quality of the lake was categorized as doubtful according to the BMWP' index for both samplings, demonstrating that the lake is compromised, although the area is in the process of recovery, most abundant families are atypical of polluted areas.

The study indicates the importance of biomonitoring in supervising environmental conditions and in creating recovery measures in degraded environments.

Keywords: Macroinvertebrates; BMWP; Biomonitoring.

Resumen

Las lagunas formadas en pozos de minería de carbón son hábitats adecuados para organismos bénticos, que pueden usarse para indicar la calidad de dichos cuerpos de agua. Este estudio tuvo como objetivo analizar la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en una laguna artificial en una área minada en proceso de recuperación ambiental. Se realizaron dos campañas de muestreo, en las que se dispusieron 10 puntos de muestreo a dos distancias de la orilla, con volteo del sustrato durante tres minutos y colectas con malla, totalizando una hora de esfuerzo de muestreo. Los datos fueron analizados en base a los atributos de riqueza, abundancia, diversidad y calidad ambiental de la laguna. Se recogieron un total de 786 individuos pertenecientes a 24 familias. La riqueza estimada para el área estuvo entre 24 y 25 familias y el muestreo abarcó entre 92% y 98%. Chironomidae ($n = 363$), Libellulidae ($n = 99$) y Culicidae ($n = 85$) fueron los más abundantes. Se observó diferencia estadística en los valores de diversidad y abundancia total entre las colectas ($t = 3.027$; $p = 0.005$ y $t = 1.318$; $p = 0.01$, respectivamente), con valores mayores en primavera. La calidad de la laguna fue clasificada como dudosa en ambas colectas, demostrando que está comprometida y, aunque el área está en proceso de recuperación, las familias más abundantes son típicas de hábitats contaminados. El estudio indica la importancia del biomonitoreo en el seguimiento de las condiciones ambientales y en la adopción de medidas de recuperación en entornos degradados.

Palabras clave: Macroinvertebrados; BMWP; Biomonitorización.

1. Introdução

As reservas de carvão mineral no sul de Santa Catarina se encontram entre os municípios de Araranguá e Lauro Müller e abrangem as bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga (Milioli *et al.*, 2009). A mineração a céu aberto, efetuada com grandes escavadeiras mecânicas, como a *Dragline Marion*, provocou alterações físicas, químicas e biológicas na Bacia Carbonífera Catarinense (Alexandre, 1999). Essa degradação afetou os recursos hídricos, solo e biota dos ecossistemas atingidos. Nas grandes cavas de mineração inativadas, formaram-se lagoas artificiais por escoamento superficial ou recarga do lençol freático, as quais são habitats para diferentes organismos, entre eles, os macroinvertebrados bentônicos (Pompêo *et al.*, 2004).

Os macroinvertebrados bentônicos são excelentes bioindicadores e seu uso no monitoramento contribui para o diagnóstico da qualidade ecológica de corpos d'água (Lopes *et al.*, 2009). O índice BMWP' (*Biological Monitoring Working Party*) permite a classificação da qualidade de um corpo hídrico de acordo com as famílias de invertebrados que nele habitam. Desse modo, o nível de tolerância ou sensibilidade à poluição ambiental desses indivíduos resulta em uma categoria de qualidade do ambiente aquático estudado (Alba-Tercedor, 1996). Sendo assim, a composição da comunidade de invertebrados bentônicos pode ser utilizada como ferramenta no diagnóstico e monitoramento dos ecossistemas, auxiliando nas medidas de recuperação de ambientes alterados (Lopes *et al.*, 2009).

De acordo com consulta realizada em janeiro de 2022, no Portal de Periódicos da Capes, o Brasil conta com 501 publicações referentes ao tema biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos, no intervalo de tempo dos anos finais da década de 1980 até 2022. Dentre esses estudos, mais de 85 citam o índice BMWP' como ferramenta utilizada na investigação da qualidade de corpos hídricos. Nessa temática, o país conta ainda com 97 publicações voltadas diretamente a áreas que sofreram impacto com mineração, dentre essas, cabe salientar as contribuições de Rodrigues e Campos (2009) e Brunelli (2018) que ocorreram na região carbonífera do sul catarinense. Segundo a base de dados Scopus (Elsevier), o Brasil é o segundo país do mundo que mais publicou sobre biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos.

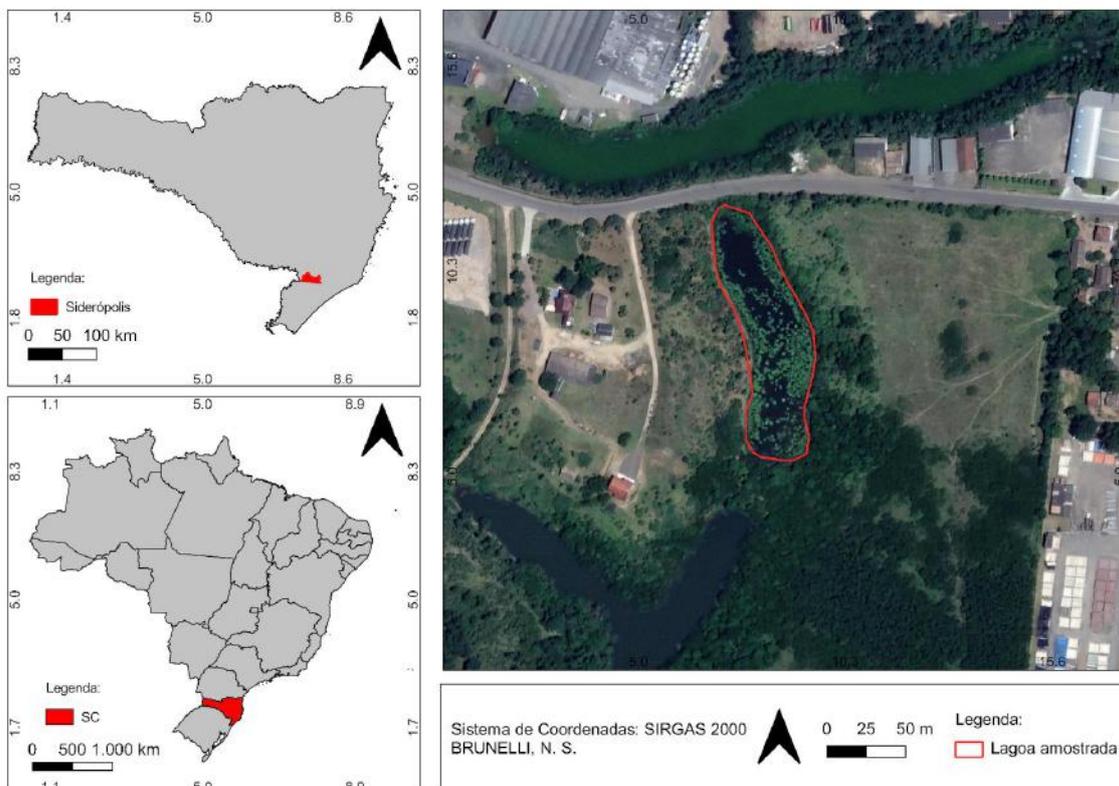
Apesar do número expressivo de publicações nessa linha de pesquisa, estudos semelhantes no Brasil geralmente são realizados em corpos d'água lóticos, sendo escassos os estudos de levantamento da comunidade bentônica em lagoas, principalmente quando essas são de origem antrópica (Souza, 2019). Sendo assim, o objetivo do presente estudo é avaliar a

qualidade ambiental de uma lagoa artificial em área de mineração de carvão a céu aberto em processo de recuperação ambiental, em Siderópolis, Santa Catarina.

2. Metodologia

O estudo foi realizado no município de Siderópolis, que está localizado no sul do estado de Santa Catarina é drenado por afluentes pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (Milioli *et al.*, 2009) e encontra-se inserido no bioma Mata Atlântica sob domínio climático *cfa* (Alvares, *et al.*, 2013). As amostragens ocorreram em uma lagoa artificial formada em antiga cava de mineração que se encontra nas coordenadas UTM 653519,983 O e 6836023,398 S (Figura 1), a qual está inserida em uma área que está em processo de recuperação ambiental, sob a responsabilidade da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais [CPRM] (2019)

Figura 1: Localização da área de estudo, município de Siderópolis, sul de Santa Catarina, Brasil. O contorno em vermelho indica a área da lagoa artificial, objeto deste estudo.



Fonte: Brunelli (2022).

A área do entorno e da própria lagoa foi minerada a céu aberto e submetida em 2014 ao processo de recuperação ambiental que recebeu a retirada de rejeitos piritosos, foi remodelada, recoberta com camada de argila, insumos orgânicos e plantio de gramíneas de crescimento rápido (*Urochloa* spp.) e espécies frutíferas da Mata Atlântica. Contudo, o local ainda mantém alguns espécimes vegetais exóticos invasores, principalmente do gênero *Pinus*, evidenciando o estágio inicial da recuperação (Figura 2).

Figura 2: Vista parcial da lagoa artificial formada em cava de mineração no município de Siderópolis, SC.



Fonte: Autores.

As duas campanhas de amostragem ocorreram em dezembro de 2018 e maio de 2019, sendo a primeira considerada de estação quente (primavera/verão) e a segunda de estação fria (outono/inverno). Na lagoa, foram delimitados dez pontos de coleta, distribuídos em duas distâncias da margem (a 1m e a 3m) e espaçados entre si em 20 m. Desse modo, foram amostrados cinco pontos a um metro de distância da margem e cinco pontos a três metros. Na coleta de material biológico, foi utilizada rede puçá retangular 60 x 40 cm (malha de 500 μ m), sendo o substrato revolvido durante três minutos em cada ponto, totalizando esforço amostral de 60 min. O material coletado foi fixado em álcool e triado em laboratório, a fauna foi identificada a nível de Família, com uso das chaves de Costa *et al.* (2006) e Mugnai *et al.* (2010).

A análise da comunidade foi baseada nos atributos de abundância, riqueza observada e estimada e diversidade. Foi construída a curva de rarefação de famílias, com cada indivíduo considerado uma amostra, sendo calculada a riqueza estimada pelos estimadores Chao 1 e Bootstrap, no *software* Estimates. Para avaliar se a diversidade calculada pelo índice de Shannon-Wiener difere entre as campanhas, foi utilizado teste t para diversidade de famílias, no *software* Past. Para investigar se a abundância de famílias difere entre as campanhas e entre os microhabitats caracterizados pela distância da margem, foi aplicado teste t para amostras independentes, no *software* SPSS.

A qualidade do corpo d'água foi avaliada com base no índice BMWP' (*Biological Monitoring Working Party*). O índice pontua cada família de macroinvertebrados bentônicos em uma escala de um a 10, partindo dos organismos mais tolerantes à poluição aos mais sensíveis, respectivamente. Posteriormente, soma-se os pontos atribuídos à cada Família amostrada no ambiente e a pontuação final caracteriza a qualidade ambiental do corpo d'água (conforme representado na Figura 3).

Figura 3: Categorias de qualidade da água de acordo a pontuação total do índice BMWP' de cada família coletada.

Somatório da pontuação das famílias	Categoria de qualidade da água
<15 pontos	Fortemente poluída
16-35 pontos	Muito Poluída
36-60 pontos	Poluída
61-100 pontos	Duvidosa
101-120 pontos	Aceitável
121-149 pontos	Boa
>150 pontos	Ótima

Fonte: Autores.

3. Resultados

Foram coletados 786 macroinvertebrados bentônicos, representantes de 23 famílias. Desses, 772 indivíduos são pertencentes a 21 famílias representantes do Filo Arthropoda e Classe Insecta. Os demais 14 indivíduos pertencem a duas famílias do Filo Mollusca, Classe Gastropoda. A Ordem Díptera apresentou a maior abundância ($n = 475$), seguida de Odonata ($n = 169$) e Hemiptera ($n = 43$). As famílias com maior representatividade na abundância total foram Chironomidae ($n = 363$), Libellulidae ($n = 99$) e Culicidae ($n = 85$), que juntos somaram 70% da amostra. A coleta realizada na primavera evidenciou maior abundância, abrangendo 495 indivíduos, enquanto a de outono registrou 291 macroinvertebrados. Contudo, ambas as amostragens apresentaram riqueza de 19 famílias bentônicas (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de *taxa* e abundância das famílias de macroinvertebrados bentônicos presentes em cada campanha na lagoa artificial amostrada em área em processo de recuperação ambiental em Siderópolis, Sul de Santa Catarina.

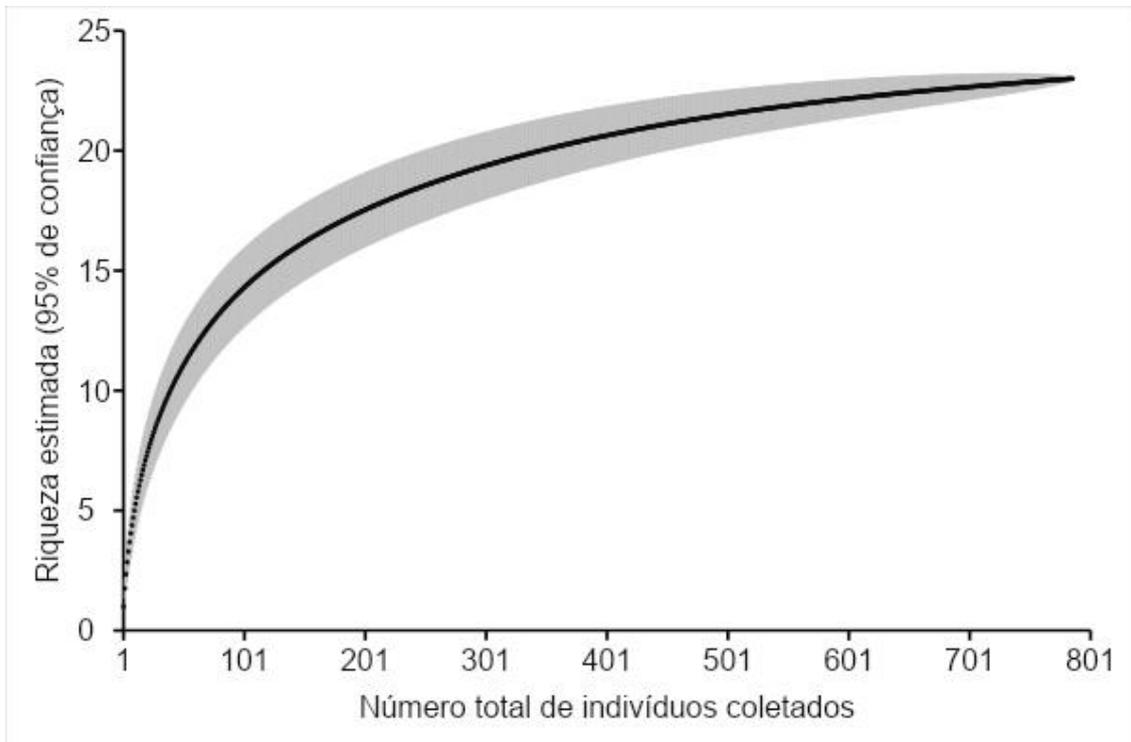
<i>Taxa</i>	Abundância Primavera	Abundância Outono	Abundância Geral
ARTHOPODA			
Insecta			
Coleoptera			
Hydrophilidae	19	4	23
Scirtidae	-	12	12
Diptera			
Ceratopogonidae	22	2	24
Chaboridae	1	-	1
Chironomidae	205	158	363
Culicidae	59	26	85
Tipulidae	1	1	2
Ephemeroptera			
Caenidae	17	11	28
Baetidae	17	1	18
Hemiptera			
Belostomatidae	11	2	13
Gerridae	1	5	6
Hidrometridae	1	2	3
Mesoveliidae	-	3	3
Naucoridae	10	-	10
Nepidae	1	-	1
Notonectidae	4	-	4
Saldidae	-	3	3
Lepidoptera			
Pyralidae	-	1	1
Odonata			
Libellulidae	60	39	99
Protoneuridae	53	17	70
Trichoptera			
Hydroptilidae	1	2	3
MOLLUSCA			
Gastropoda			
Basommatophora			
Lymnaeidae	2	1	3
Planorbidae	10	1	11
Total Geral	495	291	786

Fonte: Autores.

A curva de acumulação de famílias demonstrou tendência à assíntota, ou estabilização, demonstrando que a amostragem abrangeu a maior parte da riqueza estimada para a área (Figura 2). A análise de complementaridade indicou riqueza estimada de 24 famílias pelo estimador CHAO 1 e 25 famílias pelo Bootstrap. Nesse contexto, a amostragem alcançou entre 92% e 98% da riqueza esperada para a área. Contudo, percebe-se a ausência de alguns grupos frequentemente

encontrados em estudos semelhantes, entre esses a Classe Oligoqueta (Goulart & Callisto, 2003; Barrilli *et al.*, 2012), para a qual não foi registrado nenhum representante no presente levantamento.

Figura 4: Curva de rarefação individual de famílias para análise da suficiência amostral do levantamento de macroinvertebrados bentônicos em lagoa artificial do município de Siderópolis, Santa Catarina.



Fonte: Autores.

A diversidade foi maior na primavera ($H' = 1,987$) se comparada com o outono ($H' = 1,695$). O teste t para diversidade de famílias demonstrou diferença nos valores de diversidade entre as coletas ($t = 3,027$; $p = 0,005$), assim como o teste t para amostras independentes demonstrou diferença na abundância entre as coletas ($t = 1,318$; $p = 0,01$), contudo não há indícios de diferença na abundância entre as distâncias da margem ($t = 0,099$; $p > 0,05$).

O índice BMWP' indicou pontuação de 62 para a coleta realizada na primavera e de 63 para de outono, evidenciando que nos dois períodos amostrais a qualidade da lagoa é tida como “duvidosa”. Desse modo, são considerados evidentes os efeitos de poluição moderada mesmo que a lagoa seja habitada por diversos grupos de invertebrados bentônicos.

Percebe-se que a lagoa é habitada por diferentes famílias, muitas das quais apresentam alta pontuação no índice BMWP', como Pyralidae, Hydroptilidae e até mesmo Libellulidae, fato que pode representar impacto positivo da recuperação ambiental na comunidade bentônica. Contudo é importante ressaltar a alta representatividade (mais de 70% da amostra) de famílias de dípteros tais como Chironomidae e Culicidae, que recebem baixa pontuação no índice e são fortemente tolerantes à poluição.

4. Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo são semelhantes aos de outros trabalhos realizados no Brasil, merecendo destaque para a representatividade do Filo Arthropoda e da Classe Insecta na composição da macrofauna bentônica de rios e lagoas (Costa *et al.*, 2006; Chagas *et al.*, 2017, Brunelli, 2018). Essa representatividade está relacionada ao fato de o grupo

apresentar grande riqueza, abundância, ampla distribuição geográfica e plasticidade ambiental, assim como a dependência do meio aquático em parte de seu desenvolvimento holometábolo (Triplehorn & Johnson, 2011).

A curva de acumulação de espécies demonstrou tendência à assíntota e com a análise de complementaridade dada pelos estimadores percebe-se que poucas famílias restaram a ser amostradas para que a curva alcançasse um patamar de estabilidade. Sendo assim, um maior número de amostragens ou maior esforço amostral dedicado à coleta de dados resultaria na amostragem de uma parcela maior da comunidade estimada para a lagoa (Begon *et al.*, 2007). Esse fator justifica a ausência de alguns grupos de macroinvertebrados bentônicos, considerados importantes para a análise, pois são característicos de ambientes mais poluídos, como por exemplo espécies da Subclasse Oligochaeta (Goulart & Callisto, 2003; Dornfeld *et al.*, 2006).

A diferença percebida nos valores de abundância e diversidade da comunidade de macroinvertebrados entre as estações amostradas deve-se principalmente à distribuição da chuva ao longo do ano, com índices de precipitação maiores no período entre março e setembro, que correspondem às estações frias no domínio climático a qual a área pertence (Alvarez *et al.*, 2013). Isso ocorre, pois, altas quantidades de chuva podem ocasionar na instabilidade física do habitat e influenciar negativamente na comunidade bentônica (Ribeiro & Uieda, 2005).

Com relação a composição de macroinvertebrados mais abundantes, destaca-se a Família Chironomidae, pertencente à Ordem Diptera, com presença de 363 indivíduos na amostra. A Família é característica por possuir organismos tolerantes à poluição, capazes de viver em condição de depleção total de oxigênio. Além disso, esses organismos apresentam hábitos detritívoros e fossoriais, tornando-os pouco exigentes quanto à diversidade de habitats (Goulart & Callisto, 2003). Segundo Bubinas e Jaminiené (2001), as larvas de Chironomidae constituem um dos grupos de invertebrados bentônicos mais tolerantes à poluição, estando diretamente relacionados a presença de agentes poluidores ou a possíveis poluentes. Além disso, grandes densidades de Chironomidae indicam ambientes com elevados teores de matéria orgânica (Matsumura-Tundisi, 1999). Devido à sua tolerância à poluição, essa Família detém baixa pontuação no índice BMWP' (Alba-Tercedor, 1996; Barrilli *et al.*, 2012). Sendo assim, a presença desses organismos na área de estudo evidencia fortemente a má qualidade da água da lagoa. O estado duvidoso da água não é relacionado a ambientes completamente poluídos, entretanto não representam águas limpas (Alba-Tercedor, 1996).

O segundo grupo que aparece com maior frequência nos dados analisados foi a Família Libellulidae, pertencente à Ordem Odonata. Os insetos dessa Ordem possuem a fase larval duradoura podendo permanecer dois anos nos ambientes aquáticos (Coubert, 1999), fato que contribui para a utilização do grupo como bioindicador. Ademais, de acordo com o último autor, estão presentes nos mais diversos corpos d'água, desde rios, riachos, lagos e até poças temporárias ou brejos. Algumas espécies são consideradas indicadoras de alterações na qualidade do ambiente, aumentando sua abundância quando a vegetação é alterada, enquanto outras tendem a ocorrer apenas em áreas bem conservadas (Ferreira-Peruquetti & De Marco Jr, 2002; De Marco & Peixoto, 2004). Algumas espécies são muito sensíveis às mudanças ambientais, característica fundamental para serem utilizadas como bioindicadores da qualidade d'água (Rosenberg & Resh, 1993; Carvalho & Nessiman, 1998;). Contudo, a Família Libellulidae contém organismos que indicam a degradação de um sistema natural e a consequente diminuição de sua integridade biológica, ou seja, assim como os membros da Família Chironomidae, são característicos de ambientes poluídos, nos quais sua abundância reflete a má qualidade ambiental (Angermeier & Karr, 1994). Além disso, representantes da ordem Odonata, como certas espécies da Família Libellulidae, quando na fase larval são predadores eficazes de larvas de dípteros (Brusca *et al.*, 2018). Desta forma, a relação entre a abundância de Chironomidae e Culicidae representa recurso alimentar disponível e abundante e pode estar diretamente associada ao alto número de indivíduos de Libellulidae encontrados na área de estudo (Silva-Filho *et al.* 2021).

Os gastrópodes pertencentes a Família Planorbidae são caracóis pulmonados encontrados em ambientes de água doce (Strong et al., 2008), frequentemente registrados em locais com condições de hipóxia, juntamente com Chiromonidae e Oligocheta (Colpo et al., 2009). Além disso, os planorbídeos do gênero *Biomphalaria* Preston, 1910 são hospedeiros do *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, agente etiológico da esquistossomose (Ohlweiler et al., 2021). Teles e colaboradores (1991) estudaram a distribuição do gênero *Biomphalaria* nos municípios de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e obtiveram resultados que indicam que as espécies amostradas respondem positivamente à infestação de *S. mansoni*, destacando o interesse médico nesses gastrópodes. A presença de tais organismos na lagoa estudada requer atenção, pois pode caracterizar-se como um potencial risco de contaminação da população do entorno que possui contato direto com a lagoa.

Ao analisar a abundância das demais famílias presentes, percebe-se a pequena representatividade da fauna EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera). Essa ausência pode estar correlacionada com a qualidade do ambiente, visto que os organismos da fauna EPT são altamente sensíveis e intolerantes à poluição e ambientes com distúrbios antrópicos (Hepp & Restello, 2007), sendo seus *taxa* encontrados principalmente em ambientes com alta heterogeneidade ambiental (Crisci-Bispo et al., 2007). Na área analisada no estudo, a lagoa não conta com a presença de microhabitats diversificados, corroborando a falta de EPT e o grande número de artrópodes pertencentes às famílias Chiromonidae e Libellulidae presentes.

Embora a área amostrada esteja em processo de recuperação ambiental, a baixa abundância de EPT, somada a alta abundância de dípteros e outros indivíduos resistentes demonstram as consequências de alguns dos problemas ambientais da região associados à mineração de carvão como a acidificação dos corpos hídricos. A atividade na região se fortaleceu no final do século XIX, entretanto, somente na década de 1980 foram realizadas as primeiras providências oficiais com o intuito de diminuir os impactos dessa atividade (Fernandes, 1999). Até a década de 1990, por exemplo, muitos rejeitos do beneficiamento eram depositados a céu aberto com seus efluentes sendo lançados na rede hídrica da região (Fernandes, 1999). Desta forma, é evidente a necessidade e importância de recuperação e monitoramento ambiental nesses ecossistemas severamente degradados.

5. Considerações Finais

A pesquisa demonstra a eficácia do estudo de comunidades bentônicas no biomonitoramento e permite avaliar a qualidade ambiental da lagoa artificial e conhecer a riqueza, abundância e diversidade desses grupos. De acordo com os dados levantados com o índice BMWP', associados à composição e abundância da fauna bentônica, é evidente que o corpo d'água encontra-se alterado devido ao impacto ambiental sofrido no local. Contudo, o estado da lagoa não é classificado como altamente poluído, demonstrando efeitos benéficos da recuperação ambiental desenvolvida no local. O presente estudo evidencia, também, a possibilidade de amostragem de macroinvertebrados com rede do tipo puçá em ambiente limítrofe de lagoas que detém maior riqueza de fauna bentônica.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento da pesquisa - Programa de Bolsas de Valorização do Carvão Mineral 2017 - Termo de Outorga n. 2017TR1910. Além disso, agradecemos à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM),

Referências

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Anais do IV Simpósio Del Agua en Andalucía (SIAGA), 2, 203-213.
- Alexandre, N. Z. (1999). Análise Integrada da Qualidade das Águas da Bacia do Rio Araranguá. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Angermeier, P. I. & Karr, J. R. (1994). Biological integrity versus biological diversity as policy directives-Protecting biotic resources. *Bioscience*, 44(10), 690-697.
- Barrilli, G. H. C., Rocha, O., & Lucca, J. V. (2012). Avaliação da Qualidade da Água nos Córregos Fazzari e Monjolinho no Campus da UFSCAR. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 2(8), 307-320.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J. (2007). *Ecologia de indivíduos a Ecossistemas*. Artmed.
- Brunelli, N. S. (2018). Composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em ambiente de mata atlântica no Sul de Santa Catarina. Monografia de graduação, Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. (2018). *Invertebrados*. Guanabara Koogan.
- Bubinas, A. & Jagminienė, I. (2001). Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. *Acta Zoológica Lituanica*, 11(1), 90-99.
- Carvalho, A. L. & Nessimian, J. L. (1998). Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas In: J. L. Nessimian & A. L. Carvalho (ed.). *Ecologia de insetos aquáticos*. (pp. 3-28). Série Oecologia brasiliensis.
- Chagas, F. B., Rutkoski, C. F., Bieniek, G. B., Vargas, G. D. L. P., Hartmann, P. A. & Hartmann, M. T. (2017). Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil. *Revista Ambiente e Água*, 12(3), 416-425.
- Colpo, K. D., Brasil, M. T. & Camargo, B. V. (2009). Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas agrícolas e pelos de origem urbana/industrial. *Ciência Rural*, 39(7), 2087-2092.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. (2019). <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Acoes-Especiais/Bacia-Carbonifera-de-Santa-Catarina-5401.html>
- Costa, C., Ide, S. & Simonka, C. E. (2006). *Insetos Imaturos: Metamorfose e Identificação*. Holos.
- Costa, F. L. M., Oliveira, A. & Callisto, M. (2006). Inventário da diversidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da estação ambiental de Peti, MG, Brasil. *Neotropical Biology And Conservation*, 1(1), 17-23.
- Coubert, P. S. (1999). *Dragonflies – Behaviour and Ecology of Odonata*. Harley Book.
- Crisci-Bispo, V. L., Bispo, P. C. & Froehlich, C. G. (2007). Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(24), 312-318.
- De Marco, P. Jr. & Peixoto, P. E. C. (2004). Population dynamics of Heterina rósea and its relationship to abiotic conditions (Zygoptera: Calopterygidae). *Odonatologica*, 33, 17-25.
- Dornfeld, C. B., Alves, R. G., Leite, M. A. & Espíndola, E. L. G. (2006). Oligochaeta in eutrophic reservoir: the case of Salto Grande reservoir and their main affluent (Americana, São Paulo, Brazil). *Acta Limnológica Brasiliensis*, 18(2), 189-197.
- Fernandes, L. (1999). Mineração de carvão e a qualidade de água: o caso de Criciúma. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Ferreira-Peruquetti, P. S. & De Marco, P. Jr. (2002). Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata de riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(2), 317-327.
- Goulart, M. & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, 2(1), 153-164.
- Hepp, L. U. & Restello R. M. (2007). Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores da Qualidade das Águas do Alto Uruguai Gaúcho (cap. 5, pp. 75-86). In: Zakrzewski, S. B. *Conservação e Uso Sustentável da Água: Múltiplos Olhares*. Erechim: Edifapes.
- Lopes, R. P., Santo E. L. & Galatto S. L. (2009). Mineração de carvão em Santa Catarina: geologia, geoquímica e impactos ambientais (cap. 4, pp. 51-71). In: Milioli, G., Santos, R. dos & Citadini-Zanette, V. *Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar*. Curitiba: Juruá.
- Marques, M. G. S. M., Ferreira, R. L. & Barbosa, F. A. R. (1999). A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas carioca e da barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2), 203-210.
- Matsumura-Tundisi, T. (1999). Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil (pp. 41-54). In: Henry, R. *Ecologia de reservatórios*. FAPESP/FUNDIBIO.
- Milioli, G., Santos, R. dos & Citadini-Zanette, V. (2009). *Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar*. Juruá.
- Mugnai, R., Nessimian, J. L. & Baptista, D. F. (2010). *Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Technical Books Editora.
- Ohlweiler, F. P., Rossignolli, T. J., Palasio, R. G. S. & Tuan, R. (2021). Taxonomic diversity of Biomphalaria (Planorbidae) in São Paulo state, Brazil. *Biota Neotropica*, 20(2).

Pompêo, M. L. M., Moschini-Carlos, V., Zim-Alexandre N. & Santo, E. (2004). Qualidade da água em região alterada pela mineração de carvão na microbacia do rio Fiorita (Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2), 125-136.

Ribeiro, L. O., Uieda, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22 (3), 613-618.

Rodrigues, R. C. & Campos, L. A. (2009). Efluentes de mineração de carvão e a diversidade de famílias de insetos bentônicos. (cap. 6, pp. 93-106). In: Milioli, G. & Santos, R. dos & Citadini-Zanette, V. *Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar*. Curitiba: Juruá.

Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates: Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall.

Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F. & Bouchet, P. (2008). Global Diversity of Gastropods (Gastropoda, Mollusca) in Freshwater". *Hydrobiologia*, 595, 149-166.

Silva-Filho, E. S., Araújo-Piovezan, T. G., Dantas, J. O., Silvestre, M. de J., Alves, A. E. de O. & Ribeiro, G. T. (2021). Controle de Larvas de *Aedes aegypti* por Ninfas de libélula (Odonata) sob condições laboratoriais. *Ensaio e Ciência*, 250(2), 239-242.

Souza M. D. (2019). Composição da assembleia de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa artificial de área em processo de recuperação ambiental. Monografia de graduação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, Brasil.

Teles, H. M. S., Pereira, P. A. C. & Richinitti, L. M. Z. (1991). Distribuição de Biomphalaria (Gastropoda, Planorbidae) nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil. *Rev. Saúde Públ.*, 25(5), 350-352.

Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (2011). *Estudo dos Insetos*. Cengage Learning.