

AVALIAÇÃO DA PRESERVAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESINA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Jéssica Soares de Souza, Thiago Abilio Batista Reis, Gabrielle Aparecida Nascimento, Luciano Marques Pinheiro Dias, Vitória Assunção Miranda, Grazielle Wolff de Almeida Carvalho, Patrícia Pereira Gomes

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de Minas Gerais Campus São João Evangelista, Avenida Primeiro de Junho, 1043, Centro - 39705-000 - São João Evangelista - MG, Brasil, jessicasss345@gmail.com, abiliothiago3@gmail.com, gabrielleaparecidanascimento0@gmail.com, lucianomarquespd000@outlook.com, vitoriassuncao155@gmail.com, graziele.wolff@ifmg.edu.br, patricia.pereira@ifmg.edu.br

Resumo

A criação de materiais didáticos para a educação ambiental utilizando macroinvertebrados bentônicos conservados em resina Epóxi é um método eficaz para exibir suas características morfológicas. No entanto, o processo é complexo, pois a sensibilidade e o tamanho reduzido desses organismos dificultam sua preservação. Este trabalho avaliou a incrustação em resina de oito ordens de macroinvertebrados. Exemplares de Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera, Ephemeroptera, Plecoptera e Odonata foram fixados por alfinetagem e secagem ao ar livre, obtendo sucesso na incrustação. Contudo, estruturas sensíveis, como as brânquias de efemerópteros e plecópteros, não se mantiveram intactas. Já os espécimes de Diptera e Trichoptera não resistiram aos métodos de secagem, e o uso de colas para fixação do corpo prejudicou a visualização e a integridade dos indivíduos. Esses resultados demonstram a necessidade de aprimorar a metodologia para grupos com estruturas mais delicadas.

Palavras-chave: Resina Epóxi; Incrustação em resina; Artrópodes; Coleção.

Área do Conhecimento: Ciências biológicas.

Introdução

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) introduz perspectivas para o pensamento científico contemporâneo. A natureza inter-relacionada dos seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) implica que a aplicação de um deles contribui para os demais. Do ponto de vista da preservação dos ambientes aquáticos, destacam-se três ODSs: ODS 4 (Educação de Qualidade), ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e ODS 15 (Vida Terrestre). A articulação desses objetivos fundamenta-se na necessidade de capacitar a população com conhecimentos e habilidades que viabilizem ações efetivas, sendo a educação ambiental o alicerce desse processo (ONU, 2015; Candito, Menezes e Rodrigues, 2022).

A educação ambiental é definida pela Lei nº 9.795/1999 como um processo de construção individual e coletiva de ações para a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. Sua implementação, em caráter formal ou não formal, é essencial e um direito de todo cidadão (BRASIL, 1999). Para a efetividade na educação básica, os métodos de ensino devem integrar o conteúdo científico ao contexto ambiental, social e cultural dos estudantes, ressaltando a importância de metodologias que transcendam o campo teórico (Pereira, 2016; Candito, Menezes e Rodrigues, 2022).

Nesse contexto, coleções didáticas têm sido desenvolvidas para aproximar o público da realidade dos ambientes naturais, utilizando espécimes entomológicos secos (Pereira, 2016) ou macroinvertebrados bentônicos preservados em meio úmido (Rolim e Dutra, 2022). Esses materiais são reconhecidos como ferramentas eficazes na prática educativa e na sensibilização de diferentes públicos (Pereira, 2016; Bejcek et al., 2018).

Contudo, a criação de coleções didáticas duráveis e adaptadas ao manuseio público é um desafio, especialmente com macroinvertebrados bentônicos. Por apresentarem estruturas corporais delicadas, adaptadas a ambientes aquáticos, seus tecidos são altamente sensíveis a fixadores, o que dificulta

tanto o manuseio quanto o armazenamento dos espécimes (França e Callisto, 2019; Begić et al., 2022; Rolim e Dutra, 2022).

Os macroinvertebrados bentônicos, grupo que inclui moluscos, anelídeos, larvas de insetos e crustáceos, são amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade da água. Por serem visíveis a olho nu e por suas ordens serem facilmente identificáveis e bem caracterizadas quanto à sensibilidade a impactos antrópicos, eles se tornam excelentes ferramentas para a educação ambiental. Estudos prévios evidenciam a viabilidade desses organismos para a divulgação científica, com potencial de integrar o conhecimento científico ao regional, otimizando a sensibilização da população para a preservação de ecossistemas aquáticos (França e Callisto, 2019; Rolim e Dutra, 2022).

Diante do exposto, este estudo visa estabelecer uma metodologia para a fixação de macroinvertebrados bentônicos em resina epóxi, com o objetivo de produzir uma coleção didática resistente e de fácil manuseio para ações de educação ambiental.

Metodologia

Coleta e armazenamento

Os macroinvertebrados bentônicos utilizados neste estudo foram provenientes da coleção do Laboratório de Ecologia do IFMG Campus São João Evangelista (IFMG-SJE). Os espécimes foram coletados em 2023 e 2024 no município de Guanhães-MG, nas sub-bacias dos Rios Santo Antônio e Corrente Grande, afluentes do Rio Doce.

A coleta dos organismos foi realizada com a metodologia kick-net, utilizando um amostrador em forma de rede D (abertura de 0,3-0,5 m; 500 µm de abertura de malha; acoplada a um cabo de 1,5 m). O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e fixado com álcool 70%. No laboratório, as amostras foram submetidas a uma lavagem com peneiras granulométricas de malhas ABNT/ATM 18 (abertura 1.000 µm) e 35 (abertura 500 µm). Após a triagem sob microscópio estereoscópio, os espécimes foram fixados em solução de álcool 70% e armazenados sob refrigeração no laboratório (CETESB, 2012).

Preparo para Fixação

Para avaliar a eficácia da incrustação em resina epóxi, foram utilizados indivíduos das seguintes ordens de insetos aquáticos: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptera, Plecoptera, Trichoptera e Odonata, incluindo estágios larvais e adultos.

Adicionalmente ao método convencional, que consiste em secagem em estufa e montagem em alfinetes entomológicos (Bejcek et al., 2018), os espécimes foram submetidos a preparos alternativos para explorar o máximo de variáveis morfológicas. Os métodos adicionais incluíram: remoção mínima do álcool, secagem ao ar livre com montagem em alfinetes, secagem em papel toalha, transferência para água para remoção do excesso de fixador, e preservação de estruturas com diferentes adesivos (silicone, cianoacrilato e acrílico).

Fixação em Resina Epóxi

Para a confecção das peças, foram empregados resina epóxi, um endurecedor, moldes de silicone transparentes, um maçarico e pinças. A proporção utilizada foi de duas partes de resina para uma de endurecedor, sendo a mistura homogeneizada em um recipiente de plástico por seis minutos. Após a eliminação das bolhas de ar com o maçarico, a mistura foi vertida nos moldes de silicone para o processo de cura, que se completa em aproximadamente 24 horas. Este processo foi replicado para a obtenção de peças completas.

Avaliação das peças

A efetividade da metodologia foi avaliada pela qualidade das peças finais, priorizando três critérios: 1) visualização das estruturas para identificação taxonômica das ordens, 2) preservação das estruturas originais do espécime, e 3) transparência do material.

Resultados

Exemplares adultos e jovens de Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera, Ephemeroptera, Plecoptera e Odonata apresentaram melhor preservação quando submetidos ao método de incrustação tradicional, utilizando alfinetagem e secagem ao ar livre (Figura 1). Não foi necessária a aplicação de fixadores adicionais. É importante notar que algumas estruturas mais sensíveis, como as brânquias

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

das larvas de Ephemeroptera e Plecoptera, não resistiram ao processo, comprometendo sua integridade.

Figura 1 - Exemplares melhor preservados na resina: (A) Coleoptera; (B) Hemiptera; (C) Megaloptera; (D) Ephemeroptera; (E) Plecoptera; (F) Odonata.



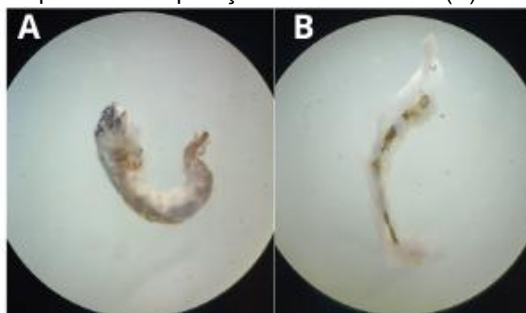
Fonte: autoria própria.

Os exemplares jovens das ordens Diptera e Trichoptera não resistiram aos métodos de secagem. Essa sensibilidade tornou necessária a remoção dos espécimes do álcool e sua transferência para água, com o objetivo de remover o excesso de fixador. Adicionalmente, essas ordens foram submetidas à aplicação de diferentes adesivos para preservar a morfologia do abdômen durante a incrustação.

A aplicação de cianoacrilato (Tek-bond) e adesivo de silicone não demonstrou resultados positivos. O cianoacrilato acelerou a desidratação do abdômen em dípteros e não evitou a perda de água em tricópteros. O adesivo de silicone, por sua vez, além de não impedir a desidratação devido à sua secagem lenta, formou uma camada densa e escura ao redor das larvas. Essa camada comprometeu a transparência do material, inviabilizando a visualização nítida das características dos espécimes, mesmo sob microscópio.

A aplicação de cola acrílica foi realizada por injeção direta no interior do abdômen das larvas e, posteriormente, sobre o corpo (Figura 2). A complexidade dessa metodologia, somada ao tamanho reduzido dos indivíduos, resultou na falha do processo. Não foi possível obter exemplares inteiros de Diptera ou Trichoptera com fixação bem-sucedida, uma vez que a precisão necessária para a aplicação não pôde ser alcançada. A secagem lenta da cola acrílica, assim como a do adesivo de silicone, corrobora a sua ineficácia para a aplicação externa no corpo das larvas.

Figura 2 – Exemplares com aplicação da cola acrílica: (A) Trichoptera; (B) Diptera.



A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Fonte: autoria própria.

Discussão

Os resultados obtidos a partir das técnicas empregadas confirmaram a viabilidade da incrustação de macroinvertebrados bentônicos em resina epóxi. O estudo demonstrou a maior facilidade de incrustação de espécimes adultos com exoesqueleto rígido, como os das ordens Coleoptera e Hemiptera (Figura 1). Além disso, as larvas de Megaloptera e Odonata também foram incrustadas com sucesso (Figura 1) seguindo o procedimento tradicional de secagem prévia ao ar livre. A secagem controlada é crucial para evitar o ressecamento excessivo, que pode levar à quebra e à deformação do abdômen (Capanaga, Silva e Iannuzzi, 2013; Bejcek et al., 2018).

Similarmente, as larvas de Ephemeroptera e Plecoptera obtiveram melhores resultados com a metodologia tradicional (Figura 1). Contudo, esse método comprometeu a integridade das brânquias dos indivíduos. Embora a perda dessas estruturas não impeça a identificação taxonômica a nível de ordem, as brânquias são cruciais para a identificação a partir do nível de família (Hamada, Nessimian e Querino, 2019). No contexto da educação ambiental para o ensino básico, a identificação a nível de ordem é suficiente e não compromete o objetivo didático do material (França e Callisto, 2019; Rolim e Dutra, 2022).

Os exemplares jovens das ordens Diptera e Trichoptera apresentaram os resultados mais negativos, devido à sua cutícula abdominal fina e à alta taxa de desidratação quando retirados do meio aquoso (Credland, 1983). A ineficácia dos métodos de secagem tradicionais para estes grupos demandou a busca por alternativas de fixação, como a transferência de espécimes para água e a aplicação de diferentes tipos de adesivos. No entanto, as técnicas empregadas não obtiveram sucesso, evidenciando a necessidade de mais testes para o aprimoramento da técnica.

É importante considerar que todos os espécimes utilizados nos testes foram submetidos a processos de coleta, triagem e armazenamento final em álcool 70%, procedimentos que podem danificar as estruturas delicadas dos macroinvertebrados (Hamada, Nessimian e Querino, 2019). O álcool, em particular, pode causar a retração e alteração da coloração de tecidos membranosos e esclerotizados (Calor, 2007; Begić et al., 2022). Nesse sentido, testes futuros estão sendo conduzidos com organismos que não passaram por todas essas etapas, especialmente a fixação em álcool.

Apesar das limitações metodológicas em algumas ordens, as peças desenvolvidas se mostraram úteis para atividades de educação ambiental, especialmente pela sua resistência a impactos mecânicos e pela transparência da resina. A utilização de coleções com organismos de coleta local facilita a compreensão da diversidade biológica e a conexão dos alunos com seu próprio contexto ambiental, estimulando o pensamento crítico e a conscientização sobre a sustentabilidade (Pereira, 2016; França e Callisto, 2019; Begić et al., 2022), o que coaduna com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015; Candito, Menezes e Rodrigues, 2022). Além disso, as coleções didáticas não precisam ser perfeitas, servindo como materiais de baixo custo que fomentam a curiosidade e o aprendizado prático.

Conclusão

O estudo demonstrou que o processo de incrustação em resina é aplicável a estágios jovens e adultos de ordens com exoesqueleto mais robusto, como Coleoptera, Hemiptera e Odonata. Contudo, a metodologia tradicional não se revelou universal, falhando consistentemente com ordens de estruturas mais delicadas, notadamente Diptera e Trichoptera. A sensibilidade de suas estruturas e a resposta adversa aos métodos de secagem e fixação resultaram em danos morfológicos severos. Essa limitação ressalta a escassez de protocolos específicos para a preservação de macroinvertebrados aquáticos com cutícula fina. Portanto, o presente trabalho estabelece a base para investigações futuras, sendo crucial o desenvolvimento e a validação de novas técnicas para aprimorar a eficácia da preservação, viabilizando coleções didáticas completas e de alta qualidade para a educação ambiental.

Referências

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Da política nacional de educação ambiental. Brasília-DF: Presidência da República, 1999. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 28 ago. 2025.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

CALOR, A. R. Trichoptera. In: **Guia on-line de identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo: Trichoptera**. Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FFCLRP, USP), 2007. Disponível em: https://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guia_online/guia_trichoptera_b.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.

CANDITO, V.; MENEZES, M. K.; RODRIGUES, C. B. C. CIÊNCIA - TECNOLOGIA - SOCIEDADE: possibilidades de articulação com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Pedagógica**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 1–22, 2022. DOI: 10.22196/rp.v24i1.6558. Disponível em: <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/pedagogica/article/view/6558>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CAPANAGA, G. B.; SILVA, T. S.; IANNUZZI, L. Aspectos da preservação de insetos em resina para coleções didáticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 65., 2013, Recife. **Anais...** Recife: SBPC, 2013. p. 1-1. Disponível em: <https://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/5728.htm>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CETESB. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2012. 113 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

CREDLAND, P. F. Organization of the cuticle of an aquatic fly larva. **Tissue and Cell**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 477-488, 1983. DOI: 10.1016/0040-8166(83)90077-0. Acesso em: 28 ago. 2025.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. [S. l.]: INPA, 2019. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/36169?mode=full>. Acesso em: 30 ago. 2025.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2021-04/Agenda2030.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

PEREIRA, A. C. O uso de coleções entomológicas como ferramenta de ensino na educação básica no Brasil. **Revista da SBEnBio**, n. 9, p. 4437-4448, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317848438_O_USO_DE_COLECOES_ENTOMOLOGICAS_COMO_FERRAMENTA_DE_ENSINO_NA_EDUCACAO_BASICA_NO_BRASIL. Acesso em: 28 ago. 2025.

ROLIM, V. S.; DUTRA, S. L. Coleção itinerante de invertebrados aquáticos: uma ferramenta de divulgação científica. In: INSTITUTO SCIENTIA (Org.). **Pesquisas e inovações em Ciências Agrárias: Produções Científicas Multidisciplinares no Século XXI**, volume 3. [S.l.]: Instituto Scientia, 2022. cap. 37. Disponível em: <https://institutoscientia.com/wp-content/uploads/2022/12/capitulo-livro-agrarias-vol3-37.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.

SILVA, H. R.; KRELLING, A. P. Marixo: desenvolvimento de uma coleção didática e científica sobre lixo marinho e análise de sua eficiência como ferramenta de educação ambiental. **Revbea**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 9-24, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/6834/7084>. Acesso em: 30 ago. 2025.

Agradecimentos

Agradecemos ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) da cidade de Guanhães-MG pela concessão de bolsas e financiamento dos projetos de monitoramento da qualidade da água da sub-bacia do ribeirão Graipú. Ao IFMG pelo fomento de bolsas e apoio nas coletas. E aos colegas do Grupo

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

de Pesquisa em Ecologia de Ambientes Aquáticos do IFMG - *Campus* São João Evangelista pela concessão das amostras e pelo apoio durante os testes.