

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

JONAS CAMPANER ALVES

**Efeitos do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) nas assembleias de  
peixes de uma planície de inundação Neotropical**

Maringá  
2020

JONAS CAMPANER ALVES

**Efeitos do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) nas assembleias de peixes de uma planície de inundação Neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia.

Área de concentração: Ecologia e Limnologia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes

Maringá  
2020

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

A474e                   Alves, Jonas Campaner, 1995-  
                          Efeitos do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) nas assembleias de peixes de uma  
                          planície de inundação Neotropical / Jonas Campaner Alves. -- Maringá, 2020.  
                          41 f. : il.

                          Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
                          Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2020.  
                          Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes.

                          1. Peixes de água doce, Assembleia de - Diversidade taxonômica - Mudanças  
                          climáticas - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. *El Niño Southern Oscillation*  
                          (ENSO). I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de  
                          Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.178209816

JONAS CAMPANER ALVES

**Efeitos do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) nas assembleias de peixes de uma planície de inundação Neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui  
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS)

Prof. Dr. Diego Corrêa Alves  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2020.

Local de defesa: Auditório do Nupélia, Bloco H-90, Nupélia, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, especialmente Josilene, Guerina, Alexandre e Albino, por todo apoio e carinho.

A Carolina, meu anjo que sempre me apoiou e esteve do meu lado em todos que precisei

Ao Gustavo, por todas as risadas e problemas superados ao longo de tantos anos de trabalho.

Ao Luiz, por ser um exímio e paciente orientador.

A Natalia, Taise e Anielly, por todo apoio pessoal e intelectual na minha vida acadêmica

Aos meus colegas de laboratório, por todas as conversas e ajuda.

Aos funcionários do PEA e Nupélia, por todo suporte logístico ao longo deste trabalho.

Aos membros da Biotucada-UEM, por todos os ritmos, risadas e apoio.

Ao projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

O projeto de pesquisa foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **Efeitos do *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) nas assembleias de peixes de uma planície de inundação Neotropical**

### **RESUMO**

Avaliou-se os efeitos do El Niño Oscilação Sul (*El Niño Southern Oscillation*-ENSO) nas assembleias de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. Especificamente, foram testados: (i) os reservatórios minimizam os efeitos do ENSO no nível hidrométrico nos rios que compõem a planície (rios Paraná - intensamente represado e Ivinhema - não represado); (ii) os eventos ENSO influenciam a estrutura das assembleias de peixes dos rios estudados; (iii) o nível hidrométrico e os eventos ENSO atuam sinergicamente na estrutura da assembleia de peixes dos rios Paraná e Ivinhema. Coletaram-se os dados do ENSO no *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), utilizando como proxy o "Índice Niño Oceânico" (*Oceanic Niño Index*-ONI). Os dados do nível hidrométrico foram coletados nas estações fluviométricas localizadas na área de estudo. As amostragens de peixes transcorreram trimestralmente entre os anos 2000 e 2018. Em geral, os eventos ENSO correlacionaram-se com o nível hidrométrico dos rios Paraná e Ivinhema, mas com menor correlação para o rio Paraná, provavelmente devido aos efeitos de barragens a montante da planície. As assembleias de peixes dos respectivos rios apresentaram estruturas distintas, e os eventos ENSO pareciam influenciar essa diferenciação. As espécies migradoras possuem correlação negativa com o ONI, mas com registro de maiores abundâncias um ano após os eventos de El Niño ("*Lag*" de um ano). Maiores valores de riqueza e abundância total de espécies registradas para o rio Ivinhema, em todos os eventos do ENSO (La Niña, Neutro e El Niño), provavelmente por apresentar condições mais pristinas. O nível hidrométrico e os eventos do ENSO atuam sinergicamente, mas de maneira distinta nos rios estudados, o que deve estar relacionado ao grau de impacto antrópico. Assim, a influência do ENSO na área de estudo é aparentemente minimizada, principalmente no rio Paraná, devido ao controle de vazão imposto por barragens localizadas a montante da área.

**Palavras chave:** Eventos climáticos. Oceanic Niño Index. Rio Paraná. Ictiofauna. Espécies migradoras.

# Effects of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) on the fish assemblages of a Neotropical floodplain

## *ABSTRACT*

We evaluated the effects of El Niño Southern Oscillation in the fish assemblages of the upper Paraná River floodplain. Specifically, we tested if: (i) reservoirs regulate ENSO effects on the hydrometric level in the rivers that compose the plain (Rio Paraná – intensely dammed and Rio Ivinhema – not dammed); (ii) ENSO events influence the structure of the fish assemblages of the study rivers; and that (iii) the hydrometric level and the ENSO events will act synergistically on the structure of the fish assemblage of the Rio Paraná and Rio Ivinhema. ENSO data was gathered at the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), using as proxy the “Oceanic Niño Index” (ONI). Water level data were gathered from the hydrological stations located in the sampled area. Fish samplings were carried out quarterly between the years 2000 and 2018. In general, ENSO events were correlated with the hydrometric level of the Rio Paraná and Rio Ivinhema, but with lower correlation for the Rio Paraná, probably due to the effects of dams upstream the plain. The fish assemblages of the Rio Paraná and Rio Ivinhema presented distinct structures, and the ENSO events appeared to influence this differentiation. Migratory species were negatively correlated with ONI, but the greatest abundances were found one year after the events of El Niño ("Lag" of one year). Higher values of the attributes of the fish assemblages were recorded for the Rio Ivinhema, in all events of ENSO (La Niña, Neutral and El Niño), probably because it presents more pristine conditions. The hydrometric level and the ENSO events act synergistically, but distinctively in the study rivers, which should be related to their degree of impacts. Thus, the influence of ENSO in the studied area is apparently minimized, especially in the Rio Paraná, due to the flow control imposed by dams located upstream of the area.

**Keywords:** Climatic events. Oceanic Niño Index. Rio Paraná. Ichthyofauna. Migratory species.

Dissertação elaborada e formatada conforme  
as normas da publicação científica  
*Hydrobiologia*. Disponível em:  
<<https://www.springer.com/journal/10750>>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	10
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	10
<b>2.2</b>	<b>Coleta de dados</b> .....	11
<b>2.3</b>	<b>Análise de dados</b> .....	13
2.3.1	Eventos do ENSO e o níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinhema.....	13
2.3.2	Assembleia de peixes e os eventos do ENSO.....	14
2.3.3	Efeito combinado dos eventos do ENSO e nível hidrométrico sobre as assembleias de peixes .....	15
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	16
<b>3.1</b>	<b>Eventos do ENSO e o nível hidrométrico dos rios Paraná e Ivinhema</b> .....	16
<b>3.2</b>	<b>Assembleias de peixes e os eventos do ENSO</b> .....	17
<b>3.3</b>	<b>Efeito combinado dos eventos do ENSO e nível hidrométrico sobre as assembleias de peixes</b> .....	23
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	24
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	28
	<b>APÊNDICE A</b> - Representação dos dois primeiros eixos da PCoA em função dos valores de ONI. ....	34
	<b>APÊNDICE B</b> - Lista de espécies com os valores de correlação das abundâncias de cada espécie com PCoA e ONI.....	34

## 1 INTRODUÇÃO

O El Niño Oscilação Sul (*El Niño Southern Oscillation-ENSO*) é um fenômeno climático de grande escala, que pode levar a diversas alterações meteorológicas, sendo caracterizado por fases de aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) em relação a temperatura superficial do oceano Pacífico (*Sea Surface Temperature - SST*; Philander, 1983; Trenberth, 1997). A partir de índices como Índice Niño Oceânico (*Oceanic Niño Index-ONI*), é possível prever a ocorrência e intensidade desses eventos (El Niño e La Niña), que ocorrem entre intervalos de 2 a 10 anos (Philander, 1983). Esses eventos ocorrem e atuam de forma antagônica em diferentes regiões, e afetam desde ambientes marinhos até ecossistemas continentais (Caviedes, 2001; Garcia et al., 2004, Collins et al., 2010; Su et al., 2018; Pereira et al., 2020). Dentre os efeitos desse fenômeno, destacam-se alterações no ciclo hidrológico global, bem como no padrão de precipitação, que resultam em eventos de seca e cheia em diferentes partes do mundo (Ropelewski & Halpert, 1987; Philander, 1990; Grimm & Tedeschi, 2008; Henderson et al., 2018).

Padrões decorrentes de eventos do ENSO, relacionados a frequência de inundações, eventos de seca, qualidade da água, descarga e fluxo dos rios foram demonstrados em diferentes bacias hidrográficas (Chiew et al., 1998; Keener et al., 2010; Su et al., 2018). No rio Paraná, um dos importantes rios do Planeta (Stevaux et al., 2009), foi evidenciado que as variações interanuais no fluxo e descarga fluvial são associadas aos eventos do ENSO (Berri et al., 2002; Dai et al., 2009; Antico et al., 2018). Eventos de El Niño foram relacionados a grandes cheias que ocorreram na região nas últimas décadas (Camilloni & Barros, 2000; Fernandes et al., 2009). Contudo, as condições naturais desse rio, bem como da sua bacia hidrográfica, foram intensamente alteradas pela construção de uma série de barragens, principalmente a partir da década de 1950 (Agostinho et al., 2007; 2016). Atualmente, existem cerca de 150 reservatórios na bacia rio Paraná (Stevaux et al., 2009), que exercem forte poder regulatório sobre o regime hidrológico, alterando padrões históricos e, conseqüentemente, podem causar uma série de alterações nas comunidades aquáticas (Agostinho et al., 2004b; Granzotti et al., 2018).

A construção de reservatórios está entre as principais causas relacionadas a perda da biodiversidade aquática (Dudgeon et al., 2005; Agostinho et al., 2008). A conversão de ambientes lóticos para lênticos afeta diretamente as propriedades físico-químicas da

água, ciclagem de nutrientes, estrutura dos habitats, distribuição das espécies e composição taxonômica e funcional das comunidades (Tundisi & Straskraba, 1999; Fernandes et al., 2009; Oliveira et al., 2015). Para os peixes, um dos grupos mais afetados pelos barramentos, as alterações causam extinções de espécies nativas e mudanças no padrão de riqueza, abundância, reprodução, desenvolvimento e recrutamento (Terra et al., 2010; Cheng et al., 2015; Moran et al., 2018). Tal impacto é ainda maior considerando as espécies migradoras, que percorrem grandes distâncias e dependem das cheias para se reproduzir, utilizando habitats adjacentes ao canal principal (e.g. lagoas e tributários) como berçários e para alimentação (Baumgartner et al., 2004; Agostinho et al., 2008). Outro impacto relevante das barragens é a regulação do nível hidrológico a jusante desses empreendimentos que afetam, sobremaneira, as espécies de peixes, inclusive as migradoras (Gubiani et al., 2007; Agostinho et al., 2007, 2016).

Mediante a tênue relação entre a assembleia de peixes, principalmente de espécies migradoras, com o ciclo hidrológico, alguns estudos têm buscado encontrar padrões frente as mudanças climáticas (Gillanders et al., 2011; Ruaro et al., 2019). Em relação ao ENSO, seus efeitos sobre a ictiofauna foram demonstrados em ambientes marinhos (Hollowed et al., 2001; Watters et al., 2003; Lehodey et al., 2005, Booth et al., 2011). Mudanças no padrão de distribuição e sazonalidade de diversas espécies de peixes marinhos estão diretamente relacionadas a tais eventos (Godínez-Domínguez et al., 2000; Brander, 2007). Da mesma forma, em estuários, alterações no ciclo hidrológico, decorrentes de eventos do ENSO, determinam mudanças na composição, padrão de recrutamento e migração de diversas espécies (Mol et al., 2000; Garcia et al., 2001; Garcia et al., 2003; Garcia et al., 2004; Possamai et al., 2018). Contudo, apesar do grande número de trabalhos publicados com essa temática, poucos estudos foram realizados em águas continentais (e. g. Swales, 1999; Smolders et al., 2000).

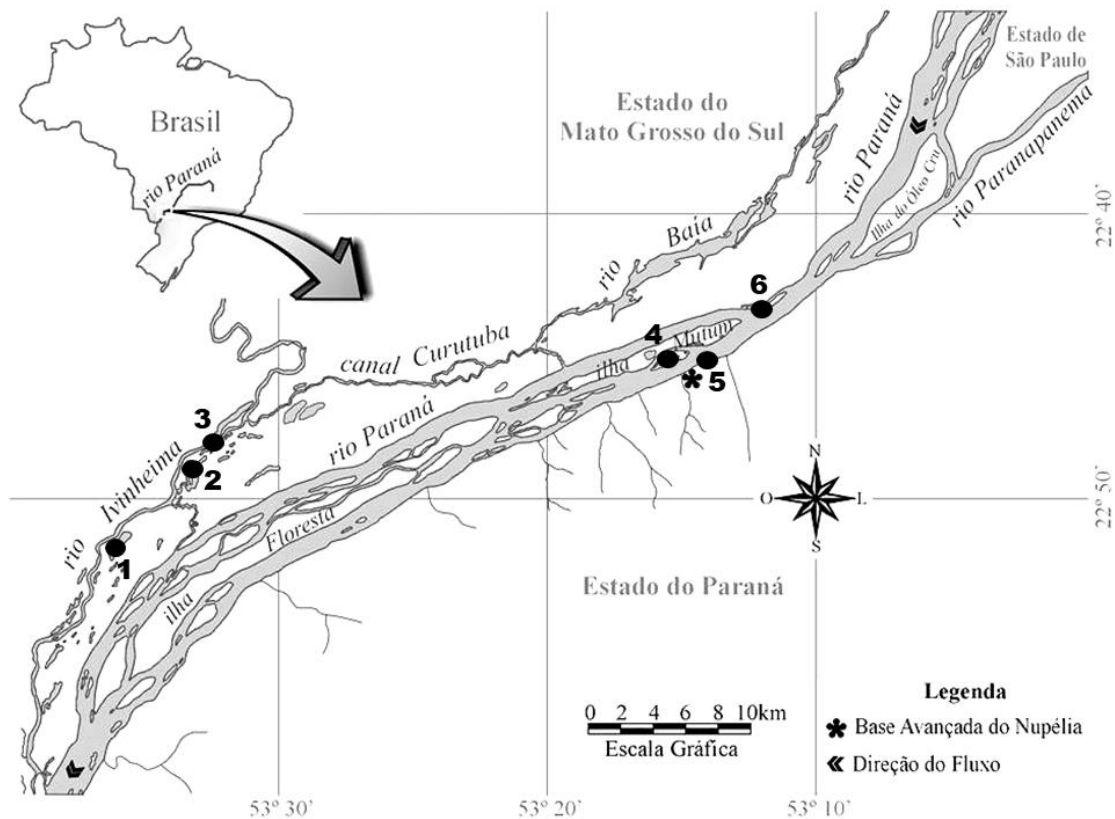
Portanto, o principal objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do ENSO (indexado pelo ONI) no último trecho do rio Paraná sem barragens, onde está localizada a planície de inundação do alto rio Paraná (os principais rios que compõem esta planície são os rios Paraná, intensamente represado a montante da planície, e o rio Ivinhema, um afluente livre de barragens). Para isso, testaram-se as seguintes hipóteses: (i) reservatórios minimizam o efeito que eventos do ENSO exercem sobre o nível hidrométrico de ambientes aquáticos continentais em anos de eventos de El Niño e La Niña; (ii) eventos do ENSO influenciam a estrutura da assembleia de peixes dos rios Paraná e Ivinhema,

sendo que: (a) espécies migradoras serão favorecidas por eventos de El Niño em função de características do seu ciclo de vida; (b); os atributos da assembleia de peixes do rio Ivinhema serão mais influenciados pelos eventos do ENSO, por ser um rio livre de barramentos; (iii) o nível hidrométrico e os eventos do ENSO atuam de forma sinérgica sobre a estrutura da assembleia de peixes dos rios Paraná e Ivinhema.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo está localizada na planície de inundação do Alto rio Paraná, localizada no último trecho lótico deste rio no Brasil, entre o reservatório de Itaipu (a jusante) e a barragem de Sérgio Motta (conhecido localmente como Porto Primavera; a montante). O principal afluente da margem leste, nessa região, é o rio Paranapanema, que também é intensamente barrado (a última barragem nesse rio é o reservatório de Rosana), o que também contribui para regular o nível do rio Paraná. Esse trecho tem aproximadamente 250 km de extensão e cobre uma área de 5.268 km<sup>2</sup> (Agostinho et al., 2004a). A planície de inundação consiste em três rios: Ivinhema, Paraná e Baía. Para este estudo, realizaram-se amostragens em seis estações: três no rio Paraná (intensamente impactado pela construção de barragens) e três no rio Ivinhema (livre de barragens; em condições mais puras), incluindo o canal principal e os lagos adjacentes da planície de inundação, conectado ou não ao canal principal dos rios (Fig. 1). As estações de amostragem são estações sentinelas do projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), Sítio 6, sendo elas a Lagoa Ventura, Lagoa dos Patos, rio Ivinhema (todos no rio Ivinhema), Ressaco do Pau Véio, rio Paraná, Lagoa das Garças (todas no rio Paraná).



**Figura 1.** Área de estudo da planície de inundação do alto rio Paraná, onde: 1 – Lagoa Ventura; 2 – Lagoa dos Patos; 3 – Rio Ivinhema; 4 – Ressaco do Pau Véio; 5 – Rio Paraná; 6 – Lagoa das Garças. EPSG:4326.

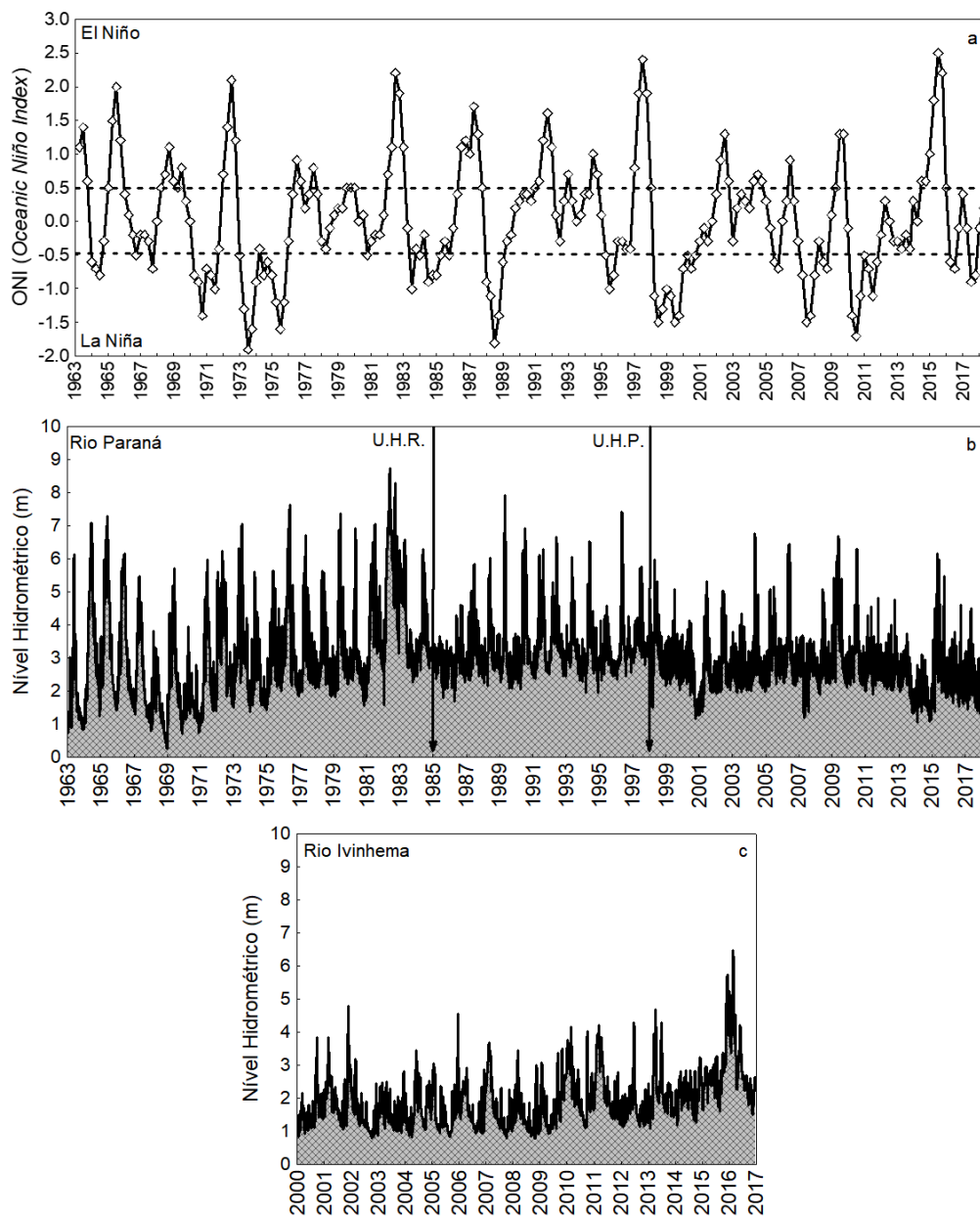
## 2.2 Coleta de dados

Os dados de ENSO entre os anos de 1963 e 2018 foram obtidos por meio da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA*), com informações do ERSSTv5 (Huang et al., 2017). As medidas são expressas pelo ONI, em que valores maiores ou iguais a 0,5 representam eventos de El Niño e valores menores ou iguais a -0,5 eventos La Niña (Fig. 2a). Valores entre -0,5 e 0,5 representam períodos neutros, quando nenhum dos eventos ocorrem. A partir de agora, a abreviação do ENSO será um termo mais geral, incluindo os eventos La Niña, Neutral e El Niño, enquanto o ONI será a variável quantitativa (representada por seus valores).

O nível hidrométrico (m) no rio Paraná foi obtido diariamente a partir da estação fluviométrica de Porto São José (código 64575000), cerca de 12 km a montante da área de estudo, entre os anos de 1963 e 2018. Os dados foram agrupados e analisados em três períodos de tempo: até a construção da Usina Hidrelétrica de Rosana (1963-1984); até a

construção da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera (1963-1997); e a série temporal completa (1963-2018), com objetivo de verificar as variações induzidas pelas barragens no nível do rio Paraná (Fig. 2b). O nível hidrométrico (m) do rio Ivinhema foi obtido diariamente a partir da estação fluviométrica UHE Itaipu Ivinhema (código 64617000), entre os anos de 2000 e 2016 (Fig. 2c).

As coletas de peixes foram realizadas trimestralmente em campanhas do PELD, entre os anos de 2000 e 2018, com uso de redes de espera, com 20 m de comprimento e malhas variando entre 2,4 e 16 cm entre nós adjacentes. As redes foram operadas em regiões próximas à margem dos ambientes, com período de exposição de 24 horas. A instalação ocorreu no período da tarde (14:00h), com revistas a cada 8 horas (22:00h; 06:00h; 14:00h). Os indivíduos capturados foram anestesiados com uso de eugenol, colocados em gelo e transportados para o laboratório da Base de Pesquisa Avançada do Nupélia, localizada em Porto Rico, Paraná, onde foram identificados (Graça & Pavanelli, 2007; Ota et al., 2018). Para cada indivíduo capturado foram registrados: data, estação de amostragem e período de captura. Como as coletas tiveram esforço de pesca padronizado, o número de indivíduos capturados foi considerado a abundância.



**Figura 2.** Séries temporais dos dados de ONI e nível hidrométrico que foram utilizadas. a- Variação anual dos valores de ONI (1963-2018). b- Variação diária do nível hidrométrico do rio Paraná (1963-2018), em que U.H.R. = Usina Hidrelétrica de Rosana; U.H.P = Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. c- Variação diária do nível hidrométrico do rio Ivinhema (2000-2016).

## 2.3 Análise de dados

### 2.3.1 Eventos do ENSO e o níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinhema

Para avaliar se os barramentos minimizam os efeitos do ENSO sobre o nível hidrométrico dos rios Paraná e Ivinhema (hipótese i), os valores diários do nível

hidrométrico desses rios foram convertidos em médias trimestrais, uma vez que os valores de ONI são mensurados trimestralmente. Deste modo, foram realizadas correlações de Pearson entre ONI e o nível hidrométrico dos rios estudados. Para os dados do rio Paraná, as correlações foram realizadas separadamente em função de cada período de tempo previamente agrupado (até a construção da Usina Hidrelétrica de Rosana (1963-1984); até a construção da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera (1963-1997); e a série temporal completa (1963-2018), enquanto que, para o rio Ivinhema, foi utilizada somente a série temporal completa (2000-2016).

### 2.3.2 Assembleia de peixes e os eventos do ENSO

Com o objetivo de visualizar a distribuição da abundância das espécies de peixes para cada amostra (local e mês), foi aplicada a Análise de Coordenadas Principais (PCoA; Anderson et al., 2006). A PCoA gera um conjunto de eixos ortogonais, representando uma matriz de similaridade de *Bray-Curtis*. Os dois primeiros eixos da PCoA, que normalmente retém a maior parte da variabilidade dos dados da assembleia de peixes, foram retidos para interpretação gráfica, sendo os escores categorizados de acordo com os rios (Paraná e Ivinhema). Os escores dos eixos retidos para interpretação foram correlacionados com as abundâncias de cada espécie para verificar quais estavam mais relacionadas com a dispersão dos pontos e, também, com os valores do ONI, para avaliar se havia relação entre os eventos do ENSO com a assembleia de peixes. Para avaliar possíveis diferenças gerais na assembleia de peixes, as categorias do ENSO (La Niña, Neutro, El Niño) também foram utilizadas.

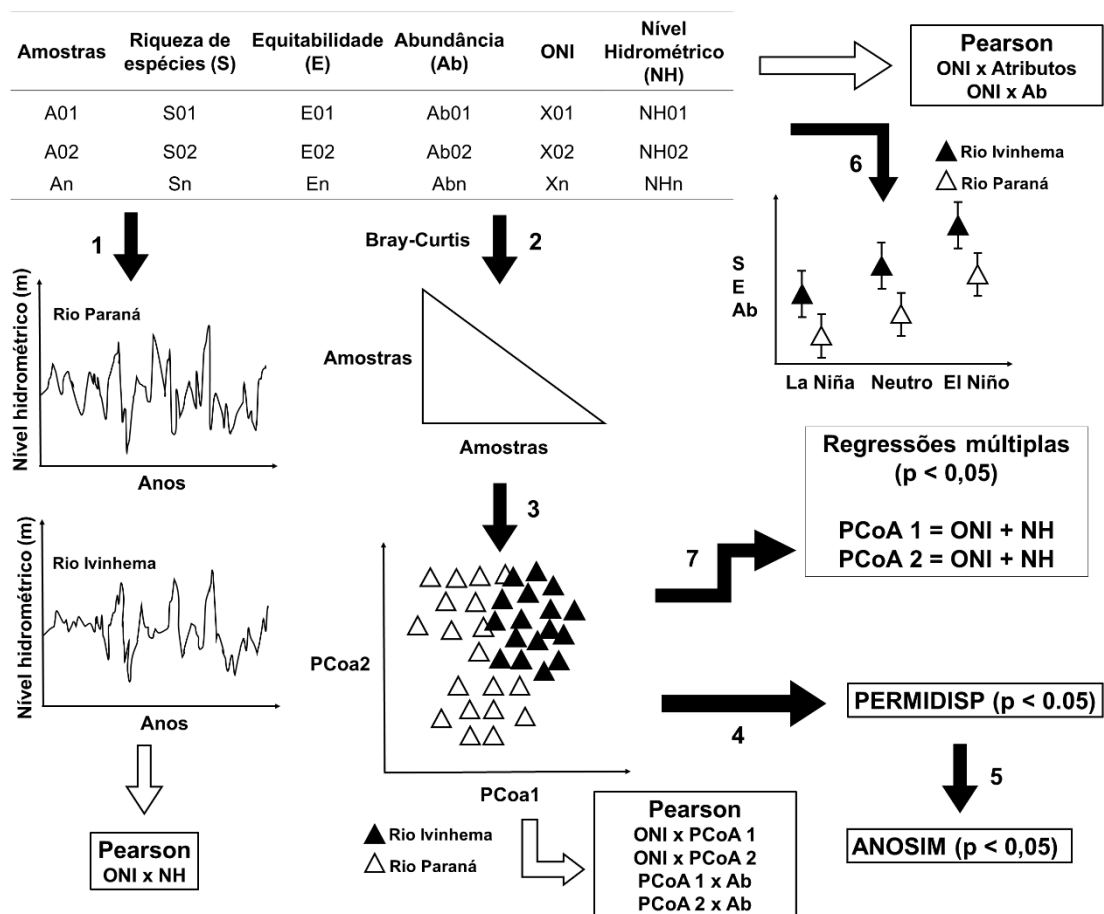
Para determinar as possíveis diferenças na assembleia de peixes, considerando os ambientes (Paraná e Ivinhema) e ENSO (La Niña, Neutro e El Niño; hipótese ii), foi aplicada a PERMANOVA (McArdle & Anderson, 2001). Contudo, para aplicação desse teste, há necessidade de avaliar o pressuposto de homogeneidade da dispersão dos pontos, de acordo com os grupos considerados, a partir da PERMIDISP (Anderson, 2006). Como os dados não apresentaram distribuição homogênea (Pseudo-F = 30,1;  $p < 0,05$ ), optou-se por aplicar a Análise de Similaridades (ANOSIM; Clark, 1993), que também testa a hipótese proposta. Para testar a significância estatística da ANOSIM, foram feitas 999 permutações aleatórias. Todas as análises foram realizadas no software PRIMER 6 v. 6.1.13 (Anderson et al., 2008).



A riqueza de espécies, abundância total, abundância de espécies migratórias e a equitabilidade foram calculadas para cada amostra. As abundâncias de cada espécie foram correlacionadas com o ONI para verificar as que apresentaram associações mais fortes com os eventos climáticos. Devido ao possível efeito no recrutamento de espécies migratórias, após anos de inundações, a abundância dessas espécies foi correlacionada com os dados do ONI com um atraso de um ano (predição a; ver Gomes & Agostinho, 1997, Agostinho et al., 2004b e Oliveira et al., 2015, para detalhes). A riqueza de espécies, abundância total e equitabilidade das espécies também foram correlacionadas (Pearson) com a ONI para verificar se elas estavam associadas a eventos ENSO. Finalmente, a influência das barragens nos atributos de assembleia de cada rio (Paraná altamente impactado por barragens; Ivinhema livre de barragens) foi avaliada graficamente de acordo com os eventos ENSO (predição b; La Niña, Neutro, El Niño).

### 2.3.3 Efeito combinado dos eventos do ENSO e nível hidrométrico sobre as assembleias de peixes

Para avaliar os possíveis efeitos combinados entre os eventos do ENSO e o nível hidrométrico sobre a estrutura da assembleia de peixes, foram realizadas duas regressões múltiplas para cada rio (Paraná e Ivinhema), utilizando ONI e média do nível hidrométrico do rio correspondente como variáveis explanatórias, e como variáveis respostas os escores PCoA 1 e PCoA 2, separadas de acordo com cada rio (hipótese iii). Os valores significativos do  $\beta$  do ONI e do nível indicam efeito dos dois, simultaneamente, sobre as assembleias de peixes, representada nos eixos da ordenação retidos para interpretação. As correlações, regressões múltiplas e gráficos de correlação, média e erro padrão foram gerados no software Statistica 7.1 (Statsoft, 2005; para mais detalhes, ver Fig. 3).



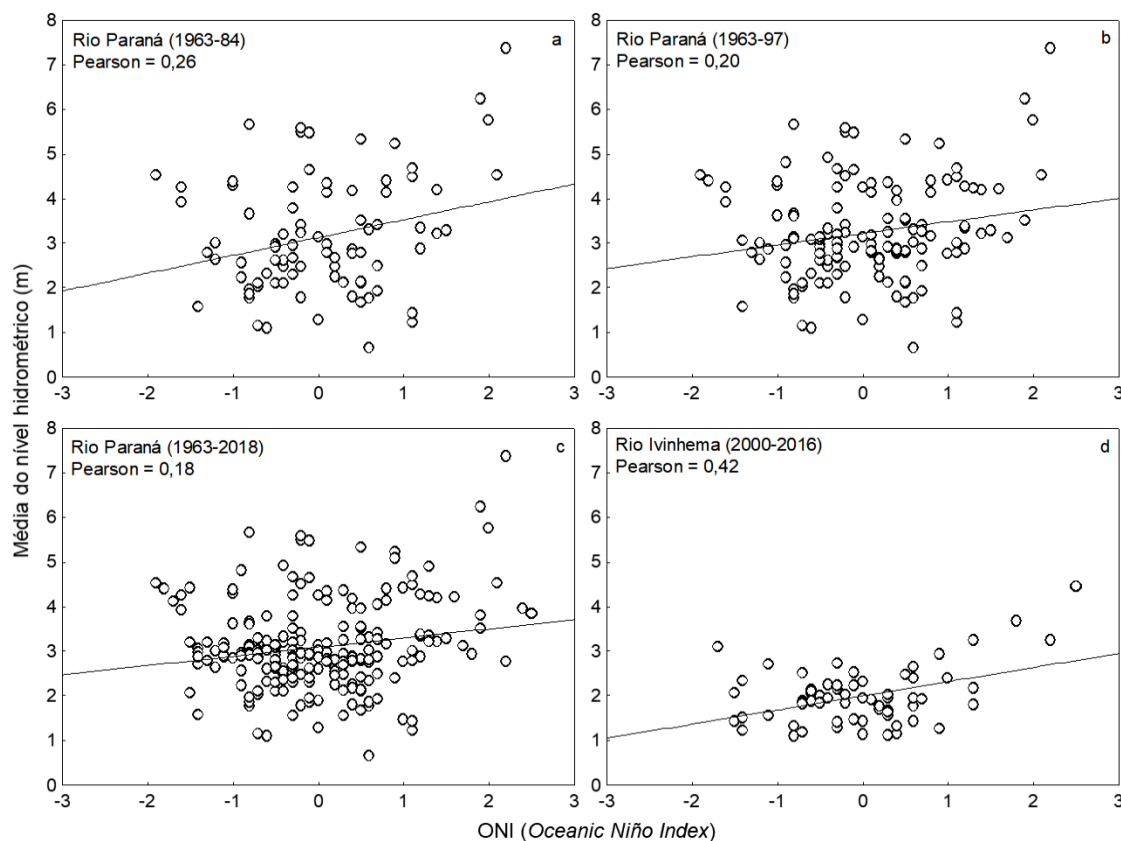
**Figura 3.** Modelo conceitual do protocolo analítico, em que 1- Representação da série temporal do nível hidrométrico; 2- Matriz de distância de Bray-Curtis; 3- Obtenção dos eixos da PCoA, extração de seus escores e visualização dos eixos de PCoA1 e PCoA2 em um gráfico de dispersão, diferenciados de acordo com os rios Paraná e Ivinhema; 4- Checagem do pressuposto da homogeneidade da dispersão; 5- Aplicação dos fatores (Rio e Evento) em relação a matriz de Bray-Curtis em uma ANOSIM ( $p < 0,05$ ); 6- Relação entre os atributos da assembleia de peixes (riqueza, abundancia total, abundancia de migradores e equitabilidade) com eventos do ENSO (indexado pelo ONI), comparando os rios Paraná e Ivinhema. 7- Regressões múltiplas utilizando os dois primeiros eixos da PCoA como variável resposta ao efeito combinado de ONI e do nível hidrométrico (variáveis predictoras); esse procedimento foi realizado separadamente com os dados de cada rio. Setas em branco representam correlações de Pearson.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Eventos do ENSO e o nível hidrométrico dos rios Paraná e Ivinhema

Os níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinhema foram positivamente correlacionados ( $p < 0,05$ ) com eventos do ENSO (Fig. 4). No rio Paraná, os maiores valores de correlação foram encontrados no período anterior à construção das usinas

hidrelétricas de Rosana, no rio Paranapanema ( $r = 0.26$ ; Fig. 4a), e Porto Primavera, no rio Paraná ( $r = 0.20$ ; Fig. 4b), sendo que a série temporal completa apresentou o menor valor ( $r = 0.18$ ; Fig. 4c). No rio Ivinhema foi encontrado o maior valor dentre todas as correlações feitas ( $r = 0.42$ ; Fig. 4d). Esses resultados demonstram um possível efeito regulatório que os reservatórios exercem sobre os eventos do ENSO no rio Paraná, corroborando com a hipótese i, uma vez que o rio Ivinhema, para o qual a correlação foi a mais alta, mesmo com uma série temporal pequena, é livre de barramentos.

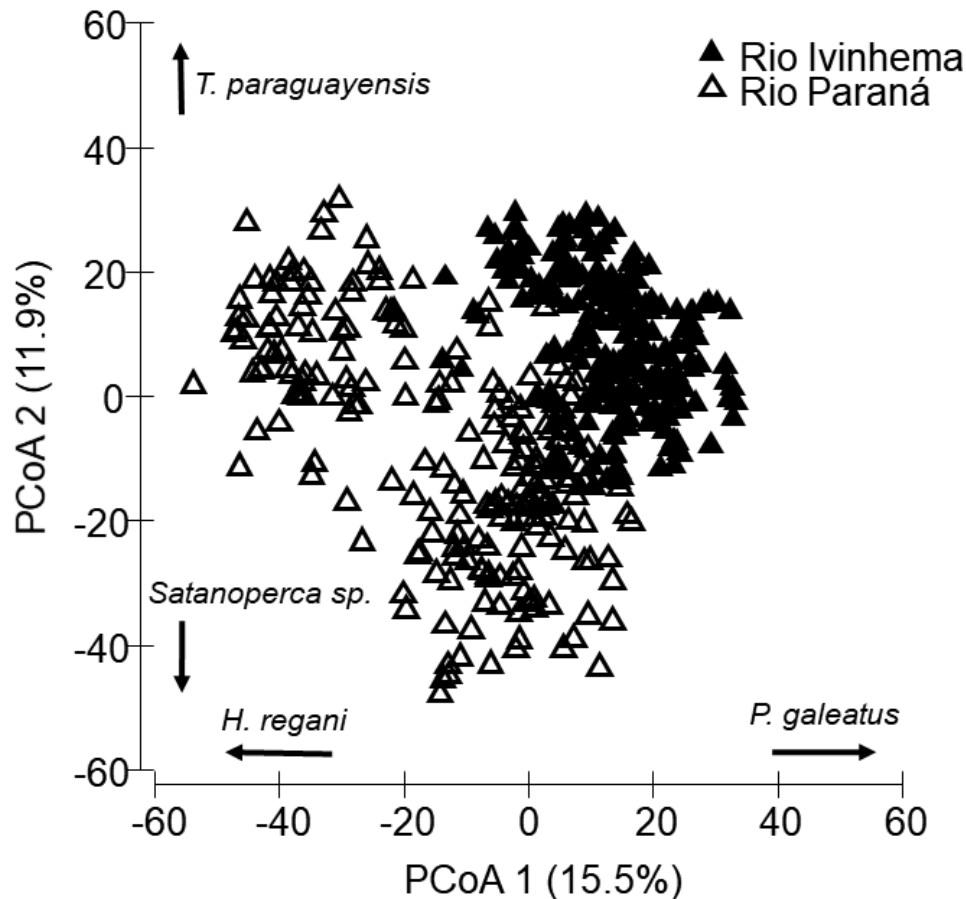


**Figura 4.** Correlações de Pearson entre os níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinhema com o ONI para cada período de tempo analisado.

### 3.2 Assembleias de peixes e os eventos do ENSO

A Análise Coordenada Principal (PCoA) mostrou que a assembleia de peixes dos rios Paraná e Ivinhema diferiu em sua dispersão, com as amostras do rio Ivinhema agrupadas na parte superior direita da Figura 5. Os dois eixos do PCoA retidos para interpretação representaram 27,4% da população da variação da estrutura da assembleia dos rios Paraná e Ivinhema. O primeiro eixo (PCoA1) representou 15,5% da variação na estrutura da assembleia, enquanto o segundo eixo (PCoA2) representou 11,9%. A

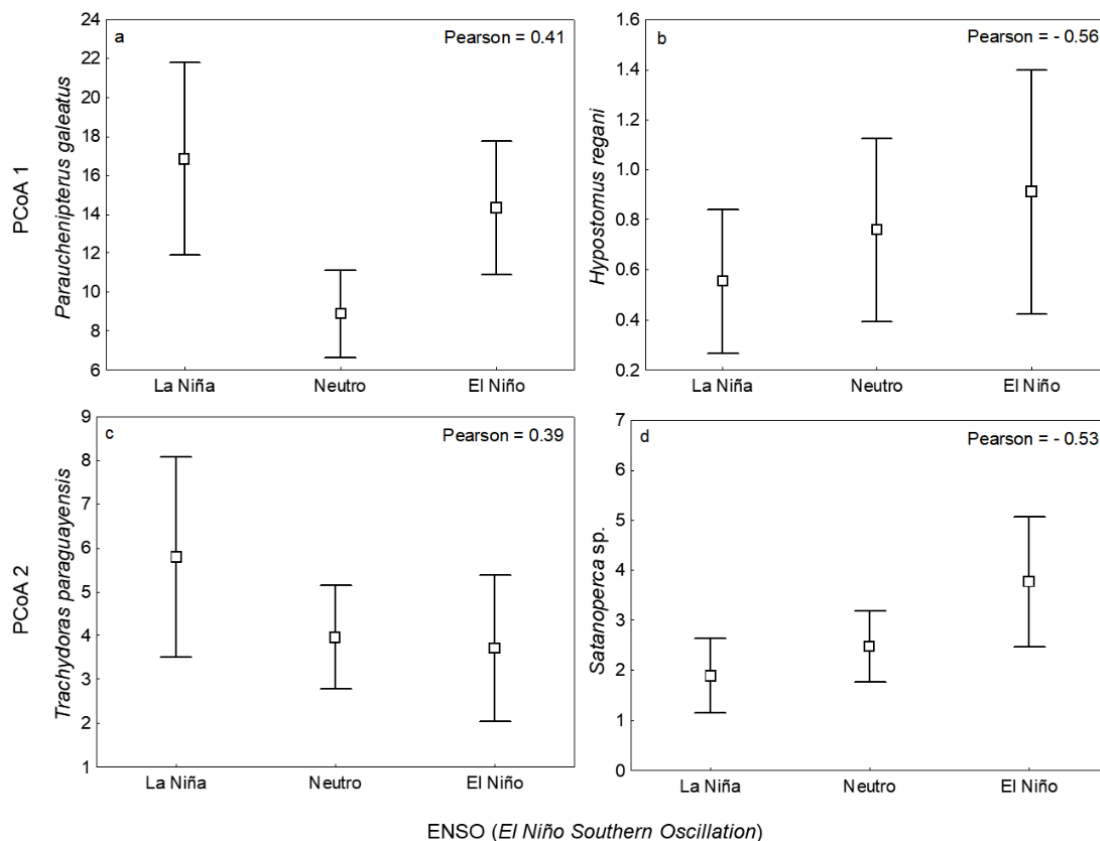
correlação de Pearson entre PCoA1 e ONI não foi significativa ( $r = -0,02$ ;  $p > 0,05$ ), mas a correlação entre PCoA2 e ONI foi significativa ( $r = -0,15$ ;  $p < 0,05$ ; ver Apêndice A para detalhes).



**Figura 5.** Análise de Componentes Principais (PCoA) da assembleia de peixes dos rios Paraná e Ivinhema. Rio Ivinhema = Lagoa dos Patos, Lagoa Ventura e canal principal. Rio Paraná = Ressaco do Pau Véio, canal principal e Lagoa das Garças.

As espécies mais correlacionadas com o primeiro eixo da PCoA foram *Parauchenipterus galeatus* (Linnaeus, 1766), positivamente ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,05$ ) e *Hypostomus regani* (Ihering, 1905), negativamente ( $r = -0,56$ ;  $p < 0,05$ ), enquanto que, para o segundo eixo da PCoA, as mais correlacionadas foram *Trachydoras paraguayensis* (Eigenmann, Ward, 1907), positivamente ( $r = 0,39$ ;  $p < 0,05$ ) e *Satanoperca sp.*, negativamente ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$ ; Fig. 6; ver Apêndice B para mais informações sobre a correlação das espécies com os eixos). De maneira geral, as espécies correlacionadas positivamente com o PCoA1 tiveram menor abundância em períodos Neutros do ENSO, enquanto que as negativas, em condições de La Niña (Fig. 6). Entretanto, aquelas

correlacionadas com o PCoA2 tiveram suas abundâncias decrescentes em direção ao El Niño, sendo o oposto verificados para as correlacionadas negativamente. As demais espécies, com mesmo sinal de correlação, devem ter distribuição similar as apresentadas por essas espécies.



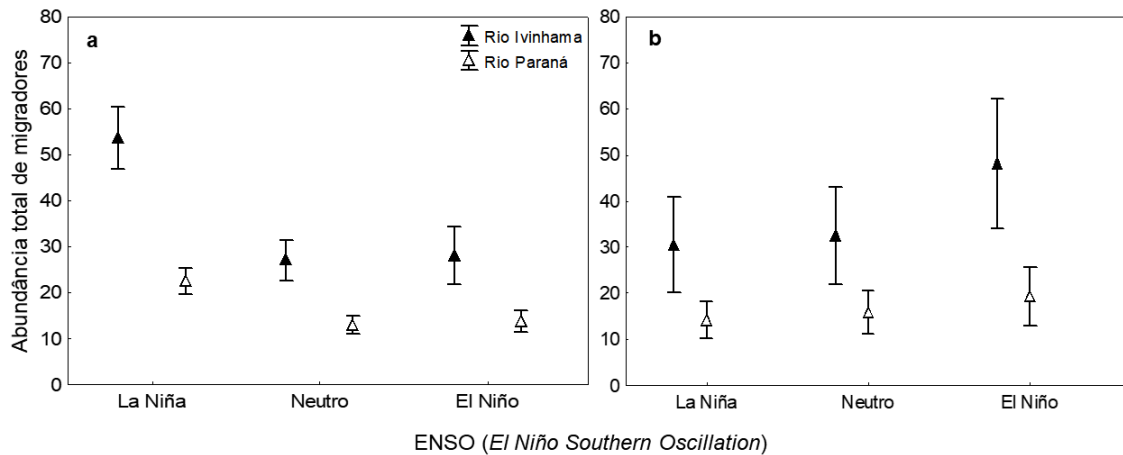
**Figura 6.** Média e erro padrão das espécies mais correlacionadas com os dois primeiros eixos da PCoA em função dos eventos do ENSO. O padrão apresentado foi o mesmo para as demais espécies.

A Análise de Similaridade (ANOSIM) mostrou diferença significativa na assembleia de peixes em relação aos eventos do ENSO nos rios Paraná e Ivinhema ( $R = 0,25$ ;  $p < 0,05$ ), corroborando com a hipótese ii. O teste pareado foi significativo para todas as combinações testadas, exceto entre os eventos La Niña - Neutro e El Niño - Neutro, no rio Paraná. Maiores valores de R foram encontrados nas comparações entre eventos e rios diferentes, sendo que as comparações entre os eventos no rio Paraná apresentaram os menores valores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores de R do teste pareado para cada combinação dos eventos do ENSO em função dos rios Paraná e Ivinhema. Valores em negrito representam resultados significativos ( $p < 0,05$ ).

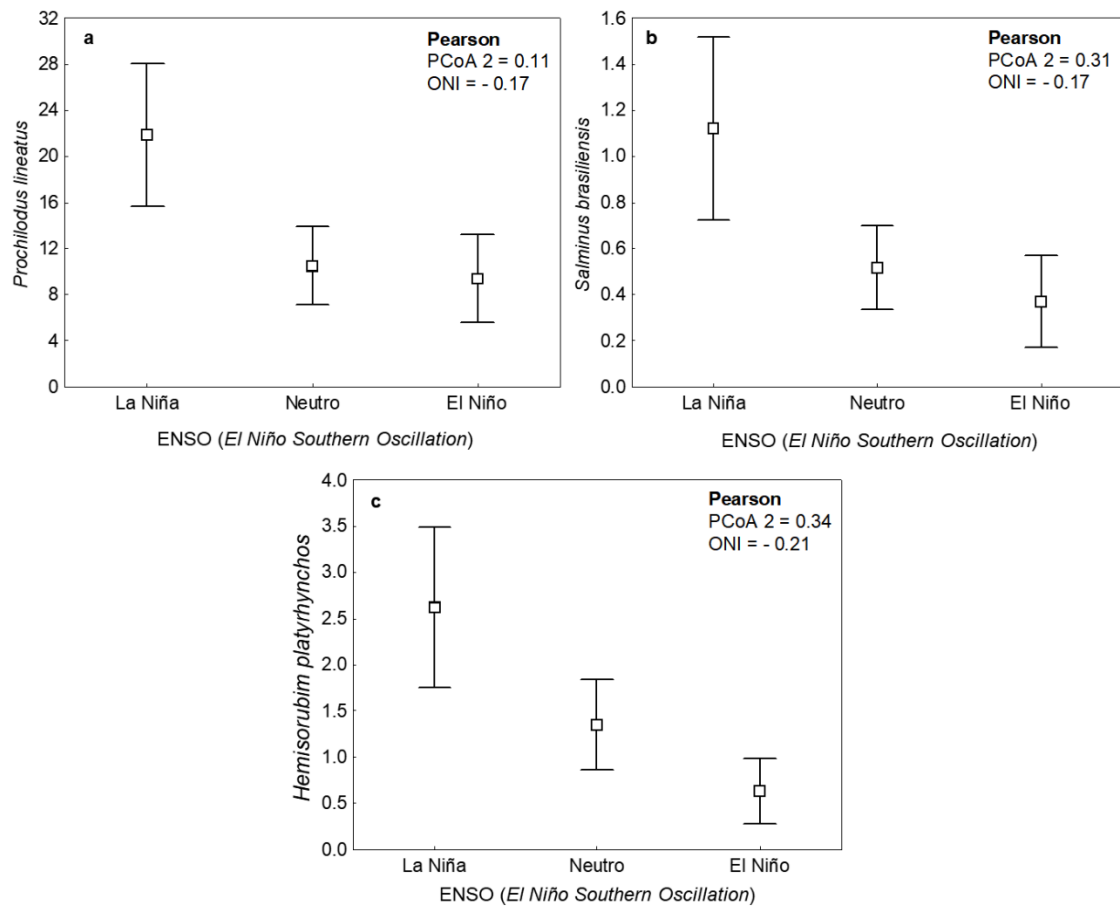
<b>Teste Pareado</b>	La Niña/ Rio Paraná	La Niña/ Rio Ivinhema	Neutro/ Rio Paraná	Neutro/ Rio Ivinhema	El Niño/ Rio Paraná	El Niño/ Rio Ivinhema
La Niña/ Rio Paraná	-	-	-	-	-	-
La Niña/ Rio Ivinhema	<b>0,334</b>	-	-	-	-	-
Neutro/ Rio Paraná	0,020	<b>0,386</b>		-	-	-
Neutro/ Rio Ivinhema	<b>0,360</b>	<b>0,074</b>	<b>0,394</b>	-	-	-
El Niño/ Rio Paraná	<b>0,059</b>	<b>0,482</b>	-0,008	<b>0,473</b>	-	-
El Niño/ Rio Ivinhema	<b>0,306</b>	<b>0,098</b>	<b>0,351</b>	<b>0,109</b>	<b>0,379</b>	-

A abundância total de espécies migradores foi analisada separadamente, uma vez que é esperado que essas respondam, diretamente, as cheias, que estão associadas a evento de El Niño. Dessa forma, os migradores foram analisados em dois diferentes cenários: sem atraso e com atraso de um ano nos valores de ONI. Maiores valores foram encontrados para o rio Ivinhema nos dois cenários (Fig. 7). As correlações de Pearson foram significativas para ambos os cenários, mas foram antagônicas. No primeiro cenário, a correlação foi negativa ( $r = -0,18$ ;  $p < 0,05$ ), indicando que migradores são favorecidos por eventos de La Niña, enquanto que, no segundo cenário, a correlação foi positiva ( $r = 0,12$ ;  $p < 0,05$ ), indicando que os migradores são favorecidos por eventos de El Niño. Nessas circunstâncias, a predição a é rejeitada no primeiro cenário e corroborada no segundo. Aparentemente, os efeitos do El Niño, como descrito na literatura, se reflete no ano seguinte ao evento.



**Figura 7.** Média e erro padrão da abundância total de espécies migradoras em função dos eventos do ENSO, comparando os rios Paraná e Ivinhema. a- sem atraso nos valores de ONI; b- com atraso.

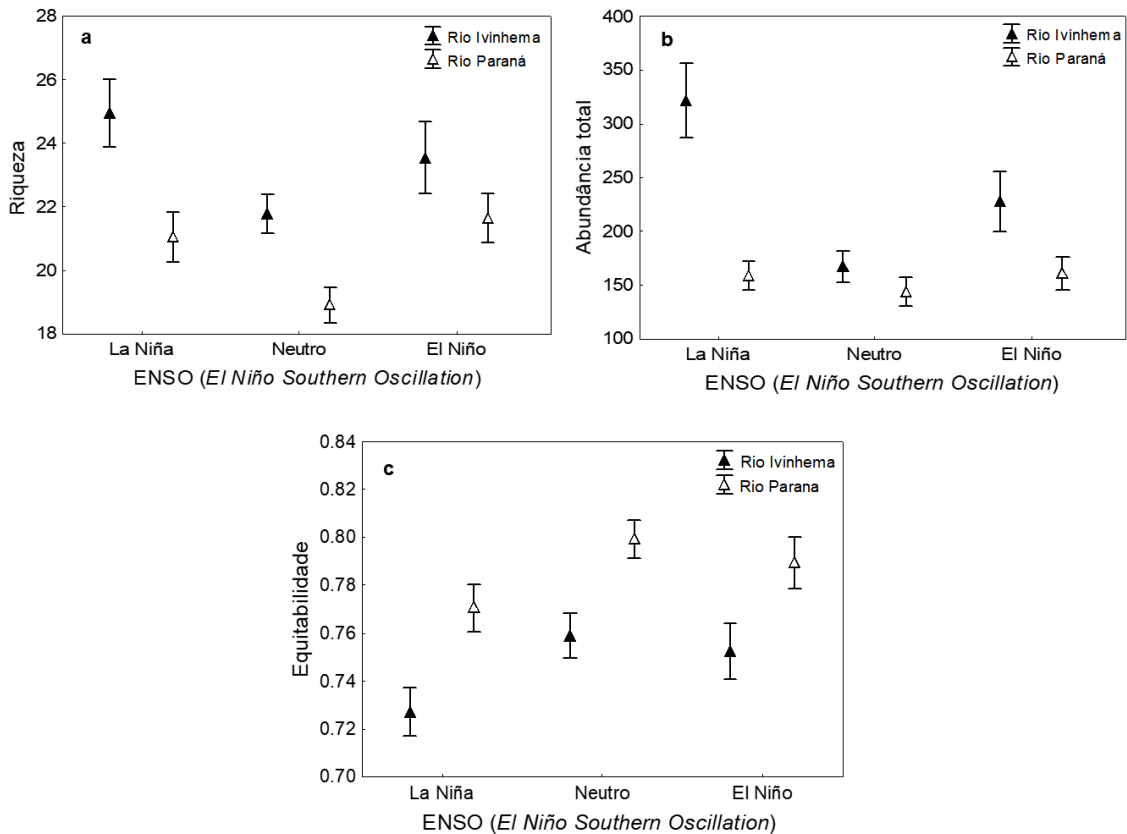
A partir das correlações entre os eixos da PCoA com o ONI e deste com as abundâncias das espécies de migradoras, foi observado que algumas espécies foram correlacionadas negativamente com o ONI ( $p < 0,05$ ) e positivamente com o PCoA2 ( $p < 0,05$ ), sendo elas *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836); *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816); e *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840; Fig. 8; ver Apêndice B para mais detalhes sobre as correlações das espécies com os eixos e com ONI). Essas espécies apresentaram tendências opostas ao esperado, com menor abundância durante os eventos de El Niño. Esse padrão, apesar de contraditório, é esperado, como demonstrado no “lag” com a abundância de todas as espécies migradoras.



**Figura 8.** Média e erro padrão da abundância de espécies migradoras que foram correlacionadas com o segundo eixo da PCoA e com ONI, em função dos eventos de ENSO.

Os atributos da assembleia de peixes responderam de forma diferente aos eventos do ENSO, nos rios Paraná e Ivinhema (Fig. 9). Maiores valores de riqueza e abundância total de espécies foram encontrados para o rio Ivinhema, em todos os cenários climáticos, sendo maiores em eventos de La Niña. Da mesma forma, maiores valores de equitabilidade foram registrados para o rio Paraná em todos os cenários, corroborando parcialmente a predição b. A partir das correlações de Pearson, apenas a abundancia total de espécies foi negativa e significativamente correlacionada com os valores de ONI ( $r = -0.12$ ;  $p < 0,05$ ).





**Figura 9.** Média e erro padrão entre os atributos da assembleia de peixes em função dos eventos do ENSO, comparando os rios Paraná e Ivinhema.

### 3.3 Efeito combinado dos eventos do ENSO e nível hidrométrico sobre as assembleias de peixes

A regressão múltipla realizada com o PCoA1, em função dos eventos do ENSO e do nível hidrométrico, não foi significativa tanto para o rio Ivinhema como para o Rio Paraná (Tabela 2;  $p > 0.05$ ). Contudo, para o PCoA2, os resultados foram significativos, mas distinto entre os rios. Para o Ivinhema, somente o ONI foi significativo (com  $\beta$  negativo), enquanto que para o rio Paraná, o nível ( $\beta$  positivo) e o ONI ( $\beta$  negativo) foram significativos. Esses resultados parecem refletir o grau de impacto dos rios estudados, sendo o Ivinhema, sem barramentos, influenciado diretamente pelo ONI (lembrar que as espécies migradoras estão correlacionadas, negativamente, com esse eixo), e o Paraná, devido a regulação do nível, pela construção de reservatórios.

**Tabela 2.** Regressões múltiplas entre os dois primeiros eixos da PCoA em função dos valores de ONI e do nível hidrométrico do rio Paraná. Os sinais entre parênteses representam relações negativas (-) e positivas (+).

<b>Regressão Múltipla</b>	<b>PCoA 1</b>	<b>PCoA 2</b>
Ivinhema - Nível	Não significativo	Não significativo
Ivinhema - ONI	Não significativo	Significativo (-)
Paraná – Nível	Não significativo	Significativo (+)
Paraná – ONI	Não significativo	Significativo (-)

#### 4 DISCUSSÃO

Houve uma associação positiva e significativa entre o ONI, que indexou eventos ENSO, e os níveis hidrométricos dos rios Paraná e Ivinhema. Portanto, podemos inferir que El Niño estava relacionado às inundações, conforme sugerido por Fernandes et al. (2009). Também podemos sugerir um possível impacto de barragens sobre os eventos do ENSO no rio Paraná. Maiores valores de correlação entre o nível hidrométrico do rio Paraná e o ONI foram encontrados antes da construção das barragens de Rosana e Porto Primavera. É importante destacar que a variação do nível hidrométrico foi muito alterada após a construção das barragens, diminuindo a frequência e a intensidade das inundações e a oscilação do nível máximo e mínimo da água, como foi demonstrado por Gubiani et al. (2007). Ainda, a correlação entre o ONI e o nível hidrométrico do rio Ivinhema foi maior do que todas as correlações para o rio Paraná, sugerindo que os eventos do ENSO são possivelmente mais influentes no rio Ivinhema, que ainda está livre de barragens.

As relações entre os eventos do ENSO e os atributos hidrológicos do Alto rio Paraná foram registradas em outras pesquisas, como o aumento do fluxo e da descarga fluvial durante os eventos do El Niño (Camilloni & Barros, 2000; Berri et al., 2002). Entretanto, como a construção de barragens tem efeitos importantes no rio a jusante, alterando e controlando seus fluxos, níveis e descargas de água (Ward & Stanford, 1995; Agostinho et al., 2007; Stevaux et al., 2009; Agostinho et al., 2016), é possível que os períodos de seca e inundação, que ocorrem naturalmente devido a padrões de precipitação associados a eventos ENSO, tenham sido minimizados ou até parem de ocorrer.

Os rios Paraná e Ivinhema apresentaram diferentes composições de espécies de peixes, evidenciadas pela separação na PCoA. A assembleia de peixes do rio Ivinhema apresentou uma distribuição mais homogênea do que a assembleia do rio Paraná. Essa

diferença na estrutura das assembleias de peixes, encontrada para os dois rios, pode estar relacionada ao fato do rio Ivinhema apresentar características mais pristinas, o que torna as condições ambientais no canal principal e nas lagoas mais semelhantes (Thomaz et al., 2004). De maneira oposta, o rio Paraná apresenta diferentes condições ambientais em seus principais canais e lagos (Thomaz et al., 2004), causadas pela regulação do fluxo e outros fatores (ver Gubiani et al., 2007; Granzoti et al., 2018 ; Oliveira et al., 2018 para detalhes).

As diferenças na estrutura da assembleia de peixes encontrada no rio Paraná também podem ser o resultado das barragens construídas a montante da planície de estudo. Essas barragens aumentam a transparência da água devido à sedimentação de material em suspensão, o que pode levar a mudanças significativas na composição taxonômica e funcional no canal principal do rio (Oliveira et al., 2018). O contrário pode ocorrer nos lagos associados ao rio Paraná, onde o vento pode resultar em baixa transparência da água nesses corpos d'água (Roberto et al., 2009). Diferenças na estrutura das assembleias de peixes também foram relacionadas aos eventos do ENSO (La Niña, Neutro e El Niño) nos rios Paraná e Ivinhema, exceto entre os eventos La Niña-Neutro e Neutro-El Niño, no rio Paraná. Assim, os eventos do ENSO podem estar relacionados a variações na estrutura da assembleia de peixes em planícies de inundação, principalmente as espécies migratórias, como registrado por Fernandes et al. (2009). No entanto, esse autor não utilizou uma variável de síntese para os eventos do ENSO, como o ONI aqui utilizado.

A abundância de espécies migradoras foi significativamente correlacionada com os eventos do ENSO nos dois cenários considerados (com e sem atraso de um ano no ONI). Essas espécies têm ciclos de vida mais longos e são altamente dependentes do ciclo hidrológico dos rios, visto que precisam das inundações para migrar e desovar (Baumgartner et al., 2004; Agostinho et al., 2004b, 2016). Assim, essas espécies podem ser classificadas na estratégia sazonal de Winemiller (1989). Portanto, as respostas no recrutamento e abundância destas espécies podem ser mais lentas (isto é, podem ocorrer após um ano de períodos de inundação) quando comparadas com espécies não migradoras (Agostinho et al., 1993; Gomes & Agostinho, 1997; Bailly et al., 2008; Suzuki et al., 2009; Oliveira et al., 2015). Essas características das espécies migradoras provavelmente explicam a diferença nos resultados dos dois cenários considerados, uma vez que eventos de El Niño podem favorecer espécies migradoras e isso pode ser verificado um ano após

os eventos. Maiores abundancias de espécies migradoras foram encontradas no rio Ivinhema, uma vez que é mais pristino e pode favorecer o ciclo de vida dessas espécies (Agostinho et al., 2004b).

As barragens têm efeitos diretos na estrutura da assembleia de peixes em locais a jusante. Seus impactos sobre a riqueza e abundância de espécies de peixes foram registrados em diferentes regiões, de modo que valores mais baixos desses atributos são esperados em locais afetados por barragens, devido a alterações nos padrões de dominância, distribuição e extinção local de espécies nativas (Agostinho et al., 2008; Turgeon et al., 2019; O'Hanley et al., 2020). Nossos resultados mostraram valores mais altos desses atributos para o rio Ivinhema, em todos os eventos do ENSO, o que provavelmente está relacionado às características mais pristinas deste rio, enquanto a assembleia de peixes do rio Paraná é intensamente afetada pelos efeitos regulatórios das barragens (Granzotti et al., 2018; Oliveira et al., 2018). Valores mais altos de riqueza e abundância de espécies foram registrados nos eventos de La Niña, relacionados ao baixo nível hidrométrico dos rios estudados. Isso pode ser explicado pelo efeito de amostragem (Huston, 1997; Offem et al., 2011), devido à concentração de espécies de peixes durante períodos secos (ou seja, nesses períodos, a faixa de distribuição das espécies é restrita, aumentando a probabilidade de amostrar mais indivíduos por redes de espera). Apesar disso, a equitabilidade foi maior no rio Paraná para todos os eventos do ENSO, contrastando com a nossa previsão, uma vez que a assembleia de peixes desse rio é influenciada pelas barragens e, com isso, era esperado maior domínio de poucas espécies (Jo et al., 2019; Turgeon et al., 2019).

O efeito combinado do nível hidrométrico e dos eventos do ENSO (representados pelo ONI) nas assembleias de peixes foi significativo para o segundo eixo do PCoA, para o rio Paraná, mas apenas o ONI para o rio Ivinhema. No entanto, os efeitos desses preditores foram antagônicos no rio Paraná, mostrando sinais opostos, indicando que valores mais altos do nível hidrométrico estavam associados a valores mais baixos do ONI. Isso pode ser o resultado do efeito das barragens a montante da área de estudo, que controlam o fluxo e afetam o nível hidrométrico, uma vez que o reservatório retém a água e, conseqüentemente, pode atrasar as inundações (Agostinho et al., 2004b, 2016). Para o rio Ivinhema, livre de barragens, o ONI foi suficiente como variável de síntese, uma vez que não há barragem controlando o fluxo de água. O valor negativo do parâmetro ONI,

para ambos os rios, pode estar associado à correlação negativa da abundância total de espécies (e espécies migratórias) com o ONI.

Vale lembrar que o efeito do ONI sobre as espécies migradoras foi evidente em um cenário de um ano de atraso. Assim, há um grupo de espécies que aproveita a inundação mais imediatamente e outras no ano seguinte, que deve ser o caso das espécies migradoras. As inundações incorporam uma grande quantidade de ambiente terrestre (Junk et al., 1989), e os peixes tendem a tirar vantagem dessa área, fato que dificulta a amostragem durante as inundações, como descrito para outras regiões do Planeta (Offem et al., 2011).

Em resumo, os resultados deste trabalho demonstraram que existe uma associação direta os eventos do ENSO com o nível hidrométrico, de modo que esses eventos também estão relacionados à estrutura da assembleia de peixes na planície de inundação do Alto rio Paraná. Os eventos do ENSO favoreceram espécies migradoras, especialmente no rio livre de barragens (rio Ivinhema), e essa resposta foi evidenciada um ano após os eventos do El Niño. Também foi demonstrado que a construção de barragens parece ter um impacto ainda maior nos ambientes e organismos que nela vivem, uma vez que seu efeito regulatório se estende até aos principais eventos climáticos.

O ONI provou ser um bom proxy para avaliar a relação entre os eventos do ENSO com o nível hidrométrico e os atributos das assembleias de peixes. Ainda, forças locais podem estar agindo simultaneamente com os eventos do ENSO e o nível hidrométrico nas assembleias de peixes, de forma que outras forças que não foram analisadas podem estar influenciando a relação entre os fatores avaliados. Mais estudos devem ser realizados para avaliar os efeitos do ENSO em ambientes aquáticos continentais com mais precisão. Para isso, os efeitos do ENSO podem ser testados sobre as características relacionadas à história de vida das espécies e, também, sobre outras assembleias aquáticas, situadas em diferentes bacias hidrográficas, utilizando o próprio ONI ou outros índices como proxies do ENSO.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., A. E. A. Vazzoler, L. C. Gomes & E. K. Okada, 1993. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 26:79-90.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, S. M. Thomaz & N. S. Hahn, 2004a. Hahn. The upper Paraná River and its floodplain: main characteristics and perspectives for management and conservation. In: S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.) *The Upper Paraná River and its floodplain*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes, 2004b. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology* 4: 255-268.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & F. M. Pelicice, 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. EDUEM - Maringá State University Press, Maringá, Brazil.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice & L. C. Gomes, 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology* 68: 1119-1132.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, N. C. L. Santos, J. C. Ortega & F. M. Pelicice, 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173: 26-36.
- Amarasekera, K. N., R. F. Lee, E. R. Williams & E. A. B. Eltahir, 1997. ENSO and the natural variability in the flow of tropical rivers. *Journal of Hydrology* 200: 24-39.
- Anderson, M. J., 2006. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245-253.
- Anderson, M. J., K. E. Ellingsen & B. H. McArdle, 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* 9: 683-693.
- Anderson, M., R. Gorley & K. P. Clarke, 2008. *PRIMER: guide to software and statistical methods*. Primer-E, Plymouth, UK.
- Antico, A., R. O. Aguiar & M. L. Amsler, 2018. Hydrometric data rescue in the Paraná River Basin. *Water Resources Research* 54: 1368-1381.
- Bailly, D., A. A. Agostinho & H. I. Suzuki, 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications*, 24: 1218-1229.
- Bailly, D., V. F., Batista-Silva, M. C. F. Abelha, E. A. L. Kashiwaki, C. A. Fernandes & E. D. Carvalho, 2011. Relative abundance and reproductive tactics of a Loricariidae species at Saraiva Lagoon, Ilha Grande national park, MS-PR, Brazil. *Biota Neotropica* 11: 171-178.
- Berri, G. J., M. A. Ghiotto & N. O. Garcia, 2002. The influence of ENSO in the Flows of the Upper Paraná River of South America over the Past 100 Years. *Journal of Hydrometeorology* 3: 57-65.

- Booth, D. J., N. Bond & P. Macreadie, 2011. Detecting range shifts among Australian fishes in response to climate change. *Marine and Freshwater Research* 62: 1027-1042.
- Brander, K. M., 2007. Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19709-19714.
- Camilloni, I. & V. Barros, 2000. The Parana river response to El Nino 1982–83 and 1997–98 events. *Journal of Hydrometeorology* 1: 412-430.
- Caviedes, C. N., 2001. *El Nino in History: Storming Through the Ages*. University Press of Florida, Florida, USA.
- Cheng, F., Li, W., Castello, L., Murphy, B. R., & Xie, S, 2015. Potential effects of dam cascade on fish: lessons from the Yangtze River. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 25: 569-585
- Chiew, F. H. S., T. C. Piechota, J. A. Dracup & T. A. McMahon, 1998. El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *Journal of hydrology* 204: 138-149.
- Claar, D. C., L. Szostek, J. M. McDevitt-Irwin, J. J. Schange & J. K. Baum, 2018. Global patterns and impacts of El Niño events on coral reefs: A meta-analysis. *PloS One* 13: 22.
- Clarke, K. R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology* 18: 117-143.
- Collins, M., S. I. An, W. Cai, A. Ganachaud, E. Guilyardi, F. F. Jin, M. Jochum, M. Lengaigne, S. Power, A. Timmermann, G. Vecchi & A. Wittenberg, 2010. The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience* 3: 391-397.
- Dai, A., T. Qian & K. E. Trenberth, K., 2009. *Changes in Continental Freshwater Discharge from 1948 to 2004*. American Meteorological Society, Massachusetts, USA.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A. H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny & C. A Sullivan, 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews* 81: 163-182.
- Fernandes, R., A. A. Agostinho, E. A. Ferreira, C. S. Pavanelli, H. I. Suzuki, D. P. Lima & L. C. Gomes, 2009. Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of the riverine environments of the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69: 669-680.
- Garcia, A. M., J. P. Vieira & K. O. Winemiller, 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *Journal of Fish Biology* 59: 1218-1238.
- Garcia, A. M., J. P. Vieira & K. O. Winemiller, 2003. Effects of 1997–1998 El Niño on the dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuarine, coastal and shelf Science* 57: 489-500.
- Garcia, A. M., J. P. Vieira, K. O. Winemiller & A. M. Grimm, 2004. Comparison of 1982-1983 and 1997-1998 El Niño effects on the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) *Estuaries* 27: 905-914.

- Gillanders, B. M., T. S. Elsdon, I. A. Halliday, G. P. Jenkins, J. B. Robins, J. B. & F. J. Valesini, 2011. Potential effects of climate change on Australian estuaries and fish utilising estuaries: a review. *Marine and Freshwater Research* 62: 1115-1131.
- Godinez-Dominguez, E., J. Rojo-Vázquez, V. Galván-Piña & B. Aguilar-Palomino, 2000. Changes in the structure of a coastal fish assemblage exploited by a small scale gillnet fishery during an El Niño–La Niña event. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51: 773-787.
- Gomes, L. C. & A. A. Agostinho, 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the Curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in upper Paraná River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 4: 263-274.
- Graça, W. J. & C. S. Pavanelli, 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. EDUEM - Maringá State University Press, Maringá, Brazil.
- Granzotti, R. V., L. E. Miranda, A. A. Agostinho & L. C. Gomes, 2018. Downstream impacts of dams: shifts in benthic invertivorous fish assemblages. *Aquatic Sciences*, 80: 1-28.
- Grimm, A. M. & R. G. Tedeschi, 2009. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. *Journal of Climate* 22: 1589-1609.
- Gubiani, E. A., L. C. Gomes, A. A. Agostinho & E. K. Okada, 2007. Persistence of fish populations in the upper Paraná River: effects of water regulation by dams. *Ecology of freshwater fish* 16: 191-197.
- Henderson, D. S., C. D. Kummerow & W. Berg, 2018. ENSO Influence on TRMM Tropical Oceanic Precipitation Characteristics and Rain Rates. *Journal of Climate* 31: 3979-3998.
- Hollowed, A. B., S. R. Hare & W. S. Wooster, 2001. Pacific Basin climate variability and patterns of Northeast Pacific marine fish production. *Progress in Oceanography* 49: 257-282.
- Huang, B. Y., P. W. Thorne, V. F. Banzon, T. Boyer, G. Cherupin, J. H. Lawrimore, M. J. Menne, T. M. Smith, R. S. Vose & H. M. Zhang, 2017. Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons. *Journal of Climate* 30: 8179-8205.
- Huston, M. A, 1997. Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem function of biodiversity. *Oecologia* 110: 449-460.
- Jo, H., E. Jeppesen, M. Ventura, T. Buchaca, J. S. Gim, J. D. Yoon, D. H. Kim & G. J. Joo, 2019. Responses of fish assemblage structure to large-scale weir construction in riverine ecosystems. *Science of the Total Environment* 657: 1334-1342.
- Júlio-Júnior, H. F., C. Dei-Tós, A. A. Agostinho & C. S. Pavanelli, 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. *Neotropical Ichthyology* 7: 704-718.
- Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks, 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences* 106: 110-127.

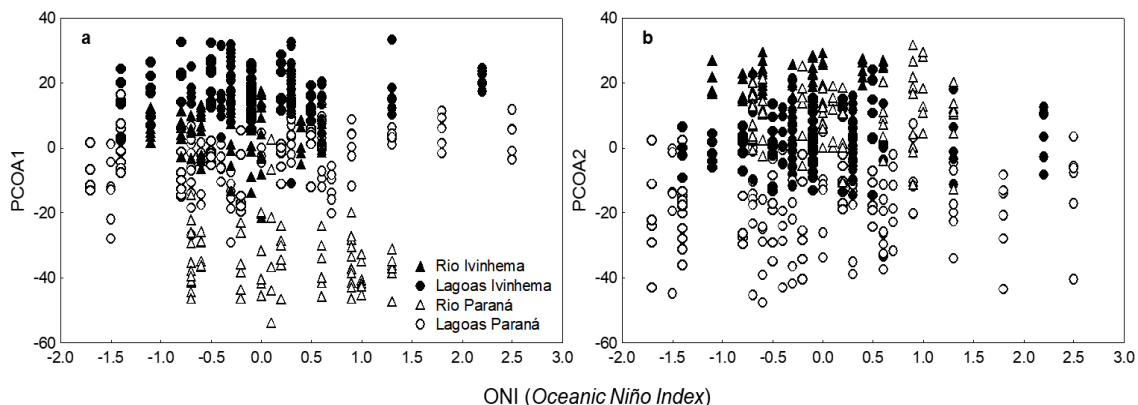


- Keener, V. W., G. W. Feyereisen, U. Lall, J. W. Jones, D. D. Bosch & R. Lawrence, 2010. El-Niño/Southern Oscillation (ENSO) influences on monthly NO<sub>3</sub> load and concentration, stream flow and precipitation in the Little River Watershed, Tifton, Georgia (GA). *Journal of hydrology* 381: 352-363.
- Lehodey, P., J. Alheit, M. Barange, T. Baumgartner, G. Beaugrand, K. Drinkwater, J. M. Fromentin, S. R. Hare, G. Ottersen, R. I. Perry, C. Roy, C. D. Van-der-Linger & F. Werner, 2005. Climate variability, fish, and fisheries. *Journal of Climate* 19: 5009-5030.
- Lowe-McConnell, R. H., 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McArdle, B. H. & M. J. Anderson, 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- Mol, J. H., D. Resida, J. S. Ramlal & C. R. Becker, 2000. Effects of El Niño-related drought on freshwater and brackish-water fishes in Suriname, South America. *Environmental Biology of Fishes* 59: 429-440.
- Moran, E. F., M. C. Lopez, N. Moore, N. Müller & D. W. Hyndman, 2018. Sustainable hydropower in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 11891-11898.
- Offem, B. O., E. Ayotunde, G. U. Ikpi, S. N. Ochang & F. B. Ada, 2011. Influence of seasons on water quality, abundance of fish and plankton species of Ikwori Lake, South-Eastern Nigeria. *Fisheries and Aquaculture Journal* 13: 1-18.
- O'Hanley, J. R., P. S. Pompeu, M. Louzada, L. P. Zambaldi & P. S. Kemp, 2020. Optimizing hydropower dam location and removal in the Sao Francisco river basin, Brazil to balance hydropower and river biodiversity tradeoffs. *Landscape and Urban Planning* 195: 103725.
- Oliveira, A. G., H. I. Suzuki, L. C. Gomes & A. A. Agostinho, 2015. Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: effects of the duration and timing of floods. *Environmental Biology of Fishes* 98: 1327-1337
- Oliveira, A. G., M. T. Baumgartner, L. C. Gomes, R. M. Dias & Agostinho, A. A., 2018. Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity. *Freshwater Biology* 63: 293-305.
- Ota, R. R., G. C. Deprá, W. J. Graça & C. S. Pavanelli, 2018. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology* 16: 1-111.
- Pereira, M. P. S., K. R. Mendes, F. Justino, F. Couto, A. S. Silva, D. F. Silva & A. C. M. Malhado, 2020. Brazilian dry forest (Caatinga) response to multiple ENSO: the role of Atlantic and Pacific Ocean. *Science of the Total Environment* 705: 1-7.
- Philander, S. G. H., 1983. El Niño southern oscillation phenomena. *Nature* 302: 295.
- Philander, S. G. H., 1990. *El Niño, La Niña, and the South Oscillation*. Academic Press, Massachusetts, USA.
- Poff, N. L. & J. D. Allan, 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology* 76: 606- 627.

- Possamai, B., J. P. Vieira, A. M. Grimm & A. M. Garcia, 2018. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with *El Niño* events in a subtropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 202: 145-154.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing, 2018. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roberto, M. C., N. F. Santana & S. M. Thomaz, 2009. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* 69: 717-725.
- Ropelewski, C. F. & M. S. Halpert, 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly weather review* 115: 1606-1626.
- Ruaro, R., E. O. Conceição, J. C. Silva, E. G. Cafofo, M. A. Angulo-Valencia, T. Mantovano, A. Pineda, A. C. B. Paula, B. F. Zanco, E. M. Capparros, G. A. Moresco, I. J. Oliveira, J. L. Antiquiera, J. Ernandes-Silva, J. V. F. Silva, J. R. P. Adelino, J. A. Santos, M. J. M. Ganassin, M. S. Iquematsu, G. O. Landgraf, P. Lemes, F. A. S. Casemiro, V. F. Batista-Silva, J. A. F. Diniz-Filho, T. F. Rangel, A. A. Agostinho & D. Smolders, A. J. P., G. Van der Velde, J. G. M. Roelofs & M. G. Hiza, 2000. El Niño caused collapse of the Sabalo fishery (*Prochilodus lineatus*, Pisces: Prochilodontidae) in a South American river. *Naturwissenschaften* 87:30-32.
- StatSoft, Inc., 2005. STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. Tulsa, USA.
- Stevaux, J. C., D. P. Martins & M. Meurer, 2009. Changes in a large regulated tropical river: the Paraná River downstream from the Porto Primavera dam, Brazil. *Geomorphology* 113: 230-238.
- Su, L., C. Miao, D. Kong, Q. Duan, X. Lei, Q. Hou & H. Li, 2018. Long-term trends in global river flow and the causal relationships between river flow and ocean signals. *Journal of Hydrology* 563: 818-833.
- Suzuki, H. I., A. E. A. M. Vazzoler, E. E. Marques, M. A. P. Lizama & P. Inada, 2004. Reproductive ecology of the fish assemblages. In: S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds.) *The Upper Paraná River and its floodplain*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Suzuki, H. I., C. K. BULLA, A. A. Agostinho & L. C. GOMES, 2005. Estratégias reprodutivas de assembleias de peixes em reservatórios. In: L. Rodrigues, S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds) *Biocenose em reservatórios: Padrões espaciais e temporais*. RiMA, São Carlos, Brazil.
- Swales, S., A. W. Storey, I. D. Roderick & B. S. Figa, 1999. Fishes of floodplain habitats of the Fly River system, Papua New Guinea, and changes associated with El Niño droughts and algal blooms. *Environmental Biology of Fishes* 54: 389-404.
- Terra, B. D. F., A. B. I. D. Santos & Araújo, F. G, 2010. Fish assemblage in a dammed tropical river: an analysis along the longitudinal and temporal gradients from river to reservoir. *Neotropical Ichthyology* 8: 599-606.

- Thomaz, S. M., T. M. Pagioro, L. M. Bini, M. C. Roberto & R. R. A. Rocha, 2004. Limnology of the Upper Paraná floodplain habitats: patterns of spatio-temporal variations and influence of the water levels. In: A. A. Agostinho, L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds). Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain. EDUEM - Maringá State University Press, Maringá, Brazil.
- Trenberth, K. E., 1997. The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society 78: 2771-2778.
- Tundisi, J. G. & M. Straskraba, 1999. Theoretical reservoir ecology and its applications. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Turgeon, K., C. Turpin & I. Gregory-Eaves, 2019. Dams have varying impacts on fish communities across latitudes: a quantitative synthesis. Ecology Letters 22: 1501-1526.
- Vono, V., L. S. M. Silva, B. Maia & H. P. Godinho, 2002. Biologia reprodutiva de três espécies simpátricas de peixes neotropicais: *Pimelodus maculatus* Lacépède (Siluriformes, Pimelodidae), *Leporinus amblyrhynchus* Garavello & Britski e *Schizodon nasutus* Kner (Characiformes, Anostomidae) do recém-formado reservatório de Miranda, Alto Paraná. Revista Brasileira de Zoologia 19: 819-826.
- Ward, J. V. & J. A. Stanford, 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. Regulated rivers: research & management 11: 105-119.
- Watters, G. M., R. J. Olson, R. C. Francis, P. C. Fiedler, J. J. Polovina, S. B. Reilly, K. Y. Aydin, C. H. Boggs, T. T. Essington, C. J. Walters & J. F. Kitchell, 2003. Physical forcing and the dynamics of the pelagic ecosystem in the eastern tropical Pacific: simulations with ENSO-scale and global-warming climate drivers. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 60: 1161-1175.
- Winemiller, K. O., 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. Oecologia 81: 225-241.
- Ziober, S. R., A. Bialetzki & L. A. F. Mateus, 2012. Effect of abiotic variables on fish eggs and larvae distribution in headwaters of Cuiabá river, Mato Grosso state, Brazil. Neotropical Ichthyology 10: 123-132.

**APÊNDICE A** - Representação dos dois primeiros eixos da PCoA em função dos valores de ONI.



**Figura A1.** Representação dos dois primeiros eixos da PCoA em função dos valores de ONI.

**APÊNDICE B** - Lista de espécies com os valores de correlação das abundâncias de cada espécie com PCoA e ONI

**Tabela B1.** Lista de espécies com os valores de correlação das abundâncias de cada espécie com PCoA e ONI. \* Representa espécies migradoras, identificadas de acordo com Vono et al., (2002); Susuki et al., (2004, 2005); Bailly et al., (2011); Ziober et al., (2012).

Espécies	Abundância total	Correlação das espécies com PCoA		Correlação das espécies com ONI	
		Eixo 1	Eixo 2	Sem atraso	Atraso de um ano
<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken, 1875)	2470	0.09	<b>-0.15</b>	-0.03	0.00
<i>Acestrorhynchus pantaneiro</i> Menezes, 1992	13	0.00	-0.07	<b>0.13</b>	0.00
<i>Ageneiosus inermis</i> (Linnaeus, 1766)	203	<b>0.16</b>	<b>0.15</b>	<b>-0.14</b>	<b>0.23</b>
<i>Ageneiosus militaris</i> Valenciennes, 1836	38	0.01	0.03	<b>0.20</b>	0.06
<i>Ageneiosus ucayalensis</i> Castelnau, 1855	23	0.05	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	0.05
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner, 1879)	653	<b>-0.43</b>	<b>0.20</b>	-0.06	-0.05
<i>Apteronotus cf. caudimaculosus</i> Santana, 2003	1	0.05	0.03	-0.03	0.05
<i>Apteronotus ellisi</i> (Arámburu, 1957)	13	0.04	0.09	-0.04	0.06

<i>Astronotus crassipinnis</i> (Heckel, 1840)	121	0.07	-0.02	0.05	0.05
<i>Astyanax aff. fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	143	<b>-0.15</b>	<b>0.14</b>	0.07	0.04
<i>Astyanax aff. paranae</i> Eigenmann, 1914	2	-0.01	0.05	0.02	0.00
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	3916	0.02	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	-0.02
<i>Astyanax schubarti</i> Britski, 1964	17	0.03	0.05	0.02	-0.01
<i>Auchenipterus osteomystax</i> (Miranda Ribeiro, 1918)	1828	0.09	0.02	-0.07	0.05
<i>Brachyhypopomus gauderio</i> Giora, Malabarba, 2009	1	0.03	-0.03	-0.04	-0.07
<i>Brycon hilarii</i> (Valenciennes, 1850)*	2	0.00	0.06	-0.01	0.06
<i>Brycon orbignyanus</i> (Valenciennes, 1850)*	172	0.07	0.09	0.00	0.03
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	27	0.09	-0.01	<b>0.13</b>	-0.02
<i>Catathyridium jenynsii</i> (Günther, 1862)	18	0.04	0.03	0.07	<b>-0.10</b>
<i>Cichla kelberi</i> Kullander, Ferreira, 2006	858	-0.07	<b>-0.32</b>	<b>0.13</b>	0.06
<i>Cichla piquiti</i> Kullander, Ferreira, 2006	103	-0.05	<b>-0.11</b>	<b>0.10</b>	-0.06
<i>Cichla</i> sp.	3	-0.01	-0.04	0.00	0.03
<i>Cichlasoma paranaense</i> Kullander, 1983	33	<b>-0.11</b>	<b>-0.12</b>	0.05	-0.02
<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822)	14	0.09	0.08	-0.07	<b>0.21</b>
<i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818)*	2	0.04	0.07	0.01	0.04
<i>Crenicichla britskii</i> Kullander, 1982	296	<b>-0.41</b>	<b>-0.15</b>	<b>0.10</b>	-0.07
<i>Crenicichla haroldoi</i> Luengo, Britski, 1974	2	-0.08	0.07	-0.04	<b>0.15</b>
<i>Crenicichla jaguarensis</i> Haseman, 1911	49	<b>-0.39</b>	0.08	0.00	-0.07
<i>Crenicichla</i> sp.	3	<b>-0.13</b>	0.02	0.08	0.04
<i>Crenicichla</i> spp.	1	<b>-0.10</b>	0.04	-0.03	-0.06
<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez, 1948)	69	0.00	<b>-0.17</b>	-0.03	-0.04

<i>Cyphocharax nagelii</i> (Steindachner, 1881)	102	0.00	<b>-0.11</b>	-0.04	-0.08
<i>Cyphocharax</i> sp.	1	0.02	-0.04	0.05	0.00
<i>Eigenmannia trilineata</i> López, Castello, 1966	483	0.09	0.07	0.01	0.02
<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes, 1836)	45	-0.03	<b>0.13</b>	-0.04	-0.04
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch, Schneider, 1801)	32	0.07	-0.02	<b>0.15</b>	0.03
<i>Farlowella hahni</i> Meinken, 1937	1	0.03	0.05	<b>0.15</b>	0.04
<i>Galeocharax gulo</i> (Cope, 1870)	75	<b>-0.27</b>	<b>0.22</b>	-0.05	<b>0.13</b>
<i>Geophagus sveni</i> Lucinda, Lucena, Assis, 2010	902	-0.06	<b>-0.17</b>	0.01	-0.07
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i> (Valenciennes, 1839)	223	<b>0.14</b>	-0.07	0.06	-0.03
<i>Gymnotus pantanal</i> Fernandes, Albert, Daniel- Silva, Lopes, Crampton, Almeida-Toledo, 2005	7	0.07	-0.01	0.04	0.03
<i>Gymnotus paraguensis</i> Albert, Crampton, 2003	8	0.08	0.04	-0.07	<b>0.18</b>
<i>Gymnotus</i> spp.	40	0.07	0.01	0.06	-0.03
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert, Fernandes-Matioli, 1999	68	0.07	-0.04	-0.06	<b>-0.10</b>
<i>Hemiodus orthonops</i> Eigenmann, Kennedy, 1903	2910	<b>-0.16</b>	0.07	0.06	<b>0.11</b>
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i> (Valenciennes, 1840)*	669	<b>0.27</b>	<b>0.34</b>	<b>-0.21</b>	-0.02
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz, 1829)	239	<b>0.10</b>	-0.05	0.01	<b>-0.12</b>
<i>Hoplias mbigua</i> Azpelicueta, Benítez, Aichino, Mendez, 2015	1330	0.00	<b>-0.32</b>	-0.06	0.01
<i>Hoplias misionera</i> Rosso, Mabragaña, González- Castro, Delpiani, Avigliano, Schenone, Días de Astarloa, 2016	1	0.03	0.02	-0.02	0.01
<i>Hoplias</i> sp. 2	683	<b>0.19</b>	-0.05	<b>-0.18</b>	0.02
<i>Hoplias</i> sp. 3	240	<b>0.13</b>	<b>-0.11</b>	-0.02	0.09
<i>Hoplias</i> spp.	1190	0.05	<b>-0.27</b>	0.04	0.00
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	1049	<b>0.15</b>	-0.06	<b>0.11</b>	-0.03

<i>Hypophthalmus oremaculatus</i> Nani, Fuster, 1947	87	<b>0.14</b>	0.00	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>
<i>Hypostomus</i> aff. <i>hermanni</i> (Ihering, 1905)	2	-0.07	0.08	0.07	<b>0.13</b>
<i>Hypostomus albopunctatus</i> (Regan, 1908)	7	-0.08	0.06	-0.09	0.06
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	47	<b>-0.25</b>	0.07	0.02	0.01
<i>Hypostomus</i> cf. <i>iheringii</i> (Regan, 1908)	15	<b>-0.21</b>	0.06	-0.03	0.05
<i>Hypostomus</i> cf. <i>strigaticeps</i> (Regan, 1908)	54	<b>-0.22</b>	0.06	0.00	0.05
<i>Hypostomus cochliodon</i> Kner, 1854	129	0.01	<b>0.26</b>	0.09	0.04
<i>Hypostomus commersoni</i> Valenciennes, 1836	3	<b>-0.16</b>	0.01	-0.02	0.00
<i>Hypostomus hermanni</i> (Ihering, 1905)	2	-0.08	0.04	0.00	<b>0.13</b>
<i>Hypostomus iheringii</i> (Regan, 1908)	2	-0.05	0.03	-0.05	-0.03
<i>Hypostomus microstomus</i> Weber, 1987	1	-0.09	0.06	-0.04	-0.05
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)	318	<b>-0.56</b>	<b>0.20</b>	0.02	0.02
<i>Hypostomus</i> spp.	57	<b>-0.26</b>	0.08	0.06	0.09
<i>Hypostomus ternetzi</i> (Boulenger, 1895)	1	-0.07	0.03	-0.03	0.05
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken, 1874)	539	0.09	0.04	-0.02	0.03
<i>Laetacara araguaiaae</i> Ottoni, Costa, 2009	2	0.07	0.03	0.01	0.00
<i>Leporellus vittatus</i> (Valenciennes, 1850)	9	<b>-0.24</b>	<b>0.12</b>	-0.08	-0.06
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	1802	<b>-0.11</b>	<b>0.35</b>	0.04	0.03
<i>Leporinus lacustris</i> Campos, 1945	941	<b>0.17</b>	<b>-0.13</b>	<b>0.12</b>	0.02
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner, 1915	3	-0.08	0.08	-0.01	-0.04
<i>Leporinus</i> spp.	1	-0.08	0.09	<b>-0.10</b>	0.08
<i>Leporinus striatus</i> Kner, 1858	8	0.02	<b>0.12</b>	-0.03	-0.01

<i>Lepthoplosternum pectorale</i> (Boulenger, 1895)	162	0.09	-0.01	<b>0.18</b>	-0.03
<i>Loricaria prolixa</i> Isbrücker, Nijssen, 1978	25	0.02	<b>0.12</b>	<b>0.23</b>	0.06
<i>Loricariichthys</i> <i>platymetopon</i> Isbrücker, Nijssen, 1979	8060	<b>0.32</b>	<b>-0.29</b>	0.04	-0.03
<i>Loricariichthys rostratus</i> Reis, Pereira, 2000	119	-0.07	<b>-0.13</b>	<b>0.12</b>	0.04
<i>Loricaria</i> sp.	3	0.02	0.09	0.00	-0.04
<i>Megalancistrus parananus</i> (Peters, 1881)	12	-0.04	<b>0.12</b>	-0.03	-0.04
<i>Megaleporinus</i> <i>macrocephalus</i> (Garavello, Britski, 1988)*	100	<b>0.16</b>	0.08	-0.06	0.08
<i>Megaleporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836)*	257	-0.04	0.08	-0.02	0.08
<i>Megaleporinus piavussu</i> (Britski, Birindelli, Garavello, 2012)*	641	<b>0.13</b>	<b>0.14</b>	-0.02	0.01
<i>Megalonema platanum</i> (Günther, 1880)	1	-0.05	0.02	<b>0.15</b>	0.04
<i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870)	370	0.03	<b>-0.34</b>	0.06	<b>0.11</b>
<i>Moenkhausia</i> aff. <i>intermedia</i> Eigenmann, 1908	3355	0.08	<b>0.11</b>	-0.09	0.05
<i>Moenkhausia bonita</i> Benine, Castro, Sabino, 2004	1	<b>-0.12</b>	0.04	-0.02	-0.01
<i>Moenkhausia</i> cf. <i>gracilima</i> Eigenmann, 1908	1	<b>-0.10</b>	0.04	-0.03	-0.06
<i>Myloplus tiete</i> (Eigenmann, Norris, 1900)	8	-0.09	<b>0.10</b>	0.00	-0.06
<i>Oligosarcus pintoii</i> Campos, 1945	4	0.03	0.00	0.03	0.04
<i>Ossancora eigenmanni</i> (Boulenger, 1895)	23	0.05	<b>0.12</b>	-0.01	<b>0.17</b>
<i>Parauchenipterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)	5504	<b>0.41</b>	0.08	-0.05	-0.03
<i>Parodon nasus</i> Kner, 1859	16	<b>-0.13</b>	<b>0.12</b>	-0.03	0.03
<i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann, 1908)	6	-0.03	0.00	0.05	-0.05



<i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holmberg, 1887) X <i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818)*	7	0.04	<b>0.11</b>	-0.03	0.05
<i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holmberg, 1887)*	196	<b>0.22</b>	0.08	-0.09	0.02
<i>Pimelodella avanhandavae</i> Eigenmann, 1917	65	<b>-0.11</b>	<b>0.19</b>	0.02	<b>0.11</b>
<i>Pimelodella gracilis</i> (Valenciennes, 1835)	72	-0.09	<b>0.22</b>	-0.04	<b>0.12</b>
<i>Pimelodella taenioptera</i> Miranda-Ribeiro, 1914	1	-0.09	0.06	-0.06	0.08
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacépède, 1803	643	<b>0.17</b>	-0.06	-0.05	0.00
<i>Pimelodus microstoma</i> Steindachner, 1877	5	0.01	-0.03	0.09	0.03
<i>Pimelodus misteriosus</i> Azpelicueta, 1998	201	0.09	0.05	0.01	0.09
<i>Pimelodus ornatus</i> Kner, 1858*	31	0.03	<b>0.19</b>	-0.09	<b>0.18</b>
<i>Pinirampus pirinampu</i> (Agassiz, 1829)*	44	<b>0.12</b>	<b>0.21</b>	-0.03	0.03
<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel, 1840)	698	<b>0.28</b>	<b>0.25</b>	0.09	0.06
<i>Platydoras armatulus</i> (Valenciennes, 1840)	5	0.03	0.05	0.03	0.01
<i>Potamotrygon amandae</i> Loboda, Carvalho, 2013	16	0.07	0.08	-0.09	0.00
<i>Potamotrygon cf. falkneri</i> Castex, Maciel, 1963	4	<b>-0.14</b>	0.04	-0.03	0.03
<i>Potamotrygon</i> sp.	1	0.07	0.03	0.02	0.00
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)*	5911	<b>0.21</b>	<b>0.11</b>	<b>-0.17</b>	<b>0.13</b>
<i>Psellogrammus kennedyi</i> (Eigenmann, 1903)	4	0.07	-0.01	0.06	0.02
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix, Agassiz, 1829)*	474	<b>0.19</b>	0.07	-0.09	0.05
<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> Eigenmann, Eigenmann, 1889*	14	0.03	0.01	0.08	-0.03
<i>Pseudoplatystoma</i> sp.	1	0.04	0.04	-0.03	-0.08

<i>Pterodoras granulosus</i> (Valenciennes, 1821)*	480	<b>0.26</b>	<b>0.25</b>	0.08	0.05
<i>Pterygoplichthys ambrosettii</i> (Holmberg, 1893)	2624	<b>0.33</b>	0.06	-0.01	<b>0.13</b>
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy, Gaimard, 1824)	19	<b>-0.24</b>	0.04	0.02	-0.02
<i>Rhamphichthys hahni</i> (Meinken, 1937)	117	<b>0.22</b>	0.08	0.00	0.04
<i>Rhaphiodon vulpinus</i> Spix, Agassiz, 1829*	667	0.02	<b>0.24</b>	0.02	0.00
<i>Rhinelepis aspera</i> Spix, Agassiz, 1829*	377	<b>-0.22</b>	<b>0.10</b>	-0.04	0.01
<i>Rhinodoras dorbignyi</i> (Kner, 1855)	10	0.05	<b>0.10</b>	0.09	-0.03
<i>Roeboides descavadensis</i> Fowler, 1932	1716	<b>0.20</b>	0.03	-0.07	0.04
<i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)*	286	0.09	<b>0.31</b>	<b>-0.17</b>	<b>0.10</b>
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes, 1850*	107	-0.01	<b>0.28</b>	-0.01	<b>0.12</b>
<i>Satanoperca</i> sp.	1140	<b>-0.17</b>	<b>-0.53</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>
<i>Schizodon altoparanae</i> Garavello, Britski, 1990	49	<b>-0.10</b>	0.03	-0.03	-0.05
<i>Schizodon borellii</i> (Boulenger, 1900)	3510	0.08	-0.08	-0.07	0.01
<i>Schizodon nasutus</i> Kner, 1858	228	<b>-0.43</b>	<b>0.15</b>	-0.01	-0.04
<i>Schizodon</i> sp.	1	0.02	0.05	0.00	-0.06
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner, 1858	807	<b>0.15</b>	0.03	<b>-0.15</b>	0.09
<i>Serrasalmus marginatus</i> Valenciennes, 1837	9764	<b>0.31</b>	<b>0.25</b>	<b>-0.19</b>	<b>0.13</b>
<i>Sorubim lima</i> (Bloch, Schneider, 1801)*	211	<b>0.15</b>	0.07	<b>-0.15</b>	0.04
<i>Steindachnerina brevipinna</i> (Eigenmann, Eigenmann, 1889)	1976	0.03	-0.08	-0.03	-0.05
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez, 1948)	4253	-0.04	0.07	<b>-0.15</b>	0.04
<i>Steindachnerina</i> spp.	9	0.06	0.06	-0.06	0.05
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch, Schneider, 1801)	55	<b>0.16</b>	0.08	-0.03	<b>0.11</b>
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795	2	-0.02	-0.09	0.01	0.03

<i>Trachelyopterus</i> sp.	9	0.08	<b>0.10</b>	0.09	<b>0.15</b>
<i>Trachydoras paraguayensis</i> (Eigenmann, Ward, 1907)	1924	<b>0.23</b>	<b>0.39</b>	-0.06	0.05
<i>Triportheus nematurus</i> (Kner, 1858)	6	0.00	-0.04	0.05	-0.02
<i>Zungaro jahu</i> (Ihering, 1898)*	7	-0.01	<b>0.12</b>	<b>-0.12</b>	0.07

---