

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 19/02/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU**

Tese de Doutorado

**IMPACTOS DE DIFERENTES TIPOS DE
MONOCULTURA SOBRE AS COMUNIDADES DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E
PEIXES DE RIACHOS**

PEDRO SARTORI MANOEL

BOTUCATU – SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

IMPACTOS DE DIFERENTES TIPOS DE MONOCULTURA
SOBRE AS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS E PEIXES DE RIACHOS

Pedro Sartori Manoel

Orientadora: Profa. Adj. Virgínia Sanches Uieda

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campûs de Botucatu, SP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas – Área de concentração: Zoologia.

BOTUCATU – SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Manoel, Pedro Sartori.

Impactos de diferentes tipos de monocultura sobre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes de riachos / Pedro Sartori Manoel. - Botucatu, 2020

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Virginia Sanches Uieda

Capes: 20502001

1. Macroinvertebrados bentônicos. 2. Ictiofauna.
3. Cana-de-açúcar - Cultivo. 4. Eucalipto - Cultivo.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Citros; Eucalipto; Ictiofauna; Rede trófica.

Dedico este trabalho aos meus pais Luis e Beatriz, e à minha avó Felicia, por todo o amor, carinho e suporte em meus estudos.

AGRADECIMENTOS

À professora Virgínia Sanches Uieda, por todos os ensinamentos, esforços e paciência ao longo desses oito anos trabalhando juntos. O seu grande exemplo de dedicação e ética foram determinantes para o meu crescimento profissional.

À minha esposa Carolina de Campos Tornich Manoel, por todo companheirismo, amor e paciência que foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos técnicos Hamilton Antonio Rodrigues e Silvio César de Almeida por todo o companheirismo, apoio e dedicação nas coletas e análises laboratoriais.

Aos meus colegas de laboratório Ana Liz Uchida Melo, Fernando Portella Rodrigues de Arruda e Maria Inês Bulgari Alves pela ajuda nos trabalhos de campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida (Código de Financiamento 001).

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

RESUMO	1
---------------------	---

Capítulo 1 - Impactos de diferentes tipos de monocultura sobre a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes de riachos

Resumo.....	3
Introdução.....	4
Objetivo.....	7
Material e Métodos.....	7
Resultados.....	19
Discussão.....	31
Referências Bibliográficas.....	36
Anexos.....	42

Capítulo 2 - Impactos de diferentes tipos de monocultura sobre a estrutura trófica de comunidades de peixes de riachos

Resumo.....	48
Introdução.....	49
Objetivo.....	51
Material e Métodos.....	51
Resultados.....	55
Discussão.....	68
Referências Bibliográficas.....	73
Conclusões gerais	80

RESUMO

No Estado de São Paulo, o agronegócio vem se expandindo ao longo das últimas décadas, principalmente com o aumento de áreas de monocultura. Uma vez que os ambientes aquáticos possuem uma relação direta com o ambiente terrestre que o circunda, é necessário verificar quais os impactos dessas monoculturas sobre as dinâmicas ecológicas locais e como as comunidades aquáticas respondem a esses impactos. Sendo assim, nosso objetivo foi verificar como diferentes tipos de monocultura afetam a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes, e a estrutura trófica da ictiofauna de riachos. Para isso, comparamos as características ambientais, a estrutura destas comunidades e a estrutura trófica da ictiofauna em riachos de 1ª a 3ª ordem localizados em áreas de vegetação nativa e em áreas de monocultura de cana-de-açúcar, citros e eucalipto, todos pertencentes à bacia do rio Paranapanema, Sudeste do Brasil, na estação seca de 2016. Verificamos que as monoculturas alteram de forma semelhante as características físicas dos riachos, com diminuição do pH e do oxigênio dissolvido na água e aumento do fósforo total dissolvido na água e da quantidade de substrato fino presente no leito do riacho, em relação aos riachos localizados em fragmentos de vegetação nativa. Essas alterações nas características físicas, por sua vez, podem ter sido responsáveis por modificar a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, causando o desaparecimento de grupos sensíveis a impactos ambientais, porém não modificaram a estrutura das comunidades de peixes. A estrutura trófica da ictiofauna também não foi alterada, mantendo-se a ingestão tanto de itens de origem autóctone como alóctone nos riachos de monocultura e de vegetação nativa. Destacamos a importância de políticas públicas para a conservação de riachos localizados em áreas de monocultura e indicamos que algumas medidas, como restauração da vegetação ripária, plantio em curvas de nível e terraceamento, são fundamentais para a sua proteção.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, citros, eucalipto, ictiofauna, rede trófica.

CAPÍTULO 1

**IMPACTOS DE DIFERENTES TIPOS DE MONOCULTURA SOBRE A
ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS E PEIXES DE RIACHOS**

RESUMO

O agronegócio é uma das principais atividades econômicas do Brasil e vem se expandindo ao longo das últimas décadas, principalmente com o aumento de áreas de monocultura. Uma vez que os ambientes aquáticos possuem uma relação direta com o ambiente terrestre que o circunda, é imprescindível verificar os impactos de monoculturas sobre os corpos d'água adjacentes e, principalmente, como as comunidades aquáticas são afetadas. Sendo assim, nosso objetivo foi verificar os efeitos de diferentes tipos de monocultura sobre a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes de riachos. Para isso, comparamos na estação seca de 2016 as características ambientais e a estrutura destas comunidades de quatro riachos de 1ª a 3ª ordem localizados em áreas de vegetação nativa e quatro em cada um de três tipos de monocultura (cana-de-açúcar, citros e eucalipto), todos pertencentes à bacia do Rio Paranapanema, Sudeste do Brasil. Verificamos valores mais baixos de pH e oxigênio dissolvido e valores mais altos de fósforo total e substrato fino nos riachos de monocultura quando comparados aos riachos de vegetação nativa, sendo que esses valores se relacionaram com uma baixa abundância de grupos de macroinvertebrados mais sensíveis a impactos ambientais. Porém, não constatamos diferenças nas comunidades de peixes e nem na sua relação com as diferentes características ambientais observadas ao comparar riachos de monocultura e vegetação nativa. Também não observamos diferenças entre os três tipos de monocultura com relação às características ambientais e à estrutura das comunidades animais. Discutimos a importância de políticas públicas para a conservação de riachos localizados em áreas de

monocultura, sendo que algumas medidas, como restauração da vegetação ripária, plantio em curvas de nível e terraceamento, podem ser fundamentais para a sua proteção, principalmente de sedimentos e insumos químicos que afetam diretamente as comunidades de macroinvertebrados.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, citros, eucalipto, ictiofauna, insetos aquáticos.

INTRODUÇÃO

Mudanças no uso do solo causadas pela agricultura tem se tornado motivo de grande preocupação e desafio entre cientistas de todo o mundo. Tais mudanças, cujos objetivos são aumentar a oferta de recursos para a humanidade, prejudicam potencialmente a capacidade dos ecossistemas de sustentar a produção de alimentos, manter os recursos hídricos e florestais e regular o clima e a qualidade do ar (Ojima *et al.*, 1994; Foley, 2005; Lambin & Geist, 2006). Os ambientes de água-doce são extremamente afetados pela agricultura, uma vez que essa é responsável por cerca de 85% do uso global de água-doce e também causa degradação da qualidade da água devido ao aumento na concentração de químicos e sedimentos (Foley *et al.*, 2005).

O Brasil possui grande parte de sua economia baseada no agronegócio. Em 2017, cerca de 21,6% de seu PIB (produto interno bruto) vem desse setor, do qual 70% é composto pelo ramo agrícola (CEPEA, 2018). No Estado de São Paulo, o mais populoso e rico do país, o agronegócio é uma das principais atividades econômicas e, ao longo das últimas décadas, vem se expandindo, principalmente com o aumento de áreas de monocultura. Aproximadamente 40% do território do Estado de São Paulo é ocupado por lavouras temporárias e permanentes ou silvicultura, sendo que, desta área, cerca de 57%

é ocupada por cana-de-açúcar, 10% por eucalipto e 4% por citros (IBA, 2017; IBGE, 2018).

Embora o termo “monocultura” seja utilizado igualmente para diferentes tipos de plantações, cada uma possui características próprias. Por exemplo, a cultura de cana-de-açúcar é anual, com alto consumo de nutrientes do solo e alto consumo hídrico, uma vez que aproximadamente 70% da sua massa fresca é composta por água (Dalri & Cruz, 2008). A citricultura é perene, com elevado uso de defensivos agrícolas, principalmente inseticidas e acaricidas, baixo consumo de nutrientes do solo e consumo moderado de água (Neves *et al.*, 2010). A cultura de eucalipto possui rotatividade de sete anos, baixo consumo de nutrientes do solo e alto consumo hídrico (Vital, 2007). Essas atividades agrícolas causam diversos impactos negativos nas propriedades do solo, como alterações na sua compactação, umidade, pH e quantidade de matéria orgânica. Além disso, a magnitude e a direção desses impactos dependem de diversos fatores, como tipo de solo, cultivo e sistema de manejo utilizado (Scott & Wood, 1989).

Diversos estudos vêm mostrando os efeitos negativos causados pelas monoculturas na fauna terrestre local e de ambientes adjacentes. Destacam-se Rands & Whitney (2010) que discutem como as monoculturas podem afetar diretamente o comportamento e preferências de forrageamento de polinizadores de locais adjacentes, e Correa *et al.* (2015) e Sreekar *et al.* (2016) que encontraram metade da riqueza de anuros e aves, respectivamente, em áreas de monocultura quando comparado a locais florestados próximos. Além disso, para mamíferos, Iezzi *et al.* (2018) encontraram uma menor riqueza em áreas de monocultura e áreas florestadas adjacentes quando comparada a áreas florestadas mais distantes e Magioli *et al.* (2019) constataram alterações no uso do habitat e na estrutura trófica em locais próximos à monoculturas quando comparadas à áreas preservadas.

Uma vez que os ambientes aquáticos possuem uma relação direta com o ambiente terrestre que o circunda, mudanças nas características físicas de seu entorno podem causar diversos impactos, principalmente em riachos de pequeno porte que são altamente vulneráveis a ações antrópicas (Wantzen *et al.*, 2008). Nesses ambientes, a manutenção de largas extensões de vegetação ripária é fundamental para a sua preservação, pois serve como barreira física, reduzindo a entrada de sedimentos, fertilizantes e pesticidas que são carregados pela chuva ou pela água de irrigação das plantações (Chapman & Chapman, 2002; Pusey & Arthington, 2003; Dosskey *et al.*, 2010). Essa vegetação também serve como fonte de energia e abrigo para as comunidades aquática, devido à entrada de material alóctone, como folhas, galhos e troncos (Casatti *et al.*, 2012).

A redução das extensões da vegetação ripária pode afetar direta ou indiretamente as comunidades animais de riachos adjacentes. O assoreamento do leito desses riachos pode gerar grande perda na heterogeneidade espacial e na oferta de recursos, como abrigo e alimento, podendo causar a longo prazo a extinção local de espécies que dependem do substrato rochoso para reprodução e alimentação e espécies nectônicas que requerem um volume mínimo de água para forragear (Rabeni & Smale, 1995). Além disso, a eutrofização resultante da entrada no riacho de substâncias químicas provenientes de fertilizantes, como fósforo e nitrogênio, pode causar o aumento das taxas de produção primária local, que, por sua vez, pode alterar toda a dinâmica trófica do ecossistema em um efeito cascata (Elwood *et al.*, 1981).

Embora as monoculturas sejam fundamentais para a economia e criação de empregos no Brasil, é necessário verificar quais os seus impactos sobre os corpos d'água adjacentes e, principalmente, como as comunidades aquáticas respondem a esses

impactos. Assim, mais estudos desta natureza são fundamentais para embasar ações de manejo ambiental que visem a preservação dos sistemas hídricos como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abelha, M. C. F., E. Goulart, E. A. L. Kashiwaqui, & M. R. Silva, 2006. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados Reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. *Neotropical Ichthyology* 4: 349–356.
- Azevedo-Santos, V. M., P. M. Fearnside, C. S. Oliveira, A. A. Padial, F. M. Pelicice, D. P. Lima, D. Simberloff, T. E. Lovejoy, A. L. B. Magalhães, M. L. Orsi, A. A. Agostinho, F. A. Esteves, P. S. Pompeu, W. F. Laurance, M. Petreere, R. P. Mormul, & J. R. S. Vitule, 2017. Removing the abyss between conservation science and policy decisions in Brazil. *Biodiversity and Conservation* 26: 1745–1752.
- Baker, R., A. Buckland, & M. Sheaves, 2014. Fish gut content analysis: robust measures of diet composition. *Fish and Fisheries* 15: 170–177.
- Batagelj, V., & A. Mrvar, 2019. Pajek: Programs for Analysis and Visualization of Very Large Networks. European Consortium of Political Research, Ljubljana, Slovenia, <http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>.
- Blüthgen, N., F. Menzel, & N. Blüthgen, 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6: 9.
- Bolnick, D. I., T. Ingram, W. E. Stutz, L. K. Snowberg, O. L. Lau, & J. S. Paull, 2010. Ecological release from interspecific competition leads to decoupled changes in population and individual niche width. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277: 1789–1797.
- Boyero, L., A. Ramirez, D. Dudgeon, & R. G. Pearson, 2009. Are tropical streams really different? *Journal of the North American Benthological Society* 28: 397–403.

- Carvalho, E., & V. Uieda, 2010. Input of litter in deforested and forested areas of a tropical headstream. *Brazilian Journal of Biology* 70: 283–288.
- Casatti, L., 2002. Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 2: 1–14.
- Casatti, L., 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. *Biota Neotropica* 10: 31–34.
- Castillo, M. M., H. Morales, E. Valencia, J. J. Morales, & J. J. Cruz-Motta, 2012. The effects of human land use on flow regime and water chemistry of headwater streams in the highlands of Chiapas. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 9.
- Castro, D. M. P., D. Reis de Carvalho, P. D. S. Pompeu, M. Z. Moreira, G. B. Nardoto, & M. Callisto, 2016. Land use influences niche size and the assimilation of resources by benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. *PLOS ONE* 11: e0150527.
- Castro, R. M. C., L. Casatti, H. F. Santos, K. M. Ferreira, A. C. Ribeiro, R. C. Benine, G. Z. P. Dardis, A. L. A. Melo, R. Stopiglia, T. X. Abreu, F. A. Bockmann, M. Carvalho, F. Z. Gibran, & F. C. T. Lima, 2003. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do rio Paranapanema, Sudeste e Sul do Brasil. *Biota Neotropica* 3: 1–31.
- Castro, R. M. C., L. Casatti, H. F. Santos, A. L. A. Melo, L. S. F. Martins, K. M. Ferreira, F. Z. Gibran, R. C. Benine, M. Carvalho, A. C. Ribeiro, T. X. Abreu, F. A. Bockmann, G. Z. Pelção, R. Stopiglia, & F. Langeani, 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do Rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 4: 01–39.

- Ceneviva-Bastos, M., L. Casatti, & V. S. Uieda, 2012. Can seasonal differences influence food web structure on preserved habitats? Responses from two Brazilian streams. *Community Ecology* 13: 243–252.
- Costa, M. S., & W. S. Smith, 2019. Population structure and natural diet of *Astyanax cf. paranae* Eigenmann 1914 a typical species of neotropical headwaters streams. *Acta Scientiarum* 41: e45400.
- Couto, T. B. d'Araújo, & P. D. P. U. de Aquino, 2011. Structure and integrity of fish assemblages in streams associated to conservation units in Central Brazil. *Neotropical Ichthyology* 9: 445–454.
- Dekar, M. P., D. D. Magoulick, & G. R. Huxel, 2009. Shifts in the trophic base of intermittent stream food webs. *Hydrobiologia* 635: 263–277.
- Ding, J., Y. Jiang, Q. Liu, Z. Hou, J. Liao, L. Fu, & Q. Peng, 2016. Influences of the land use pattern on water quality in low-order streams of the Dongjiang River basin, China: A multi-scale analysis. *Science of The Total Environment*. 551–552: 205–216.
- Dosskey, M. G., P. Vidon, N. P. Gurwick, C. J. Allan, T. P. Duval, & R. Lowrance, 2010. The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 46: 261–277.
- Doyle, M. W., 2006. A heuristic model for potential geomorphic influences on trophic interactions in streams. *Geomorphology* 77: 235–248.
- Esteves, K. E., & C. V. Alexandre, 2011. Development of an Index of Biotic Integrity Based on Fish Communities to Assess the Effects of Rural and Urban Land Use on a Stream in Southeastern Brazil. *International Review of Hydrobiology* 96: 296–317.

- Ferreira, A., F. R. Paula, S. F. Barros Ferraz, P. Gerhard, E. A. L. Kashiwaqui, J. E. P. Cyrino, & L. A. Martinelli, 2012. Riparian coverage affects diets of characids in neotropical streams. *Ecology of Freshwater Fish* 21: 12–22.
- Ferreira, C. P., L. Casatti, J. O. Zeni, & M. Ceneviva-Bastos, 2015. Edge-mediated effects of forest fragments on the trophic structure of stream fish. *Hydrobiologia* 762: 15–28.
- Ferreira, V., L. Boyero, C. Calvo, F. Correa, R. Figueroa, J. F. Gonçalves, G. Goyenola, M. A. S. Graça, L. U. Hepp, S. Kariuki, A. López-Rodríguez, N. Mazzeo, C. M'Erimba, S. Monroy, A. Peil, J. Pozo, R. Rezende, & F. Teixeira-de-Mello, 2019. A Global Assessment of the Effects of Eucalyptus Plantations on Stream Ecosystem Functioning. *Ecosystems* 22: 629–642.
- Fonseca, A. L. S., I. Bianchini, C. M. M. Pimenta, C. B. P. Soares, & N. Mangiavacchi, 2013. The flow velocity as driving force for decomposition of leaves and twigs. *Hydrobiologia* 703: 59–67.
- Frissell, C. A., W. J. Liss, C. E. Warren, & M. D. Hurley, 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10: 199–214.
- Fugère, V., A. Kasangaki, & L. J. Chapman, 2016. Land use changes in an afrotropical biodiversity hotspot affect stream alpha and beta diversity. *Ecosphere* 7: e01355.
- Giam, X., R. K. Hadiaty, H. H. Tan, L. R. Parenti, D. Wowor, S. Sauri, K. Y. Chong, D. C. J. Yeo, & D. S. Wilcove, 2015. Mitigating the impact of oil-palm monoculture on freshwater fishes in Southeast Asia. *Conservation Biology* 29: 1357–1367.
- Gonçalves, C. da S., F. M. de S. Braga, & L. Casatti, 2018. Trophic structure of coastal freshwater stream fishes from an Atlantic rainforest: evidence of the importance

- of protected and forest-covered areas to fish diet. *Environmental Biology of Fishes* 101: 933–948.
- Graça, M. A. S., J. Pozo, C. Canhoto, & A. Elosegí, 2002. Effects of eucalyptus plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. *The Scientific World Journal* 2: 1173–1185.
- IBGE, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://www.ibge.gov.br>.
- Knott, J., M. Mueller, J. Pander, & J. Geist, 2019. Effectiveness of catchment erosion protection measures and scale-dependent response of stream biota. *Hydrobiologia* Springer International Publishing 830: 77–92.
- Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, California.
- Lammert, M., & J. D. Allan, 1999. Assessing Biotic Integrity of Streams: Effects of Scale in Measuring the Influence of Land Use/Cover and Habitat Structure on Fish and Macroinvertebrates. *Environmental Management* 23: 257–270.
- Lecerf, A., & J. S. Richardson, 2010. Litter decomposition can detect effects of high and moderate levels of forest disturbance on stream condition. *Forest Ecology and Management* 259: 2433–2443.
- Lepori, F., D. Palm, & B. Malmqvist, 2005. Effects of stream restoration on ecosystem functioning: Detritus retentiveness and decomposition. *Journal of Applied Ecology* 42: 228–238.
- Luiza-Andrade, A., L. S. Brasil, N. L. Benone, Y. Shimano, A. P. J. Farias, L. F. Montag, S. Dolédec, & L. Juen, 2017. Influence of oil palm monoculture on the taxonomic and functional composition of aquatic insect communities in eastern Brazilian Amazonia. *Ecological Indicators* 82: 478–483.
- Momot, W. T., 1995. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Reviews in Fisheries Science* 3: 33–63.

- Moraes, A. B., A. E. Wilhelm, & L. Maltchik, 2014. Reduced riparian zone width compromises aquatic macroinvertebrate communities in streams of southern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 7063–7074.
- Oksanen, J., R. Kindt, P. Legendre, B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, & H. Wagner, 2013. *Vegan: community ecology package*. Version 2.4-3. R Project for statistical computing. Viena, Austria.
- R Development Core Team, 2016. *R: A language and environment for statistical computing*. .
- Rabeni, C. F., & M. A. Smale, 1995. Effects of siltation on stream fishes and the potential mitigating role of the buffering riparian zone. *Hydrobiologia* 303: 211–219.
- Santos, F. B., F. C. Ferreira, & K. E. Esteves, 2015. Assessing the importance of the riparian zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin, Southeast Brazil). *Environmental Biology of Fishes* 98: 1895–1912.
- Schlosser, I. J., 1991. *Stream Fish Ecology: A Landscape Perspective*. *BioScience* 41: 704–712.
- Stewart, J. S., L. Wang, J. Lyons, J. A. Horwath, & R. Bannerman, 2001. Influences of watershed, riparian-corridor, and reach-scale characteristics on aquatic biota in agricultural watersheds. *Journal of the American Water Resources Association* 37: 1475–1487.
- Tanaka, M. O., J. de F. Fernandes, C. M. Suga, F. Y. Hanai, & A. L. T. de Souza, 2015. Abrupt change of a stream ecosystem function along a sugarcane-forest transition: Integrating riparian and in-stream characteristics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 207: 171–177.

- Tanaka, M. O., A. L. T. de Souza, L. E. Moschini, & A. K. de Oliveira, 2016. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 216: 333–339.
- Tófoli, R. M., G. H. Z. Alves, J. Higuti, A. M. Cunico, & N. S. Hahn, 2013. Diet and feeding selectivity of a benthivorous fish in streams: responses to the effects of urbanization. *Journal of Fish Biology* 83: 39–51.
- Uieda, V. S., & L. R. Motta, 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia* 19: 15–30.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, & C. E. Cushing, 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.
- Weijters, M. J., J. H. Janse, R. Alkemade, & J. T. A. Verhoeven, 2009. Quantifying the effect of catchment land use and water nutrient concentrations on freshwater river and stream biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19: 104–112.
- Wolff, L. L., V. Abilhoa, F. S. Rios, & L. Donatti, 2009. Spatial, seasonal and ontogenetic variation in the diet of *Astyanax aff. fasciatus* (Ostariophysi: Characidae) in an Atlantic Forest river, Southern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 7: 257–266.
- Zeni, J. O., & L. Casatti, 2014. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. *Hydrobiologia* 726: 259–270.
- Zhang, J., 2016. spaa: SPecies Association Analysis. R package version 0.2.2. <https://cran.r-project.org/package=spaa>.

CONCLUSÕES GERAIS

A partir dos resultados obtidos nos dois capítulos apresentados nessa tese de doutorado, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1) Amplas áreas de monocultura de cana-de-açúcar, citros ou eucalipto alteram as características físicas de riachos adjacentes, causando a diminuição do pH e oxigênio dissolvido na água e o aumento do fósforo total dissolvido na água e da quantidade de substrato fino presente no leito do riacho.

2) Essas alterações nas características físicas, por sua vez, alteram a composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos presentes nesses riachos, causando o desaparecimento de grupos sensíveis a impactos ambientais.

3) Diferentemente dos macroinvertebrados bentônicos, as comunidades de peixes não tiveram sua composição alterada pelas monoculturas.

4) A estrutura trófica das comunidades de peixes também não foi alterada, mantendo-se a ingestão tanto de itens de origem autóctone, como hexápodes aquáticos, quanto itens de origem alóctone, como material vegetal e artrópodes terrestre, pelos peixes nos riachos de vegetação nativa e dos três tipos de monocultura.