

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA RIOS DEGRADADOS: O USO DE TRONCOS DE MADEIRA NA RESTAURAÇÃO DE PROCESSOS HIDROMORFOLÓGICOS E ECOLÓGICOS**

*Douglas de Pádua Andrade<sup>1</sup>; Kátia Regina Chagas<sup>1</sup>; Danielle Covre Barbiero<sup>1</sup>; Sabrina Loise de  
Morais Calado<sup>1</sup>; Tatiana Heid Furley<sup>1</sup>*

**Abstract:** The degradation of tropical river systems has led to severe ecological losses, compromising essential ecosystem services. In response, restoration strategies based on natural processes, such as Nature-Based Solutions (NbS), have gained increasing attention. This study presents the advances of the River Restoration Project, which for over a decade has implemented the strategic insertion of large woody debris to restore the hydrogeomorphological structure and ecological functionality of degraded rivers in the Brazilian states of Minas Gerais and Espírito Santo. The study followed a BACI experimental design, using indicators such as substrate heterogeneity, benthic macroinvertebrate communities, and fish abundance. Results show up to a 58% increase in substrate type diversity and significant increases in EPT organism abundance (up to 530%), indicating improvements in habitat quality and ecological integrity. Enhanced channel complexity also favored the occurrence of native fish species, demonstrating the potential of wood structures to provide refuge, feeding, and spawning habitats. The approach shows high replicability, relatively low cost, and compatibility with NbS principles, aligning with global ecosystem restoration guidelines. The results support the effectiveness of this technique in promoting ecological resilience and reaffirm its value as a strategic tool for the restoration of tropical rivers.

**Resumo:** A degradação de sistemas fluviais tropicais tem provocado severas perdas ecológicas, comprometendo serviços ecossistêmicos essenciais. Diante desse cenário, estratégias de restauração baseadas em processos naturais vêm ganhando destaque, como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Este estudo apresenta os avanços do Projeto de Restauo Fluvial, que há uma década implementa inserção estratégica de troncos de madeira para restaurar a estrutura hidrogeomorfológica e a funcionalidade ecológica de rios degradados nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Os estudos foram realizados utilizando delineamento BACI, através de indicadores como heterogeneidade do substrato, comunidade de macroinvertebrados bentônicos e abundância de peixes. Os resultados demonstram aumento de até 58% na diversidade de tipos de substrato e incrementos significativos na abundância de organismos EPT (até 530%), refletindo a melhoria da qualidade do habitat e da integridade ecológica. A maior complexidade do leito fluvial favoreceu também a presença de espécies de peixes típicas da ictiofauna nativa, evidenciando o potencial das estruturas de madeira em promover zonas de refúgio, alimentação e reprodução. A abordagem apresenta elevada replicabilidade, baixo custo relativo e compatibilidade com os princípios das SbN, estando alinhada às diretrizes globais de restauração de ecossistemas. Os resultados sustentam a efetividade da técnica na promoção da resiliência ecológica e reafirmam seu valor como ferramenta estratégica para a restauração de rios tropicais.

1) Afiliação: Aplysia Assessoria e Consultoria

**Palavras-Chave** – Restauração fluvial; Biodiversidade aquática; Troncos de madeira

## INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos hídricos é um dos mais importantes desafios ambientais atuais, tanto para ecossistemas aquáticos e terrestres quanto para as comunidades humanas. No Brasil, a degradação ocorre através da perda de habitats naturais, redução da biodiversidade e deterioração da qualidade da água (MELO et al. 2018; MELO et al. 2020; JUSTINO et al. 2024). As alterações na estrutura física do ambiente afeta diretamente a vida aquática ao diminuir a disponibilidade de habitats para peixes e demais populações. Essa escassez de habitats contribui para o declínio populacional das espécies e o desequilíbrio dos ecossistemas fluviais (ZHAO et al, 2019; SOUKUP et al. 2022; MOI et al. 2024; ).

As causas desses processos decorre de múltiplos fatores, como poluição industrial, desmatamento, mineração e práticas inadequadas de uso do solo (GEIST; HAWKINS, 2016; KAHLON et al. 2018). Nesse contexto, torna-se urgente a implementação de estratégias eficazes de conservação e restauração fluvial. Essas estratégias são fundamentais para a preservação da biodiversidade e da qualidade da água, e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos indispensáveis ao bem-estar humano. Entre essas abordagens, destacam-se as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), que se fundamentam na utilização de materiais e processos naturais como instrumentos para mitigar impactos e restaurar ecossistemas degradados (ALBERT et al. 2021).

Em regiões temperadas da Europa e América do Norte, a utilização estratégica de troncos de madeira e galhos na restauração e gestão de rios possui histórico consolidado. Estudos evidenciaram que troncos de madeira desempenha papel fundamental na formação de estruturas hidrogeomorfológicas, como remansos e escadas (*step-pool*), que são essenciais para a estabilidade do canal e para a biodiversidade aquática, fornecendo habitat e abrigo para diversas espécies (RONI et al, 2015; SCHALKO et al. 2021; CAMPAGNOLO et al. 2024).

O uso de madeira como instrumento de engenharia ecológica configura-se como uma prática consolidada no escopo das SbN, com robusta base científica e eficácia comprovada na restauração de processos hidrogeomorfológicos e ecológicos (NORMAN, 2022; ALBERT et al. 2021; KEECH et al. 2023; BIANCIARDI et al. 2023). No entanto, apesar dos avanços observados em zonas temperadas, ainda existem lacunas no conhecimento quanto à eficácia e aplicabilidade dessas técnicas em rios tropicais, como os encontrados no Brasil.

A adaptação dessas práticas para o contexto brasileiro, com suas particularidades ambientais e sociais, é um desafio atual que vem sendo desenvolvido pela empresa Aplysia, através do Projeto de Restauo Fluvial, que busca integrar conhecimentos internacionais às condições locais para promover a renaturalização dos rios brasileiros. O projeto fundamenta-se no princípio de potencializar a capacidade intrínseca de regeneração dos ecossistemas aquáticos. Para acelerar estes processos naturais, são implementadas estruturas de madeira (troncos e galhos), fixadas no leito do rio para garantir estabilidade e durabilidade (PINTO et al., 2017; FURLEY et al., 2022).

Os resultados dessas intervenções ao longo dos anos indicaram melhorias significativas no restabelecimento de sistemas mais dinâmicos e funcionais, que sustentam os ambientes aquáticos. Esta recuperação estrutural está associada a melhoria da complexidade física do canal e ao retorno e crescimento de populações de peixes e macroinvertebrados bentônicos.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar os avanços alcançados nos últimos dez anos na restauração de rios degradados, com ênfase na utilização de troncos de madeira como

uma solução baseada na natureza para a promoção da resiliência hidrogeomorfológica e ecológica em ecossistemas fluviais tropicais.

## METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em quatro áreas distintas de intervenção nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, contemplando trechos de rios impactados por processos históricos de degradação ambiental. A implementação das ações de renaturalização teve como foco a reconfiguração física dos canais fluviais. As intervenções abrangeram aproximadamente 4 km de extensão fluvial, nos quais foram instaladas diferentes tipos de estruturas de renaturalização, cada uma selecionada com base em critérios técnicos, ambientais e ecológicos específicos para cada trecho. A Tabela 1 apresenta a relação das estruturas de renaturalização utilizadas durante a execução do projeto.

Tabela 1 – Estruturas de madeira implementadas no Projeto de Restauro Fluvial.

Tipo de Estrutura	Objetivo	Materiais utilizados
Flexível	Criação de habitats e complexidade de fluxo.	Tronco (diâmetro ~30 cm); feixes de galhos e folhas.
“D”	Criação de zonas deposicionais, áreas de remansos e complexidade de fluxo.	Estacas (4 a 10 cm de diâmetro); feixes de galhos e folhas.
Rígida	Criação de habitats e complexidade de fluxo.	Tronco (diâmetro ~30 cm).
Tronco submerso	Aprimorar sequências pool-riffle (poça-corredeira).	Tronco 1,5 m (diâmetro ~30 cm).
Feixes de capim	Redução do fluxo a jusante e criação de habitats.	Estacas de madeira e feixes de <i>Pennisetum purpureum</i> .
Árvores LWD (Large Woody Debris)	Criação de habitats e complexidade de fluxo.	Troncos de 3-6 m posicionados na margem do rio fixados com estacas de madeira e cordas de sisal.
Triângulo	Criação de habitats e complexidade de fluxo.	Composta por três (3) troncos formando um triângulo isósceles. Diâmetro de 0,3 m e comprimento de 2,0 m.
Estrutura em “C”	Criação de habitats e áreas de remanso.	Estacas de madeira e feixes de <i>Pennisetum purpureum</i> .

O projeto foi desenvolvido com base no delineamento experimental BACI (*Before-After-Control-Impact*) (FRIBERG et al., 2014; HÖCKENDORFF et al., 2014), que contempla a avaliação de parâmetros ecológicos antes e após a intervenção, incorporando trechos controle, que corresponde a uma área localizada no mesmo rio onde não foram realizadas intervenções de renaturalização, sendo utilizado como base para diferenciar os efeitos das ações implementadas das variações naturais do ecossistema.

Para a avaliação da resposta ecológica às intervenções, foram definidos como principais indicadores: (i) a heterogeneidade do substrato, entendida como a variação na composição e distribuição dos materiais que formam o leito do rio; (ii) a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos; e (iii) a abundância de peixes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no Projeto de Restauro Fluvial evidenciam avanços expressivos em diversos indicadores ecológicos. Os dados quantitativos indicam um aumento de até 44% na riqueza de substrato no primeiro ano após as intervenções, alcançando até 58% ao final de quatro anos. A inserção das estruturas promove maior diversidade de microhabitats, incluindo áreas de remanso, bancos de sedimentos diferenciados e variações na profundidade e na velocidade do fluxo de água. Essas alterações físicas contribuem para a restauração ecológica, uma vez que ampliam os nichos ecológicos para diversas espécies aquáticas (RONI et al. 2015; PILOTTO et al. 2016; WOHL; IROUMÉ, 2021).

A heterogeneidade hidromorfológica resultante dessa intervenção favorece os processos ecológicos, como a retenção e acumulação de matéria orgânica, que serve como fonte de alimento para consumidores primários e decompositores; a ciclagem de nutrientes, promovida pela interação entre os organismos aquáticos e o substrato; e a criação de condições favoráveis para a reprodução da biota, que dependem de estruturas físicas específicas para abrigo e desova (MAGLIOZZI et al. 2020; CASHMAN et al. 2021; VERDONSCHOT; VERDONSCHOT, 2024).

Além disso, a maior heterogeneidade gerada pelos troncos de madeira contribui para a estabilidade dos sedimentos, reduzindo processos erosivos locais e promovendo o acúmulo de matéria particulada, o que melhora a qualidade da água e os habitats associados (WOHL; SCOTT, 2016). Por meio dessas alterações, a restauração promove um ambiente mais dinâmico e resiliente, fundamental para a manutenção da biodiversidade e das funções ecológicas dos ecossistemas fluviais (THOMPSON et al., 2017).

A maior complexidade do habitat proporcionada pelos troncos de madeira resultou em respostas ecológicas significativas na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, com aumentos expressivos tanto na diversidade quanto na abundância desses organismos. As análises indicaram melhorias em grupos bioindicadores reconhecidos por sua sensibilidade ambiental, como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), cuja presença é diretamente associada à qualidade da água e à integridade ecológica dos sistemas lóticos. Em áreas com menor grau de impacto ambiental, a abundância de macroinvertebrados aquáticos duplicou no período de um ano após a implementação das intervenções de restauração.

No curto prazo (um ano após a instalação das estruturas), observou-se um incremento de até 530% na abundância total de organismos EPT e um aumento de 29% na diversidade taxonômica. A longo prazo (quatro anos após a intervenção), a tendência positiva se manteve, com aumento de até 54% na abundância desses grupos, o que evidencia a consolidação de processos de colonização, estabelecimento e estabilização dessa comunidade.

Essa resposta biológica está intrinsecamente relacionada ao aumento da disponibilidade de microhabitats e substratos, proporcionados pelas alterações na estrutura física do leito fluvial e maior retenção de matéria orgânica particulada (ALLAN; CASTILLO, 2007). A madeira introduzida atua como substrato físico que aumenta a complexidade do ambiente, proporcionando locais de abrigo, alimentação e reprodução para diferentes táxons de macroinvertebrados. Essa variabilidade possibilita a colonização de grupos funcionais distintos, como filtradores, coletores, raspadores,

fragmentadores e predadores, que se sucedem temporalmente conforme o processo de colonização avança (CARVALHO; UIEDA, 2004). Estudos demonstram que os primeiros colonizadores geralmente são filtradores e coletores, seguidos por predadores e outros grupos, refletindo a complexidade funcional e a maturação da comunidade bentônica ao longo do tempo (PRINCIPE; CORIGLIANO, 2006; ILMÍ et al. 2023).

A consolidação da colonização ocorre quando há um equilíbrio dinâmico entre imigração, recrutamento local e persistência das populações, o que depende tanto da qualidade do habitat quanto da conectividade ecológica com fontes de dispersão regional (CARVALHO; UIEDA, 2004). A persistência dos grupos bioindicadores, como EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), ao longo do tempo é especialmente indicativa do sucesso da restauração, pois esses organismos apresentam exigências ecológicas mais restritas e são sensíveis a variações na qualidade da água e do habitat (BONADA et al., 2006).

No contexto dos ecossistemas tropicais, os processos de colonização tendem a ocorrer com relativa rapidez devido à alta produtividade. No entanto, a consolidação ecológica, caracterizada por uma comunidade funcionalmente estável, requer um período mais prolongado, durante o qual se observa o aumento da diversidade beta, a redução da dominância de espécies tolerantes e a reestruturação das interações tróficas (MALMQVIST, 2002; MERRITT et al., 2019).

Em relação à ictiofauna, nos trechos com menor grau de impacto ambiental, observou-se um aumento de até 56% na abundância de peixes no período de um ano após a implementação das ações de restauração. No entanto, em trechos mais impactados, embora os aumentos expressivos na abundância total de peixes ainda não tenham sido plenamente consolidados no curto prazo, observou-se uma tendência positiva nos trechos renaturalizados, com destaque para a maior abundância de espécies como *Astyanax aff. scabripinnis*, *Hoplias intermedius*, *Rhamdia aff. quelen* e *Geophagus brasiliensis*, em comparação aos trechos controle. Esses resultados estão associados às alterações estruturais promovidas pelos troncos de madeira, que favorecem a formação de zonas de baixa velocidade de corrente (remansos), criam variações na profundidade e aumentam a complexidade do leito, resultando em uma maior quantidade de habitats disponíveis (RONI et al., 2015).

A presença dessas zonas de baixa velocidade é particularmente importante para a fase juvenil dos peixes, pois oferece áreas de refúgio contra predadores e contra o estresse hidráulico, além de representar ambientes propícios à alimentação e ao crescimento (LOVE et al. 2016; CHEMAGIN et al. 2025). Além disso, as estruturas de madeira promovem o acúmulo de matéria orgânica e a deposição de detritos, aumentando a disponibilidade trófica, com maior abundância de macroinvertebrados bentônicos, importantes itens alimentares para muitas espécies de peixes (ANGERMEIER; KARR, 1984; HILDEBRAND, et al. 1997; ).

Outro aspecto importante é a função dos troncos como substratos e abrigos utilizados diretamente por algumas espécies para a desova, ou indiretamente pela criação de microhabitats que favorecem o desenvolvimento dos ovos e larvas, ampliando o sucesso reprodutivo e a sobrevivência dos estágios iniciais (ENEFALK; BERGMAN, 2015). Esses processos contribuem para a estabilização e o incremento populacional ao longo do tempo, ainda que as respostas não sejam imediatas. Portanto, o aumento observado na abundância de peixes, ainda que parcial, representa uma resposta ecológica coerente com os efeitos esperados de intervenções baseadas em heterogeneização física do habitat (RONI et al., 2015).

A aplicação de troncos de madeira como ferramenta de restauração ecológica representa uma estratégia eficaz de Soluções baseadas na Natureza (SbN), caracterizada por sua simplicidade operacional, baixo custo relativo e alta replicabilidade em diferentes contextos ecológicos. Essa abordagem está alinhada com os princípios estabelecidos pelas Soluções baseadas na Natureza



definidos por Cohen-Shacham et al. (2016), os quais enfatizam a utilização de mecanismos ecológicos naturais para enfrentar desafios socioambientais de forma integrada, adaptativa e sustentável. Tal estratégia apresenta potencial para ampla aplicabilidade e contribui diretamente para o cumprimento das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os ODS 6 (metas 6.3 e 6.6) e 15 (meta 15.1).

A prática também está alinhada às metas da Década das Nações Unidas para a Restauração de Ecossistemas, que incentiva intervenções restaurativas com base em evidências científicas, participação local e benefícios múltiplos para a natureza e a sociedade. Além disso, em função de seu caráter inovador e dos resultados positivos já observados, o Projeto de Restauro Fluvial alcançou projeção internacional, sendo reconhecido pelo *BRICS Solutions for SDGs Awards* em 2021

## CONCLUSÃO

A utilização de troncos de madeira como ferramenta de restauração em rios degradados se confirma como uma abordagem eficiente para a reabilitação de processos hidrogeomorfológicos e ecológicos em ecossistemas tropicais. Ao promover modificações estruturais no leito fluvial, a técnica promove a formação de habitats complexos e variados, condição essencial para o restabelecimento da dinâmica natural dos cursos d'água e para a sustentação da biota aquática.

Os dados obtidos ao longo do Projeto de Restauro Fluvial demonstram que intervenções simples, inspiradas na própria lógica de funcionamento dos ecossistemas, são capazes de restaurar atributos ecológicos com eficiência. O aumento na diversidade e abundância de macroinvertebrados sensíveis e o surgimento de respostas positivas na comunidade de peixes revelam a efetividade das intervenções em restituir condições adequadas para a colonização, reprodução e desenvolvimento das espécies nativas.

Nesse contexto, a inserção de troncos de madeira é uma alternativa viável e estratégica no contexto das Soluções Baseadas na Natureza, por reunir simplicidade técnica, custo relativamente reduzido e adaptabilidade a diferentes realidades ecológicas. Sua adoção amplia as abordagens de restauração fluvial, favorecendo intervenções mais sustentáveis. Assim, essa prática contribui não apenas para a recuperação funcional dos sistemas fluviais tropicais, mas também para o alcance de metas globais de conservação.

## REFERÊNCIAS

- ALLAN, J.C.; CASTILLO, M.M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of Running Waters*. 2nd ed., Dordrecht: Springer.
- ALBERT, C.; HACK, J.; SCHMIDT, S.; SCHRÖTER, B. (2021). *Planning and governing nature-based solutions in river landscapes: Concepts, cases, and insights*. *Ambio*, 50, pp.1405–1413.
- ANGERMEIER, P.L.; KARR, J.R. (1984). *Relationships between Woody Debris and Fish Habitat in a Small Warmwater Stream*. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113(6), pp.716-726.
- BIANCIARDI, A.; BECATTINI, N.; CASCINI, G. (2023). *How would nature design and implement nature-based solutions?* *Nature-Based Solutions*, 3, pp. 100047.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.H.; STATZNER, B. (2006). *Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches*. *Annual Review of Entomology*, 51, p.p495-523

- CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M.; FAGUNDES, M.R.; MENEZES, D.; IROUMÉ, A.; MICHEL, G.P.; RODRIGUES, M.F. (2024). *Influence of large wood dynamics on flow and channel morphology in a forest stream*. *Geomorphology*, 459, pp.109268.
- CARVALHO, E.M.; UIEDA, V.S. (2004). Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2), p.287-293.
- CASHMAN, M.J.; HARVEY, G.L.; WHARTON, G. (2020). *Structural complexity influences the ecosystem engineering effects of in-stream large wood*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(10), pp.1863-2123.
- COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN, pp.97.
- CHEMAGIN, A.A.; POPOVA, E.I.; SCHLETTER, M. (2025). *Effects of Flow Velocity on the Dynamics of Juvenile Fish Habitats in River Meanders of the Irtys River*. *Diversity*, 17(1).
- ENEFALK, A.; BERGMAN, E. (2015). *Effect of fine wood on juvenile brown trout behaviour in experimental stream channels*. *Ecology of Freshwater Fish*,
- FURLEY, T.H.; CALADO, S.L.M.; MENDES, L.B.; CHAGAS, K.R.; ANDRADE, D.P.; BARBIERO, D.C.; ALVES, C.B.M.; IVO, P.; RIBEIRO-FILHO, P.S.M.; NIENCHESKI, L.F.H. (2022). *Short-term hydromorphological and ecological responses of using woody structures for river restoration in a tailing-impacted tropical river*. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 0, pp.1–15.
- FRIBERG, N.; BAATTRUP-PEDERSEN, A.; KRISTENSEN, E.; KRONVANG, B.; LARSEN, S. E.; PEDERSEN, M. L.; SKRIVER, J.; THODSEN, H.; WIBERGLARSEN. (2014). *The river Gelså restoration revisited: Habitat specific assemblages and persistence of the macroinvertebrate community over an 11-year period*. *Ecological Engineering*, 66, pp.150.
- GEIST, J.; HAWKINS, S.J. (2016). *Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: current progress and future challenges*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26, pp.942-962.
- HILDERBRAND, R.H.; LEMLY, A.D.; DOLLOFF, C.A.; HARPSTER, K.L. (1997). *Effects of large woody debris placement on stream channels and benthic macroinvertebrates*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, pp.931-939.
- HÖCKENDORFF, S.; TONKIN, J.D.; HAASE, P.; BUNZEL-DRÜKE, M.; ZIMBALL, O.; SCHARF, M.; STOLL, S. (2017). *Characterizing fish responses to a river restoration over 21 years based on species' traits*. *Conservation Biology*, 31, pp.1098-1108.
- ILMI, F.; MUNTALIF, B.; CHAZANAH, N.; SARI, N.E.; BAGASKARA, S.W. (2023). *Benthic macroinvertebrates functional feeding group community distribution in rivers connected to reservoirs in the midstream of Citarum River, West Java, Indonesia*. *Biodiversitas*, 24(3), pp.1773-1784.
- JUSTINO, S.T.P.; SILVA, R.B.; GUERRINI, I.A.; SILVA, R.B.G.; SIMÕES, D. (2024). *Monitoring Environmental Degradation and Spatial Changes in Vegetation and Water Resources in the Brazilian Pantanal*. *Sustainability*, 17(1), pp.1-23.
- KAHLON, S.K.; SHARMA, G.; JULKA, J.M.; KUMAR, A.; SHARMA, S.; STADLER, F.J. (2018). *Impact of heavy metals and nanoparticles on aquatic biota*. *Environmental Chemistry Letters*, 16, pp.919-946.

- KEECH, D.; CLARKE, L.; SHORT, C. (2023). *Nature-based solutions in flood risk management: Unlocking spatial, functional and policy perceptions amongst practitioners in South-West England*. Nature-Based Solutions, 4, pp. 100096.
- LOVE, S.A.; PHELPS, Q.E.; TRIPP, S.J.; HERZOG, D.P. (2016). *The Importance of Shallow-Low Velocity Habitats to Juvenile Fish in the Middle Mississippi River*. River Research and Applications, 33(3), pp.321-327.
- MALMQVIST, B. (2002) *Aquatic invertebrates in riverine landscapes*. Freshwater Biology, 47, pp.679-694.
- MAGLIOZZI, C.; MEYER, A.; USSEGLIO-POLATERA, P.; ROBERTSON, A.; GRABOWSKI, R.C. (2020). Investigating invertebrate biodiversity around large wood: taxonomic vs functional metrics. Aquatic Sciences, 82(69), pp.1-13.
- MELO, K.; VALENTE, R.A.; RANDHIR, T.O.; VETTORAZZI, C.A. (2018). *Impacts of tropical forest over on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil*. Ecological Indicators, 93, pp.1293-1301.
- MELO, K.; TANIWAKI, R.H.; PAULA, F.R.; VALENTE, R.A.; RANDHIR, T.O.; MACEDO, D.R.; LEAL, C.G.; RODRIGUES, C.B.; HUGHES, R.M. (2020). *Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil*. Journal of Environmental Management, 270, pp.110879.
- MERRIT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B. (2019). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque: Kendal/ Hunt Publication Company, pp.1498.
- MOI, D.A.; KAUFMANN, P.R.; RIATO, L.; ROMERO, G.Q.; KRATINA, P.; MELLO, F.T.; HUGHES, R.M. (2024). *Habitat Diversity Mitigates the Impacts of Human Pressure on Stream Biodiversity*. Global Change Biology, 30(10), pp.17534.
- NORMAN, L.M. (2022). *Commentary: Dryland watershed restoration with rock detention structures: A nature-based solution to mitigate drought, erosion, flooding, and atmospheric carbon*. Frontiers in Environmental Science, 10, pp. 853684
- PILOTTO, F.; HARVEY, G.L.; WHARTON, G.; PUSCH, M.T. (2016). *Simple large wood structures promote hydromorphological heterogeneity and benthic macroinvertebrate diversity in low-gradient rivers*. Aquatic Sciences, 78, pp.755-766.
- PINTO, C.F.; AGRA, J.U.M.; FURLEY, T.H. (2017). *Uso da madeira de eucalipto na recuperação de rios: Projeto Renaturalize*. O Papel, 78(8), pp.106-113.
- PRINCIPE, R.E.; CORIGLIANO, M.C. (2006). *Benthic, drifting and marginal macroinvertebrate assemblages in a lowland river: temporal and spatial variations and size structure*. Hydrobiologia, 553, pp.303-317.
- RONI, P.; BEECHIE, T.; PESS, G.; HANSON, K. (2015). *Wood placement in river restoration: fact, fiction, and future direction*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72(3), pp.466-478.
- SCHALKO, I.; WOHL, E.; NEPF, H.M. (2021). *Flow and wake characteristics associated with large wood to inform river restoration*. Nature: Scientific Reports, 11, pp.8644.
- SOUKUP, P.R.; NÄSLUND, J.; HÖJESJÖ, J.; BOUKAL, D.S. (2022). *From individuals to communities: Habitat complexity affects all levels of organization in aquatic environments*. WIREs Water, 2, pp.1557.



THOMPSON, M.S.A.; BROOKS, S.J.; SAYER, C.D.; WOODWARD, G.; AXMACHER, J.C.; PERKINS, D.M.; GRAY, C. (2017). *Large woody debris “rewilding” rapidly restores biodiversity in riverine food webs*. Journal of Applied Ecology, 55(2), pp.461-1040.

VERDONSCHOT, P.F; VERDONSCHOT, R.C.M. (2024). *Ecological Functions and Management of Large Wood in Fluvial Systems*. Current Forestry Reports, 10, pp. 39,55.

WOHL, E.; IROUMÉ, A. (2021). *Introduction to the Wood in World Rivers special issue*. Earth Surf Process Landforms, pp.1-6.

WOHL, E.; SCOTT, D.N. (2016). *Wood and sediment storage and dynamics in river corridors*. Earth Surface Processes and Landforms, 42(1), pp.1-241.

ZHAO, C.S.; YANG, Y.; YANG, S.T.; XIANG, H.; WANG, F.; CHEN, X.; ZHANG, H.M.; YU, Q. (2019). *Impact of spatial variations in water quality and hydrological factors on the food-web structure in urban aquatic environments*. Water Research, 153, pp.121-13.