

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E  
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

AMANDA FRIGO BERLATTO

TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS  
DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

CASCADEL-PR

ABRIL, 2018

AMANDA FRIGO BERLATTO

TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS  
DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Dr. Pitágoras Augusto Piana

CASCAVEL-PR

ABRIL, 2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Berlatto, Amanda Frigo

Traços funcionais da ictiofauna nativa determinam os traços de possíveis peixes invasores em reservatórios neotropicais / Amanda Frigo Berlatto; orientador(a), Pitágoras Augusto Piana, 2018.

52 f.

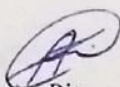
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, 2018.

1. História de vida. 2. Introduções de espécies. 3. Invasão biológica. 4. Ambientes alterados. I. Piana, Pitágoras Augusto. II. Título.

## AMANDA FRIGO BERLATTO

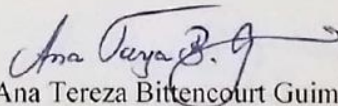
### TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, área de concentração Ciências Ambientais, linha de pesquisa Biologia Comparada e Indicadores de Qualidade No Ambiente Aquático, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



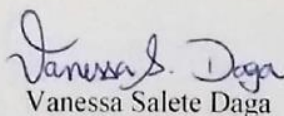
Orientador(a) - Pitagoras Augusto Piana

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo (UNIOESTE)



Ana Tereza Bittencourt Guimarães

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Vanessa Salette Daga

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Defesa realizada em, 20 de abril de 2018.  
Local: Sala 58 – Prédio de Sala de Aula

Dedico este trabalho a  
minha família, que sempre  
me apoiou.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Ao meu orientador professor Pitágoras Augusto Piana, por ter aceitado me orientar, pela confiança e paciência durante o período do Mestrado.

Ao professor Éder André Gubiani pelo conhecimento compartilhado e pela contribuição ao trabalho.

Aos meus pais, Angela Mara Frigo e Cleodomir José Berlatto, e à minha irmã, Isabela Frigo Berlatto, por sempre me apoiarem e me ajudarem em tudo.

Ao meu namorado Emmanuel Olivo, pelo carinho, companheirismo e compreensão nos momentos de ausência.

Ao Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) pelo apoio logístico de coleta e análise de amostras.

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pela concessão da bolsa.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS .....	6
Resumo .....	6
Abstract .....	7
1 Introdução .....	8
2 Materiais e métodos .....	10
2.1 Área de estudo .....	10
2.2 Amostragem .....	12
2.3 Compilação de dados e análises estatísticas .....	12
3 Resultados .....	16
4 Discussão .....	19
5 Conclusão .....	21
Agradecimentos .....	22
Referências .....	22
Material suplementar .....	31

## TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

Amanda Frigo Berlatto<sup>1</sup>, Éder André Gubiani<sup>2</sup> e Pitágoras Augusto Piana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Brasil, amandah\_b@hotmail.com.

<sup>2</sup> Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia (Gerpel), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.

### Resumo:

1- A introdução de espécies não-nativas pode causar impactos no ambiente, bem como efeitos negativos na funcionalidade de um ecossistema. As espécies introduzidas que conseguem se estabelecer geralmente apresentam características de história de vida diferentes da biota nativa e conseguem se adaptar facilmente nos ambientes alterados. Ambientes modificados com a formação de um reservatório geram condições apropriadas para o estabelecimento de espécies não-nativas tolerantes e oportunistas.

2- Nosso estudo comparou os traços funcionais entre espécies de peixes nativas e não-nativas em 20 reservatórios de três diferentes ecorregiões Neotropicais, a fim de observar se os traços funcionais dos dois conjuntos de espécies estão associadas e se influenciam no estabelecimento das espécies não-nativas. Nossa hipótese foi que os traços das espécies nativas influenciam significativamente no estabelecimento das espécies não-nativas, pois os dois conjuntos de espécies apresentam diferenças em suas características funcionais.

3- A análise de co-inércia ordenou simultaneamente os traços das espécies não-nativas em relação aos traços das nativas e o teste permutacional revelou que estas ordenações foram significativamente associadas ( $RV = 0,40$ ;  $p = 0,008$ ). Esse resultado demonstra que o processo de estabelecimento das espécies não-nativas é altamente dependente das características das espécies das comunidades receptoras.

4- De acordo com as características ambientais, cada reservatório apresentou traços distintos para o conjunto de espécies nativas e não-nativas, de forma que a ecorregião do Iguaçu foi a que apresentou maior diferenciação funcional entre os conjuntos de espécies.

5- Portanto, nossos resultados demonstraram que o processo de estabelecimento das espécies não-nativas não é aleatório, mas sim altamente dependente das características funcionais da assembleia receptora. As espécies não-nativas que conseguem se estabelecer são as que apresentam sucesso na competição com as nativas ou pelas oportunidades observadas quando às nativas não exploram os mesmos recursos das introduzidas.

**Palavras-chave:** História de vida; Introduções de espécies; Invasão biológica; Ambientes alterados.



## FUNCTIONAL TRAITS OF NATIVE ICTIOFAUNA DETERMINATE THE TRAITS OF POSSIBLE INVASIVE FISH IN NEOTROPICAL RESERVOIRS

Amanda Frigo Berlatto<sup>1</sup>, Éder André Gubiani<sup>2</sup> e Pitágoras Augusto Piana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Brasil, amandah\_b@hotmail.com.*

<sup>2</sup> *Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia (Gerpel), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Brasil.*

### **Abstract:**

1- The introduction of non-native species can cause impacts on the environment as well as negative effects on the functionality of an ecosystem. The introduced species that can establish themselves generally present life history characteristics different from the native biota and with this they can adapt easily in the altered environments. Environments modified with the formation of a reservoir generate appropriate conditions for the establishment of tolerant and opportunistic nonnative species.

2- Our study compared functional traits between native and non-native fish species in 20 reservoirs of three different Neotropical ecoregions in order to observe if the functional traits of the two sets of species are associated and influence the establishment of non-native. Our hypothesis was that the traits of native species significantly influence the establishment of non-native species, since the two sets of species present differences in their functional characteristics.

3- The co-inertia analysis simultaneously ordered the traits of the non-native species in relation to the native traits and the permutational test revealed that these ordinations were significantly associated ( $RV = 0.40$ ,  $p = 0.008$ ). This result demonstrates that the process of establishment of the non-native species is highly dependent on the characteristics of the species of the host communities.

4- According to the environmental characteristics, each reservoir presented distinct traits for the set of native and non-native species, so that the Iguaçu ecoregion was the one with the greatest functional differentiation among the species sets.

5- Therefore, our results demonstrated that the process of establishment of nonnative species is not random but highly dependent on the functional characteristics of the host assembly. The non-native species that can establish themselves are those that are successful in the competition with the native ones or by the opportunities observed when the natives do not exploit the same resources of the introduced ones.

**Key words:** Life's history; Introductions of species; Biological invasion; Changed environments.

## 1 Introdução

Invasões biológicas são uma das principais ameaças à biota aquática continental (Johnson, Olden e Zanden, 2008). O processo de invasão envolve, além das propriedades abióticas do ambiente, as características de história de vida das espécies invasoras, bem como as da comunidade receptora (Quist, Rahel e Hubert, 2005). Cada espécie possui características biológicas próprias, tanto morfológicas como fisiológicas, reprodutivas e comportamentais, as quais são relacionadas com a função que o organismo exerce no ecossistema, denominados de traços funcionais (Diaz e Cabido, 2001). Eles estão relacionados à ciclagem de nutrientes, aquisição e armazenamento de recursos ou defesa contra predação (Blondel, 2003; Webb, Hoeting, Ames, Pyne e LeRoy Poff, 2010). Os estudos voltados às características funcionais são importantes para compreender as consequências das ações antrópicas sobre as espécies, tais como os oriundos da poluição, modificação ou destruição do habitat e da introdução de espécies não-nativas (Hooper et al., 2002).

O efeito da introdução de espécies não-nativas pode ser analisado através dos traços funcionais, pois essas características geralmente se diferem entre espécies nativas e não-nativas em um ambiente. O sucesso de uma espécie não-nativa é determinado pela capacidade de tolerar e superar as pressões do novo ambiente (Diamond e Case, 1986). A espécie precisa enfrentar filtros relacionados às características ambientais, das espécies receptoras e das interações bióticas para conseguir se estabelecer (MacNeil e Prenter, 2000; Mathews, Gido e Gelwick, 2004). Uma espécie não-nativa é considerada estabelecida a partir do momento que ela se reproduz e gera descendentes férteis no local em que foi introduzida (Vitule, 2009).

A introdução de espécies pode causar impactos no ambiente, bem como efeitos negativos na funcionalidade de um ecossistema (Neville e Murphy, 2001; Bunn e Arthington, 2002; Koehn, 2004; Ellender e Weyl, 2014). A perda da biodiversidade é um impacto frequentemente observado nos ecossistemas aquáticos continentais, pois tais ambientes são os mais suscetíveis às ações antrópicas (Sala et al., 2000; Balmford, Green e Jenkins, 2003; Pelicice, F. M., Vitule, Lima Junior, Orsi e Agostinho, 2014), tornando os peixes uma das faunas

mais ameaçadas no mundo (Olden et al., 2010; Winemiller et al., 2016). Peixes introduzidos podem ocasionar alterações tróficas, hibridização, mudanças no habitat e promover a introdução de parasitos a eles associados (Taylor, Courtenay e Mccann, 1984; Souza, Calazans e Silva, 2009).

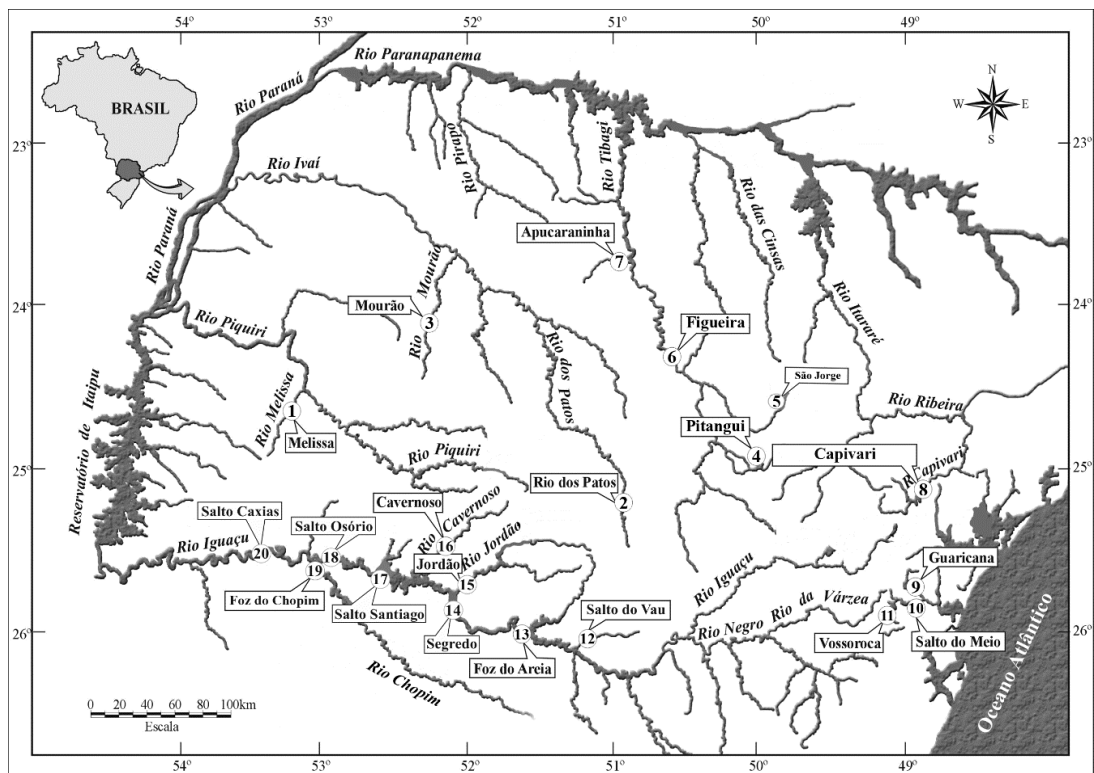
O sucesso na invasão de novas espécies de peixes é facilitado com as alterações ambientais, como a construção de barragens (Havel, Lee e Vander Zanden, 2005; Pelicice e Agostinho, 2009). A formação de um reservatório causa uma perturbação na comunidade nativa, que precisa adaptar as suas características funcionais para sobreviver (Agostinho e Gomes, 1997). As alterações no fluxo do rio e na temperatura que acontecem após um barramento, influenciam a produtividade do ambiente, reprodução, crescimento, distribuição e estrutura das assembleias (Haxton e Findlay, 2008). Com isso, algumas espécies nativas acabam sendo extintas ou reduzem sua população e assim, alguns traços são perdidos na comunidade, causando oportunidades para as espécies não-nativas se estabelecerem (Richter, Mathews, Harrison e Wigington, 2003).

Ambientes modificados com a formação de um reservatório geram condições apropriadas para o estabelecimento de espécies não-nativas tolerantes e oportunistas (Johnson, Olden e Zanden, 2008), que acabam, de forma sinérgica, contribuindo para redução da biodiversidade (Agostinho, Suzuki, Fugi, Alves, Tonella e Espindola, 2015). Portanto, este estudo comparou os traços funcionais entre espécies de peixes nativas e não-nativas em 20 reservatórios localizados em três ecorregiões Neotropicais, a fim de observar se os traços funcionais dos dois conjuntos de espécies estão associados. Especificamente, nossa hipótese foi que as características de história de vida da ictiofauna receptora determina, em parte, as características funcionais das espécies não-nativas que irão se estabelecer na comunidade aquática.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

As informações utilizadas nesse estudo foram obtidas de 20 reservatórios localizados no estado do Paraná, Brasil (Fig. 1), abrangendo três ecorregiões Neotropicais definidas por Abell et al. (2008), a do Alto Paraná, Iguazu e Sudeste Mata Atlântica. Esses reservatórios apresentam características diferentes quanto ao modo de operação, idade e tamanhos (Tab. 1).



**Figura 1:** Localização dos 20 reservatórios no estado do Paraná.

A ecorregião do Alto Paraná apresenta uma fauna diversa, abrangendo aproximadamente 310 espécies de peixes (Olson et al., 2000; Langeani, Castro, Oyakawa, Shibatta, Pavanelli e Casatti, 2007). Essa ecorregião abrange uma área de drenagem de 186.321 km<sup>2</sup> e inclui a bacia do alto rio Paraná e seus tributários, hoje delimitada acima da barragem de Itaipu (Feow, 2017). A ecorregião Sudeste Mata Atlântica contém uma área de drenagem de 14.674 km<sup>2</sup> e abriga aproximadamente 98 espécies de peixes (Maack, 2012). Nessa ecorregião,

aproximadamente 37% das espécies são endêmicas (Feow, 2017). A ecorregião do Iguaçu abriga aproximadamente 106 espécies de peixes (Baumgartner et al., 2012). Possui uma área de drenagem de 72.000 km<sup>2</sup> e abrange o rio Iguaçu e todos os tributários desde suas nascentes na região metropolitana de Curitiba até as Cataratas do Iguaçu, contendo inúmeras corredeiras e quedas ao longo do caminho. Devido a isso, aproximadamente 70% das espécies são endêmicas e a maioria delas é considerada ameaçada de extinção (Maack, 2012; Baumgartner et al. 2012; Feow, 2017).

**Tabela 1:** Caracterização dos 20 reservatórios utilizados no estudo. SMA=Sudeste Mata Atlântica.

Reservatório	Ecorregião	Modo de operação	Quantidade de locais de amostragem	Ano de enchimento	Área do reservatório (km <sup>2</sup> )
Apucarantina	Alto Paraná	Acumulação	2	1958	2
Figueira	Alto Paraná	*	1	-	-
Pitangui	Alto Paraná	Fio d'água	1	1911	0,2
São Jorge	Alto Paraná	Acumulação	2	1945	7,2
Rio dos Patos	Alto Paraná	Fio d'água	2	1949	1,3
Mourão	Alto Paraná	Fio d'água	3	1964	11,3
Melissa	Alto Paraná	Fio d'água	1	1962	2,9
Salto do Vau	Iguaçu	Fio d'água	2	1959	2
Salto Caxias	Iguaçu	Fio d'água	3	1999	131
Foz do Areia	Iguaçu	Acumulação	3	1980	139
Segredo	Iguaçu	Fio d'água	3	1992	82,5
Jordão	Iguaçu	Fio d'água	2	1997	3,4
Cavernoso	Iguaçu	Fio d'água	1	1965	2,9
Chopin I	Iguaçu	Fio d'água	1	1963	2,9
Salto Santiago	Iguaçu	Acumulação	3	1979	208
Salto Osório	Iguaçu	Fio d'água	3	1971	51
Capivari	<b>SMA</b>	Fio d'água	3	1970	12
Guaricana	<b>SMA</b>	Fio d'água	2	1957	7
Vossoroca	<b>SMA</b>	Acumulação	2	1949	5,1
Salto do Meio	<b>SMA</b>	Fio d'água	2	1931	0,1

\* A usina de Figueira, por ser termoelétrica não possui reservatório, porém, em função da retirada de água para as caldeiras e do lançamento de efluentes, as amostragens foram realizadas no rio Laranjinha, afluente da margem esquerda do rio das Cinzas.

## 2.2 Amostragem

As amostragens das assembleias de peixes foram realizadas trimestralmente entre os anos de 2002 a 2009 nos 20 reservatórios estudados. Para a captura dos peixes foram utilizadas redes de espera simples, com malhas variando de 25 a 160 mm entre nós não adjacentes e redes de espera três malhas de 60 a 80 mm entre nós. As redes de espera foram expostas por um período de 24 horas, com revistas às 8, 16 e 22 horas. Os peixes capturados foram fixados em formol a 10%, sendo etiquetados quanto ao local, turno e mês de coleta, armazenados em tambores de polietileno para análise posterior e enviadas ao GERPEL da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste).

Após o transporte dos tambores ao laboratório, os peixes foram lavados em água corrente e conservados em álcool 70% para análise. E seguida, foram separados e identificados à nível de espécie de acordo com Garavello, Pavanelli e Suzuki (1997), Shibatta, Orsi, Bennemann e Silva-Souza (2002), Ingenito, Duboc e Abilhoa (2004), Graça e Pavanelli (2007) e Baumgartner et al. (2012) e obtidas as informações referentes a peso (g) e comprimento padrão (cm).

## 2.3 Compilação de dados e análises estatísticas

As abundâncias de cada espécie foram computadas e padronizadas para kg de peixes capturados por m<sup>2</sup> de rede exposto por 24 h, em cada coleta e reservatório (CPUE em kg/m<sup>2</sup> de rede/24h). Informações referente a história de vida das espécies relacionadas com as características morfológicas, reprodutivas e alimentares foram mensuradas ou obtidas de literaturas específicas (Tab. 2; Material Suplementar 1).

As características morfológicas foram obtidas por meio das medidas realizadas nos indivíduos coletados, dos quais foram obtidos o comprimento padrão máximo e o maior comprimento padrão em estágio imaturo, como indicadores do tamanho máximo (Ls.max) e tamanho de primeira maturação (Ls.50), respectivamente. Na ausência de exemplares imaturos, foi utilizada a relação descrita em Froese e Binohlan (2000) para estimar o Ls.50 a partir do L<sub>Smax</sub>:

$$Ls.50 = e^{0,8979 \cdot \ln(Ls.max) - 0,0782}$$

As características analisadas para a reprodução foram fecundação externa e interna, fecundidade alta, média e baixa, com ou sem cuidado parental, migratórias ou não, desova total ou parcelada. Para os traços alimentares, as espécies foram classificadas de acordo com a guilda trófica, sendo elas: planctívora, piscívora, onívora, detritívora, herbívora, insetívora e invertívora. Aos traços reprodutivos e alimentares foram designadas variáveis indicadoras (presença=1/ausência=0). Essas informações foram obtidas por meio de livros e artigos científicos.

**Tabela 2:** Descrição dos traços funcionais morfológicos, alimentares e reprodutivos.

Classe do traço	Traço	Descrição
Medidas morfológicas	Comprimento padrão máximo (Ls.max)	Distância da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal do maior indivíduo capturado.
	Tamanho de primeira maturação (Ls.50)	Indivíduo com maior comprimento padrão em estágio imaturo.
Guilda trófica	Detritívora	Se alimentam de detritos e sedimento.
	Planctívora	Se alimentam de algas e zooplâncton.
	Piscívora	Se alimentam de peixes inteiros e/ou fragmentos.
	Invertívora	Se alimentam de invertebrados aquáticos.
	Herbívora	Se alimentam de plantas.
Reprodutivos	Onívora	Se alimentam de material vegetal e animal.
	Insetívora	Se alimentam de invertebrados terrestres.
	Fecundidade	Quantidade de ovos produzidas por um organismo.
	Fecundação interna ou externa	Peixes com desenvolvimento dos ovos na cavidade ou no exterior.
	Cuidado parental	Apresentam comportamento de cuidado com a prole.
	Migração	Migradores de longa distância.
	Desova	Indivíduos que apresentam desova total ou parcelada.

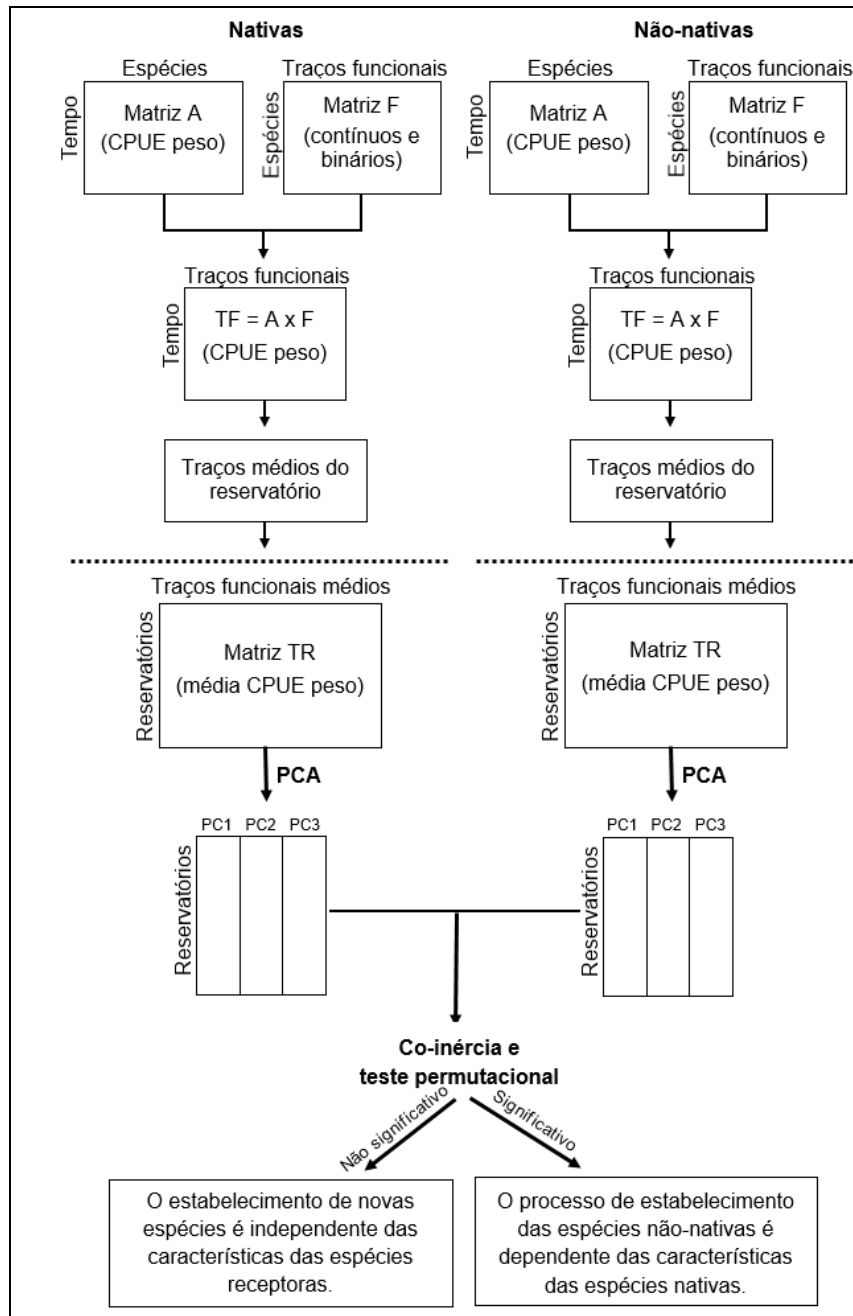
Além das características funcionais, as espécies de peixes foram classificadas em nativas e não-nativas para cada reservatório, de acordo com a ocorrência ou não na respectiva ecorregião por meio de consulta bibliográfica em artigos científicos, livros e relatórios técnicos (Material Suplementar 2). A avaliação do nível de congruência entre as estruturas funcionais das espécies

nativas e não-nativas foi, então, realizada por meio de análise de co-inércia (Dray, Chessel e Thioulouse, 2003). Essa é uma técnica multivariada de ordenação, na qual duas tabelas são simultaneamente ordenadas por meio de análise de componentes principais e a significância da co-estrutura é avaliada com teste permutacional (Dolédec e Chessel, 1994).

Para tanto, as assembleias dos reservatórios foram separadas em dois grupos: nativas e não-nativas. Para cada grupo foram criadas duas matrizes: i) de abundâncias em peso das espécies por coleta, expressa em CPUE (Matriz A); ii) e de traços funcionais por espécies (Matriz F). As matrizes A e F foram combinadas através do método de multiplicação de matrizes, obtendo-se as matrizes T de abundâncias dos traços funcionais. Dessas matrizes T foram obtidas as médias dos traços funcionais ao longo dos períodos de coleta em cada reservatório, gerando a matriz de abundâncias médias de traços por reservatórios (Matriz TR).

Nas matrizes TR, uma de espécies nativas e outra de espécies não-nativas, foram empregadas a transformação de Hellinger (Legendre e Gallagher, 2001) de modo a obter uma medida relativizada dos traços dentro de cada reservatório. Ambas, as matrizes TR foram sumarizadas, separadamente, com Análises de Componentes Principais (PCAs) sobre os traços funcionais padronizados retendo três eixos de cada PCA. Após checagem da condição de proximidade à igualdade dos pesos fornecidos aos reservatórios em ambas PCAs, os eixos retidos foram confrontados por meio de análise de co-inércia (Dray, Chessel e Thioulouse, 2003). A co-estrutura das matrizes foi mensurada pelo coeficiente multivariado de correlação linear de Pearson (RV) e avaliada com o teste permutacional de significância sobre 999 permutações, considerando 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2017), com auxílio das funções "decostand" do pacote Vegan (Oksanen et al., 2016); "dudi.pca", "all.equal", "randtest" e "coinertia" do pacote ade4 (Dray e Dufour, 2007) (Fig. 2).





**Figura 2:** Fluxograma da análise estatística. Combinação das matrizes A e F das espécies nativas e não-nativas obtendo-se as matrizes TF, da qual foram obtidas as médias dos traços funcionais ao longo dos períodos de coleta em cada reservatório (Matriz TR). As matrizes TR foram sumarizadas com Análises de Componentes Principais (PCAs) sobre os traços funcionais padronizados retendo três eixos de cada PCA. Aplicação da análise de co-inércia e teste permutacional.

### 3 Resultados

Ao todo foram amostradas 136 espécies de peixes, distribuídas em 25 famílias e seis ordens. A riqueza de espécies nativas variou de 14 a 50 espécies, enquanto que a de não-nativas variou de uma a 16 espécies entre os reservatórios (Tab. 3). A ecorregião do Alto Paraná foi a que apresentou maior riqueza de espécies, sendo que 73 foram nativas e apenas 10 não-nativas. Os reservatórios da ecorregião do Iguaçu apresentaram 45 espécies nativas e 26 não-nativas e os do Sudeste Mata Atlântica 23 nativas e 13 não-nativas.

**Tabela 3:** Riqueza de espécies nativas e não-nativas em cada reservatório.

Reservatório	Código	Riqueza de nativas	Riqueza de não-nativas	Riqueza total
Apucarantina	APU	28	4	32
Figueira	FIG	50	1	51
Pitangui	PIT	24	2	26
São Jorge	SJO	26	4	30
Rio dos Patos	PAT	25	4	29
Mourão	MOU	27	6	33
Melissa	MEL	25	6	31
Salto do Vau	VAU	15	2	17
Salto Caxias	CAX	30	11	41
Foz do Areia	FOA	31	16	47
Segredo	SEG	28	7	35
Jordão	JOR	26	7	33
Cavernoso	CAV	24	4	28
Chopin I	CHO	30	8	38
Salto Santiago	SS	28	9	37
Salto Osório	SO	24	9	33
Capivari	CAP	18	12	30
Guaricana	GUA	14	3	17
Vossoroca	VOS	16	4	20
Salto do Meio	SME	18	6	24

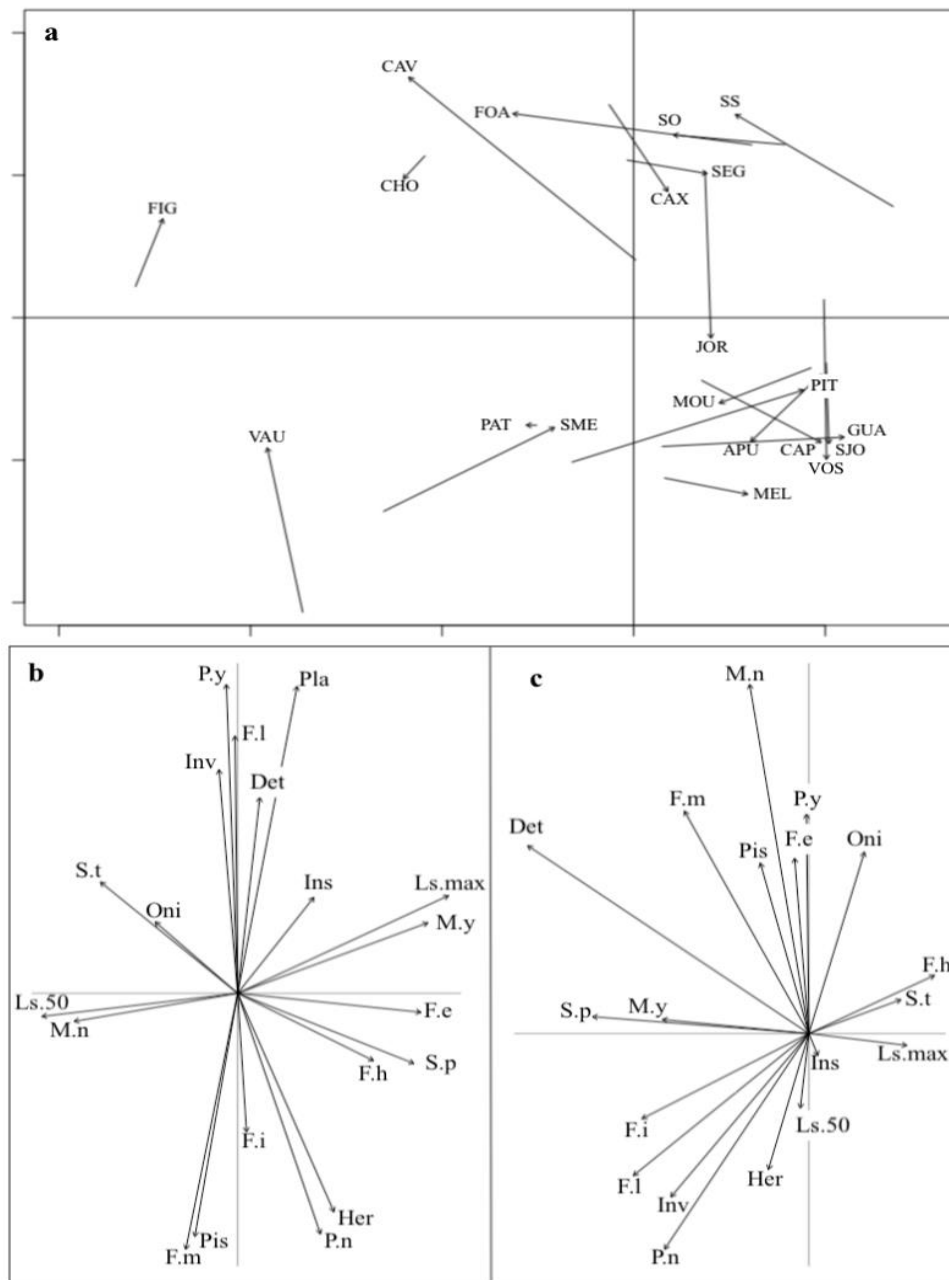
A análise de co-inércia ordenou simultaneamente os traços das espécies não-nativas em relação aos traços das nativas e o teste permutacional de co-estrutura foi significativo ( $RV = 0,40$ ;  $p = 0,008$ ; Fig. 3). Na sequência, descrevemos as principais associações de traços das espécies não-nativas em relação às nativas.

As espécies não-nativas que apresentaram tendências alimentares à planctívoria, detritívoria, invertívoria e que possuíam cuidado parental e fecundidade baixa se apresentaram associadas às assembleias nativas que apresentaram em espécies com tendência à piscívoria e onívoria, bem como traços reprodutivos de fecundidade média, fecundação externa, cuidado parental e ausência de migração, sendo essas espécies (não-nativas e nativas) mais características de reservatórios presentes na ecorregião do Iguaçu (FOA, CAX, SEG, JOR, SO, SS, CAV e CHO).

Já as assembleias não-nativas com tendência à onívoria, e características reprodutivas como, desova total, ausência de migração, menor tamanho corporal, mas maior tamanho de primeira maturação foram associadas às assembleias nativas que tiveram particularidades como, detritívoria, desova parcela, migração, fecundação interna e fecundidade baixa, sendo essas espécies (não-nativas e nativas) mais características dos reservatórios da ecorregião do Alto Paraná (FIG e PAT), do Sudeste Mata Atlântica (SME) e do Iguaçu (VAU).

Para as assembleias não-nativas que apresentaram características como, herbívoria, piscívoria e fecundação interna, houve associação com as assembleias nativas que apresentaram tendências alimentares à insetívoria, herbívoria, invertívora, e com maiores tamanhos de primeira maturação e que não apresentaram cuidado parental, sendo tais espécies (não-nativas e nativas) mais encontradas em reservatórios presentes na ecorregião do Alto Paraná (PAT, PIT e MEL) e Sudeste Mata Atlântica (SME e GUA).

As assembleias não-nativas que apresentaram traços funcionais como, fecundação externa, fecundidade alta, desova parcelada, migração e com grandes tamanhos corporais, se apresentaram associadas às assembleias nativas constituídas pelas espécies que apresentaram características como desova total, fecundidade alta e maiores tamanhos, sendo essas espécies (não-nativas e nativas) mais características de reservatórios da ecorregião do Sudeste Mata Atlântica (CAP, GUA e VOS), Alto Paraná (SJO e MOU) e somente um do Iguaçu (JOR).



**Figura 3:** Resultados da análise de co-inertia para associação de traços das espécies não-nativas com as nativas. **a)** ordenação dos reservatórios (ver Código na Tabela 3) em relação às assembleias de espécies nativas (início da seta) e não-nativas (final da seta); **b)** ordenação dos traços das espécies não-nativas; **c)** ordenação dos traços das espécies nativas. Ls.max = máximo tamanho corporal. Ls.50 = tamanho de primeira maturação; F.e = fecundação externa; F.i = fecundação interna; F.l = fecundidade baixa; F.m = fecundidade média; F.h = fecundidade alta; P.y = cuidado parental presente; P.n = cuidado parental ausente; M.y = migração presente; M.n = migração ausente; S.t = desova total; S.p = desova parcelada; Pis = piscívoro; Oni = onívoro; Pla = panctívoro; Her = herbívoro; Det = detritívoro; Ins = insetívoro; Inv = invertívoro.

## 4 Discussão

Quando uma espécie não-nativa é introduzida em um reservatório, seus traços ecológicos devem corresponder ao ambiente e a espécie precisa enfrentar as pressões do ambiente, bem como as interações diretas com as espécies nativas (Dick, 1996; MacNeil e Prenter, 2000). Portanto, nossos resultados demonstraram que existe uma associação significativa entre os traços das espécies nativas e não-nativas nos reservatórios. Isso corrobora que o processo de estabelecimento das espécies não-nativas é dependente dos traços das espécies das comunidades receptoras. Além disso, de acordo com as características ambientais, cada local apresentou traços distintos para o conjunto de espécies nativas e não-nativas, de forma que a ecorregião do Iguaçu foi a que apresentou maior diferenciação funcional entre os conjuntos de espécies.

Na ecorregião do Iguaçu as únicas espécies que realizam migrações reprodutivas foram as não-nativas, sendo que não existem espécies migradoras nativas no rio Iguaçu (Agostinho, Gomes, Suzuki e Julio Jr, 2003). Tais espécies não-nativas tiveram uma ocorrência provavelmente devido à escapes de pisciculturas ou peixamentos clandestinos, pois essas são as principais causas de introdução e dispersão de peixes (Vitule, Freire e Simberloff, 2009; Agostinho, Gomes, Santos, Ortega e Pelicice, 2016). Entretanto, foi observado através das abundâncias, que essas espécies não-nativas não conseguiram se estabelecer e atingir tamanhos populacionais relevantes devido à falta de grandes rotas migratórias, limitadas pelos barramentos característicos da ecorregião do Iguaçu.

Nessa ecorregião, as estratégias alimentares foram distintas entre as nativas (piscívoras e onívoras) e não-nativas (detritívoras e invertívoras). Por meio de checagens nos dados de abundância ao longo das coletas (não mostrados), verificamos que as espécies não-nativas competiram com as nativas pelo mesmo alimento, sendo que as nativas detritívoras e invertívoras foram diminuindo sua população ao longo do tempo, ao contrário das introduzidas. O mesmo pode ter ocorrido com as não-nativas piscívoras e onívoras, pois o estabelecimento de uma espécie pode ser afetado pela resistência biótica apresentada por competidores e predadores nativos (Bajer, Chizinski, Silbernagel e Sorensen, 2012).

Nos reservatórios da ecorregião do Alto Paraná e Sudeste Mata Atlântica as espécies nativas mais abundantes foram as insetívoras, invertívoras, herbívoras e detritívoras e as não-nativas piscívoras e onívoras. O que pode ter ocorrido no ambiente é a competição alimentar entre os dois grupos de espécies, de forma que a comunidade de espécies nativas piscívoras e onívoras teve uma redução nos seus recursos alimentares, sofrendo declínios na abundância das espécies que exploravam o mesmo recurso. Espécies onívoras apresentam maior plasticidade alimentar, assim, conseguem adaptar suas dietas de acordo com a disponibilidade de alimento no ambiente e geralmente conseguem se estabelecer no novo ambiente (Novakowski, Hahn e Fugi, 2007). As espécies piscívoras podem ainda se alimentar das nativas, podendo causar a extinção de algumas espécies.

De acordo Moyle e Light (1996), os invasores piscívoros alteram o novo ecossistema mais radicalmente do que os invasores onívoros ou detritívoros, pois geralmente essas espécies são mais agressivas (Luiz, Velludo, Peret, Rodrigues e Peret, 2011). Existem algumas espécies piscívoras que são menos interativas com a comunidade local, entretanto existem as que atacam e matam outras espécies, as que influenciam o comportamento ou a faixa de forragimento de outro predador, e as que interferem no comportamento das presas, afetando a suscetibilidade à presas de outros predadores (Losey e Denno, 1998). Quando a espécie nativa piscívora é melhor competidora, ela pode consumir a espécie não-nativa a uma taxa maior ou igual à chegada e com isso consegue impedir seu estabelecimento (Shinen, Morgan e Chan, 2009). Isso pode ter ocorrido na ecorregião do Iguaçu, no qual as espécies nativas piscívoras apresentaram uma abundância maior do que a das não-nativas. Entretanto, o mesmo não ocorreu nas ecorregiões do Alto Paraná e Sudeste Mata Atlântica, no qual as piscívoras não-nativas se sobressaíram às nativas.

Em alguns reservatórios (FIG, VAU, SME e PAT) ocorreu uma segregação total de traços, não só alimentares, mas também morfológicos e reprodutivos, entre as nativas e as não-nativas. Isto corrobora a hipótese de que os reservatórios facilitam a invasão de espécies (Johnson, Olden e Zanden 2008), pois as espécies não-nativas tendem a ocupar um ambiente alterado que passou a comportar espécies com características distintas da biota do rio de origem após

o impacto ocasionado pelo barramento. Após o represamento do rio, as espécies precisam se adaptar à algumas alterações que ocorrem no ambiente, e assim, somente as mais adaptadas conseguem manter sua população (Agostinho, Gomes e Pelicice, 2007; Hahn e Fugii, 2009). Dessa forma, após a alteração pode ter havido a perda de alguns traços funcionais da biota nativa e isso possibilitou o estabelecimento das espécies não-nativas, pois as espécies introduzidas apresentaram maior sucesso quando as nativas não competem por alimentos similares (Delariva e Agostinho, 1999).

Em outro conjunto de reservatórios (SJO, MOU, JOR, CAP, GUA e VOS) observamos uma menor heterogeneidade funcional. Nesses locais, determinadas características reprodutivas se repetiram nas nativas e não-nativas, tais como fecundidade alta e maiores tamanhos corporais. Geralmente espécies não-nativas com essas características apresentam sucesso no estabelecimento em novos ambientes (Ribeiro, Elvira, Collares-Pereira e Moyle, 2008; Vitule, Skóra e Abilhoa, 2012; Wang, Huang, Shen, Chen, Sun e Wang, 2014). Entretanto, o fato dos dois conjuntos de espécies apresentarem os mesmos traços, corrobora com a possibilidade do barramento ter selecionado espécies com determinados traços, retendo somente as que são capazes de encontrar condições ecológicas para sobreviver e permanecer no novo ambiente artificial (Kraft, Adler, Godoy, James, Fuller e Levine, 2015; Agostinho, Gomes, Santos, Ortega e Pelicice, 2016; Winemiller et al., 2016).

## **5 Conclusão**

Nossos resultados demonstraram que o processo de estabelecimento das espécies não-nativas não é aleatório, mas sim altamente dependente das características funcionais da assembleia receptora. Portanto, quando uma nova espécie não-nativa é inserida no ambiente ela só irá conseguir estabelecer sua população se os traços funcionais que a comunidade nativa receptora apresenta possibilitarem que os traços de tais espécies não-nativas continuem ali. As espécies não-nativas que conseguem se estabelecer são as que apresentam sucesso na competição com as nativas ou pelas oportunidades observadas

quando as nativas não ocupavam os mesmos recursos explorados pelas introduzidas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) pelo apoio logístico de coleta e análise das amostras e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do estado do Paraná, pela concessão da bolsa.

### **Referências**

Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., ... & Stiassny, M. L. (2008). Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, *58*(5), 403-414, <https://doi.org/10.1641/B580507>.

Agostinho, A. A., & Gomes, L. C. (1997). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. In *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Eduem.

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Pelicice, F. M. (2007). Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Santos, N. C., Ortega, J. C., & Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, *173*, 26-36, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.04.006>.

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Suzuki, H. I., & Julio Jr, H. F. (2003). Migratory fishes of the upper Paraná River basin, Brazil. *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*, 19-98.



Agostinho, A. A., Suzuki, H. I., Fugi, R., Alves, D. C., Tonella, L. H., & Espindola, L. A. (2015). Ecological and life history traits of *Hemiodus orthonops* in the invasion process: looking for clues at home. *Hydrobiologia*, *746*(1), 415-430, doi: 10.1007/s10750-014-2030-2.

Bajer, P. G., Chizinski, C. J., Silbernagel, J. J., & Sorensen, P. W. (2012). Variation in native micro-predator abundance explains recruitment of a mobile invasive fish, the common carp, in a naturally unstable environment. *Biological Invasions*, *14*(9), 1919-1929, doi: <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0203-3>.

Balmford, A., Green, R. E., & Jenkins, M. (2003). Measuring the changing state of nature. *Trends in Ecology & Evolution*, *18*(7), 326-330, doi: 10.1007 / s10530-012-0203-3.

Baumgartner, G., Pavanelli, C. S., Baumgartner, D., Bifi, A. G., Debona, T., & Frana, V. A. (2012). *Peixes do baixo rio Iguaçu*. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.

Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter?. *Oikos*, *100*(2), 223-231, doi: 10.1034 / j.1600-0706.2003.12152.x.

Bunn, S. E., & Arthington, A. H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental management*, *30*(4), 492-507, doi: <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0>.

da Graca, W. J., & Pavanelli, C. S. (2007). Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes.

Delariva, R. L., & Agostinho, A. A. (1999). Introdução de espécies: uma síntese comentada. *Acta Scientiarum*, *21*(2), 255-262.

- Diamond, J. & Case, T. J. (1986). Overview: introductions, extinctions, exterminations and invasions. In Diamond, J. & Case, T. J. (eds), *Community Ecology*. Harper & Row, San Francisco: 65–79.
- Diaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in ecology & evolution*, 16(11), 646-655, doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02283-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02283-2).
- Dick, J. T. (1996). Post-invasion amphipod communities of Lough Neagh, Northern Ireland: influences of habitat selection and mutual predation. *Journal of Animal Ecology*, 756-767, doi: 10.2307 / 5674.
- Dolédec, S., & Chessel, D. (1994). Co-inertia analysis: an alternative method for studying species–environment relationships. *Freshwater biology*, 31(3), 277-294, doi: 10.1111 / j.1365-2427.1994.tb01741.x.
- Dray, S., & Dufour, A. B. (2007). The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of statistical software*, 22(4), 1-20, doi:10.18637/jss.v022.i04.
- Dray, S., Chessel, D., & Thioulouse, J. (2003). Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. *Ecology*, 84(11), 3078-3089, doi:10.1890/03-0178.
- Ellender, B. R., Weyl, O. L. F. (2014). A review of current knowledge, risk and ecological impacts associated with non-native freshwater fish introductions in South Africa. *Aquatic Invasions*, 9: 117– 132, <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2014.9.2.01>.
- FEOW - Ecorregiões de água doce do mundo (2017). Disponível em: <http://www.feow.org/>.
- Froese, R., & Binohlan, C. (2000). Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes,

with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*, 56(4), 758-773, doi: doi:10.1006/jfbi.1999.1194.

Garavello J. C., Pavanelli C. S. & Suzuki H. I. (1997) Caracterização da ictiofauna do rio Iguaçu. *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: EDUEM, p. 61-84.

Hahn, N. S., & Fugi, R. (2009). Fish feeding in brazilian reservoirs: alterations and consequences in the early stages of colonization. *Oecologia Australis*, 11(4), 469-480.

Havel, J. E., Lee, C. E., & Vander Zanden, J. M. (2005). Do reservoirs facilitate invasions into landscapes?. *AIBS Bulletin*, 55(6), 518-525, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0518:DRFIIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0518:DRFIIL]2.0.CO;2).

Haxton, T. J., & Findlay, C. S. (2008). Meta-analysis of the impacts of water management on aquatic communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(3), 437-447, <https://doi.org/10.1139/f07-175>.

Hooper, D. U., Solan, M., Symstad, A., Diaz, S., Gessner, M. O., Buchmann, N., ... & Roy, J. (2002). Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. *Biodiversity and ecosystem functioning: Syntheses and perspectives*, 17, 195-208.

Ingenito, L. F. S., Duboc, L. F., & Abilhoa, V. (2008). Contribuição ao conhecimento da ictiofauna da bacia do alto rio Iguaçu, Paraná, Brasil. *Arquivos de ciências veterinárias e zoologia da UNIPAR*, 7(1):23-36, <https://doi.org/10.25110/arqvet.v7i1.2004.540>.

Johnson, P. T., Olden, J. D., & Zanden, M. J. V. (2008). Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(7), 357-363, doi: <https://doi.org/10.1890/070156>.

Koehn, J. D. (2004). Carp (*Cyprinus carpio*) as a powerful invader in Australian waterways. *Freshwater biology*, 49(7), 882-894, doi: 10.1111 / j.1365-2427.2004.01232.x.

Kraft, N. J., Adler, P. B., Godoy, O., James, E. C., Fuller, S., & Levine, J. M. (2015). Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Functional Ecology*, 29(5), 592-599, doi:10.1111 / 1365-2435.12345.

Langeani, F., Castro, R. M. C., Oyakawa, O. T., Shibatta, O. A., Pavanelli, C. S., & Casatti, L. (2007). Ichthyofauna diversity of the upper rio Paraná: present composition and future perspectives. *Biota Neotropica*, 7(3), 181-197, <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300020>.

Legendre, P. & Gallagher, E. D. (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129, 271–280, doi: 10.1007/s004420100716.

Losey, J. E., & Denno, R. F. (1998). Positive predator–predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology*, 79(6), 2143-2152, doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[2143:PPPIEP\]2.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[2143:PPPIEP]2.CO;2).

Luiz, T. F. Velludo, M. R. Peret, A. C. Rodrigues, J. L. & Peret, A. M. (2011). Diet, reproduction and population structure of the introduced Amazonian fish *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae) in the Cachoeira Dourada reservoir (Paranaíba River, central Brazil). *Revista de biologia tropical*, 59(2), 727-741.

Maack, R. (2012). Geografia Física do Estado do Paraná. 4 ed. Editora UEPG, Ponta Grossa.

MacNeil, C., & Prenter, J. (2000). Differential microdistributions and interspecific interactions in coexisting native and introduced *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). *Journal of Zoology*, 251(3), 377-384.

Matthews, W. J., Gido, K. B., & Gelwick, F. P. (2004). Fish assemblages of reservoirs, illustrated by Lake Texoma (Oklahoma-Texas, USA) as a representative system. *Lake and Reservoir Management*, 20(3), 219-239, doi: <https://doi.org/10.1080/07438140409354246>.

Moyle, P. B., & Light, T. (1996). Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, 78(1-2), 149-161, doi: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00024-9](https://doi.org/10.1016/0006-3207(96)00024-9).

Neville, L. E., & Murphy, S. (2001). Invasive alien species: Forging cooperation to address a borderless issue. *International Association for Ecology (INTECOL) Newsletter, Spring/Summer, 2001*, 3-7.

Novakowski, G. C., Hahn, N. S., & Fugi, R. (2007). Alimentação de peixes piscívoros antes e após a formação do reservatório de Salto Caxias, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, 7(2).

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., ... & Wagner, H. (2016). *Package Vegan: Community Ecology Package*. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Olden, J. D., Kennard, M. J., Lawler, J. J., & Poff, N. L. (2011). Challenges and opportunities in implementing managed relocation for conservation of freshwater species. *Conservation Biology*, 25(1), 40-47, doi: 10.1111/j.1472-4642.2010.00655.x.

Olson, D. M., Dinerstein, E., Abell, R., Allnutt, T., Carpenter, C., McClenachan, L., ... & Taye, M. (2000). The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions. Conservation Science Program. *World Wildlife Fund, Washington, DC*.

Pelicice, F. M., & Agostinho, A. A. (2009). Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, 11(8), 1789-1801, doi: 10.1007/s10530-008-9358-3.

Pelicice, F. M., Vitule, J. R. S., Lima Junior, D. P., Orsi, M. L., & Agostinho, A. A. (2014). A serious new threat to Brazilian freshwater ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree. *Conservation Letters*, 7(1), 55-60, doi:10.1111/conl.12029.

Quist, M. C., Rahel, F. J., & Hubert, W. A. (2005). Hierarchical faunal filters: an approach to assessing effects of habitat and nonnative species on native fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 14(1), 24-39, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2004.00073.x>.

R CORE TEAM (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>.

Ribeiro, F., Elvira, B., Collares-Pereira, M. J., & Moyle, P. B. (2008). Life-history traits of non-native fishes in Iberian watersheds across several invasion stages: a first approach. *Biological Invasions*, 10(1), 89-102, doi: 10.1007/s10530-007-9112-2.

Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L., & Wigington, R. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological applications*, 13(1), 206-224, doi: 10.1890/1051-0761(2003)013[0206:ESWMMR]2.0.CO;2.

Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Leemans, R. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774, doi: 10.1126/science.287.5459.1770.

- Shibatta, O. A., Orsi, M. L., Bennemann, S. T., & Silva-Souza, A. T. (2002). Diversidade e distribuição de peixes na bacia do rio Tibagi. *A bacia do rio Tibagi. Londrina: ME Medri*, 403-423.
- Shinen, J. S., Morgan, S. G., & Chan, A. L. (2009). Invasion resistance on rocky shores: direct and indirect effects of three native predators on an exotic and a native prey species. *Marine ecology progress series*, 378, 47-54, doi: 10.3354/meps07870.
- Taylor, J. N.; Courtenay, W. R. Jr.; Mccann, J. A. (1984). Known impacts of exotic fishes in the continental United States. In: Courtenay, W. R. Jr; Stauffer, J. R. (Eds.). *Distribution, biology, and management of exotic fishes*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, p. 322-373.
- Vitule, J. R. S. (2009). Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível. *Neotropical Biology and Conservation*, 4(2), 111-122, doi: 10.4013/nbc.2009.42.07.
- Vitule, J. R. S., Freire, C. A., & Simberloff, D. (2009). Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, 10(1), 98-108, doi: 10.1111/j.1467 2979.2008.00312.x.
- Vitule, J. R. S., Skóra, F., & Abilhoa, V. (2012). Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. *Diversity and Distributions*, 18(2), 111-120, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00821.x>.
- Wang, T., Huang, D., Shen, J., Chen, Y., Sun, G., & Wang, H. (2014). Batch fecundity and spawning frequency of invasive *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) in Erhai Lake, China. *Environmental biology of fishes*, 97(10), 1161-1168, doi: 10.1007/s10641-013-0205-8.

Webb, C. T., Hoeting, J. A., Ames, G. M., Pyne, M. I., & LeRoy Poff, N. (2010). A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. *Ecology letters*, 13(3), 267-283, doi: 10.1111 / j.1461-0248.2010.01444.x.

Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., ... & Stiassny, M. L. J. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129, doi:10.1126 / science.aac7082.



TRAÇOS FUNCIONAIS DA ICTIOFAUNA NATIVA DETERMINAM OS TRAÇOS DE POSSÍVEIS PEIXES INVASORES EM  
RESERVATÓRIOS NEOTROPICAIS

Amanda Frigo Berlatto<sup>1</sup>, Éder André Gubiani<sup>2</sup> e Pitágoras Augusto Piana<sup>2</sup>

**Material Suplementar 1**

Traços funcionais das 136 espécies de peixes. Ls.max = máximo tamanho corporal. Ls.50 = tamanho de primeira maturação; F.l = fecundidade baixa; F.m = fecundidade média; F.h = fecundidade alta; F.e = fecundação externa; F.i = fecundação interna; P.y = cuidado parental presente; M.y = migração presente; S.t = desova total; S.p = desova parcelada; Plan = panctívoro; Pis = piscívoro; Oni = onívoro; Det = detritívoro; Her = herbívoro; Ins = insetívoro; Inv = invertívoro.

Espécies	Ls.max	Ls.50	F.l	F.m	F.h	F.e	F.i	P.y	M.y	S.t	S.p	Plan	Pis	Oni	Det	Her	Ins	Inv
<i>Ancistrus abilhoai</i>	11	5,4	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Ancistrus agostinhoi</i>	10	7,3	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Ancistrus mullerae</i>	9	8	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Ancistrus sp.</i>	13	7,5	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Apareiodon affinis</i>	11	7,8	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	12	9,2	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Apareiodon piracicabae</i>	11	3,2	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Apareiodon vittatus</i>	16	2,4	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	14	3,4	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Astyanax aff. paranae</i>	14	2,3	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Astyanax bifasciatus</i>	16	1,1	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax bockmanni</i>	17	3,4	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Astyanax dissimilis</i>	17	2,1	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax guaricana</i>	17	3,4	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax gymnodontus</i>	21	2,6	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Astyanax lacustris</i>	35	1,7	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Astyanax longirhinus</i>	19	5,5	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-

<b>Espécies</b>	<b>Ls.max</b>	<b>Ls.50</b>	<b>F.l</b>	<b>F.m</b>	<b>F.h</b>	<b>F.e</b>	<b>F.i</b>	<b>P.y</b>	<b>M.y</b>	<b>S.t</b>	<b>S.p</b>	<b>Plan</b>	<b>Pis</b>	<b>Oni</b>	<b>Det</b>	<b>Her</b>	<b>Ins</b>	<b>Inv</b>
<i>Astyanax minor</i>	18	3,2	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax serratus</i>	14	2	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax</i> sp.	13	5,1	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax</i> sp. 1	11	4,3	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax</i> sp. 2	18	3,6	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax</i> sp. 3	10	2,5	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax</i> sp. 4	6,6	5	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Astyanax laticeps</i>	16	3	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Australoheros angiru</i>	9,4	6,9	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Australoheros kaaygua</i>	9	4,2	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Australoheros</i> sp.	9	4	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Brycon hilarii</i>	35	22	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Brycon nattereri</i>	5,1	3,9	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Brycon orbignyanus</i>	16	11	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Bryconamericus iheringi</i>	8,2	1,3	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Bryconamericus ikaa</i>	8	2	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Bryconamericus pyahu</i>	6,5	3,9	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Bryconamericus</i> sp.	7,9	4	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Bryconamericus</i> sp. 1	5,2	13	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Bryconamericus</i> sp. 2	7,6	6	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Bryconamericus stramineus</i>	7,5	2	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Callichthys callichthys</i>	16	11	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Characidium aff. Zebra</i>	3,5	3,5	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Characidium</i> sp.	7,9	4,7	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Cichlasoma paranaense</i>	9,7	4	-	X	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Clarias gariepinus</i>	70	43	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Coptodon rendalli</i>	33	2,2	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Corydoras aff. Paleatus</i>	7,5	2,2	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Corydoras carlae</i>	4,8	3,7	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-

<b>Espécies</b>	<b>Ls.max</b>	<b>Ls.50</b>	<b>F.l</b>	<b>F.m</b>	<b>F.h</b>	<b>F.e</b>	<b>F.i</b>	<b>P.y</b>	<b>M.y</b>	<b>S.t</b>	<b>S.p</b>	<b>Plan</b>	<b>Pis</b>	<b>Oni</b>	<b>Det</b>	<b>Her</b>	<b>Ins</b>	<b>Inv</b>
<i>Corydoras ehrhardti</i>	10	2,1	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Corydoras paleatus</i>	9,8	2,2	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Crenicichla britskii</i>	16	7	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Crenicichla haroldoi</i>	14	6,9	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Crenicichla iguassuensis</i>	18	8,4	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Crenicichla jaguarensis</i>	37	5,5	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Crenicichla</i>	16	6,2	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Crenicichla tesay</i>	26	7,8	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Crenicichla yaha</i>	16	6,8	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	70	36	-	X	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Cyanocharax aff. alburnus</i>	6,9	1,9	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Cyphocharax cf. santacatarinae</i>	21	6,8	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Cyphocharax modestus</i>	14	6,2	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>	82	11	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Deuterodon langei</i>	13	2	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Eigenmannia trilineata</i>	19	18	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Eigenmannia virescens</i>	29	20	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	58	1,6	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Glanidium ribeiroi</i>	26	4,8	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Gymnotus pantanal</i>	23	23	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Gymnotus sylvius</i>	47	17	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Hoplias aff. Malabaricus</i>	56	2,1	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Hoplias intermedius</i>	47	33	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Hoplias mbigua</i>	49	14	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Hoplias sp 1</i>	52	15	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Hoplias sp. B</i>	53	9,2	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	18	17	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Hyphessobrycon boulengeri</i>	5,2	2,6	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	56	56	-	-	X	X	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-

<b>Espécies</b>	<b>Ls.max</b>	<b>Ls.50</b>	<b>F.l</b>	<b>F.m</b>	<b>F.h</b>	<b>F.e</b>	<b>F.i</b>	<b>P.y</b>	<b>M.y</b>	<b>S.t</b>	<b>S.p</b>	<b>Plan</b>	<b>Pis</b>	<b>Oni</b>	<b>Det</b>	<b>Her</b>	<b>Ins</b>	<b>Inv</b>
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	93	37	-	-	X	X	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Hypostomus albopunctatus</i>	21	15	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus ancistroides</i>	28	8	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus cf. paulinus</i>	12	9,6	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus cf. strigaticeps</i>	24	9	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus commersoni</i>	77	6,6	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus derbyi</i>	40	6,3	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus myersi</i>	29	9,6	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus regani</i>	26	12	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus sp.</i>	21	6,5	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus sp. 1</i>	21	6,5	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus tapijara</i>	38	5,4	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus cf. interruptus</i>	26	14	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus cf. nigromaculatus</i>	16	7,8	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Hypostomus nigropunctatus</i>	24	17	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Ictalurus punctatus</i>	53	21	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Iheringichthys labrosus</i>	22	12	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Jenynsia eigenmanni</i>	2,8	2,3	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	11	8,2	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Leporinus friderici</i>	15	8,9	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Leporinus macrocephalus</i>	52	38	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Leporinus obtusidens</i>	48	26	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Leporinus octofasciatus</i>	24	8,2	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Leporinus piavussu</i>	39	15	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Micropterus salmoides</i>	41	2,8	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Mimagoniates microlepis</i>	24	1,6	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Moenkhausia aff. sanctaefilomenae</i>	3,9	3,9	-	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-
<i>Odontesthes bonariensis</i>	46	6,5	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Odontostilbe sp.</i>	6,6	2,5	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-

<b>Espécies</b>	<b>Ls.max</b>	<b>Ls.50</b>	<b>F.l</b>	<b>F.m</b>	<b>F.h</b>	<b>F.e</b>	<b>F.i</b>	<b>P.y</b>	<b>M.y</b>	<b>S.t</b>	<b>S.p</b>	<b>Plan</b>	<b>Pis</b>	<b>Oni</b>	<b>Det</b>	<b>Her</b>	<b>Ins</b>	<b>Inv</b>
<i>Oligosarcus longirostris</i>	33	2	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Oligosarcus paranensis</i>	23	4,6	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Oligosarcus pintoii</i>	9,7	8,4	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X
<i>Oligosarcus sp.</i>	25	4,2	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Oreochromis niloticus</i>	37	5,5	-	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Phalloceros harpagos</i>	4	1,1	-	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	15	15	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Pimelodella cf. transitoria</i>	11	8,2	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Pimelodus britskii</i>	75	3,2	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Pimelodus maculatus</i>	23	18	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Pimelodus ortmanni</i>	30	5	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	45	7	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Poecilia reticulata</i>	3,1	3,1	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Prochilodus lineatus</i>	55	9,5	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	86	65	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	49	44	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Rhamdia branneri</i>	39	12	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Rhamdia quelen</i>	36	8,2	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Rhamdia voulezi</i>	40	8	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Rineloricaria cf. pentamaculata</i>	14	8,2	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>	14	8,2	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Rineloricaria sp.</i>	14	9,2	X	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Salminus brasiliensis</i>	70	33	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Schizodon altoparanae</i>	30	9,9	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Schizodon nasutus</i>	30	12	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Serrapinnus notomelas</i>	3,9	2	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Serrapinnus sp. 1</i>	4,3	2,6	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-
<i>Steindachneridion melanodermatum</i>	77	36	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-

Espécies	Ls.max	Ls.50	F.l	F.m	F.h	F.e	F.i	P.y	M.y	S.t	S.p	Plan	Pis	Oni	Det	Her	Ins	Inv
<i>Steindachnerina insculpta</i>	13	6,3	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Synbranchus marmoratus</i>	56	46	X	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Tatia jaracatia</i>	7,8	4	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Tatia neivai</i>	7,7	2,8	X	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-

## Material Suplementar 2

Espécies nativas (N) e não-nativas (E) por reservatório. Apu = Apucarantina, Fig = Figueira, Pit = Pitangui, Sjo = São Jorge, Pat = Rio dos Patos, Mou = Mourão, Mel = Melissa, Vau = Salto do Vau, Cax = Salto Caxias, Foa = Foz do Areia, Seg = Segredo, Jor = Jordão, So = Salto Osório, Ss = Salto Santiago, Cho = Chopin I, Cav = Cavernoso, Gua = Guaricana, Cap = Capivari, Sme = Salto do Meio, Vos = Vossorooca.

Espécies	Alto Paraná							Iguaçu								Sudeste Mata Atlântica				
	Apu	Fig	Pit	Sjo	Pat	Mou	Mel	Vau	Cax	Foa	Seg	Jor	So	Ss	Cho	Cav	Gua	Cap	Sme	Vos
<i>Ancistrus abilhoai</i>								N		N										
<i>Ancistrus agostinhoi</i>											N									
<i>Ancistrus mullerae</i>									N						N					
<i>Ancistrus sp.</i>					N								N			N				
<i>Apareiodon affinis</i>		N		N																
<i>Apareiodon ibitiensis</i>				N																
<i>Apareiodon piracicabae</i>		N																		
<i>Apareiodon vittatus</i>									N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Astyanax aff. fasciatus</i>	N	N	N	N	N	N	N													
<i>Astyanax aff. paranae</i>	N	N	N	N	N	N	N													
<i>Astyanax bifasciatus</i>								N	N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Astyanax bockmanni</i>	N	N	N	N	N	N	N													
<i>Astyanax dissimilis</i>								N	N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Astyanax guaricana</i>																	N			









Espécies	Alto Paraná							Iguaçu							Sudeste Mata Atlântica					
	Apu	Fig	Pit	Sjo	Pat	Mou	Mel	Vau	Cax	Foa	Seg	Jor	So	Ss	Cho	Cav	Gua	Cap	Sme	Vos
<i>Leporinus piavussu</i>										E			E	E						
<i>Micropterus salmoides</i>						N						E					E	E	E	E
<i>Mimagoniates microlepis</i>					N			N		N							N		N	N
<i>Moenkhausia aff. sanctaefilomenae</i>					N															
<i>Odontesthes bonariensis</i>									E		E		E	E						
<i>Odontostilbe sp.</i>		N																		
<i>Oligosarcus longirostris</i>									N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Oligosarcus paranensis</i>	N	N	N	N	N	N	N													
<i>Oligosarcus pintoii</i>		N			N	N														
<i>Oligosarcus sp.</i>																		N	N	
<i>Oreochromis niloticus</i>	E	E		E	E	E	E		E	E	E		E	E	E			E		E
<i>Phalloceros harpagos</i>		N	N				N	N			N					N	N	N	N	N
<i>Piaractus mesopotamicus</i>					N	N														
<i>Pimelodella cf. transitoria</i>																	N			
<i>Pimelodus britskii</i>								N	N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Pimelodus maculatus</i>		N					N													
<i>Pimelodus ortmanni</i>									N	N	N	N	N	N						
<i>Plagioscion squamosissimus</i>						E														
<i>Poecilia reticulata</i>							E													
<i>Prochilodus lineatus</i>		N		N	N		N		E	E	E				E			E		
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	N						N											E	E	
<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>									E											
<i>Rhamdia branneri</i>								N		N	N	N	N	N	N	N				
<i>Rhamdia quelen</i>	N	N	N	N	N	N	N										N	N	N	N
<i>Rhamdia voulezi</i>								N	N	N	N	N	N	N	N	N				
<i>Rineloricaria cf. pentamaculata</i>			N																	
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>		N			N															
<i>Rineloricaria sp.</i>		N			N		N											N	N	N



## Author Guidelines – Functional Ecology

### Quick Checklist for Initial Submission

To simplify the process for authors we differentiate between initial and revised submissions. Initial submissions can be submitted in any file type providing they adhere to the following requirements:

- Single column, double line spaced
- Within the word count of 7,500 words including references and figure legends for research articles, reviews and perspectives. Forums and commentaries should be within the 4,000 word word count. A clear justification must be given in the cover letter for manuscripts over the word count
- Line and page numbers
- Clearly defined manuscript structure as standard: Abstract (must be numbered according to journal style), Author details, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusions (optional), Authors' Contributions, Acknowledgements, Data Accessibility, References, Figures and Tables with captions
- Figures and Tables can be embedded within the text where referenced to facilitate reviewing
- Statement of where you intend to **archive your data**

### Paper types

#### Research Article (formerly Standard Paper)

See **Manuscript Specifications** below.

#### Review

*Functional Ecology* aims to publish reviews on subjects of broad ecological interest. Reviews should be question-focused (not taxon-focused). If you have written a review that falls within Functional Ecology's remit and will be of broad general interest, please submit your review to the journal, noting in your letter to the editor how your review fits into the broader literature (i.e., how it relates to similar recently-published reviews) and how it advances the broader field of ecology. If you have not yet written your review, but have an idea for a review you think will be of interest to the journal, please submit your query to our Reviews Editor, **Emma Sayer** (cc to

admin@functionalecology.org). Please include a short description of the proposed topic, including a brief statement about why it is relevant to readers of *Functional Ecology*. Note that we can provide more meaningful feedback on queries that offer a more thorough description of the review objectives (abstract, outline, sample text) and a description of how the review relates to other review papers published in recent years.

Reviews should have informative subject headings dependent on the topic of the paper and do not need to adhere to research article format. See recent editions of the journal for examples.

### **Forum**

These are short communications presenting opinions on, or responses to, material published in the journal. Reanalysis of the original data presented in the focal article is encouraged, however new data should not generally be presented. Forums should be submitted in a timely manner, ideally within 12 months of publication of the original article. Forum articles will be assessed by the journal Editorial Board and, if deemed to be of sufficient broad interest to our readership, will usually be sent for external peer review. If accepted, they will be held from publication while the authors of the original article are invited to respond. Authors of the original article are not required to write a forum response and are given a set time frame if they choose to do so. If accepted, both Forum articles will then be published together in an issue. If factual errors with the data or analyses presented in the original article come to light, these will be investigated before publication of the Forum article(s) and a correction notice will be published either instead of or as well as the Forum article(s).

Functional Ecology does not publish manuscripts whose primary purpose is to critique papers published in other journals. We do, however, consider perspective pieces that review and critique the broader literature on a topic.

### **Commentary**

These are short communications (usually up to 4000 words) on a topical subject of interest to our readership.

### **Perspectives**

These are short articles presenting new ideas (without data) intended to stimulate scientific debate.

## **FE Spotlights**

Functional Ecology Spotlights are short invited commentaries, highlighting papers of exceptional quality and significant novelty. These commentaries place the research in context and highlight how the paper advances ecology.

## **Manuscript Specifications**

Manuscripts should be double line-spaced with continuous line numbers throughout the article. Manuscripts must be written in English. Authors for whom English is not their first language may wish to consider using a professional editing service before submission, e.g. [Wiley's editing services](#). The use of these services does not guarantee acceptance or preference for publication. It is also recommended that authors follow search engine optimisations guidelines to maximise the reach of their article.

All submissions should be written in English, However, we encourage authors to provide a second abstract in their native language or the language relevant to the country in which the research was conducted. The second abstract will be published with the online version of the article and will not be included in the PDF. Please note that second abstracts will not be copyedited and will be published as provided by the authors. Authors who wish to take advantage of this option should provide the second abstract in the main document below the English language version.

Submissions should be divided into the following sections:

### **Title page**

Should include:

- A concise and informative title. Do not include the authorities for taxonomic names.
- A list of all authors' names with names and addresses of Institutions.
- The name, address and e-mail address of the correspondence author

### **Abstract**

The Abstract must not exceed 350 words and should list the main results and conclusions, using simple, factual, numbered statements.

### **Keywords**

A list in alphabetical order not exceeding eight words or short phrases. More **advice on selecting good keywords can be found here.**

### **Introduction**

This should state the reason for doing the work, the nature of the hypothesis or hypotheses under consideration, and should outline the essential background.

### **Materials and methods**

Include sufficient details for the work to be repeated. Where specific equipment and materials are named, the manufacturer's details (name, city and country) should be given so that readers can trace specifications by contacting the manufacturer. Where commercially available software has been used, details of the supplier should be given in brackets or the reference given in full in the reference list. Do not describe or refer to commonplace statistical tests in this section but allude to them briefly in Results.

### **Results**

State the results and draw attention in the text to important details shown in tables and figures.

### **Discussion**

This should point out the significance of the results in relation to the reasons for doing the work, and place them in the context of other work.

### **Conclusions (optional)**

### **Acknowledgements (optional)**

A brief statement acknowledging collaborators and research assistants who do not meet the criteria for authorship described above, or acknowledging funding sources, providing relevant permit numbers (including institutional animal use permits), or giving recognition to nature reserves or other organizations that made the work possible.

### **Authors' contributions**

All submissions with more than one author must include an Author Contributions statement. All persons listed as authors on a paper are expected to meet ALL of the following criteria for authorship:

- substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, or drafting the article or revising it critically for important intellectual content;

- final approval of the version to be published;
- agreement to be accountable for the aspects of the work that they conducted and ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of their work are appropriately investigated and resolved.

Acquisition of funding, provision of facilities, or supervising the research group of authors without additional contribution are not usually sufficient justifications for authorship. The statement should include an explanation of the contribution of each author. We suggest the following format for the Author Contributions statement:

- AB and CD conceived the ideas and designed methodology;
- CD and EF collected the data;
- EF and GH analysed the data;
- AB and CD led the writing of the manuscript.

All authors contributed critically to the drafts and gave final approval for publication.

### **Data accessibility**

To enable readers to locate archived data from papers, we require that authors list the database and the respective accession numbers or DOIs for all data from the manuscript that has been made publicly available. For example, **Data available from the Dryad Digital Repository**(Kiere & Drummond 2016). When a DOI is available for the data, the full data citation should also be given in the reference list. See below.

Please see our editorial policies page for further information

### **References**

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. Please note that a DOI should be provided for all references where available.

You will not be asked to reformat references during submission or peer review however, a sample of the most common entries in our reference lists appears below.

Text Citations:

One author: Gabriel (2000) and (Gabriel, 2000)

Two authors: (Mathes & Severa, 2004) and Mathes and Severa (2004)



Three to five authors (first occurrence): Waterman, Roman, and Rock (1993) and (Waterman, Roman, & Rock 1993)

Six or more authors: Smith et al. (1999) and (Smith et al., 1999)

Personal communication citations are not included in the reference list. Cite personal communications in text only. Give the initials as well as the surname of the communicator, and provide as exact a date as possible.

References should be cited as 'in press' only if the paper has been accepted for publication. Work not yet submitted for publication or under review should be cited as 'unpublished data', with the author's initials and surname given; such work should not be included in the Reference section. Any paper cited as 'in press' or under review elsewhere must be uploaded as part of the manuscript submission as a file 'not for review' so that it can be seen by the editors and, if necessary, made available to the referees.

In Reference List:

- Journal article

Example of reference with 2 to 7 authors

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

Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841–865. doi: 10.1093/brain/awg076

Example of reference with more than 7 authors

Rutter, M., Caspi, A., Fergusson, D., Horwood, L. J., Goodman, R., Maughan, B., ... Carroll, J. (2004). Sex differences in developmental reading disability: New findings from 4 epidemiological studies. *Journal of the American Medical Association*, 291(16), 2007–2012. doi: 10.1001/jama.291.16.2007

- Book edition

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

- Edited book

Hawkey, L. C., Preacher, K. J., & Cacioppo, J. T. (2007). Multilevel modeling of social interactions and mood in lonely and socially connected individuals: The

MacArthur social neuroscience studies. In A. D. Ong & M. Van Dulmen (Eds.), *Oxford handbook of methods in positive psychology* (pp. 559–575). New York, NY: Oxford University Press.

- Data sets

For any data with a unique identifier the format should be as follows:

Prugh, L. & Golden, C. (2013). Data from: Does moonlight increase predation risk? Meta-analysis reveals divergent responses of nocturnal mammals to lunar cycles. *Dryad Digital Repository*, <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.tm723>.

Olden, J. (2015). Integrating landscape connectivity and invasion vulnerability to guide offensive and defensive invasive species management. *figshare*. <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1285847.v2>

### **Citations from web pages:**

Authors may sometimes wish to cite information available from the internet in similar ways to the citation of published literature. In using this option, authors are asked to ensure that:

- fully authenticated addresses are included in the reference list, along with titles, years and authors of the sources being cited, and the most recent date the site was accessed;
- the sites or information sources have sufficient longevity and ease of access for others to follow up the citation;
- the information is of a scientific quality at least equal to that of peer-reviewed information available in learned scientific journals;
- hard literature sources are used in preference where they are available.

It is likely that official web sites from organisations such as learned societies, government bodies or reputable NGOs will most often satisfy quality criteria.

### **Data sources (optional)**

Authors of submissions that use data from multiple published sources (e.g. if the paper describes a meta-analysis) are encouraged to cite these data sources in the main text of the manuscript. This ensures that these references are fully indexed and their authors are given proper citation credit.

Data sources can be cited in the “Materials and methods” or in the “Data accessibility” sections. If a large number of data sources are used, instead of citing

the sources individually, a separate list should be provided after the literature reference list under the heading “Data sources”. The Material and methods section should then refer to this section, i.e. “A list of data sources used in the study are provided in the Data sources section.”

Data from articles published in journals or data with a DOI should follow the normal journal citation format. Citation of datasets without a DOI is permitted, provided the data repository meets the standards set out in our Data Archiving policy. They should be formatted as above but should provide the permanent repository link and accession number for the data.

### **Figures and tables**

Figures, including photographs should be referred to in the article text as Fig. 1, Figs 2–4. References to tables should not be abbreviated i.e. Table 1. All lettering and symbols must be clear and easy to read. Legends should provide enough details for the figure or table to be understood without reference to the main text. Information (e.g. keys) that appear in the figure should not be duplicated in the legend. Figures and Tables should be presented in the manuscript file with their legends and may be either embedded in a relevant position in the main text or placed at the end of the document. Full instructions on preparing your figures are available [here](#).

### **Supporting Information (optional)**

Essential supporting information can be published in the online version of the article. Instructions for the preparation of Supporting Information are given [here](#). Note, however, that the BES does not allow data sets to be uploaded as Supporting Information. All relevant data must be archived in accordance with the [BES data archiving policy](#).

### **General style points for manuscript preparation**

Give Latin names in full at first mention in the main text. Subsequently, the genus name may be abbreviated, except at the beginning of a sentence. If there are many species, cite a Flora or check-list which may be consulted for authorities instead of listing them in the text. Latin names following common names should not be separated by a comma or brackets.

Authors should use the International System of Units (S.I., Systeme International d'Unités; see Quantities, Units and Symbols, 2nd edn (1975) The Royal Society, London). If the paper contains many symbols, they should be defined as early in the

text as possible, or within the Materials and methods section. Journal style for time units are: s, min, h, days, weeks, months, years. Use 'L' for litre not 'l' to avoid confusion with 'one'. Use the negative index for units, e.g. number of insects  $\text{g}^{-1}$  dry wt (also note there is no period for wt). Probability values should be denoted as *P*. Mathematical expressions should be carefully represented. Wherever possible, mathematical equations and symbols should be typed in-line by keyboard entry (using Symbol font for Greek characters, and superscript options where applicable). Make sure that there is no confusion between similar characters like l ('ell') and 1 ('one'). Ensure that expressions are spaced as they should appear. If there are several equations they should be identified by an equation number (i.e. 'eqn 1' after the equation, and cited in the text as 'equation 1').

Numbers from one to nine should be spelled out except when used with units, e.g. two eyes but 10 stomata; 5 °C, 3 years and 5 kg. Do not use excessive numbers of digits when writing a decimal number to represent the mean of a set of measurements. The level of significance implied by numbers based on experimental measurements should reflect, and not exceed, their precision; only rarely can more than 3 figures be justified.