



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

RACHEL CALIL DE OLIVEIRA

Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila
Mista

Maringá
2018

RACHEL CALIL DE OLIVEIRA

Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila
Mista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Coorientador: Prof. Dr. Hugo José Message

Maringá
2018

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

O48d Oliveira, Rachel Calil de, 1990-
Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila Mista /
Rachel Calil de Oliveira.-- Maringá, 2018.
49 f. : il.

Dissertação (mestrado em Biologia Comparada)--Universidade Estadual de Maringá,
Centro de Ciências Biológicas, 2018.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito.
Coorientador: Prof. Dr. Hugo José Message.

1. Peixes de riachos de cabeceira - Impactos ambientais antrópicos - Floresta
Ombrófila Mista - Paraná (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá. Centro de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada.

CDD 23. ed. -597.176427098162
NBR/CIP - 12899AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

RACHEL CALIL DE OLIVEIRA

Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila Mista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Vivian de Mello Cionek
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Bruno Renaly Souza Figueiredo
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 27 de fevereiro de 2018.

Local de defesa: Auditório (Sala 01), Bloco H90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que contribuíram para minha formação profissional e me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizar este trabalho. Em especial aos meus amados pais, Sandra e Fernando, que se dedicaram integralmente à minha formação pessoal e profissional. Eles me ensinaram os valores que carrego e investiram na minha educação. Agradeço também ao meu esposo Fernando, que está ao meu lado desde o primeiro dia de aula na Universidade, obrigada pelo apoio e pela paciência.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito por me receber em seu laboratório, pela oportunidade de desenvolver esse projeto e pela confiança depositada em mim. Ao meu coorientador Dr. Hugo José Message, pelo auxílio em todo o trabalho, desde a paciência em me ensinar as medidas dos peixes, as análises estatísticas até a leitura crítica do trabalho. Agradeço pelos conhecimentos adquiridos e pelo apoio psicológico fundamental para a realização de um bom trabalho.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Ecologia Energética pelo companheirismo, auxílio no desenvolvimento do projeto e pelas companhias na hora do café. Em especial à aquelas que levarei em meu coração para sempre: Laryssa Pazianoto (Lary Lena), Laryssa Negri (Lary Negri) e Beatriz Bosquê (Lary Bia). Obrigada aos incontáveis momentos de felicidade, amizade e apoio nos momentos difíceis. A Regiane, Gisele Pinha, Gislaine, Matheus, Monica, Camila e Marcelo pela amizade e por todo auxílio durante os dois anos de mestrado. A Augusto Frota pela identificação das espécies de peixes e pelo auxílio na coleta. Ao Laboratório de Ecologia Trófica agradeço a Marcelo e Ana Lúcia pela ajuda nas análises dos estômagos de peixes. Ao Laboratório de Limnologia agradeço a Sue Ellen e Natália pela ajuda nas análises de água. Aos companheiros de viagens Seu Ni, Gazo, Tato e Celsão agradeço por compartilharem os ensinamentos adquiridos em anos de experiência em campo, pela disposição e alegria em cada coleta.

Ao Programa de Pós Graduação em Biologia Comparada (PGB/UEM) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa. A Fundação Araucária e a Fundação Grupo Boticário pelo apoio financeiro do projeto. Assim como ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela disponibilização de estrutura, informações e por apoiar a realização deste trabalho.

Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila Mista

RESUMO

Com o objetivo de investigar a relação das variáveis ambientais na composição de espécies de peixes e seus traços funcionais foram realizadas amostragens trimestrais (julho/16 a abril/17) de parâmetros físicos e químicos da água e da assembleia de peixes foram realizadas em nove riachos de cabeceira inseridos no Parque Nacional dos Campos Gerais e áreas adjacentes. Foram selecionados traços funcionais para medir a diversidade funcional de cada riacho amostrado. As análises de RLQ e *fourth-corner* foram realizadas para determinar a relação entre o ambiente e os traços funcionais das assembleias de peixes. Os riachos foram agrupados no espaço multivariado da PCA com base no grau de impacto. Os parâmetros correlacionados com os ambientes impactados foram fósforo, temperatura, condutividade e ortofosfato. As variáveis ambientais afetaram os traços funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados, desta forma os impactos antrópicos alteraram a diversidade taxonômica e funcional. A qualidade ambiental do riacho impactado pelo uso e ocupação do solo, afeta os traços funcionais dos organismos e, portanto, o funcionamento do ecossistema em riachos de cabeceira.

Palavras-chave: Variáveis ambientais. Assembleia de peixes. Impactos antrópicos. Riachos de cabeceira. RLQ. *Fourth-corner*.

Fish functional diversity in Mixed Subtropical Wet Forest streams

ABSTRACT

Under the hypothesis that different environmental variables lead to patterns in functional diversity of streams fish assemblages, we investigated the relation of environmental variables in species composition, functional traits and fish assemblage diversity. Quarterly samplings (July/2016 to April/2017) of physical and chemical parameters of the water and of the fish assemblage were performed in nine headwater streams in Campos Gerais National Park and surroundings. We selected functional traits to measure the functional diversity of each sampled stream. RLQ and fourth-corner analyses were executed to determine the relation between the environment and the fish assemblages functional traits. Streams were grouped in the multivariate space of PCA based on the impact degree. The parameters correlated to the impacted environments were phosphorus, temperature, conductivity and orthophosphate. Environmental variables affected the functional traits of the fish assemblages in the sampled streams, thus, anthropic impacts changed taxonomic and functional diversities. The stream environmental quality impacted by land use, affects the functional traits of organisms, and consequently, the ecosystem functioning of headwater streams.

Keywords: Environmental variables. Fish assemblage. Anthropic impacts. Headwater streams. RLQ. Fourth-corner.

Diversidade funcional de peixes em riachos inseridos na Floresta Ombrófila Mista

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico *Ecology of Freshwater Fish*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 <i>Área de estudo</i>	11
2.2 <i>Amostragem</i>	12
2.3 <i>Variáveis ambientais</i>	14
2.4 <i>Classificação dos riachos</i>	14
2.5 <i>Traços funcionais</i>	16
2.6 <i>Análise de dados</i>	17
3. RESULTADOS	18
4. DISCUSSÃO	23
REFERÊNCIAS	27
APÊNDICE A - Valores medianos dos traços funcionais das espécies de peixes.....	34
APÊNDICE B - Índice alimentar das espécies	35
APÊNDICE C - Script da análise realizada no <i>software R</i>	36
APÊNDICE D - Abundância de espécies por riacho amostrado	39
APÊNDICE E - Valores das variáveis ambientais por coleta.....	40
ANEXO A - Normas para publicação: <i>Ecology of freshwater fish</i>	41

1. Introdução

Compreender a influência das características ambientais e suas relações com a biodiversidade tem sido um tema central dos estudos ecológicos, principalmente quando consideramos a acelerada degradação que os ecossistemas naturais vêm sofrendo nas últimas décadas (Townsend & Hildrew, 1994; Pimm *et al.*, 2014). Isto é particularmente relevante para riachos de cabeceira, que são ambientes de pequeno porte e altamente dependentes das características de seu entorno (Amorim *et al.*, 2001). Nestes sistemas, impactos antropogênicos derivados do uso do solo pela agricultura, pecuária, represamentos ou ocupação humana desordenada modificam as características físico-químicas (Allan *et al.*, 1997) e, conseqüentemente, as funções ecossistêmicas (Julian & Gardner, 2014; Englert *et al.*, 2015).

Nestes ambientes, os peixes representam organismos chave, envolvidos em diversos processos como ciclagem de nutrientes (Mormul *et al.*, 2012), mediação de processos biogeoquímicos (Flecker *et al.*, 2010) e processamento da matéria orgânica (Luck *et al.*, 2009). São organismos capazes de responder rapidamente a modificações nas características ambientais (degradação dos habitats) (Mouittot *et al.*, 2013), auxiliando a compreender a real extensão dos impactos. Esta resposta pode ser avaliada de diversas formas, sendo as alterações na composição ou estrutura das comunidades as mais comuns evidenciadas por diversos autores (Olden, 2006; Biswas & Mallik, 2010). Tais medidas utilizam métricas de diversidade taxonômica, tal como riqueza de espécies (Birk *et al.*, 2012; Teresa & Casatti, 2012). Apesar da relevância dessas métricas e dos resultados obtidos até então, sabemos que as espécies não contribuem igualmente para os diversos processos ambientais, fornecendo uma visão incompleta da biodiversidade (Luck *et al.*, 2009; Villéger *et al.*, 2010). Dessa forma, faz-se necessário o uso de novas metodologias que agreguem outros aspectos da diversidade, como as características fenotípicas dos diferentes organismos ou suas “funções” nos ambientes.

Neste contexto, destacamos o uso dos traços funcionais, os quais são características fenotípicas morfológicas e fisiológicas dos indivíduos (Violle *et al.*, 2007), que refletem sua história de vida, dieta e sobrevivência em determinado habitat (Blondel, 2003; Luck *et al.*, 2013). Traços funcionais também podem ser utilizados como parâmetros de organização e funcionamento da comunidade (Eros *et al.*, 2009; Teresa & Casatti, 2012), pois proporcionam informações sobre distúrbios no ambiente (Mouillot *et al.*, 2013) e auxiliam na previsão das

respostas da biota às mudanças ambientais (Mcgill *et al.*, 2006; Poff *et al.*, 2006). Quando comparados entre regiões biogeográficas distintas, auxiliam na observação de padrões ecológicos em grandes escalas (Pease *et al.*, 2012).

De maneira geral, os traços funcionais conferem às espécies distintas habilidades em lidar com os “filtros ambientais”, definindo assim a composição e estrutura das comunidades (Tejerina-Garro *et al.*, 2005; Carvalho & Tejerina-Garro, 2015a,b). Teresa *et al.* (2015), por exemplo, verificaram que a retirada da vegetação ripária favoreceu a ocorrência de espécies generalistas, devido principalmente a tolerância a hipóxia, em detrimento de espécies especialistas mais sensíveis a estas variações. Similarmente, Casatti *et al.* (2012) constataram a perda de espécies de hábito bentônico ou reofílico, pouco adaptadas a degradação física dos habitats.

Desta forma, correlações entre as características ambientais e sua comunidade biótica são imprescindíveis e possibilitam compreender a relação entre a qualidade de riachos e a ocupação do solo em torno destes, informações relevantes para a conservação da biodiversidade. Portanto, buscou-se investigar a relação das variáveis ambientais com a composição de espécies de peixes e seus traços funcionais em riachos de cabeceira (primeira a terceira ordem), inseridos em uma Unidade de Conservação Nacional e imediações, que diferem em relação a suas características físico-químicas e estão sujeitos a diferentes fontes de impactos.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O bioma Mata Atlântica é uma das cinco áreas prioritárias para conservação, entre os 34 *hotspots* mundiais (Gradstein & Raeymaekers, 2000), devido aos altos índices de endemismo e diversidade taxonômica (Oyakawa *et al.*, 2006). A Mata Atlântica inclui a formação fitogeográfica Floresta Ombrófila Mista e Estepes (IBGE, 1992), característica de áreas elevadas da região sul do Brasil, encontra-se representada em poucos remanescentes, em áreas particulares ou em poucas Unidades de Conservação Nacionais (Sonego *et al.*, 2007). Entre estes, destaca-se o Parque Nacional dos Campos Gerais (daqui em diante, Parna Campos Gerais), no estado do Paraná, com mais de 21 mil hectares, composto por áreas de florestas associadas a campos naturais, ambos sendo degradados por cultivos de árvores

exóticas e pecuária (Brasil, 2006). A área tem como intuito proteger as espécies nativas, endêmicas e ameaçadas de extinção, entretanto é explorada economicamente por proprietários rurais (Oliveira, 2014).

O clima da região é considerado do tipo mesotérmico (subtropical a temperado), sempre úmido, ou seja, sem estação seca definida, e com verões amenos (mês mais quente com temperatura média inferior a 22° C), classificado como Cfb segundo Köppen (Paraná, 2008).

Os riachos amostrados apresentaram largura média de 2,8 m, com profundidade média de 15 cm e temperatura de 18°C. A condutividade média encontrada foi 198 $\mu\text{s}/\text{cm}$, contudo atingiu o valor de 695 $\mu\text{s}/\text{cm}$ em riachos impactados. Estes e demais valores das variáveis ambientais obtidas são apresentados no apêndice 5.

2.2 Amostragem

Os riachos foram selecionados previamente por meio da delimitação de suas bacias hidrográficas com o uso da carta topográfica MI-2841-1 (Diretoria de Serviço Geográfico, 2005) e de dados do modelo de elevação digital do satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) *1 Arc-Second Global* (USGS, 2000). A rede hídrica foi classificada de acordo com o critério de Strahler (1957) atribuindo ordens aos segmentos. A bacia em questão encontra-se modificada de suas características naturais devido ao desmatamento intensivo (Theodorovicz & Theodorovicz, 2007).

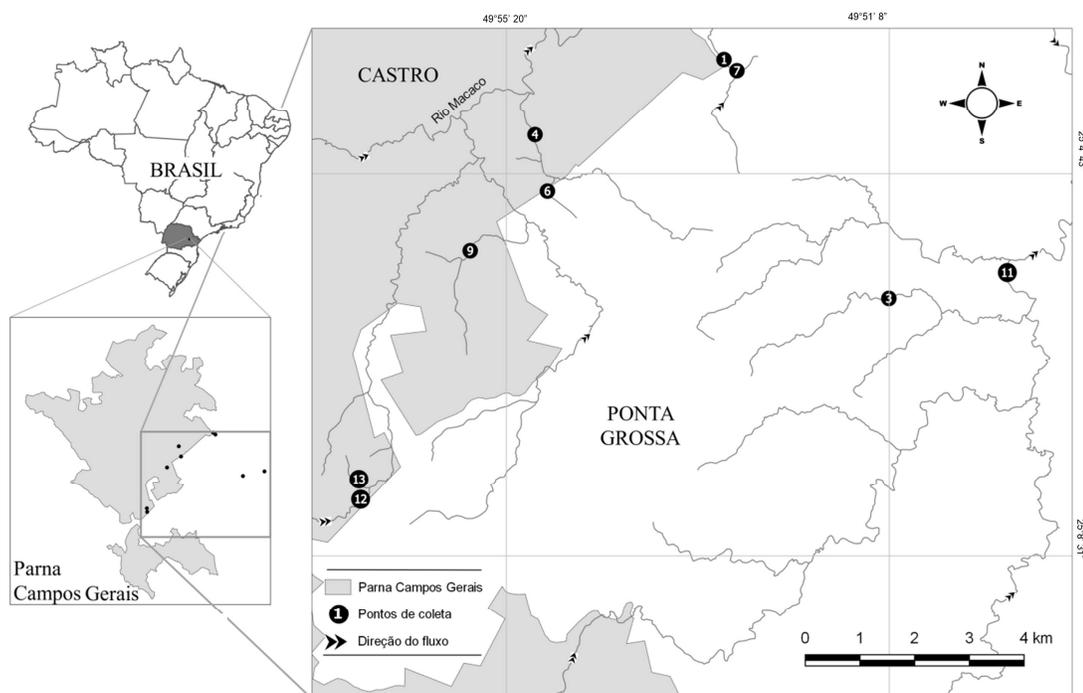


Figura 1: Área de estudo (bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape) com a localização dos nove riachos avaliados. (Fonte: Bragion, 2017).

Entre julho de 2016 e abril de 2017, foram previamente definidos 20 riachos a serem amostrados e pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, localizados dentro do Parna Campos Gerais e em áreas circundantes, (SISBIO nº 52811-1) (Figura 1). Destes, foram selecionados nove riachos, amostrados trimestralmente, em que foram registradas, no mínimo, três espécies de peixes necessárias para as análises estatísticas (Pease *et al.* 2012).

Os peixes foram amostrados com o auxílio de equipamento de pesca elétrica, com três esforços constantes e consecutivos (Mazzoni & Lobón-Cerviá, 2000), em um trecho de 30 metros, interceptado em ambas as extremidades por rede de bloqueio de malha 2,5 mm. Todos os exemplares capturados foram anestesiados em solução de benzocaína hidrocloreto (CEUA/UEM nº 3898140716) e posteriormente, fixados em solução de formol 10% para posterior identificação e mensuração morfológica. Os exemplares foram depositados na Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e os números de registro são apresentados na tabela 3.

2.3 *Variáveis ambientais*

Na mensuração das medidas das variáveis ambientais foram traçados, em cada riacho, três transectos transversais. As variáveis limnológicas concentração de oxigênio dissolvido (OD, mg/L), condutividade elétrica da água ($\mu\text{s}/\text{cm}$) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) foram medidas com o auxílio de oxímetro digital portátil (YSI[®] 550A), potenciômetro digital portátil (Digimed[®]) e termômetro analógico em trélicas em cada amostragem. As características físicas profundidade (cm) e largura (m) do canal foram obtidas com uso de trena e para a velocidade do fluxo utilizou-se fluxômetro (General Oceanics[®]). Também foram coletadas amostras de água, em triplicata, para a determinação de nitrogênio total (NT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), fósforo total (PT, $\mu\text{g.L}^{-1}$), ortofosfato (PO_4^{3-} , $\mu\text{g.L}^{-1}$) e nitrato (NO_3^- , $\mu\text{g.L}^{-1}$), realizadas em laboratório. Os valores médios das trélicas de cada variável ambiental por amostragem foram utilizados nas análises.

2.4 *Classificação dos riachos*

Para a caracterização ambiental da área, foram observadas as características físicas locais e os valores médios das variáveis ambientais em cada ponto de coleta. Baseando-se em informações contidas em literatura sobre riachos neotropicais e através da análise destas informações, os riachos foram classificados em impactados e conservados (Tabela 1).

Foram classificados como riachos conservados aqueles com mata nativa, altos valores médios de oxigênio dissolvido (>7 mg/L), altos valores de nitrogênio total (>20 $\mu\text{g.L}^{-1}$) menores valores de temperatura (<18 $^{\circ}\text{C}$), menores valores de fósforo total (<18 $\mu\text{g.L}^{-1}$). Sendo assim, os riachos classificados como impactados são aqueles onde as atividades antrópicas estão presentes, tais como desmatamento, açudes, pastagens e comunidades rurais, baixos valores de oxigênio dissolvido (<7 mg/L), baixos valores de nitrogênio total (<20 $\mu\text{g.L}^{-1}$), maiores valores de temperatura (>18 $^{\circ}\text{C}$), maiores valores de fósforo total (>18 $\mu\text{g.L}^{-1}$) e grande amplitude de valores de nitrato (de 133 até 590 $\mu\text{g.L}^{-1}$) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos riachos analisados em conservados e impactados de acordo com as características físicas e variáveis ambientais (média \pm desvio padrão) dos riachos analisados na bacia do rio Ribeira de Iguape. Class. = classificação onde C é conservado e I é impactado; Prof = profundidade (cm); Larg. = largura (m); OD = Oxigênio dissolvido (mg/L); Temp. = temperatura ($^{\circ}$ C); NO_3^- = nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$); PO_4^{3-} = ortofosfato ($\mu\text{g.L}^{-1}$); PT = fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); NT = nitrogênio total ($\mu\text{g.L}^{-1}$); Cond. = condutividade ($\mu\text{s/cm}$).

Class.	C	C	C	C	I	I	I	I	I
Riacho	3	11	12	13	1	4	6	7	9
Ordem	3	3	3	2	1	1	2	3	3
Prof.	12,7 \pm 7,1	33,7 \pm 20,2	14,9 \pm 7,6	16,9 \pm 7,7	14,9 \pm 7,7	16,4 \pm 10	5,8 \pm 3,1	13,9 \pm 8,3	7,7 \pm 6,6
Larg.	2,3 \pm 0,6	3,6 \pm 0,2	3,8 \pm 0,1	5,2 \pm 0,5	2,8 \pm 0,5	2,7 \pm 0,4	1,2 \pm 0,3	1,8 \pm 0,2	1,9 \pm 0,2
OD	8,2 \pm 1,3	7,6 \pm 2,1	6,9 \pm 1,1	7,8 \pm 0,6	6,7 \pm 0,6	5,9 \pm 1,6	7,5 \pm 0,4	6,4 \pm 1	6,1 \pm 0,4
Temp.	16,4 \pm 4,1	17,3 \pm 2,6	17,6 \pm 2,1	17,7 \pm 1,9	17,9 \pm 2,9	20,1 \pm 4,9	18,5 \pm 0,6	18 \pm 3,3	17,5 \pm 1
NO_3^-	246,8 \pm 161,8	466,6 \pm 28,5	472,9 \pm 31,8	507 \pm 17,6	590,5 \pm 36,2	185,6 \pm 99,4	133,3 \pm 21,7	450,1 \pm 98,8	167,8 \pm 58,5
PO_4^{3-}	7,6 \pm 2,2	15,1 \pm 13,4	4,2 \pm 0,4	15,1 \pm 13,4	4,8 \pm 0,3	4,5 \pm 2,3	20 \pm 20,4	5,4 \pm 4,8	5,7 \pm 2,3
PT	17 \pm 2,6	18,5 \pm 5,3	7,4 \pm 2,1	4,9 \pm 1,2	29,9 \pm 25,2	29,9 \pm 22,3	19 \pm 5,8	25,3 \pm 32,3	17,1 \pm 8,1
NT	2203,3 \pm 1595,5	2045,9 \pm 963,1	2678,4 \pm 1164,9	2602,6 \pm 1471,8	2332 \pm 995,9	1683,1 \pm 874,9	1814,5 \pm 885,6	2694,8 \pm 1089,7	1574,4 \pm 684
Cond.	147,2 \pm 69,4	361 \pm 135	52,4 \pm 20,3	49,1 \pm 25,6	428,1 \pm 180,4	219,6 \pm 88,2	200,3 \pm 66,6	225,5 \pm 158,6	392,9 \pm 201,4
Vegetação ripária	Nativa	Nativa	Nativa	Nativa	Nativa	Ausente	Ausente	Nativa	Nativa
Impacto	Silvicultura	Silvicultura	Ausente	Ausente	Comunidade rural	Açude, pecuária, pisoteamento de gado	Pecuária	Açude, comunidade rural, lixo	Pecuária, pisoteamento de gado

2.5 Traços funcionais

Foram selecionados os traços funcionais (Tabela 2) relacionados com o uso de habitat, alimentação e comportamento natatório para peixes em riachos (Gatz, 1979; Winemiller, 1991; Winemiller & Rose, 1992; Pease *et al.*, 2012). Devido à falta de estudos sobre as espécies endêmicas estudadas alguns traços funcionais não foram selecionados, pois necessitam da busca de informações em literatura especializada (exemplo: modo de reprodução e cuidado parental). Para o cálculo de índices funcionais, medidas morfológicas foram realizadas, com precisão de 0,1 mm utilizando paquímetro digital (Absolute Mitutoyo), em 10 indivíduos de cada espécie amostrados em cada riacho, (Apêndice 1), totalizando 745 indivíduos. Os traços funcionais foram calculados com o uso dos valores medianos das medidas morfológicas de cada espécie, por riacho.

Para a definição da guilda trófica foi realizada a análise do conteúdo estomacal dos peixes, utilizando dez indivíduos por espécie, com o uso do método volumétrico (Hellawell & Abel, 1971) e determinação do Índice Alimentar - IAI (Kawakami & Vazzoler, 1980) para cada espécie amostrada (Apêndice 2).

Tabela 2. Traço funcional, categoria funcional, forma de cálculo e código utilizados nas análises de diversidade funcional.

Traço funcional	Categoria funcional	Cálculo	Código
Altura relativa do pedúnculo caudal	Uso de habitat Locomoção	Altura do pedúnculo caudal ÷ Altura do corpo	Arelpc
Área relativa da nadadeira pélvica	Uso de habitat	Área da nadadeira pélvica ÷ (comprimento padrão) ²	Arelnpel
Coeficiente de finura	Uso de habitat	Comprimento padrão ÷ $\sqrt{\text{Altura máx do corpo} \times \text{Largura máx do corpo}}$	Cfin
Comprimento relativo da cabeça	Alimentação	Distância da ponta do nariz até a margem do opérculo (Ccab) ÷ Comprimento padrão	Crcab
Índice de compressão	Uso de habitat	Altura máx do corpo ÷ Largura máx do corpo	Indcomp
Largura relativa da boca	Alimentação	Largura da boca ÷ Comprimento padrão	Lrboc
Posição da boca	Alimentação Uso de habitat	Ângulo entre o plano tangente para ambos os lábios e o eixo longitudinal do corpo	Pos.b

Traço funcional	Categoria funcional	Cálculo	Código
Proporção relativa do corpo	Uso de habitat	Altura máxima ÷ comprimento padrão	Prorel
Posição relativa do olho	Uso de habitat	Distância do centro do olho até a base da cabeça ÷ Altura da cabeça	Prelo
Proporção da nadadeira peitoral	Uso de habitat	Comp máx da nadadeira peitoral ÷ Largura máx da nadadeira peitoral	Pnpeit

2.6 Análise de dados

Com o objetivo de avaliar a existência de relações entre os traços funcionais e as variáveis ambientais, foram utilizadas duas análises combinadas: RLQ (Dolédec *et al.*, 1996) e *fourth-corner* (Legendre *et al.*, 1997). Ambas as análises utilizam três matrizes (R, L e Q): R de variáveis ambientais para cada um dos riachos (amostras); L de abundância de espécies por riachos e Q com os traços funcionais para cada espécie.

A RLQ é uma análise multivariada que identifica o conjunto de traços funcionais das espécies, variáveis com as alterações nas condições ambientais. Baseia-se na ordenação das três matrizes independentes (R, L e Q), resultando em escores para as variáveis ambientais, espécies e traços ao longo de eixos ortogonais. A *fourth-corner* é comumente usada para complementar a compreensão da RLQ, visto que utiliza testes de permutação na detecção da significância das relações entre cada traço funcional e a variável ambiental, neste caso, foram utilizadas 4999 permutações.

Para a matriz R, os valores das variáveis ambientais foram logaritmizados ($\log(x+1)$) e submetidos a uma Análise de Componentes Principais (PCA), conforme Hill e Smith (1976). Os valores que compõe a matriz L foram padronizados pelos valores máximos da abundância de cada espécie por ambiente e submetidos a uma Análise de Correspondência (CA), enquanto que os valores da matriz Q foram analisados por meio de uma Análise de Correspondência Múltipla (MCA). O resultado da RLQ é uma combinação linear de variáveis ambientais (R) e traços (Q) que maximizam a covariância entre esses grupos de variáveis, ponderado pela abundância de espécies (L). Somente as variáveis com correlações maiores do que 0,5 com o primeiro ou segundo eixo da parcial RLQ foram interpretadas.

As análises foram realizadas com o uso do pacote “ADE-4” (Dray & Dufour, 2007) do *software* R versão 3.4.3 (R Development Core Team, 2018) (Apêndice 3).

3. Resultados

Foram amostrados 3.826 peixes distribuídos em 4 ordens, 9 famílias e 23 espécies (Tabela 3 e Apêndice 4). A riqueza taxonômica variou de 3 a 14 espécies por riacho, sendo a menor riqueza observada em um riacho classificado como impactado (riacho 4) e a maior riqueza, observada em um riacho conservado (riacho 11) (Apêndice 4). Os Siluriformes foram os mais representativos com 61% das espécies, seguidos por Characiformes (26,1%), Cichliformes (8,7%) e Cyprinodontiformes (4,3%). (Tabela 3). *Phalloceros harpagos* foi a espécie mais abundante, com 2.576 indivíduos, sendo 1.637 coletados no riacho 4, classificado como impactado. Neste ambiente também foi coletado *Coptodon rendalli*, a única espécie exótica encontrada em nosso estudo (Tabela 3 e Apêndice 4). *Trichomycterus davisi* foi a espécie com maior distribuição entre os riachos amostrados, ocorrendo em 89% deles (Apêndice 4).

Tabela 3. Peixes coletados nos riachos avaliados na bacia do rio Ribeira de Iguape.

Ordem	Família	Espécie	Voucher	
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	NUP19288	
		<i>Astyanax laticeps</i> (Cope, 1894)	NUP18324	
		<i>Astyanax</i> sp. 1	NUP19302	
		<i>Deuterodon iguape</i> (Eigenmann, 1907)	NUP18305	
	Erythrinidae	<i>Hoplias</i> aff. <i>malabaricus</i> (Bloch, 1794)	NUP19303	
	Crenuchidae	<i>Characidium pterostictum</i> (Gomes, 1947)	NUP17410	
Siluriformes	Callichthyidae	<i>Corydoras ehrhardti</i> (Steindachner, 1910)	NUP18315	
		Heptapteridae	<i>Chasmocranus lopezae</i> (Miranda Ribeiro, 1968)	NUP18304
	<i>Imparfinis</i> sp.		NUP19294	
	<i>Pimelodella transitoria</i> (Miranda Ribeiro, 1907)		NUP17416	
	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)		NUP18915	
	<i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> (Miranda Ribeiro, 1908)		NUP18312	
	Loricariidae		<i>Hypostomus interruptus</i> (Miranda Ribeiro, 1918)	NUP18307
			<i>Isbrueckerichthys duseni</i> (Miranda Ribeiro, 1907)	NUP18358
		<i>Kronichthys lacerta</i> (Nichols, 1919)	NUP18302	
		<i>Neoplecostomus ribeirensis</i> (Langeani, 1990)	NUP18353	
			<i>Parotocinclus maculicauda</i> (Steindachner, 1877)	NUP18342
			<i>Rineloricaria</i> sp.	NUP18322
		Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i> sp.	NUP19291

Ordem	Família	Espécie	Voucher
Cichliformes	Cichlidae	<i>Trichomycterus davisii</i> (Haseman, 1911)	NUP18332
		<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger, 1897)	NUP19301
		<i>Geophagus iporangensis</i> (Haseman, 1911)	NUP18316
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Phalloceros harpagos</i> (Lucinda, 2008)	NUP19307

Os peixes com dietas do tipo insetívora-aquática foram encontrados em maior abundância, totalizando 47,8% das espécies, seguidos por detritívoros, com 17,4%, onívoro e detritívoro-insetívoro-aquático, com 13% cada e finalmente as dietas do tipo insetívoro-terrestre e insetívoro-piscívoro com 4,3% cada (Apêndice 1). Os valores percentuais do IAI para cada espécie encontram-se no apêndice 2.

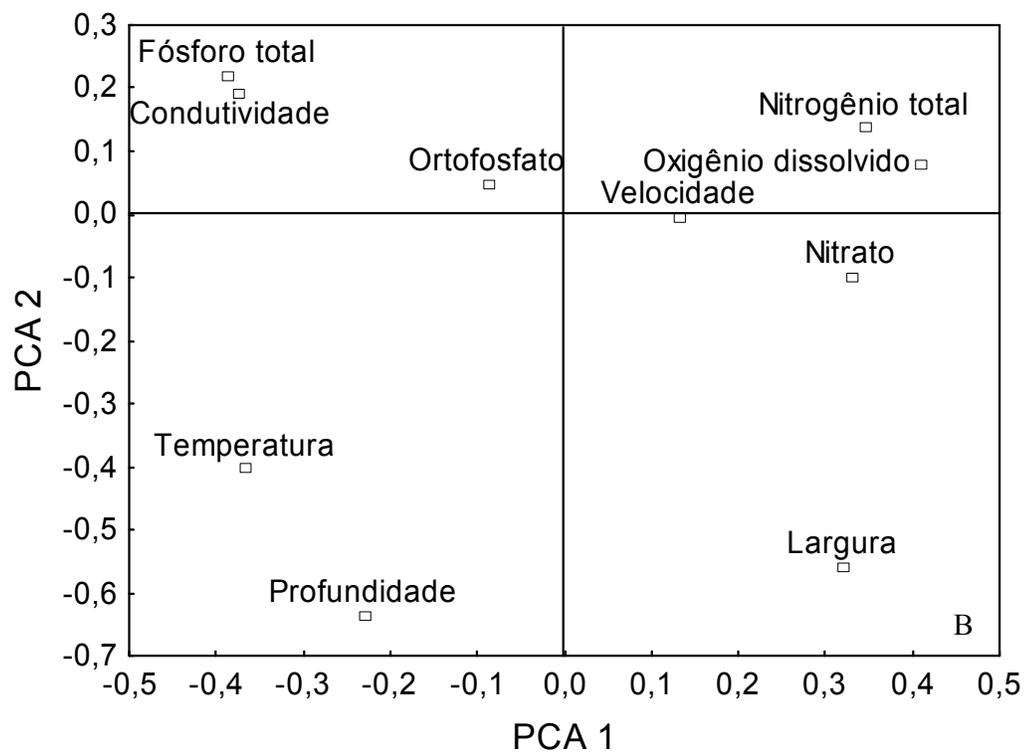
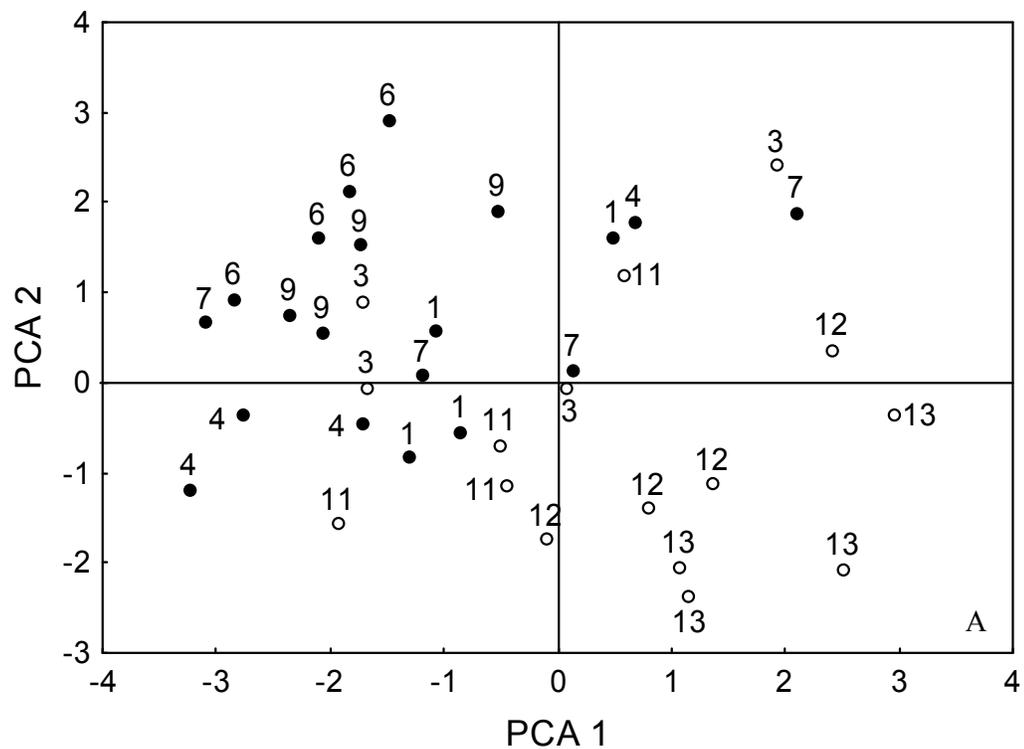
Os dois primeiros eixos da análise RLQ representaram 81,6% (eixo 1 = 61,8% e eixo 2 = 19,8%) da co-variância total da matriz (Tabela 4) que relacionou as variáveis ambientais dos riachos obtidas em cada coleta com os traços funcionais das espécies de peixes.

Tabela 4. Resultados da análise RLQ.

	Axis 1	Axis 2
Projected inertia (%)	61,8	19,8
Eigenvalues	3,14	1,01
Covariance	1,77	1,00

Na análise das variáveis ambientais constatou-se que o nitrogênio total, oxigênio dissolvido, fósforo total, condutividade e temperatura foram preponderantes no agrupamento dos riachos no espaço multivariado da PCA com base no grau de impacto, onde os círculos pretos representam os riachos considerados impactados e os círculos brancos, os conservados, corroborando com a classificação realizada *a priori* (Tabela 1, Figura 2A e 2B). No eixo 1 positivo foram posicionados os riachos com maiores valores de oxigênio dissolvido, característico de ambientes com menor grau de impacto. No eixo 2 negativo foram agrupados os riachos com os maiores valores de fósforo total e condutividade, variáveis geralmente relacionadas a riachos mais impactados (Figura 2A e 2B). O eixo 1 positivo correlacionou as variáveis ambientais nitrogênio total, nitrato e oxigênio dissolvido com peixes de dieta insetívora aquática e onívora. Fósforo total, condutividade e temperatura foram correlacionados com o traço área da nadadeira caudal, biomassa e com as espécies de dieta insetívora-piscívora. Enquanto que no eixo 2, a profundidade correlacionou-se com os traços

posição da boca ventral, dieta detritívora, presença de barbilhão e largura relativa da boca (Figura 2B e 2C), indicando agrupamento das espécies de Loricariidae (Figura 2D).



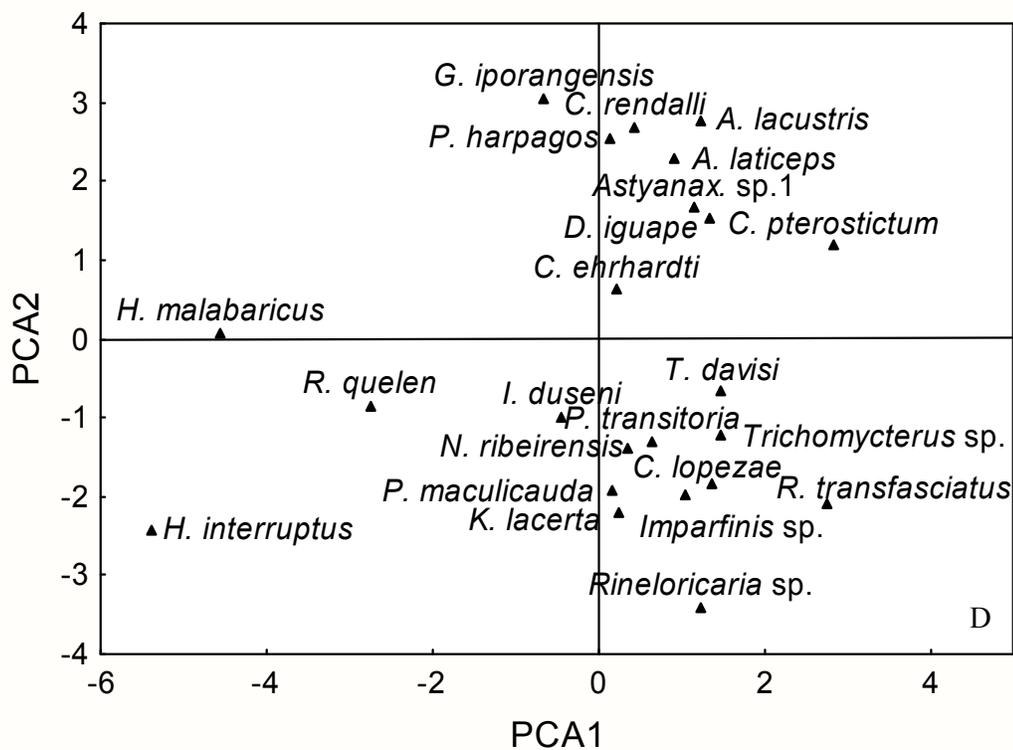
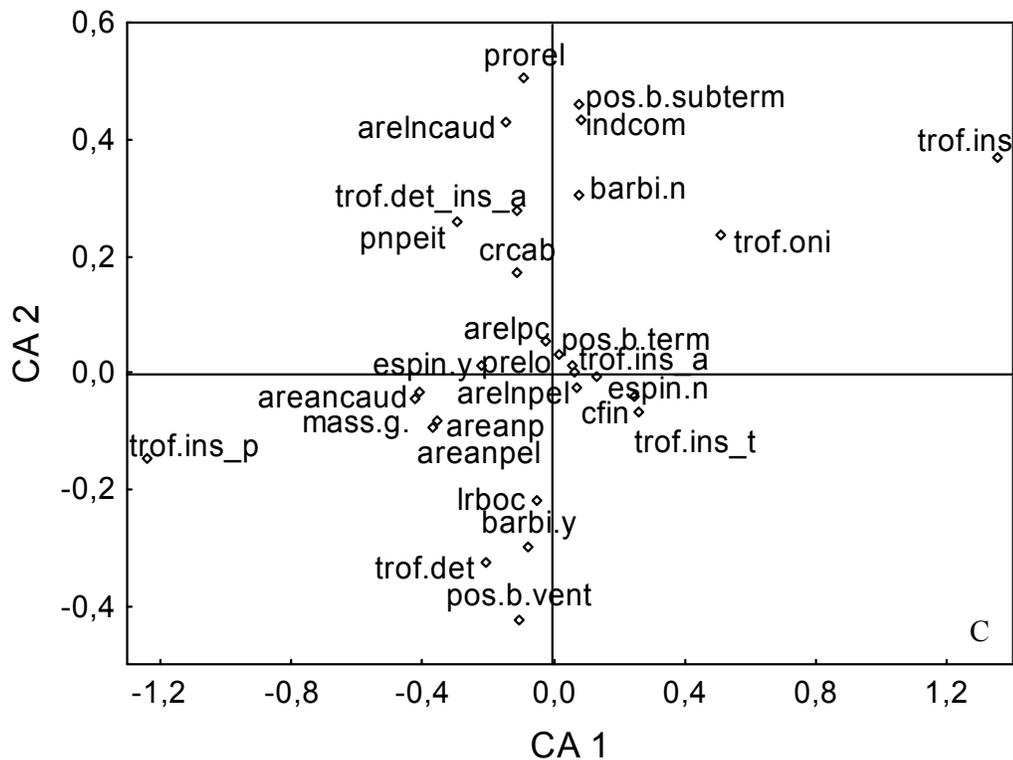


Figura 2. Ordenações das matrizes resultantes da análise RLQ: A) PCA com os riachos amostrados; B) PCA das variáveis ambientais (R); C) CA dos traços funcionais (Q); D) PCA da abundância de espécies (L). mass.g. = massa; pos.b.subterm = posição da boca subterminal; pos.b.term = posição da boca terminal; pos.b.vent = posição da boca ventral; cfin

= coeficiente de finura; arelnpel = área relativa da nadadeira pélvica; areancaud = área da nadadeira caudal; arelncaud = área relativa da nadadeira caudal; areanp = área da nadadeira peitoral; areanpel = área da nadadeira pélvica; lr boc = largura relativa da boca; crcab = comprimento relativo da cabeça; pnpeit = proporção da nadadeira peitoral; indcomp = índice de compressão; prelo = posição relativa do olho; arelpc = altura relativa do pedúnculo caudal; prorel = proporção relativa do corpo; trof.ins = insetívoro; trof.ins_a = insetívoro-aquático; trof.ins_p = insetívoro-piscívoro; trof.ins_t = insetívoro-terrestre; trof.det = detritívoro; trof.det_ins_a = detritívoro-insetívoro-aquático; trof.oni = onívoro; barbi.y = barbilhão presente; barbi.n = barbilhão ausente; espin.y = espinho presente; espin.n = espinho ausente.

Os traços funcionais biomassa, área da nadadeira pélvica, área da nadadeira caudal e área da nadadeira peitoral correlacionaram-se negativamente com as variáveis ambientais oxigênio dissolvido e positivamente com temperatura na análise *fourth-corner* (Figura 3). Biomassa e área da nadadeira caudal também correlacionaram-se negativamente com nitrogênio e nitrato, enquanto que posição da nadadeira peitoral correlacionou-se positivamente com fósforo. O índice de compressão correlacionou-se negativamente com profundidade, ou seja, quando mais profundo o riacho mais comprimidas são as espécies de peixes encontradas (Figura 3).

Sendo assim, ao observar de maneira complementar as análises RLQ e *fourth-corner* (Figura 2 e 3) evidenciou-se que oxigênio dissolvido, temperatura da água, nitrogênio total, condutividade e fósforo total foram as variáveis ambientais determinantes para a composição funcional da ictiofauna nos riachos estudados. Estas variáveis correlacionaram-se com traços funcionais que indicam o uso de habitat como índice de compressão, proporções e áreas das nadadeiras e guilda trófica.

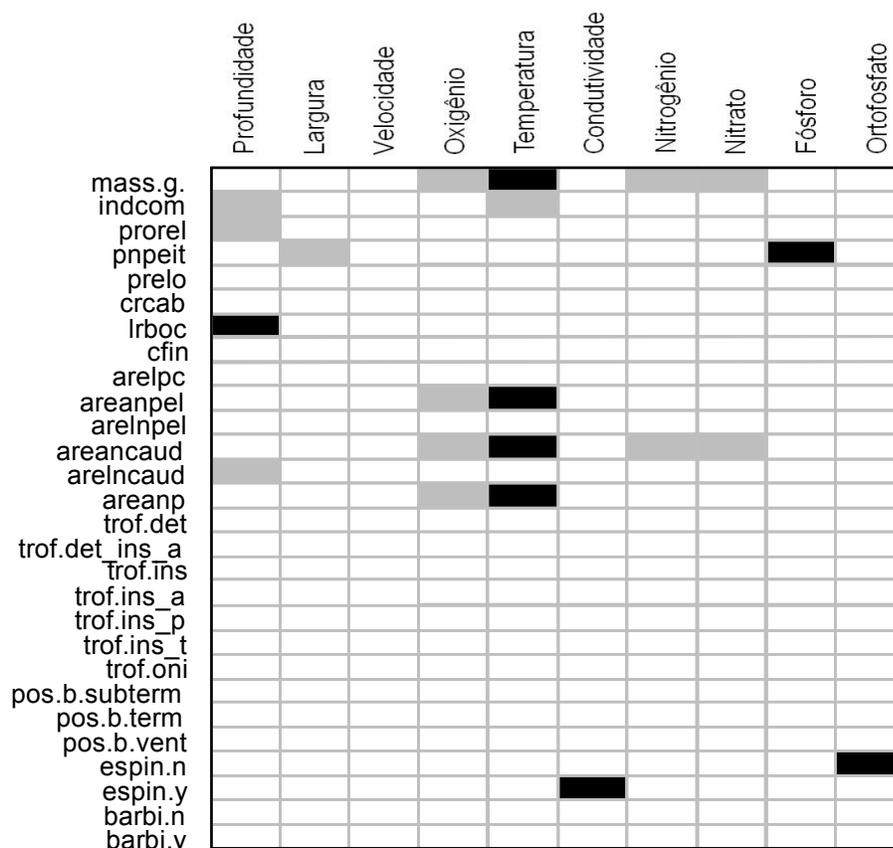


Figura 3. Relações entre as variáveis ambientais (R) e traços funcionais (Q) analisados por *fourth-corner*. Correlação positiva (quadrados pretos), correlação negativa (quadrados cinzas) e ausência de correlação (quadrados brancos). mass.g. = massa; pos.b.subterm = posição da boca subterminal; pos.b.term = posição da boca terminal; pos.b.vent = posição da boca ventral; cfin = coeficiente de finura; arelnpel = área relativa da nadadeira pélvica; areancaud = área da nadadeira caudal; arelncaud = área relativa da nadadeira caudal; areanp = área da nadadeira peitoral; areanpel = área da nadadeira pélvica; lr boc = largura relativa da boca; crcab = comprimento relativo da cabeça; pnpeit = proporção da nadadeira peitoral; indcom = índice de compressão; prelo = posição relativa do olho; arelpc = altura relativa do pedúnculo caudal; prorel = proporção relativa do corpo; trof.ins = insetívoro; trof.ins_a = insetívoro-aquático; trof.ins_p = insetívoro-piscívoro; trof.ins_t = insetívoro-terrestre; trof.det = detritívoro; trof.det_ins_a = detritívoro-insetívoro-aquático; trof.oni = onívoro; barbi.y = barbilhão presente; barbi.n = barbilhão ausente; espin.y = espinho presente; espin.n = espinho ausente.

4. Discussão

De acordo com os resultados, as variáveis ambientais influenciam a composição dos traços funcionais nas assembleias de peixes. Os riachos agrupados em impactados ou conservados foram selecionados por variáveis indicadoras de qualidade ambiental, como por exemplo, condutividade elétrica da água e oxigênio dissolvido (Esteves, 2011), além disso,

estas variáveis são importantes determinantes na composição da assembleia de peixes e seus traços funcionais (Carvalho & Tejerina-Garro, 2015b).

A hipóxia em ambientes aquáticos pode ocorrer de maneira natural, mas atividades antrópicas favorecem e tornam mais rápida a sua ocorrência (Friedrich *et al.*, 2014). Processos de eutrofização decorrentes de despejos de atividades humanas (agricultura e mineração, por exemplo) aliados a grandes florações de algas e crescimento microbiano, diminuem a disponibilidade de oxigênio aos peixes (Smith, 2003). A extração de oxigênio deve ser mantida para a manutenção da produção aeróbica de ATP, resposta fisiológica que resulta em uma estratégia de sobrevivência que algumas espécies de peixes podem ser mais hábeis em realizá-la, predominando sua ocorrência em ambientes com baixa concentração de oxigênio (Perry *et al.*, 2009). Desta forma, podem ocorrer alterações na comunidade aquática, ocasionando a substituição de espécies especialistas por espécies generalistas e espécies tolerantes às variações ambientais (Teresa *et al.*, 2015).

Sendo assim, o decréscimo na riqueza de espécies nos riachos impactados pode estar relacionado com a baixa concentração de oxigênio dissolvido e com os altos valores da condutividade elétrica da água. Neste caso, o aumento da variável pode ser resultado do enriquecimento com nutrientes provenientes de atividades agrícolas e despejo de resíduos orgânicos em geral, que tendem a elevar a produtividade do corpo aquático (Copp, 2003). Resultados semelhantes foram observados por Felipe e Suárez (2010) que identificaram a condutividade elétrica da água como o principal preditor na riqueza de espécies e equitabilidade de riachos, causando a homogeneização das comunidades aquáticas e a substituição de espécies mais exigentes por espécies tolerantes à perda de qualidade da água.

A elevada abundância e dominância de *Phalloceros harpagos* nos riachos impactados evidenciou a substituição de espécies como indicativo da influência da degradação ambiental na assembleia de peixes. Devido à dieta generalista, capacidade de sobrevivência e reprodução em ambientes aquáticos hipóxicos, a espécie é considerada tolerante à perda de qualidade ambiental (Bozzetti & Schulz, 2004; Vieira & Shibatta, 2007; Barrilli *et al.*, 2015) e predominante em locais com maior nível de degradação ambiental (Oliveira & Bennemann, 2004). Desta forma, nosso estudo corrobora o potencial uso de *P. harpagos* como indicador de perda de qualidade ambiental.

No presente estudo, foi confirmado que aqueles ambientes com maior concentração de oxigênio dissolvido também sustentavam maiores diversidade de peixes, condição favorável encontrada em ambientes preservados (Claireaux & Chabot, 2016). Esta variável foi reconhecida como filtro ambiental determinante de agrupamentos funcionais nas assembleias

de peixes em riachos de cabeceira por Carvalho & Tejerina-Garro (2015a). O mesmo estudo evidenciou a velocidade como filtro ambiental, entretanto, em nossos ambientes a correlação entre a velocidade e os traços funcionais não foi encontrada. Provavelmente, este fato se deve a baixa variação de velocidade nos ambientes estudados, sendo necessárias variações extremas nas variáveis ambientais para causar uma mudança significativa nos traços funcionais. Além disso, as análises utilizadas evidenciam as maiores correlações entre os dados, neste caso, novas análises poderiam elucidar se há o efeito da variável em questão.

Os riachos classificados previamente como impactados recebem efluentes de açude, atividade de pecuária em seu entorno, proximidade de comunidades rurais e supressão de vegetação ripária. Isto explica a presença de maiores concentrações de fósforo total, associadas a maiores valores de condutividade e de temperatura nos riachos mais impactados. Podem-se citar como exemplo, os locais onde a mata ciliar foi desmatada e substituída por gramíneas. Nestes locais, o impacto antrópico ocasionou o aumento da incidência solar, essencial para o desenvolvimento de organismos autotróficos (Lowe-McConnell, 1999). Além disso, riachos desprotegidos pela mata ciliar sofrem grandes variações na temperatura da água em função da incidência solar durante o dia e estas variações podem causar alterações na fisiologia e no comportamento dos organismos aquáticos.

Riachos com maior profundidade favoreceram os peixes com a dieta do tipo insetívoro-piscívoro e com o traço funcional largura da boca maior. Esta relação pode ser explicada quando se pensa que a profundidade é geralmente considerada como um bom indicador de complexidade estrutural do habitat (Súarez *et al.* 2007). Além disso, o aumento da profundidade do riacho tende a aumentar os nichos disponíveis, permitindo a coocorrência de espécies com diferentes estratégias de obtenção de recursos alimentares (Carvalho & Tejerina-Garro, 2015a). Estudos realizados por Santos *et al.* (2013) indicam que habitats complexos podem intensificar as interações predador-presa, favorecendo as espécies piscívoras.

A variável profundidade foi relacionada negativamente com traços funcionais que indicam uso de habitat, como o índice de compressão e proporção relativa do corpo, indicando que peixes com o corpo deprimido estão preferencialmente habitando os riachos com maior profundidade. Espécies com este formato corpóreo possuem melhor desempenho na locomoção próxima ao substrato e sedimento (Gatz, 1979; Breda *et al.*, 2005). A mesma variável ambiental foi relacionada positivamente com os traços posição da boca ventral e dieta detritívora, indicando a preferência das espécies de Loricariidae por ambientes mais profundos. Carvalho e Tejerina-Garro (2015a,b) também encontraram em seus estudos a

profundidade do riacho fortemente correlacionada com os padrões na estrutura funcional da assembleia de peixes.

Este conjunto de aspectos físicos e químicos de riachos de cabeceira pode sofrer alterações a cada estação do ano ou até mesmo em função das chuvas. Desta forma, cada espécie da assembleia de peixes explora o ambiente de acordo com suas habilidades e exigências biológicas. As diferenças observadas entre os locais de coleta podem refletir a plasticidade das características abióticas de cada riacho (Lemes & Garutti, 2002). Nestes casos, as variáveis ambientais funcionam como um filtro (Poff, 1997) e as chances de uma espécie com características não compatíveis vir a colonizar e se manter em determinado habitat diminuem. Sendo assim, pode haver restrição na colonização de peixes com determinados traços de acordo com as variáveis ambientais dos riachos (Súarez *et al.*, 2007).

A conservação da diversidade de peixes em ambientes neotropicais é um alvo fundamental para manter a diversidade funcional mundial, pois estas áreas concentram mais de 75% da diversidade funcional global (Toussaint *et al.*, 2016). Neste estudo, 25% das espécies foram classificadas endêmicas na área estudada (Oyakawa *et al.*, 2006) conferindo alta vulnerabilidade funcional para a região. Os levantamentos de ictiofauna na região são escassos, apresentados em relatórios. Nesses estudos foram coletadas de 45 (Gealh *et al.*, 2010) a 73 espécies (Oyakawa, *et al.*, 2006). Gealh *et al.* (2010) constatou que as características físicas e geomorfológicas mantiveram a disponibilidade de habitats e a diversidade de peixes, apesar das alterações antrópicas nos ambientes e na qualidade da água.

Pose-se destacar que a gestão e proteção efetiva das áreas de preservação ambiental tornam-se fundamentais na manutenção das funções ecossistêmicas e da diversidade funcional mundial. Neste sentido, buscar padrões na distribuição das espécies de peixes é extremamente necessário para garantir a proteção de áreas importantes para a biodiversidade, como a nossa área de estudo, portanto novos estudos devem ser realizados para elucidar estes padrões. Os resultados do presente estudo demonstram que as variáveis ambientais, alteradas por impactos no ambiente, influenciaram a distribuição das espécies de peixes, de acordo com o conjunto de traços funcionais das mesmas.

REFERÊNCIAS

- Allan, J. D., Erickson, D. L., & Fay, J. (1997) The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater biology*, 37, 149-161.
- Amorim, R. S. S., Demetrius, D. S., Pruski, F. F., & Matos, A. T. (2001). Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5, 124-130.
- Barrilli, G. H. C., Rocha, O., Negreiros, N. F., & Verani, J. (2015). Influence of environmental quality of the tributaries of the monjolinho river on the relative condition factor (kn) of the local ichthyofauna. *Biota Neotropica*, 15(1), 1-9.
- Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S., Solimini, A., Van de Bund, W., Zampoukas, N., & Hering, D. (2012). Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 18, 31-41. doi:10.1016/j.ecolind.2011.10.009
- Biswas, S. R., & Mallik, A. U. (2010). Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities. *Ecology*, 91, 28-35.
- Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100, 223-231.
- Bozzetti, M., & Schulz, U. H. (2004). An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 539, 133-144.
- Bragion, G. R. (2017). Melhorias na Acurácia do Mapeamento por NDVI. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, p.56.
- Brasil (2006) Decreto de criação do Parque Nacional dos Campos Gerais. Decreto Federal s/no. Brasília. 23 de março de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Dnn/Dnn10796.htm>.
- Breda, L., Oliveira, E. F., & Goulart, E. (2005). Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 27(4), 371-381.

Carvalho, R. A., & Tejerina-Garro, F. L. (2015a). Environmental and spatial processes: what controls the functional structure of fish assemblages in tropical rivers and headwater streams. *Ecology of freshwater fish*, *24*, 317-328. doi:10.1111/eff.12152

Carvalho, R. A., & Tejerina-Garro, F. L. (2015b). The influence of environmental variables on the functional structure of headwater stream fish assemblages: a study of two tropical basins in Central Brazil. *Netropical Ichthyology*, *13*, 349-360. doi:10.1590/1982-0224-20130148

Casatti, L., Teresa, F. B., Gonçalves-Souza, T., Bessa, E., Manzotti, A. R., Gonçalves, C. S., & Zeni, J. O. (2012). From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish? *Netropical Ichthyology*, *10*, 205–214.

Claireaux, G., & Chabot, D. (2016). Responses by fishes to environmental hypoxia: integration through Fry's concept of aerobic metabolic scope. *Journal of Fish Biology*, *88*, 232–251.

Copp, G. H. (2003). Is fish condition correlated with water conductivity? *Journal of Fish Biology*, *63*, 263-266. doi:10.1046/j.1095-8649.2003.00145.x

Diretoria de Serviço Geográfico (2005) Passo do Pupo, 1:50.000, Folha SG-22-X-C-III-1, MI-2841-1.

Dolédec S., Chessel, D., Ter Braak, C. F. J., & Champley, S. (1996). Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics*, *3*, 143–166.

Dray, S., & Dufour, A. B. (2007). The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software*, *22*, 1–20.

Englert, D., Zubrod, J. P., Schulz, R., & Bundschuh, M. (2015). Variability in ecosystem structure and functioning in a low order stream: implications of land use and season. *Science of the Total Environment*, *538*, 341-349.

Eros, T., Heino, J., Schmera, D., & Rask, M. (2009). Characterising functional trait diversity and trait–environment relationships in fish assemblages of boreal lakes. *Freshwater Biology*, *54*, 1788-1803.

Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de Limnologia* (3rd ed). Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência.

Felipe, T. R. A., & Suárez, Y. R. (2010). Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. *Biota Neotropica*, 10(2), 143-151.

Flecker, A. S., McIntyre, P. B., Moore, J. W., Anderson, J. T., Taylor, B. W., & Hall Jr., R. O. (2010). Migratory fishes as material a process subsidies in riverine ecosystems. *American Fisheries Society Symposium*, 73, 559-592.

Friedrich, J., Janssen, F., Aleynik, D., Bange, H. W., Boltacheva, N., Çagatay, M. N., Dale, A. W., Etiope, G., Erdem, Z., & Geraga, M. (2014). Investigating hypoxia in aquatic environments: diverse approaches to addressing a complex phenomenon. *Biogeosciences*, 11, 1215–1259.

Gatz, A. J. (1979). Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 21, 91-124.

Gealh, A. M., Melo, M. S., & Moro, R. S. (2010). *Pitangui, rio de contrastes: seus lugares, seus peixes, sua gente*. Ponta Grossa: Editora UEPG.

Gradstein, S. R., & Raeymaekers, G. (2000). Regional overviews. Tropical America (incl. Mexico). In: Hallinbäck, T., & Hodgetts, N. (eds.) *Mosses, liverworts and hornworts. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes*. IUCNSSC Bryophyte Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 38- 44.

Hellawell, J. M., & Abel, R. (1971). A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Journal of Fish Biology*, 3, 29-37.

Hill, M. O., & Smith, A. J. E. (1976). Principal component analysis of taxonomic data with multi-state discrete characters. *Taxon*, 25, 249-255.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (1992). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, Séries Manuais Técnicos em Geociências, 1, 92.

Julian, J. P., & Gardner, R. H. (2014). Land cover effects on runoff patterns in eastern Piedmont (USA) watersheds. *Hydrological Processes*, 28, 1525-1538.

Kawakami, E., & Vazzoler, G. (1980). Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29, 205-207.

Legendre, P., Galzin, R., & Harmelin-Vivien, M. L. (1997). Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. *Ecology*, 78, 547–562.

Lemes, E. M., & Garutti, V. (2002). Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do Alto Rio Paraná, Brasil. *Iheringia*, 92(3), 1-9.

Lowe-McConnell, R. H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Edusp.

Luck, G. W., Harrington, P., Harrison, P. A., Kremen, C., Berry, P. M., Bugter, R., Dawson, T. P., Bello, F., Díaz, S., Feld, C. K., Haslett, J. R., Hering, D., Kontogianni, A., Lavorel, S., Rounsevell, M., Samways, M. J., Sandin, L., Settele, J., Sykes, M. T., Hove, S., Vandewalle, M., & Zobel, M. (2009). Quantifying the contribution of organisms to the provision of ecosystem services. *BioScience*, 59, 223-235.

Luck, G. W., Carter, A., & Smallbone, L. (2013). Changes in Bird Functional Diversity across Multiple Land Uses: Interpretations of Functional Redundancy Depend on Functional Group Identity. *PLoS ONE*, 8, e63671.

Mazzoni, R., & Lobón-Cerviá, J. (2000). Longitudinal structure, density and production rates of a Neotropical stream fish assemblage: the river Ubatiba in the Serra do Mar (Southeast Brazil). *Ecography*, 23, 588–602.

Mcgill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 178–185.

Mormul, R. P., Thomaz, S. M., Agostinho, A. A., Bonecker, C. C., & Mazzeo, N. (2012). Migratory benthic fishes may induce regime shifts in a tropical floodplain pond. *Freshwater Biology*, 57, 1592-1602. doi:10.1111/j.1365-2427.2012.02820.x

Mouillot, D., Graham, N. A. J., Villéger, S., Mason, N. W. H., & Bellwood, D. R. (2013). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, 3, 167-177. doi:10.1016/j.tree.2012.10.004

Olden, J. D. (2006). Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, *33*, 2027-2039.

Oliveira, E. A. (2014). *Processos de criação de unidades de conservação na floresta com araucárias: o caso do Parque Nacional dos Campos Gerais, ímpar na história da política ambiental brasileira* (1ª ed.). Curitiba, PR: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1, 134.

Oliveira, D. C., & Bennemann, S. T. (2004). Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no Sul do Brasil. *Biota Neotropica*, *5*(1).

Oyakawa, O. T., Akama, A., Mautari, K. C., & Nolasco, J. C. (2006). *Peixes de riachos da mata atlântica nas unidades de conservação do vale do rio Ribeira de Iguape no estado de São Paulo*. São Paulo, SP: Editora Neotrópica.

Paraná - Governo Do Estado. (2008). Mapa de clima do estado do Paraná. Curitiba, Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG), Secretaria Estadual De Meio Ambiente. Escala 1:2.000.000.

Pease, A. A., González-Díaz, A. A., Rodiles-Hernández, R., & Winemiller, K. O. (2012). Functional diversity and trait-environment relationships of stream fish assemblages in a large tropical catchment. *Freshwater Biology*, *57*, 1060-1075.

Perry, S. F., Jonz, M. G., & Gilmour, K. M. (2009). Oxygen sensing and the hypoxic ventilatory response. In: Jeffrey, G., Richards, A. P. F., & Colin, J. B., ed. *Fish Physiology*, Vol 27. Academic Press, pp 193–253.

Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, *344*, 1246752. doi:10.1126/science.1246752

Poff, N. L. (1997). Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, *16*, 391-409. doi:10.2307/1468026

Poff, N. L., Olden, J. D., Vieira, N. K. M., Finn, D. S., Simmons, M. P., & Kondratieff, B. C. (2006). Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal of the North American Benthological Society*, *25*, 730-755.

R Development Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, AT. <http://www.R-project.org/>

Santos, A. F. G. N., García-Berthou, E., Hayashi, C., & Santos, L. N. (2013). When habitat complexity increases predation risk: experiments with invasive and Neotropical native fishes. *Marine and Freshwater Research*, 64(8), 752-760.

Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems – a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10, 126–139.

Sonego, R. C., Backes, A., & Souza, A. F. (2007). Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. *Acta Botanica Brasilica*, 21(4), 943-955.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions - American Geophysical Union*, 38, 913-920.

Súarez, Y. R., Valério, S. B., Tondato, K. K., Ximenes, L. Q. L., & Felipe, T. R. A. (2007). Determinantes ambientais da ocorrência de espécies de peixes em riachos de cabeceira da bacia do rio Ivinhema, alto rio Paraná. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 29, 145-150.

Tejerina-Garro, F. L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., & Oberdorff, T. (2005). Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 91-108. doi:10.1590/S1516-89132005000100013

Teresa, F. B., & Casatti, L. (2012). Influence of forest cover and mesohabitat types on functional and taxonomic diversity of fish communities in Neotropical lowland streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 21, 433-442.

Teresa, F. B., Casatti, L., & Cianciaruso, M. V. (2015). Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams. *Neotropical Ichthyology*, 13, 361-370.

Theodorovicz, A., & Theodorovicz, A. M. G. (2007) *Atlas Geoambiental: subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape* (2ª ed.). São Paulo: Serviço Ecológico do Brasil - CPRM.

Toussaint, A., Charpin, N., Brosse, S., & Villéger, S. (2016). Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread. *Scientific Reports*, 6, 221-225. doi: 10.1038/srep22125

Townsend, C. R., & Hildrew, A. G. (1994). Species traits in relation to a habitat template for river systems. *Freshwater Biology*, 31, 265–275.

USGS (United States Geological Survey) (2000) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>

Vieira, D. B., & Shibatta, O. A. (2007). Peixes como indicadores da qualidade ambiental do Ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, 7(1), 57-65.

Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F. & Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, 20, 1512-1522. doi:10.1890/09-1310.1

Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116, 882–892. doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x

Winemiller, K. O. (1991). Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61, 343-365.

Winemiller, K. O., & Rose, K. A. (1992). Patterns of Life-History Diversification in North American Fishes: Implications for Population Regulation. *Canadian Journal of Fisheries and aquatic sciences*, 49(10), 2196-2218.

APÊNDICE A - Valores medianos dos traços funcionais das espécies de peixes utilizados na RLQ e *fourth-corner*. N = número de indivíduos medidos; M = massa; indcom = índice de compressão; prorel = proporção relativa do corpo; pnpeit = proporção da nadadeira peitoral; prelo = posição relativa do olho; crcab = comprimento relativo da cabeça; lrloc = largura relativa da boca; cfin = coeficiente de finura; arelpc = altura relativa do pedúnculo caudal; areanpel = área da nadadeira pélvica; arelnpel = área relativa da nadadeira pélvica; areancaud = área da nadadeira caudal; arelncaud = área relativa da nadadeira caudal; areanp = área da nadadeira peitoral; trof = categoria trófica; oni = onívoro; ins_t = insetívoro-terrestre; ins_a = insetívoro-aquático; det = detritívoro; ins_p = insetívoro-piscívoro; ins = insetívoro; det_ins_a = detritívoro-insetívoro-aquático; espin = espinho (n = ausência e y = presença); barbi = barbilhão (n = ausência e y = presença).

Espécie	N	M	TRAÇO FUNCIONAL																
			indcom	prorel	pnpeit	prelo	crcab	lrloc	cfin	arelpc	areanpel	arelnpel	areancaud	arelncaud	areanp	trof	pos.boc	espin	barbi
<i>A. lacustris</i>	30	14,36	2,98	0,43	0,55	0,69	0,30	0,11	5,44	0,34	85,51	0,02	229,20	0,05	128,10	oni	term	n	n
<i>A. laticeps</i>	52	19,24	2,51	0,35	0,70	2,37	0,31	0,11	5,31	0,55	95,89	0,02	277,05	0,06	130,26	ins_t	term	n	n
<i>Astyanax</i> sp. 1	18	21,83	2,28	0,33	0,70	0,69	0,29	0,11	5,29	0,42	94,91	0,02	273,48	0,04	129,70	oni	term	n	n
<i>C. ehrhardti</i>	10	3,57	1,37	0,36	0,45	0,72	0,30	0,12	3,82	0,45	32,74	0,02	78,72	0,05	98,26	ins_a	term	y	y
<i>C. lopezae</i>	18	11,80	1,10	0,18	0,55	0,86	0,26	0,16	6,79	0,70	130,49	0,02	169,76	0,02	114,42	ins_a	term	n	y
<i>C. pterostictum</i>	20	3,16	3,31	0,22	0,42	0,75	0,26	0,08	10,23	0,67	57,56	0,03	92,01	0,03	98,16	ins_a	subterm	n	n
<i>C. rendalli</i>	11	1,41	2,36	0,42	1,07	0,78	0,37	0,13	4,29	0,36	31,48	0,03	53,64	0,05	35,34	ins_a	term	n	n
<i>D. iguape</i>	41	18,01	2,48	0,34	0,40	0,68	0,30	0,10	5,31	0,40	121,41	0,02	286,66	0,04	195,83	oni	term	n	n
<i>G. iporangensis</i>	58	46,17	3,45	0,44	0,87	0,80	0,38	0,13	5,86	0,55	358,95	0,04	469,10	0,05	426,13	ins_a	term	y	n
<i>H. interruptus</i>	55	261,81	1,00	0,23	1,31	0,85	0,31	0,22	4,97	0,60	1244,05	0,03	1472,73	0,03	1596,10	det	vent	y	y
<i>H. malabaricus</i>	14	338,12	1,61	0,25	0,85	0,76	0,33	0,12	5,68	0,63	701,82	0,02	1818,51	0,04	748,59	ins_p	term	n	n
<i>I. duseni</i>	67	35,86	1,77	0,25	0,83	0,94	0,37	0,27	7,14	0,62	255,58	0,02	312,14	0,03	457,80	det	vent	y	n
<i>Imparfinis</i> sp.	16	23,59	0,84	0,17	0,67	0,86	0,26	0,14	6,39	0,65	160,24	0,02	225,14	0,02	180,52	ins_a	term	n	y
<i>K. lacerta</i>	21	7,45	1,07	0,19	0,92	0,72	0,28	0,22	6,48	0,81	64,40	0,02	116,57	0,03	77,10	det	vent	y	y
<i>N. ribeirensis</i>	11	3,30	0,69	0,20	0,79	0,84	0,32	0,21	4,84	0,50	60,10	0,02	64,85	0,02	94,28	det_ins_a	vent	y	n
<i>P. harpagos</i>	72	1,25	2,28	0,32	2,32	0,93	0,27	0,10	5,51	0,61	7,23	0,01	42,84	0,04	18,72	det_ins_a	term	n	n
<i>P. maculicauda</i>	10	1,34	0,87	0,21	0,92	0,69	0,28	0,18	5,26	0,61	25,71	0,02	41,92	0,03	55,19	det	vent	y	y
<i>P. transitoria</i>	2	3,57	0,91	0,20	0,57	0,80	0,30	0,15	5,09	0,60	41,78	0,01	89,57	0,03	47,34	ins_a	term	y	y
<i>R. quelen</i>	16	278,64	1,30	0,27	0,86	0,75	0,29	0,15	5,53	0,65	528,78	0,01	1276,57	0,03	660,60	ins_a	term	y	y
<i>Rineloricaria</i> sp.	20	11,64	0,62	0,14	0,74	0,83	0,21	0,15	7,53	0,22	109,20	0,01	42,90	0,00	173,80	det_ins_a	vent	y	y
<i>R. transfasciatus</i>	2	17,25	0,88	0,15	0,41	0,81	0,24	0,13	6,59	0,49	146,22	0,01	204,30	0,01	159,59	ins	term	n	y
<i>T. davisi</i>	91	11,66	1,15	0,22	0,73	0,99	0,24	0,15	7,59	0,89	29,03	0,01	162,40	0,03	61,07	ins_a	subterm	n	y
<i>Trichomycterus</i> sp.	14	2,70	0,92	0,16	1,19	0,95	0,23	0,14	7,31	0,80	15,24	0,00	71,57	0,02	38,11	ins_a	subterm	n	y

APÊNDICE B - Índice alimentar das espécies.

	<i>A. lacustris</i>	<i>A. laticeps</i>	<i>Astyanax</i> sp.	<i>C. ehrhardti</i>	<i>C. lopezae</i>	<i>C. pterostictum</i>	<i>C. rendalli</i>	<i>H. interruptus</i>	<i>H. malabaricus</i>	<i>Imparfinis</i> sp.	<i>K. lacerta</i>
Alga	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,9
Detrito/Sedimento	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,7	0,0	0,8	98,9
Inseto aquático	46,7	2,0	8,0	100,0	99,1	99,6	96,4	0,1	60,5	99,2	0,1
Inseto terrestre	15,4	86,6	56,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Invertebrado aquático	0,1	0,0	2,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0
Invertebrado terrestre	6,8	0,0	4,4	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Peixe	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9	0,0	0,0
Vegetal aquático	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vegetal terrestre	22,8	11,3	28,3	0,0	0,5	0,1	3,6	0,1	2,9	0,0	0,1
	<i>N. ribeirenses</i>	<i>P. harpagos</i>	<i>P. maculicauda</i>	<i>R. quelen</i>	<i>Rineloricaria</i> sp.	<i>Trichomycterus</i> sp.	<i>T. davisii</i>	<i>D. iguape</i>	<i>G. iporangensis</i>	<i>I. duseni</i>	
Alga	2,7	2,1	3,2	0,0	10,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	
Detrito/Sedimento	55,9	78,6	38,7	0,0	62,5	9,3	0,0	0,0	0,0	96,1	
Inseto aquático	41,4	19,3	58,1	76,7	26,5	88,9	96,9	1,9	83,8	0,0	
Inseto terrestre	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	1,9	0,3	51,2	8,6	0,0	
Invertebrado aquático	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	3,9	
Invertebrado terrestre	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	
Peixe	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vegetal aquático	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vegetal terrestre	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,7	46,8	5,5	0,0	

APÊNDICE C - Script da análise realizada no *software* R.

```

#diversidade funcional vs. gradiente ambiental
#RLQ
library(ade4) # RLQ
library(vegan)
#matriz de variáveis ambientais (R)
R<-read.table('env_tudo2018.txt',header=TRUE, sep="\t",row.names=1)
Rs<-log1p(R) # transformar R em Log (X+1)
names(Rs)
boxplot(Rs) # só pra ver o resultado da transformação
#matriz de abundância (L)
L<-read.table('abun_tudo2018.txt',header=TRUE, sep="\t",row.names=1)
Ls<-decostand(L,"max") #standardizar pelo máximo da variável
boxplot(Ls)
#planilha de traços (Q): mediana
Q<-read.table('traits_mediana.txt',header=TRUE, sep="\t", row.names=1)
names(Q)
attach(Q)
boxplot(Qs)
#verificar dimensões das 3 matrizes R, L e Q
dim(Rs)
dim(Ls)
dim(Q)
#RLQ
coa1<-dudi.coa(Ls, scannf = FALSE, nf = 2) #CA de Ls
dudimil<-dudi.hillsmith(Rs, scannf = FALSE, nf = 2, row.w = coa1$lw) #hillsmith
duditrait<- dudi.hillsmith(Q, scannf = FALSE, nf = 2, row.w = coa1$cw) #dudi.hillsmith de Q
#RLQ + todos os gráficos juntos
rlq1<-rlq(dudimil, coa1, duditrait, scannf = FALSE, nf = 2)
plot(rlq1)
#gráficos separados para cada matriz:
s.arrow(rlq1$l1) # ordenação de R
rlq1$l1 #extrair os valores para fazer o grafico no estatística

```



```
#resultados das análises acima em tabela
print(testQaxes.comb, stat = "D")
print(testRaxes.comb, stat = "D")
##resultados das análises acima em gráfico
par(mfrow = c(1, 2))
#traços com com associação com os eixos da ordenação de R
#significativa e positiva em vermelho
#significativa e negativa em azul
plot(testQaxes.comb, alpha = 0.05, type = "table",
      stat = "D2")
#variáveis ambientais com associação com os eixos da ordenação de Q
#significativa e positiva em vermelho
#significativa e negativa em azul
plot(testRaxes.comb, alpha = 0.05, type = "table",
      stat = "D2")
#gráficos para mostrar variáveis:
#com associações significativas com o eixo 1 em azul
#com associações significativas com o eixo 2 em laranja
#com associações significativas ambos os eixo 1 e 2 em verde
#sem associações significativas em preto
par(mfrow = c(1, 1))
plot(testQaxes.comb, alpha = 0.05, type = "biplot",
      stat = "D2", col = c("black", "blue", "orange", "green"))
plot(testRaxes.comb, alpha = 0.05, type = "biplot",
      stat = "D2", col = c("black", "blue", "orange", "green"))
```


APÊNDICE E - Valores das variáveis ambientais para cada riacho amostrado por coleta.

Riacho	Coleta	Prof.	Larg.	Vel.	OD	Temp.	Cond.	NT	NO ₃ ⁻	PT	PO ₄ ³⁻
R1	1	4,3	2,6	NE	7,5	14,1	NE	2951,1	641,4	20,2	5,1
R1	2	16,0	2,8	0,2	6,9	17,9	602,7	3300,8	565,2	66,7	4,6
R1	3	16,9	2,4	0,2	6,2	21,2	242,3	1981,3	591,3	11,6	5,1
R1	4	22,7	3,5	0,1	6,3	18,2	439,3	1094,7	564,0	18,6	4,5
R3	1	2,2	2,3	NE	9,3	11,8	90,0	3796,2	487,7	18,0	9,2
R3	2	15,7	3,1	0,3	8,0	16,8	131,7	2208,6	138,8	14,1	4,6
R3	3	17,9	2,0	0,1	6,5	21,6	119,0	NE	184,8	NE	9,4
R3	4	15,0	1,8	0,1	9,0	15,2	248,0	605,2	176,0	19,0	7,3
R4	1	2,9	2,5	NE	7,6	14,0	143,6	2673,1	329,5	20,4	8,0
R4	2	26,8	3,3	0,3	7,0	20,4	190,1	2051,7	118,1	63,3	4,0
R4	3	19,9	2,7	0,2	4,0	25,9	197,7	1362,5	120,4	19,5	3,0
R4	4	16,0	2,3	0,2	5,1	20,2	347,0	645,1	174,5	16,5	3,3
R6	1	1,4	1,0	NE	7,5	17,8	157,5	2486,6	143,4	21,0	15,3
R6	2	6,0	1,0	0,1	7,3	18,3	169,3	2369,2	108,5	23,9	5,4
R6	3	7,0	1,1	0,1	7,1	19,2	174,8	1849,4	123,3	10,6	50,0
R6	4	8,8	1,7	0,0	8,0	18,6	299,7	552,7	157,8	20,5	9,2
R7	1	1,7	1,8	NE	7,7	14,0	29,7	3786,3	555,4	9,5	3,3
R7	2	17,7	1,8	0,2	6,6	18,0	233,7	2979,2	506,8	7,3	2,0
R7	3	15,9	1,6	0,2	5,9	22,1	220,7	2826,4	338,3	10,7	3,7
R7	4	20,2	2,0	0,1	5,5	18,0	418,0	1187,2	400,1	73,7	12,5
R9	1	2,2	1,8	NE	6,3	16,5	290,0	2485,3	189,2	10,7	3,9
R9	2	2,8	2,0	0,2	5,8	17,6	291,7	1551,6	80,4	9,4	8,9
R9	3	9,8	2,2	0,1	5,7	18,8	295,0	1432,9	201,8	23,9	5,4
R9	4	16,1	1,8	0,2	6,4	17,1	695,0	827,9	199,8	24,3	4,5
R11	1	3,6	3,9	NE	8,4	14,7	299,0	2951,1	503,7	23,9	34,7
R11	2	45,8	3,7	0,1	8,1	17,8	297,0	2152,7	445,5	13,3	13,2
R11	3	44,7	3,6	0,1	4,5	20,6	284,7	NE	442,9	NE	6,8
R11	4	40,9	3,4	0,2	9,3	16,0	563,3	1033,8	474,5	18,3	5,8
R12	1	3,6	3,6	NE	8,2	14,7	40,1	3277,3	474,2	6,5	3,9
R12	2	17,6	3,9	0,2	7,4	18,0	45,6	3130,9	504,5	9,5	4,4
R12	3	18,2	3,9	0,2	6,4	19,7	41,4	3368,3	429,3	8,8	4,7
R12	4	20,1	4,0	0,1	5,7	18,1	82,7	937,2	483,6	4,9	4,0
R13	1	5,4	4,5	NE	8,2	15,3	32,4	4383,0	503,7	4,9	4,0
R13	2	21,7	5,6	0,2	7,8	17,1	40,4	3114,4	515,3	3,4	3,7
R13	3	21,3	5,4	0,1	6,9	19,7	36,6	1925,2	484,0	5,2	4,7
R13	4	19,2	5,3	0,2	8,3	18,5	87,2	987,6	525,1	6,2	3,5

ANEXO A

Ecology of Freshwater Fish - Author Guidelines

1. SUBMISSION

Thank you for your interest in *Ecology of Freshwater Fish (EFF)*. Your submission to *EFF* implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

After you have prepared your submission in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://mc.manuscriptcentral.com/eff>.

The submission system will prompt you to use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish your work from that of other researchers. [Click here to find out more.](#)

[Click here for more details on how to use ScholarOne](#)

For help with submissions, please contact: EFF.editorialoffice@wiley.com.

We look forward to your submission.

2. AIMS AND SCOPE

Ecology of Freshwater Fish publishes original contributions on all aspects of fish ecology in freshwater environments, including lakes, reservoirs, rivers, and streams. Manuscripts involving ecologically-oriented studies of behaviour, conservation, development, genetics, life history, physiology, and host-parasite interactions are welcomed. Studies involving population ecology and community ecology are also of interest, as are evolutionary approaches including studies of population biology, evolutionary ecology, behavioural ecology, and historical ecology. Papers addressing the life stages of anadromous and catadromous species in estuaries and inshore coastal zones are considered if they contribute to the general understanding of freshwater fish ecology. Theoretical and modelling studies are suitable if they generate testable hypotheses, as are those with implications for fisheries. Manuscripts presenting analyses of published data are considered if they produce novel conclusions or syntheses. The journal publishes articles, fresh perspectives, and reviews and, occasionally, the proceedings of conferences and symposia.

3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

i. Fresh Perspectives

Description: Fresh Perspectives express new ideas and controversial perspectives on major research topics of current interest. Written for a broad international audience, these papers are concise and clearly presented.

Word limit: 1500 words maximum

References: maximum of 15 references.

Do not include an abstract, keywords, or subheadings.

ii. Articles

Description: Full-length reports of quality current research within any area of fish ecology in freshwater environments.

Introduction: State the purpose of the research, give only strictly pertinent references and do not review the subject extensively.

Material and methods: A concise summary, allowing confirmation of observations and repetition of the study. This may include a ‘Study Area’ section outlining details of the location where field work was performed

Results: Present your results in a logical sequence in the text, tables and figures and use this section to emphasise or summarise only important observations.

Discussion: summarise the findings without repeating in detail the data presented in Results. Relate your observations to other relevant studies; point out the implications of the results and their limitations and place them in the context of other work.

Word limit: 9000 words maximum (excluding title, abstract, acknowledgements, references, and table and figure legends).

References: maximum of 80 references.

iii. Reviews

Description: Reviews present a significant contribution to the discipline, allowing an advance in knowledge by summarizing and integrating novel principles emerging over the past years, and by indicating new venues for future research.

Please note that for the submission of a Review, authors should first contact one of the editors and submit an abstract no longer than 300 words. Invited Reviews may be solicited by the editors.

Page limit: Approximately 20 pages.

4. PREPARING THE SUBMISSION

Cover Letters

Authors should submit a cover letter, indicating succinctly why the manuscript is novel and of general interest for an international audience. Authors are encouraged to contrast and compare their research with other recently published studies.

Parts of the Manuscript

The manuscript should be submitted in separate files: main text file; figures.

Main Text File

The text file should be presented in the following order:

- i. Title
- ii. The full names of the authors
- iii. The author's institutional affiliations where the work was carried out, with a footnote for the author's present address if different from where the work was carried out
- iv. Full contact details for the corresponding author (email address, postal address, telephone number)
- v. A short running title of a maximum of ten words
- vi. Abstract and keywords for the manuscript
- vii. Main text

viii. Acknowledgments

ix. References

x. Tables (each table complete with title and legend)

xi. Figure legends

xii. Appendices (if relevant). Figures and supporting information should be supplied as separate files.

Title. The title should be short and informative, containing major keywords related to the content. The title should not contain abbreviations (see Wiley's best practice SEO tips).

Authorship. For details on eligibility for author listing, please refer to the journal's Authorship policy outlined in the Editorial Policies and Ethical Considerations section.

Acknowledgments. Contributions from individuals who do not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section. Financial and material support should also be mentioned. Thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

Conflict of Interest Statement. Authors will be asked to provide a conflict of interest statement during the submission process. See 'Conflict of Interest' section in Editorial Policies and Ethical Considerations for details on what to include in this section. Authors should ensure they liaise with all co-authors to confirm agreement with the final statement.

Abstract

Please provide an abstract of no more than **250 words** containing the major keywords.

Keywords

Please provide **six keywords**.

Main Text

- The journal uses **British English**, however authors may submit using either British or American English as spelling of accepted papers is converted during the production process.
- Number all pages of the main document consecutively (including tables and figure legends).
- All pages of the text (main document) must have continuous line numbers.
- Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.
- No more than 3 levels of crossheads may be used. Clearly indicate the level of each crosshead.

References

References should be prepared according to the *Publication Manual of the American Psychological Association* (6th edition). This means in text citations should follow the author-date method whereby the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998). The complete reference list should appear alphabetically by name at the end of the paper.

A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that a DOI should be provided for all references where available. For more information about APA

referencing style, please refer to the APA FAQ. Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

Journal Article

Beers, S. R., & De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486. doi:10.1176/appi.ajp.159.3.483

Book

Bradley-Johnson, S. (1994). *Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school* (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed.

Internet Document

Norton, R. (2006, November 4). How to train a cat to operate a light switch [Video file]. Retrieved from <http://www.youtube.com/watch?v=Vja83KLQXZs>

Cite EarlyView articles: To link to an article from the author's homepage, take the DOI (digital object identifier) and append it to "<http://dx.doi.org/>" as per following example:

How to cite this article: Akbaripasand, A., & Closs, G.P. Effects of food supply and stream physical characteristics on habitat use of a stream-dwelling fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 2017; 0: 1-10. <https://doi.org/10.1111/eff.12345>.

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. They should be supplied as **editable files**, not pasted as images, each on a separate page at the end of the main text file. Indicate the approximate location desired in the text.

Table legends should be placed before the body of each table. These should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to the text. All abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

Figure Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Please provide legends on a separate page at the end of the main text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement. Include a label indicating the author's name at the top of the figure.

Figures

Figures should clarify the text and must be professionally drawn. Although authors are encouraged to send the highest-quality figures possible, for peer-review purposes, a wide variety of formats, sizes, and resolutions are accepted. Click [here](#) for the basic figure requirements for figures submitted with manuscripts for initial peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements. Provide figures as separate files, not embedded within the text file.

Figures submitted in colour may be reproduced in colour online free of charge. Please note, however, that it is preferable that line figures (e.g. graphs and charts) are supplied in black and white so that they are legible if printed by a reader in black and white.

Additional Files

Appendices

If your manuscript is accepted, appendices will only be published online. For submission they should be supplied at the end of the main document.

Supporting Information

Supporting information is not essential to the article but provides greater depth and background. It should be cited within the article text, and a descriptive legend should be included. Supporting information is hosted online, and appears without editing or typesetting. It may include tables, figures, videos, datasets, etc. Click [here](#) for Wiley's FAQs on supporting information.

Note, if data, scripts or other artefacts used to generate the analyses presented in the paper are available via a publicly available data repository, authors should include a reference to the location of the material within their paper.

- **Abbreviations:** In general, terms should not be abbreviated unless they are used repeatedly and the abbreviation is helpful to the reader. Initially, use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only.
- **Units of measurement:** Measurements should be given in SI or SI-derived units. Visit the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at www.bipm.fr for more information about SI units.
- **Numbers:** numbers under 10 are spelt out, except for: measurements with a unit (8mmol/l); age (6 weeks old), or lists with other numbers (11 dogs, 9 cats, 4 gerbils). Use no Roman numerals. In decimals use the decimal point, not the comma.

Wiley Author Resources

Manuscript Preparation Tips: Wiley has a range of resources for authors preparing manuscripts for submission available [here](#). In particular, authors may benefit from referring to Wiley's best practice tips on Writing for Search Engine Optimization.

Editing, Translation, and Formatting Support: Wiley Editing Services can greatly improve the chances of a manuscript being accepted. Offering expert help in English language editing, translation, manuscript formatting, and figure preparation, Wiley Editing Services ensures that the manuscript is ready for submission.

5. EDITORIAL POLICIES AND ETHICAL CONSIDERATIONS

Editorial Review and Acceptance

The acceptance criteria for all papers are the quality and originality of the research and its significance to our readership. Papers will only be sent to review if the assigned editor determines that the paper meets the appropriate quality and relevance requirements.

Wiley's policy on confidentiality of the review process is available [here](#).

Data Storage and Documentation

Ecology of Freshwater Fish encourages data sharing wherever possible, unless this is prevented by ethical, privacy or confidentiality matters. Authors publishing in the journal are therefore encouraged to make their data, scripts and other artefacts used to generate the analyses presented in the paper available via a publicly available data repository, such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centres endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu). If the study

includes original data, at least one author must confirm that he or she had full access to all the data in the study, and takes responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis.

Animal Studies

A statement indicating that the protocol and procedures employed were ethically reviewed and approved, and the name of the body giving approval, must be included in the Methods section of the manuscript. We encourage authors to adhere to animal research reporting standards, for example the ARRIVE reporting guidelines for reporting study design and statistical analysis; experimental procedures; experimental animals and housing and husbandry. Authors should also state whether experiments were performed in accordance with relevant institutional and national guidelines and regulations for the care and use of laboratory animals:

- US authors should cite compliance with the US National Research Council's Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, the US Public Health Service's Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animals, and Guide for the Care and Use of Laboratory Animals.
- UK authors should conform to UK legislation under the Animals (Scientific Procedures) Act 1986 Amendment Regulations (SI 2012/3039).
- European authors outside the UK should conform to Directive 2010/63/EU.

Species Names

Upon its first use in the title, abstract, and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus, species, and authority) in parentheses. For well-known species, however, scientific names may be omitted from article titles. If no common name exists in English, only the scientific name should be used. Latin names should be italicised.

Conflict of Interest

The journal requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or directly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include, but are not limited to: patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and collectively to disclose with the submission ALL pertinent commercial and other relationships.

Funding

Authors should list all funding sources in the Acknowledgments section. Authors are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the Open Funder Registry for the correct nomenclature: <https://www.crossref.org/services/funder-registry/>

Authorship

The list of authors should accurately identify who contributed to the work and how. All those listed as authors should qualify for authorship according to the following criteria:

1. Have made substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data;
2. Been involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content;
3. Given final approval of the version to be published. Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content; and
4. Agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section (for example, to recognize contributions from people who provided technical help, collation of data, writing assistance, acquisition of funding, or a department chairperson who provided general support). Prior to submitting the article all authors should agree on the order in which their names will be listed in the manuscript.

In cases where there are five authors or more, the corresponding author must state the involvement each author had in the preparation of the manuscript.

ORCID

As part of the journal's commitment to supporting authors at every step of the publishing process, the journal encourages the submitting author (only) to provide an ORCID iD when submitting a manuscript. This takes around 2 minutes to complete. Find more information [here](#).

Publication Ethics

This journal is a member of the Committee on Publication Ethics (COPE). Note this journal uses iThenticate's CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read the [Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors](#) here. Wiley's [Publication Ethics Guidelines](#) can be found at authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html.

6. AUTHOR LICENSING

If a paper is accepted for publication, the author identified as the formal corresponding author will receive an email prompting them to log in to Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be required to complete a copyright license agreement on behalf of all authors of the paper.

Authors may choose to publish under the terms of the journal's standard copyright agreement, or OnlineOpen under the terms of a Creative Commons License.

General information regarding licensing and copyright is available [here](#). To review the Creative Commons License options offered under OnlineOpen, please [click here](#). (Note that certain funders mandate a particular type of CC license be used; to check this please [click here](#).)

Self-Archiving Definitions and Policies: Note that the journal's standard copyright agreement allows for self-archiving of different versions of the article under specific conditions. Please click here for more detailed information about self-archiving definitions and policies.

Open Access fees: Authors who choose to publish using OnlineOpen will be charged a fee. A list of Article Publication Charges for Wiley journals is available here.

Funder Open Access: Please click here for more information on Wiley's compliance with specific Funder Open Access Policies.

Note to authors funded by The Wellcome Trust, members of the Research Councils UK (RCUK), and members of the Austrian Science Fund (FWF): If you choose OnlineOpen, you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license, supporting you in complying your Funder requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy, please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement> and view this video.

7. PUBLICATION PROCESS AFTER ACCEPTANCE

Accepted Article Received in Production

When an accepted article is received by Wiley's production team, the corresponding author will receive an email asking them to login or register with Wiley Author Services. The author will be asked to sign a publication license at this point.

Note to NIH Grantees: Pursuant to NIH mandate, Wiley will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see www.wiley.com/go/nihmandate.

Proofs

Once the paper is typeset, the author will receive an email notification with the URL to download a PDF typeset page proof, as well as associated forms and full instructions on how to correct and return the file.

Please note that the author is responsible for all statements made in their work, including changes made during the editorial process – authors should check proofs carefully.

Early View

The journal offers rapid publication via Wiley's Early View service. Early View (Online Version of Record) articles are published on Wiley Online Library before inclusion in an issue. Note there may be a delay after corrections are received before the article appears online, as Editors may also need to review proofs. Once the article is published on Early View, no further changes to the article are possible. The Early View article is fully citable and carries an online publication date and DOI for citations.

8. POST PUBLICATION

Access and Sharing

When the article is published online:

- The author receives an email alert (if requested).
- The link to the published article can be shared through social media.

- The author will have free access to the paper (after accepting the Terms & Conditions of use, they can view the article).
- The corresponding author and co-authors can nominate up to ten colleagues to receive a publication alert and free online access to the article.

To find out how to best promote an article, click here.

Measuring the Impact of an Article

Wiley also helps authors measure the impact of their research through specialist partnerships with Kudos and Altmetric.

9. EDITORIAL OFFICE CONTACT DETAILS

EFF.editorialoffice@wiley.com