

Macroinvertebrados Bentônicos como Instrumentos Educativos para a Conservação de Ecossistemas Aquáticos em Unidades de Conservação

Maria Clara Itoh Nascimento^{1*} , Nathaly Gadonski¹ , Isaque Ferreira Mazzucatto Esteves¹ , Ana Lucia Suriani Affonso² 

1 Laboratório de Ecologia de Bentos, Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), Departamento de Biologia, Correspondência: Rua Alameda Élio Dalla Vecchia, N° 838, Vila Carli, Guarapuava, PR, 85040-167, Brasil.

2 Laboratório de Ecologia de Bentos, Departamento de Biologia, Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro).

*Autor para correspondência: mcitohbio@gmail.com

Recebido em 10 de agosto de 2023.

Aceito em 09 de janeiro de 2024.

Publicado em 24 de janeiro de 2024.

Resumo - A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros com a maior biodiversidade e um dos mais ameaçados pela fragmentação. Dentre suas formações vegetais, destaca-se a Floresta Ombrófila Mista (FOM), predominante na região sul do Brasil. Em resposta à intensa exploração e fragmentação, a implantação de Unidades de Conservação (UCs) tornou-se necessária para a proteção da biodiversidade existente nestes biomas. Dentre a elevada biodiversidade de um ecossistema aquático pertencente a uma UC, destacam-se os macroinvertebrados bentônicos, considerados bioindicadores ambientais. Nesse contexto, a presente pesquisa objetivou desenvolver instrumentos educativos e tecnológicos, que possibilitem a análise integrada de ecossistemas lóticos em Estações Ecológicas (ESECs) de dois municípios inseridos na FOM no estado do Paraná. A partir da identificação taxonômica dos indivíduos amostrados, foram elaborados instrumentos didáticos, tecnológicos, acessíveis e lúdicos, por meio dos softwares Prezi e Canva. Esses são capazes de aproximar a sociedade de informações biológicas e ambientais relacionadas aos ecossistemas aquáticos de UCs, destacando a importância dos macroinvertebrados bentônicos como uma fauna indicadora de qualidade de água. Espera-se que esses materiais possam ser utilizados em oficinas de planejamento participativo de planos de manejo de UCs e que também contribuam para a divulgação do conhecimento científico e valorização da Ciência pela sociedade.

Palavras-chave: Biologia da conservação. Divulgação científica. Invertebrados aquáticos.

Benthic Macroinvertebrates as Educational Instruments for Aquatic Ecosystem Conservation on Conservation Units

Abstract - The Atlantic Forest, a highly biodiverse Brazilian biome, faces significant exploitation due to economic interests. The Mixed Ombrophylous Forest (FOM), dominated by *Araucaria angustifolia* in southern Brazil, is particularly affected. Conservation Units (UCs) are crucial for protecting biodiversity in response to exploitation and fragmentation. Benthic macroinvertebrates in aquatic ecosystems within UCs serve as environmental bioindicators. To address the need for effective management, this research focuses on developing educational and technological tools for integrated lotic ecosystem analysis in Ecological Stations (ESECs) in Paraná, Brazil. Using taxonomic identification of benthic macroinvertebrates, didactic, technological, accessible, and playful tools were created with Prezi and Canva software. These materials aim to bridge the gap between society and biological/environmental information, emphasizing the significance of benthic macroinvertebrates as indicators of water quality. The goal is to use these resources in participatory workshops for UC management plans, fostering the dissemination of scientific knowledge and promoting public appreciation for science.

Keywords: Aquatic invertebrates. Conservation biology. Scientific divulgation.

Macroinvertebrados bentônicos como instrumentos educativos para la conservación de ecosistemas acuáticos en áreas protegidas

Resumen - La Mata Atlántica, uno de los biomas más biodiversos y amenazados de Brasil, destaca por el Bosque Ombrófilo Mixto (FOM) en el sur del país. La fragmentación del **hábitat ha aumentado** la necesidad de Unidades de Conservación (UCs) para proteger la biodiversidad. Esta investigación se centró en el desarrollo de herramientas educativas y tecnológicas para analizar ecosistemas **lóticos** en Estaciones Ecológicas (ESECs) en Paraná. Se utilizaron programas como Prezi y Canva para crear herramientas didácticas accesibles y lúdicas a partir de la identificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos, bioindicadores ambientales en ecosistemas acuáticos. Estas herramientas buscan acercar a la sociedad a la información biológica y ambiental, resaltando la importancia de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua. Se espera que estos materiales contribuyan a talleres de planificación participativa en UCs y promuevan la divulgación del conocimiento científico, fomentando la valorización de la ciencia por parte de la sociedad.

Palabras clave: Biología de la conservación. Divulgación científica. Invertebrados acuáticos.

Introdução

A Mata Atlântica possui elevada biodiversidade e é considerada o terceiro maior bioma brasileiro. Os biomas fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos (benefícios obtidos dos ecossistemas), que são

essenciais para a manutenção e qualidade de vida das pessoas, como ajustes dos fluxos hídricos de mananciais, a regulação climática e a fertilidade do solo (Cardoso 2016). Porém, nas últimas décadas diversas alterações têm ocorrido na Mata Atlântica, como a perda de biodiversidade, a retirada ilegal de fauna e flora e a inserção de espécies exóticas (WWF 2023).

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) ou Mata com Araucárias, predominante na região sul do Brasil, caracteriza-se pela presença e abundância de *Araucaria angustifolia* (Kersten *et al.* 2015). Originalmente possuía uma área de 73.000 km², cobrindo 50% da superfície do Estado do Paraná (ICMBIO 2019). Entretanto, desde o período de colonização do Brasil, essa fitofisionomia foi intensamente explorada, o que resultou em menos de 3% de remanescentes de FOM (MMA 2015).

Em 2000, foi deliberada a Lei Federal Nº 9.985/2000, que estabeleceu a criação de Unidades de Conservação (UC), visando a conservação da biodiversidade e de fragmentos florestais ameaçados (Brasil 2000). As UCs protegem a fauna, a flora e os recursos hídricos, fornecendo serviços relacionados ao ecossistema e valores culturais (Figgis 2015). O zoneamento e as normas de uso dos recursos naturais de uma UC são regulamentados pelo Plano de Manejo (PM), um documento que concilia os tipos de uso do espaço com a conservação da biodiversidade (ICMBIO 2019). A legitimidade de um PM está diretamente relacionada à participação social, devendo ocorrer durante todo o seu processo de elaboração e implementação (Trani 2021). Salienta-se que o enfoque participativo da sociedade permite o protagonismo de lideranças sociais, com atenção aos interesses locais de desenvolvimento sustentável, além da conscientização ambiental (Mazzitelli *et al.* 2022).

As bacias hidrográficas também são áreas que podem ser protegidas pelas UCs, principalmente por suportarem uma rica e pouco conhecida biota (Tomanova *et al.* 2006). Ainda, elas são consideradas unidades de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, por suas associações aos aspectos biofísico e social. Dessa forma, o estudo e monitoramento das bacias hidrográficas contribuem para os usos múltiplos da água e o reconhecimento da biota local (Silva *et al.* 2020).

A avaliação ambiental e o biomonitoramento são as principais ferramentas utilizadas para a gestão dos recursos hídricos, por possibilitarem o entendimento das variações de um ecossistema natural (Telles *et al.* 2013). Nesse sentido, a utilização das comunidades bentônicas para um monitoramento biológico destaca-se devido à sensibilidade à poluição ou degradação, determinada por características morfofisiológicas (Remor 2013). Os macroinvertebrados bentônicos são organismos visíveis a olho nu, que vivem associados ao substrato dos ambientes aquáticos. Os principais organismos que compõem essa comunidade são os insetos, anelídeos, moluscos e crustáceos (Hamada *et al.* 2014; Triplehorn e Johnson 2015; Pérez 2016).

Esses organismos são considerados bioindicadores da qualidade de água por apresentarem características como ubiquidade e sensibilidade às alterações ambientais (Selvanayagam e Abril 2016; Vieira 2018).

A avaliação da qualidade de água utilizando-se os macroinvertebrados bentônicos pode ser realizada a partir da compreensão de como esses organismos se comportam quando estão em contato com as alterações ambientais (Santos 2017). Eles podem apresentar alterações na fisiologia, na morfologia, na abundância ou no comportamento dos táxons, o que indica quais variáveis químicas e físicas estão fora dos limites toleráveis, ou ainda no caso dos distúrbios maiores, modificações na composição das comunidades (Tavares *et al.* 2021).

A abundância desses organismos pode ser definida por condições ambientais específicas, como por exemplo, em graus diferentes de poluição esses invertebrados podem se tornar dominantes (os

mais resistentes à poluição) e os mais sensíveis às variações, se tornam ausentes ou raros (Pinto 2018). De maneira geral, são relativamente comuns e de ocorrência generalizada nos sistemas aquáticos (Cunha e Calijuri 2013). Entretanto, ainda existe um distanciamento entre as informações biológicas dos macroinvertebrados bentônicos (bioindicadores de qualidade de água e de avaliações ambientais) e a população em geral (Ferreira et al. 2020; Martins, Oliveira e Salcedo 2014).

De acordo com a Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária (Codet 2005), para solucionar problemas de saneamento ambiental e de qualidade da água no Brasil, necessitamos repensar a gestão destes setores e adotar medidas de Educação Ambiental (EA), além de promover a capacitação de pessoas e disseminar as tecnologias. Assim, o conhecimento científico se transforma em comunicação, constituindo-se numa forma de difusão científica (Batista e Barbosa 2023), que pode ocorrer em diferentes espaços como as escolas, centros de EA, instituições de cuidados à saúde, entre outros (Bizzo 2002).

Desta forma, esta pesquisa objetivou confeccionar instrumentos educativos e tecnológicos sobre os macroinvertebrados bentônicos viventes em ecossistemas lóticos de fragmentos de FOM, visando auxiliar na análise integrada destes locais, bem como contribuir para uma aproximação entre os conhecimentos científicos produzidos e a população.

Material e métodos

Para a realização desta pesquisa, a coleta dos macroinvertebrados bentônicos ocorreu em quatro Estações Ecológicas (ESECs): Capivara I, Capivara II, Rio Bonito e Felipe Paulo Rickli, localizadas na região Centro-Sul do estado do Paraná (Figura 1) e constituídas por remanescentes de FOM.

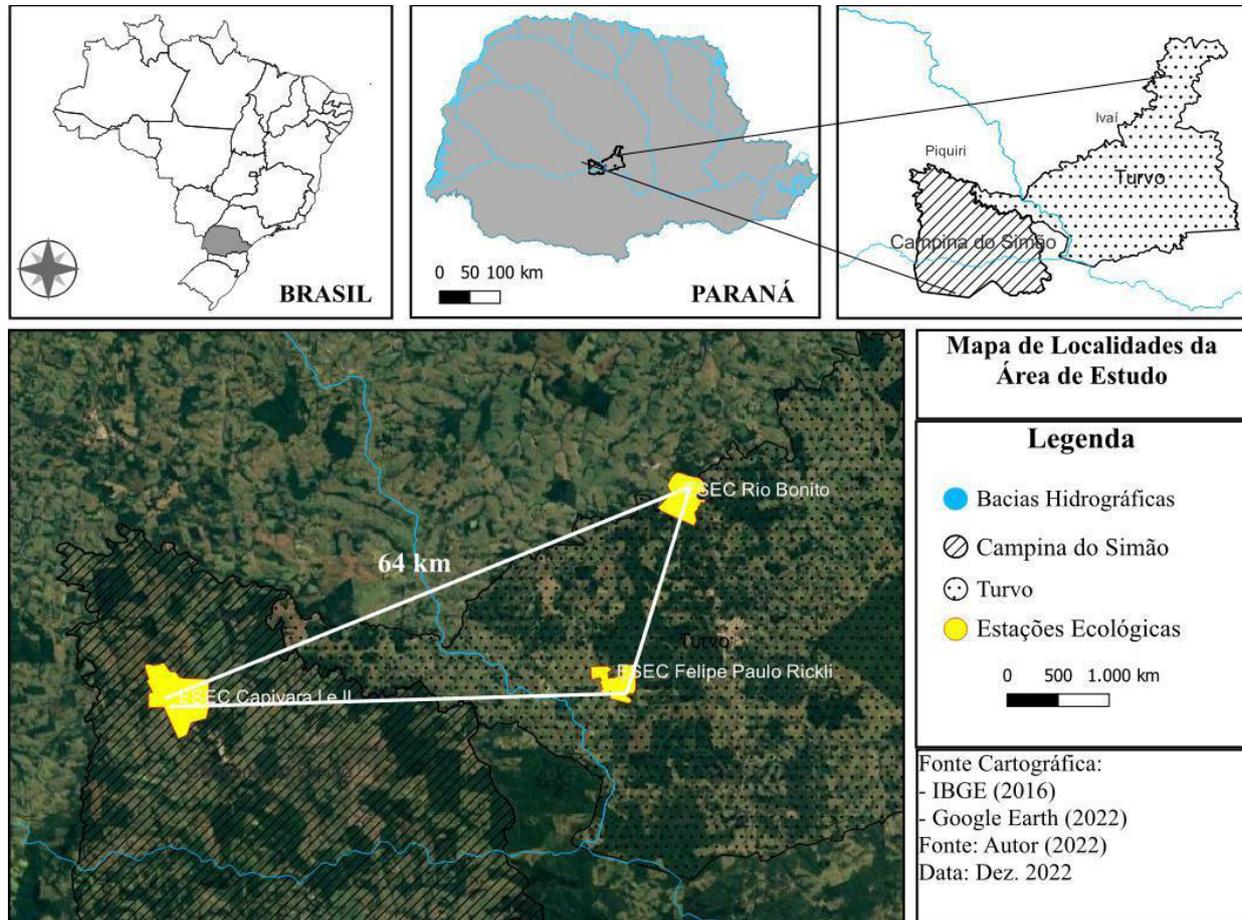
As ESECs Capivara I e II são contíguas e pertencem ao município de Campina do Simão e a bacia hidrográfica do Piquiri. As outras duas estações, Rio Bonito e Felipe Paulo Rickli estão localizadas no município de Turvo e pertencem à bacia hidrográfica do Ivaí.

Os municípios de Campina do Simão e Turvo recebem recursos financeiros advindos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico por Biodiversidade, por abrigarem e preservarem em seus territórios UCs e mananciais (IAT 2021), como as ESECs aqui pesquisadas.

Nas ESECs Capivara I e II foram amostrados trechos do Rio Capivara, um de seus afluentes e uma nascente. Na ESEC de Rio Bonito coletou-se macroinvertebrados bentônicos em porções do rio Tamanduá, rio Pedrinho e uma das nascentes do rio Tamanduá, enquanto que na ESEC Felipe Paulo Rickli, foram utilizados os dados referentes a trechos de dois riachos. Estas amostragens, bem como a identificação taxonômica até o menor nível taxonômico possível, ocorreram durante o período de 2018 a 2020 e foram realizadas por pesquisadores do laboratório de Ecologia de Bentos da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro).

A coleta dos macroinvertebrados bentônicos ocorreu por meio do Surber (área de 900 cm²) e da draga de Petersen modificada (área de 0,02 m²). Posteriormente, as amostras foram lavadas em peneira (0,21 mm) e o material retido foi acondicionado em sacos plásticos e preservado em formol 8% no próprio local. A identificação foi realizada utilizando-se microscópio estereoscópico e óptico, com o auxílio de chaves de identificação de Merritt e Cummins (1996), Mugnai, Nessimian e Baptista (2010) e Trivinho-Strixino (2011).

Figura 1. Mapa regional das ESECs Municipais Capivara I e II (Campina do Simão, PR), Rio Bonito e Felipe Paulo Rickli (Turvo, PR).



Os resultados advindos das pesquisas do laboratório de Ecologia de Bentos da Unicentro foram organizados em tabelas de composição taxonômica das comunidades bentônicas amostradas. A partir destes dados, foram confeccionados: uma apresentação lúdica dos principais zoobentos registrados nos ecossistemas aquáticos, infográficos sobre potencialidades e fragilidades observados nas ESECs e uma história em quadrinhos digital, com organismos bentônicos mais abundantes nos ecossistemas aquáticos da região (Chironomidae, Ephemeroptera e Coleoptera). Ressalta-se que o grupo Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), considerado na literatura como bioindicador de ambientes preservados (Basantes e Andrade 2022), no presente trabalho ocorreu em menor abundância, quando comparados aos táxons Chironomidae e Elmidae.

A apresentação lúdica foi construída por meio do aplicativo *Prezi*, que é um software utilizado para criação de slides mais dinâmicos, em que as informações são apresentadas por ampliações das imagens. Nesta apresentação, para cada táxon predominante em cada ESEC, foi desenvolvido uma arte gráfica, inserindo as suas características morfológicas e seu habitat. Na apresentação, ao “clique” em um organismo, o mesmo é ampliado, apresentando o seu nome popular, características do seu habitat e a sua sensibilidade ou tolerância à poluição.

Para elaboração e construção dos organogramas personalizados de análise dos ecossistemas aquáticos das ESECs, utilizou-se a plataforma de design gráfico *Canva*. Por meio da análise SWOT – FOFA foram identificados *in situ* alguns elementos relevantes dos cenários interno e externo das

ESECs, com indicação dos pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças e que influenciam os ecossistemas aquáticos. Essa análise denominada *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (SWOT), conhecida em português como Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA), é originada da gestão empresarial e visa o planejamento por perspectivas internas e externas, buscando formular estratégias adequadas (Mintzberg et al. 2000). Esses descritores foram sintetizados em potencialidades e fragilidades de cada ESEC.

A história em quadrinhos digital contextualiza os organismos bentônicos de forma lúdica, criativa e carismática, explicando sobre a importância destes bioindicadores locais. As artes visuais dos organismos bentônicos foram construídas no programa *Adobe Illustrator*, com o auxílio de uma mesa digitalizadora, preservando-se as características morfológicas de cada grupo taxonômico, de acordo com Mugnai, Nessimian e Baptista (2010). O *Adobe Illustrator* é um *software* utilizado para editar e criar imagens vetoriais.

Resultados e discussão

A comunidade bentônica presente nos ecossistemas aquáticos das ESECs Capivara I e II foi representada por 3408 indivíduos, distribuídos em 89 táxons, destacando-se os insetos.

Os grupos taxonômicos mais abundantes foram Chironomidae, Elmidae, Psephenidae, Ceratopogonidae, Oligochaeta e Aeglidae. Os táxons Hydropsychidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Sericostomatidae, Hydrophilidae, Gripopterygidae e Megapodagrionidae contribuíram para a elevada biodiversidade existente nessas ESECs, indicando a conservação de seus ambientes aquáticos.

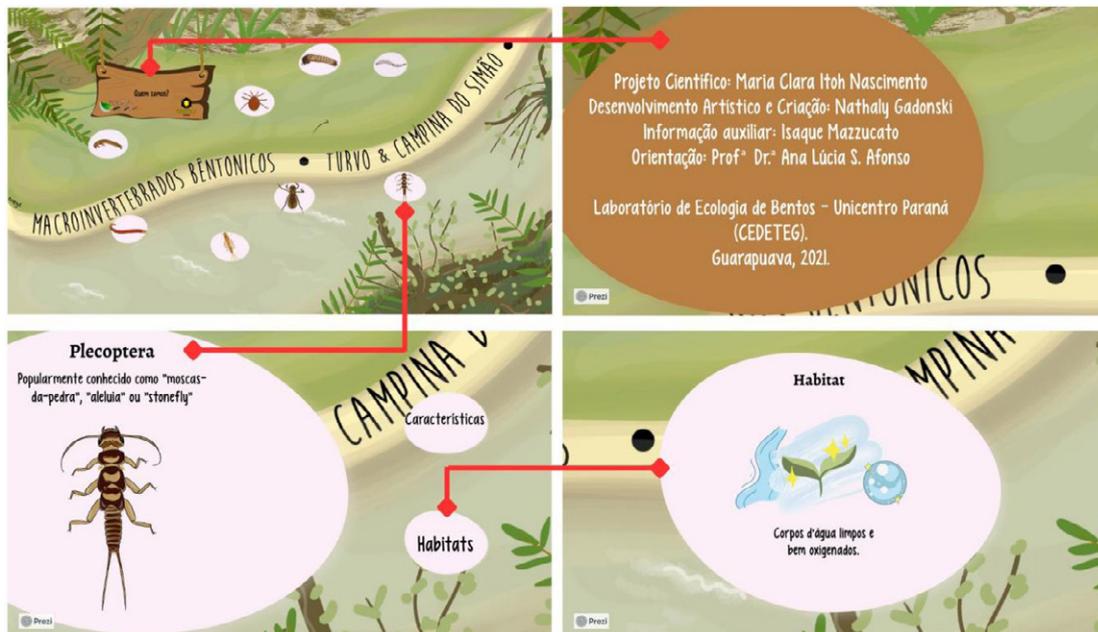
Na ESEC Rio Bonito foram amostrados no total 2.507 organismos, distribuídos em 56 táxons. Pôde-se verificar que os maiores valores de abundância dessa comunidade foram registrados no rio Tamandú (1.966 organismos), o que indica a necessidade e a importância da preservação de rios menores (afluentes) para a manutenção da biodiversidade aquática local.

Na ESEC Felipe Paulo Rickli foram coletados 8.303 indivíduos, pertencentes a 38 táxons. A família Chironomidae foi a mais representativa dos invertebrados bentônicos amostrados, totalizando 7.055 indivíduos. Este táxon foi seguido por Elmidae, Calopterygidae, Ceratopogonidae, Hyalellidae e Tipulidae.

A partir dos dados obtidos, construiu-se uma apresentação lúdica no programa *Prezi* (Figura 1) expressando os principais zoobentos registrados nos ecossistemas aquáticos, o qual visou aproximar a comunidade em geral dos macroinvertebrados bentônicos existentes na ESECs, agrupando as informações referentes aos táxons, suas características indicadoras, bem como seus respectivos habitats.

Na página inicial da apresentação encontram-se dois ambientes lóticos, aqui denominados de Turvo e Campina, associando-se às localidades das ESECs. Existe uma placa intitulada “Quem somos” com informações sobre a autoria do produto e o vínculo com o laboratório de Ecologia de Bentos da Unicentro. Em cada um dos ambientes lóticos foram distribuídos os organismos mais representativos das ESECs de Campina e Turvo. Ao clicar em qualquer ícone, ele é ampliado mostrando suas características ecológicas e bioindicadoras de cada táxon.

Figura 1. Apresentação realizada no Prezi, com ícones clicáveis, representando a fauna bentônica predominante nos ambientes aquáticos do Turvo e Campina do Simão. Abaixo, um exemplo das informações sobre a Ordem Ephemeroptera.



Fonte: Autores (2021).

Os infográficos construídos para as ESECs Capivaras I e II e Rio Bonito caracterizaram as principais fragilidades e potencialidades existentes e bem como algumas atividades antrópicas, que interferem na qualidade dos ecossistemas aquáticos analisados nas ESECs (Figura 2).

Figura 2. Infográfico sobre atividades antrópicas que influenciam a qualidade dos ecossistemas aquáticos nas ESECs Capivara I e II, Rio Bonito e Felipe Paulo Rickli, localizadas em Campina do Simão e Turvo, Paraná.



As ESECs de Campina do Simão e de Turvo se assemelham em relação às suas fragilidades e potencialidades. Dentre as fragilidades observadas destacam-se: a presença de caçadores, resíduos sólidos, a pesca ilegal, o corte de árvores e a entrada de pessoas não autorizadas e rebanhos. Para as potencialidades apontadas estão os serviços ecossistêmicos prestados pelas ESECs, a biodiversidade local características da FOM e a presença de diversos ecossistemas aquáticos como nascentes, riachos e rios.

O último material confeccionado foi uma história em quadrinhos (Figura 3), que possui como personagens principais Lina, uma jovem curiosa, e seu avô em busca dos mistérios dos zoobentos, os quais foram representados pelos táxons Chironomidae, Ephemeroptera e Aeglidae. A arte gráfica dos animais bentônicos em histórias em quadrinhos é uma alternativa lúdica para a apresentação desses organismos e sua importância no ecossistema, tornando tal conhecimento mais acessível para a compreensão da população.

Figura 3. História em quadrinhos confeccionada sobre os macroinvertebrados bentônicos existentes em ecossistemas aquáticos de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista.



Os táxons que compõem a comunidade bentônica são considerados excelentes bioindicadores ambientais, pois evidenciam alterações, impactos e poluição que os ecossistemas aquáticos podem sofrer (Parikh et al. 2020).

A partir dos resultados obtidos, pode-se verificar que os táxons com maiores valores de abundância absoluta foram Chironomidae, seguido por Elmidae, Oligochaeta e Baetidae. Os Chironomidae são os mais diversificados e abundantes macroinvertebrados bentônicos presentes nos ambientes

aquáticos, participando de cadeias alimentares e do fluxo de energia nesses locais (Zardo et al. 2013). Os representantes dessa família são, geralmente, encontrados em sedimentos com matéria orgânica em decomposição, portanto, é notável as estratégias fisiológicas e comportamentais para permanecerem em habitats impactados (Rosa et al. 2014; Hakak 2022). Apesar de apresentarem grande abundância tanto em locais íntegros como impactados, os quironomídeos são comumente utilizados como indicadores de degradação, pois conseguem sobreviver em locais com baixa concentração de oxigênio dissolvido, valores extremos de pH, salinidade e temperatura (Rawal 2019).

Nas ESECs aqui estudadas, destacou-se a presença de táxons e gêneros sensíveis à poluição e indicados na literatura (Trivinho-Strixino 2011; Gustavson et al. 2013) como: Perlidae, Odontoceridae, Sericostomatidae, *Parametriocnemus*, *Paratendipes*, Elmidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, entre outros.

Quanto aos impactos antrópicos sofridos pelas ESECs estudadas, constatou-se o destino incorreto de resíduos sólidos, o uso de agrotóxicos próximos à rios e riachos, a ausência de tratamento de esgoto doméstico e a pesca ilegal como as principais causas das alterações nos ecossistemas aquáticos. Essas ações influenciam diretamente as bacias hidrográficas dos quais os ecossistemas aquáticos das ESECs fazem parte. As quatro ESECs estão localizadas em áreas altas das bacias hidrográficas Piquiri (Campina do Simão) e Ivaí (Turvo), nas quais existem alguns dos afluentes que irrigam o rio principal. Esses afluentes são responsáveis pela incorporação e abastecimento de água no ciclo hidrológico da bacia. Assim, a proteção das cabeceiras, principalmente das nascentes existentes nas ESECs, o manejo correto do solo, a redução do uso de agrotóxicos, além do tratamento dos resíduos sólidos, dos efluentes industriais e domésticos são fatores que contribuem para a conservação dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, na qualidade de suas águas (Campos et al. 2005).

As bacias hidrográficas Piquiri e Ivaí abastecem diversos municípios do estado do Paraná e ao serem tomadas medidas preventivas de conservação dos ecossistemas aquáticos menores, como os existentes nas ESECs, contribui-se também para uma melhoria nos índices de qualidade de vida das bacias.

O conhecimento da fauna local e de características do seu entorno fazem parte do processo de gestão de áreas protegidas como as UCs, no qual a participação popular deve ser cada vez mais estimulada. Além disso, a proteção à biodiversidade está intimamente associada aos valores sociais, sendo importante considerar a participação social na gestão dos recursos naturais (Tófoli et al. 2019). Uma iniciativa amparada pela lei, inclui como um princípio o incentivo à participação social na gestão dessas áreas, buscando o desenvolvimento social, principalmente da população do interior ou do entorno dessas áreas de proteção ambiental (Brasil 2006).

De acordo com Barroso e Antunes (2015, p. 125) “As mídias digitais podem ser utilizadas para apoiar as atividades do professor, do gestor e do aluno por facilitarem, sobretudo, o intercâmbio de informações, a visualização de forma mais clara dos recursos e o ensino colaborativo”.

Sobre a dificuldade da linguagem científica, Carneiro (2014) relaciona a divulgação científica à democracia, apontando a existência de uma linguagem complexa e que possui diversas particularidades. Contarini et al. (2022) sugerem estratégias didáticas, que valorizem o contato dos alunos com textos científicos, como por exemplo: acesso à diversidade de informações, terminologia científica, argumentação, etc. Dessa forma, acredita-se que a tradução da linguagem científica em uma apresentação lúdica, possa minimizar o distanciamento entre o cidadão e a Universidade, fazendo com que a fauna local seja conhecida e, assim, protegida. Além disso, a popularização do conhecimento científico, e dos

processos para se obter uma leitura específica do ambiente, desenvolvido na Universidade, desperta o interesse em valorizar a cultura e, principalmente, os avanços da Ciência.

Ao transpor os resultados dessa pesquisa em materiais como a apresentação no Prezi e a história em quadrinhos, verificou-se que informações científicas podem ser traduzidas, de forma lúdica, em um pequeno guia (Silva et al. 2021). Assim, a imagem é complementar ao texto, e a narrativa se determina entre a informação textual e a natureza fantasiosa da ilustração (Leite 2017). A partir desse entendimento, criar uma história em quadrinhos voltada para o ensino de Ciências Biológicas, focada em aspectos teóricos ecológicos, pode contribuir para a ampliação das discussões e reflexões dos envolvidos no processo educativo sobre as relações/interações desses organismos com o ambiente.

A divulgação de informações e a comunicação acontecem em todos os espaços, sejam eles formais ou informais (Carvalho et al. 2021). No entanto, grande parte das informações que envolvem conhecimento científico e são transmitidas por veículos de comunicação, não possuem uma linguagem acessível para toda a população (Oliveira e Benite 2015).

O campo da divulgação científica encontra-se em desenvolvimento nos últimos tempos, bem como o público interessado, constituindo-se em formas de apropriação do conhecimento. Este fato pode ser comprovado pelo aumento no número de canais de divulgação científica, na promoção de eventos, criação de espaços e centros para a Ciência, organização de conferências populares e audiências, bem como a maior busca pelo conhecimento, desenvolvimento de ferramentas que permitem o acesso às informações, entre outros (Lima e Giordan 2017).

Os materiais didáticos aqui apresentados foram produzidos para serem utilizados durante os mais diversos processos educativos, como por exemplo em oficinas sobre biomonitoramento ou aulas temáticas com a comunidade em geral, visando facilitar a construção do conhecimento e aprendizagem nos diversos níveis educacionais. Eles também objetivam auxiliar gestores e/ou professores em atividades de Educação Ambiental para que, dessa forma, ocorra êxito na construção do conhecimento, além de estabelecer uma contextualização da temática proposta. Desse modo, a divulgação científica deve presumir a alfabetização científica e essa, por sua vez, não deve se limitar à simples enunciação, mas sim contextualizar os dados, fatos, resultados e aproximar os que produzem Ciência e tecnologia do cidadão comum, permitindo um ambiente de diálogo e debate sobre as relações entre Ciência e sociedade (Sasseron, 2015).

Assim, verifica-se que existe uma necessidade de aproximar a sociedade à Universidade e, a tradução dos projetos científicos para uma linguagem mais acessível, contextualizada, lúdica e reflexiva pode contribuir para uma nova releitura do ambiente, além de despertar o interesse na Ciência.

Considerações finais

A partir dos resultados desta pesquisa, espera-se que efetivamente ocorra a divulgação científica e que a sociedade se aproxime de alguns conhecimentos produzidos na Universidade, mais especificamente em relação a comunidade bentônica, que possui organismos abundantes, diversos e considerados excelentes bioindicadores de qualidade de água e do ambiente.

Além disso, as informações sobre problemas socioambientais que influenciam direta e indiretamente as UCs, podem favorecer uma releitura da relação estabelecida entre o ser humano e o ambiente, despertando-se um novo olhar sobre a participação e engajamento social nas tomadas de decisões da

área ambiental que, neste caso, poderia ser em oficinas participativas de construções e implementações de planos de manejo de UCs.

A participação social na gestão das UCs é uma estratégia, que visa diminuir as ameaças externas e revelar as oportunidades, propiciando maior conhecimento de todos os envolvidos e prevenindo possíveis conflitos. Logo, torna-se indispensável a criação do sentimento de pertencimento dos participantes em relação às áreas preservadas.

Portanto, acredita-se que seja possível promover um reconhecimento dessa fauna, bem como a valorização da Ciência, conduzindo-se assim, a uma legítima preservação e conservação ambiental.

Participação dos autores: MCIN, NG - conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, recebimento de financiamento, pesquisa, metodologia, administração do projeto, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, escrita – rascunho original e escrita – revisão e edição; ISFME - conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, recebimento de financiamento, pesquisa, metodologia, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, escrita – rascunho original; ALSA - conceitualização, curadoria de dados, administração do projeto, supervisão, escrita – revisão e edição;

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Destaca-se que por ser uma pesquisa desenvolvida a partir de levantamentos com invertebrados aquáticos, a mesma não necessita de aprovação do comitê de ética.

Disponibilidade dos dados: Após a publicação desse artigo, pretendemos disponibilizar os materiais didáticos e educativos aqui apresentados em mídias sociais do laboratório de Ecologia de Bentos da Unicentro (Instagram: @lab_bentosunicentro), visando ampliar a socialização e a possibilidade do seu uso. Os materiais produzidos nessa pesquisa serão utilizados na disciplina de Educação Ambiental, assim como nas atividades desenvolvidas nos projetos de extensão do laboratório de Educação Ambiental na Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro, PR).

Fomento: As fontes de fomento incluíram o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Fundação Araucária (PR), que auxiliaram na concessão de bolsas de estudos para os acadêmicos. Ainda, os convênios (nº 99/2017 e nº 124/2018) entre as Prefeituras Municipais (Campina do Simão e Turvo, PR) e a Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro) contribuíram com o apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.

Conflito de Interesses: os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Batista da Costa, IR, Barbosa, C. 2023. A divulgação científica como atividade de extensão universitária: um aporte das relações públicas. *Cadernos De Comunicação* 27 (1): 1-21 <https://doi.org/10.5902/2316882X75250>
- Barroso F, Antunes M. 2015. Tecnologia na Educação: ferramentas digitais facilitadoras da prática docente. *Rendimento, Desempenho e Desigualdades Educacionais* 1: 124-131. <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31969>
- Basantes CL, Andrade JC. 2022. Avaliação da Qualidade de Água do Rio Chibunga por meio do Índice EPT. *Domínio de las Ciencias* 8: 707-725. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i4.3101>
- Bizzo MLG. 2002. Diffusion of Science, Communication and Health. *Cadernos de Saúde Pública* 18: 307-314. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11910449/#:~:text=DOI%3A-,10.1590/s0102%2D311x2002000100031,-Free%20article>
- Brasil. 2000. SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Resolução SNUC nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília, DF, 1 p. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 22 de abr. 2019.
- Brasil. 2006. PNAP - Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas. Decreto nº. 5.758, de 13 de abril de 2006. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5758.htm>. Acesso em: 22 abr. 2019.

Brasil. 2015. Ministério do Meio Ambiente. A floresta com Araucárias. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/folder_consulta02.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

Campos JB, Tossulino MGP, Muller CRC. 2005. Unidades de conservação: Ações para valorização da biodiversidade. Curitiba – Instituto Ambiental do Paraná, 345p. <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Livros/unidades_de_conservacao.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2023.

Campos JB, Silveira-Filho, L. 2010. Floresta com Araucária. Série Ecossistemas Paranaenses: ACS/SEMA 24: 88-100. <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2401.07>

Cardoso JT. 2016. A Mata Atlântica e sua conservação. In: Encontros Teológicos 31: 441-458. <https://doi.org/10.46525/ret.v31i3.509>

Carneiro DL. 2014. Divulgação científica: as representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2014.125>

Carvalho FB, Araujo CSO, Carvalho FB, Araújo CSO, Gonçalves CB. 2021. Divulgação científica e ensino de ciências numa perspectiva inclusiva por meio de histórias em quadrinhos e língua brasileira de sinais - libras. Revista Valore 6: 706-720. <https://doi.org/10.22408/reva602021843706-720>

CODET. Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária. 2005. Indicadores biológicos de qualidade da água (coliformes totais, *Escherichia coli* e *Cryptosporidium*) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: estudo de caso – Parque Cuiabá, Cuiabá (MT). Relatório final. Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento. Cuiabá. 158p.

Contarini IR, Diniz NP, Oliveira JRS. 2022. Textos de Divulgação Científica no Planejamento de Sequências Didáticas para o Ensino de Química. Revista Debates Em Ensino De Química 8: 97–120 <https://doi.org/10.53003/redequim.v8i3.5434>

Cunha DGF, Calijuri MC. 2013. Sistemas aquáticos continentais. In: Cunha DGF, Calijuri MC. (Coord.). Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. Campus.

Ferreira KG, Sousa KS, Oliveira PAF, Costa IS, Silva KD. 2020. Insetos Aquáticos na Escola: uma Ação de Popularização da Ciência e Ensino de Atrópodes para Alunos do Ensino Fundamental II. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente 1: 51. <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/470>

Figgis P, Mackey B, Fitzsimons JA, Irving J, Clark P. 2015. Valuing nature: protected areas and ecosystem services. Australian Committee for IUCN, Sydney.

Galante MLV, Beserra MM, Menezes EO. 2002. Roteiro Metodológico de Planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica. Brasília: Ibama.

Gustavson SS, Lourdes AC e Trama FA. 2013. Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores de la Calidad de Agua en la Microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. Apuntes de Ciencia; Sociedad 3: 124-139. <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>.

Hamada N, Nessimian JL, Querino RB. 2014. Insetos Aquáticos na Amazônia Brasileira: Taxonomia, Biologia e Ecologia. Manaus: Editora do INPA.

Hakak FS, Motlagh MHA, Khosravani M. 2022. A Quick Review of the Family Chironomidae (Order: Diptera) with Effect on the Environment. Trends in Medical Sciences 2: e129263. <https://doi.org/10.5812/tms-129263>

IAT. Instituto Água e Terra. ICMS Ecológico por Biodiversidade. 2021. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/ICMS-Ecologico-por-Biodiversidade>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Pesquisa e monitoramento. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo>> Acesso em: 16 set. 2019.

- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2019. Flora. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/parnaiguacu/biodiversidade/18-flora2.html>>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- Kersten RA, Borgo M, Galvão F. 2015. Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo. In: Eisenlohr PV, Felfili JM, Melo MMRF, Andrade LA, Meira-Neto JAA. Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso. Viçosa: UFV, p. 156-182.
- Leite, BS. 2017. Histórias em quadrinhos e ensino de química: propostas de licenciandos para uma atividade lúdica. Revista Eletrônica Ludus Scientiae 1: 58-74. <https://doi.org/10.30691/relus.v1i1.748>.
- Lima GS, Giordan M. 2017. Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino. Revista Ensaio 19: 1-23 <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190122>
- Matins RT, Oliveira VC, Salcedo AKM. 2014. Insetos Aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. Manaus: Livraria INPA, p. 118-129.
- Mazzitelli AG, Bisio N, Lagos X, Bouzas AC, Venegas M e Ferrer J. 2022. Los Diálogos en el Territorio en la Elaboración del Plan Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible (PANDES) en Uruguay. Cuadernos del CLAEH 41: 147-160. <https://doi.org/10.29192/claeH.41.2.9>
- Mintzberg H, Ahlstrand B, Lampel J. 2000. Safári de Estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico. Porto Alegre: Bookman.
- Mugnai R, Nessimian JL, Baptista DF. 2010. Manual de identificação de Macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Techinal Books Editora, 174p.
- Oliveira WD, Benite AMC. 2015. Aulas de ciências para surdos: estudos sobre a produção do discurso de intérpretes de libras e professores de Ciências. Ciência e Educação 21: 457-472. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020012>
- Parikh G, Rawtani D, Khatri N. 2021. Insects as an Indicator for Environmental Pollution. Environmental Claims Journal 2: 161-181. <https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1780698>.
- Pérez GR. 2016. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad del agua: Cuatro Décadas de Desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 40: 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>.
- Pinto TJS. 2018. Macroinvertebrados como bioindicadores em riacho tropical: uma avaliação de impactos por sedimentação, rompimento de barragem e de recuperação após medidas de restauração. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. 144. <https://doi.org/10.11606/d.18.2018.tde-25052018-173705>.
- Remor MB et al. 2013. Qualidade da água do Rio das Pedras utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. Revista Cascavel 6: 97-111. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v17i2.2014.4930>
- Rosa BJ, Rodrigues LF, de Oliveira GS, da Gama Alves R. 2014. Chironomidae and Oligochaeta for water quality evaluation in an urban river in southeastern Brazil. Environ Monit Assess 186 (11): 7771-7779. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3965-5>
- Santos LB. 2017. Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Cerrado. 84f. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2017.558>
- Sasseron LH. 2015. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências 17: 49-67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Selvanayagam M, Abril R. 2016. Use of benthic macroinvertebrates as a biological indicator in assessing water quality of river Puyo, Puyo, Pastaza, Ecuador. American Journal of Life Sciences 4 (1): 1-12. <https://doi.org/10.11648/j.ajls.20160401.11>

Silva FL, Fushita AT, Cunha-Santino MB, Bianchini JI, Veneziani JJCT. 2021. Gestão de Recursos Hídricos e Manejo de Bacias Hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. Revista Brasileira de Geografia Física 14: 1626-1653. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1626-165>

Silva LJ, Neto LGS, Silva LAM. 2021. Interações entre os morcegos e as plantas: proposta de uma história em quadrinhos para fins de divulgação científica. Revista Ciências & Ideias 12: 236–255.

Tavares LR, Gomes JPA, Permanhe G, Oliveira FS de, Martins E de O, Rangel DS, Costa WM da, Souza MN. 2021. Práticas agroecológicas na preservação dos recursos hídricos: como os macroinvertebrados bentônicos respondem às alterações de qualidade da água? Tópicos Em Recuperação de Áreas Degradadas Volume II. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c7>

Telles HF, Linares MS, Rocha PA, Ribeiro AS. 2013. Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. Revista Brasileira de Zoociências 15: 123-137.

Tomanova S, Goitia E, Helesic J. 2006. Trophic Levels and Functional Feeding Groups of Macroinvertebrates in Neotropical Streams. Hydrobiologia 556: 251–264. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1255-5>

Trani E. 2021. Roteiro metodológico para planos de manejo das unidades de conservação do estado de São Paulo. 73p.

Trivinho-Strixino S. 2011. Larvas de Chironomidae. Guia de Identificação. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 371p. <https://doi.org/10.4322/978-65-00-62449-6>

Triplehorn CA, Johnson NF. 2015. Estudos dos Insetos. 2ª ed, Cengage Learning.

Vieira AG. 2018. A qualidade das águas em canais fluviais da bacia hidrográfica do córrego do gramado, no município de Presidente Prudente – SP: A interpretação a partir das diferentes formas de apropriações do território. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). 106p.

WWF - World Wildlife Fund. 2023. Ameaças. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_mata_atl/bioma_mata_atl_ameacas/>. Acesso em: 15 nov. 2023.

Zardo DC, Hardoim EL, Amorim R, Malheiros CH. 2013. Variação espaço-temporal na abundância de ordens e famílias de macroinvertebrados bentônicos registrados em área de nascente, Campo Verde-MT. Revista Brasileira Multidisciplinar 16: 53-66. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/rebram/2013.v16i1.42>.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.