



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

ANIELLY GALEGO DE OLIVEIRA

**Variações interespecíficas no recrutamento de peixes migradores do
alto rio Paraná: efeito da duração e época das cheias**

Maringá
2013

ANIELLY GALEGO DE OLIVEIRA

**Variações interespecíficas no recrutamento de peixes migradores do
alto rio Paraná: efeito da duração e época das cheias**

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 Ciências Ambientais. Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho

Maringá
2013

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

O48v

Oliveira, Anielly Galego de, 1989-

Variações interespecíficas no recrutamento de peixes migradores do alto rio Paraná : efeito da duração e época das cheias / Anielly Galego de Oliveira. -- Maringá, 2013. 29 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho.

1. Peixes de água doce (Ostariophysi) - Migração - Recrutamento - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Ictiofauna de água doce - Mitigação de impactos - Hidroelétricas. 3. Peixes migradores de água doce - Sucesso de recrutamento. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.48156809816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

ANIELLY GALEGO DE OLIVEIRA

**Variações interespecíficas no recrutamento de peixes migradores do
alto rio Paraná: efeito da duração e época das cheias**

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 Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Dayani Bailly
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Dr.^a Harumi Irene Suzuki
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

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

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Aprovada em: 24 de Outubro de 2013.

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

AGRADECIMENTOS

A Deus, presença Viva e Constante em minha vida;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Angelo Antonio Agostinho, por ser exemplo de dedicação ao trabalho, pela disposição em me orientar e pelas cuidadosas correções e sugestões;

Aos meus pais, Paulo e Idilene, cujo amor e dedicação são incondicionais;

À minha avó Adélia, exemplo de fortaleza e ao meu irmão Juninho, pela confiança;

À Renata, minha prima-irmã, por ser minha companheira de graduação e mestrado, pelas conversas que sempre aliviam e pela ajuda sempre necessária;

À Taise e Bruna, que simplesmente me ouviram quando eu precisava falar;

Ao Bruno, meu namorado, pelo incentivo e conselhos sempre prudentes;

Aos meus colegas de laboratório (Rosa, Raffael, Angela, Jean, Larissa, Natália, Fábio, e Mirtha), por partilharem do meu dia a dia e principalmente por compartilharem comigo os cinco minutos de crise diária, que afinal, são reconfortantes;

À Rosi, sempre solícita em me ajudar no que foi preciso;

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Gomes, por participar das discussões deste trabalho e me ajudar com o delineamento e análises estatísticas;

Ao João Dirço Latini, que me ajudou com os dados desde o começo do mestrado;

Aos membros da Banca, Dr^a. Harumi Irene Suzuki e Prof^a. Dr^a. Dayani Bailly, por aceitarem contribuir com este trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, em especial à Jocemara e à Aldenir;

À CAPES/PROEX pelo apoio financeiro durante o curso;

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (NUPÉLIA), por fornecer sua infraestrutura para a realização deste trabalho;

À Universidade Estadual de Maringá, instituição pela qual tenha verdadeira paixão!

Ao Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD site 6, por fornecer os dados para este trabalho;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado;

À todos os amigos, professores e familiares que contribuíram para minha formação.

Muito obrigada!

O Rio
Marisa Monte

*Ouve o barulho do rio, meu filho
Deixa esse som te embalar
As folhas que caem no rio, meu filho
Terminam nas águas do mar*

*Quando amanhã por acaso faltar
Uma alegria no seu coração
Lembra do som dessas águas de lá
Faz desse rio a sua oração*

*Lembra, meu filho, passou, passará
Essa certeza, a ciência nos dá
Que vai chover quando o sol se cansar
Para que flores não falem
Para que flores não falem jamais*

*“Agosto vai tomando gosto
Setembro vai havendo
Outubro tem por tudo”.*
Sabedoria dos pescadores do varjão

Variações interespecíficas no recrutamento de peixes migradores do alto rio Paraná: efeito da duração e época das cheias

RESUMO

Avaliou-se a relação entre abundância de jovens do ano de diferentes espécies migradoras de longa distância e as variações interanuais na duração e início das cheias. Os dados de abundância foram obtidos em amostragens trimestrais em seis lagoas e na calha dos três rios da Planície de Inundação do Alto rio Paraná, no período de março de 2000 a dezembro de 2011, utilizando redes de espera de diferentes malhas. Os jovens do ano das espécies utilizadas foram *Brycon orbignyianus*, *Hemisorubim platyrhynchos*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus macrocephalus*, *Leporinus obtusidens*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Pterodoras granulosus*, *Prochilodus lineatus*, *Salminus brasiliensis* e *Sorubim lima* e os níveis fluviométricos diários foram fornecidos pela Agência Nacional das Águas. Foram construídos gráficos de dispersão para verificar a tendência da relação entre a abundância dos juvenis de cada espécie e a duração e o atraso no início das cheias, bem como realizadas análises de regressão múltipla utilizando duração e atraso como variáveis preditoras. Houve diferenças nas respostas das espécies em relação aos atributos da cheia, apesar de todas apresentarem uma tendência positiva em relação à duração e negativa em relação ao atraso das cheias. As espécies *B. orbignyianus*, *L. elongatus*, *L. macrocephalus*, *L. obtusidens*, *P. lineatus* e *S. lima* apresentaram relações exponenciais positivas com a duração das cheias, e a maioria das espécies relações exponenciais negativas com o atraso, com exceção de *S. brasiliensis* que apresentou tendência linear. O atraso foi selecionado como variável preditora significativa juntamente com duração apenas para *L. elongatus*, *L. obtusidens*, *P. corruscans* e *P. lineatus*. Para estas espécies, cheias tardias podem resultar em falha ou incipiência no recrutamento, pois estas espécies provavelmente migram mais cedo, como forma de ajustar suas reservas energéticas e capacidades natatórias. Desse modo, qualquer esforço para preservar as espécies passa pela manipulação da vazão liberada pelos reservatórios a montante da área estudada. É imprescindível e de caráter urgente que sejam operados visando à liberação de água em quantidade, duração e época compatível com a viabilidade da desova e sobrevivência das formas iniciais de desenvolvimento dos grandes peixes migradores.

Palavras-chave: Rio Paraná. Migração. Recrutamento. Mitigação de impactos. Ictiofauna.

Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: effects of duration and timing of flood

ABSTRACT

We evaluated the relationship between the young of year abundance of different species of migratory fish and interannual variations in the duration and delay of floods. Abundance data were obtained from quarterly sampling in six floodplain lakes and three rivers of the Upper Paraná River floodplain, from March 2000 to December 2011, using gill nets of different meshes. Young of year of the species *Brycon orbignyanus*, *Hemisorubim. platyrhynchos*, *Leporinus elongatus*, *Leporinus macrocephalus*, *Leporinus obtusidens*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Pterodoras granulosus*, *Prochilodus lineatus*, *Salminus brasiliensis* and *Sorubim lima* were considered and daily water levels were provided by the Agência Nacional das Águas. Scatterplots were constructed to identify the trend between abundance of young of year of each species and duration or delay of floods. In addition were performed multiple regression analyzes using duration and delay as predictor variables. The results revealed differences in the responses of the species for the flood attributes despite all of them show a positive trend regarding the duration and negative in relation to the delay of flood. The species *B. orbignyanus*, *L. elongatus*, *L. macrocephalus*, *L. obtusidens*, *P. lineatus* e *S. lima* had positive exponential relationship with the duration of flood, and the most of species exhibited negative exponential relationship with delay, excepting *S. brasiliensis* with linear trend. Nevertheless, the delay was selected as a significant predictor variable with duration only for *L. elongatus*, *L. obtusidens*, *P. corruscans* and *P. lineatus*. For these species, floods late can result in failure or incipient in recruitment because these species probably migrate early, in order to adjust its energy reserves and swimming. Therefore, any effort to preserve the migratory fish species needs to consider manipulation of discharge released from reservoirs upstream of the study area. It is urgent that reservoirs be operated in order to release water in quantity, duration and timing compatible with the viability of spawning and survival of early forms of development of large migratory fish.

Keywords: Paraná River. Migration. Recruitment. Impact mitigation. Ichthyofauna.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *River Research and Applications*.

<*Disponível* em:

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1535-1467/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1535-1467/homepage/ForAuthors.html)>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 ÁREA DE ESTUDO	12
2.2 COLETA DOS DADOS	13
2.3 ANÁLISES DOS DADOS	15
3 RESULTADOS	15
3.1 CICLOS HIDROLÓGICOS	15
3.2 TENDÊNCIAS DA RELAÇÃO ENTRE O RECRUTAMENTO E ATRIBUTOS DAS CHEIAS	18
3.3 EFEITOS PARCIAIS DOS ATRIBUTOS SOBRE A ABUNDÂNCIA	19
4 DISCUSSÃO	22
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

Em planícies de inundação o ciclo hidrológico apresenta variações sazonais nos níveis hidrométricos, intercalando períodos de seca e cheia, com importantes implicações nos processos e funcionamento da biota (Welcomme, 1979; Junk *et al.*, 1989; Neiff, 1990). É também a força seletiva de diversas estratégias de vida das espécies, relacionadas à alimentação, manutenção e reprodução (Wootton, 1990).

Para os peixes Neotropicais, existe um alto grau de sincronismo entre o ciclo hidrológico e os principais eventos do ciclo reprodutivo (Godoy, 1975; Vazzoler, 1996; Agostinho *et al.*, 2004a; Bailly *et al.*, 2008). Isto é ainda mais acentuado para os migradores de longa distância, que são espécies geralmente de grande porte, com alto valor comercial, ovos pequenos e numerosos e não possuem cuidado parental (Agostinho & Júlio Júnior, 1999). Fotoperíodo e temperatura em elevação funcionam como sinalizadores para o desenvolvimento e maturação gonadal (Vazzoler & Menezes, 1992; Suzuki *et al.*, 2004), enquanto as primeiras chuvas na bacia marca a formação de cardumes e migrações em busca dos trechos mais altos dos rios e tributários para a desova (Cowx & Welcomme, 1998). O início das cheias funciona então como um gatilho sincronizador da desova, e o pico das águas altas, como finalizador do período reprodutivo (Vazzoler, 1996).

Esta sincronia com o ciclo hidrológico permite que os ovos destas espécies tenham seu desenvolvimento em águas bem oxigenadas e com menor risco de predação (águas mais turvas) e que as larvas, alcançando as áreas alagadas, tenham maior disponibilidade de alimento e abrigo, favorecendo a taxa de sobrevivência nos estágios iniciais de desenvolvimento (Welcomme, 1979; Agostinho *et al.*, 1993; Vazzoler *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2004a).

Na planície do Alto Rio Paraná, níveis de água elevados durante o verão e o outono favorecem a sobrevivência de juvenis ao prover abrigo e alimento por um período mais longo, de modo que os indivíduos ao retornar à calha durante a vazante já possuem tamanhos maiores e, conseqüentemente, uma redução no rol de predadores (Agostinho *et al.*, 2004a). Inundações intensas (acima de 610 cm) e com duração superior a 50 dias resultaram em melhores respostas no recrutamento de jovens do ano de espécies migradores nesse ambiente (Suzuki *et al.*, 2009).

Além das ameaças comuns a todas as espécies de peixes, como poluição, destruição de habitat, desmatamento e introdução de espécies não nativas, as espécies

migradoras sofrem ainda com a exploração pela pesca predatória e principalmente pela construção e operação de reservatórios para fins hidrelétricos. A elevada relação de dependência que o sucesso no recrutamento tem dos atributos do regime hidrológico tornam os peixes migradores altamente vulneráveis ao controle da vazão e interrupção de rotas migratórias ascendentes inerentes às barragens dos reservatórios (Agostinho *et al.*, 2005). O problema é ainda mais agravado quando os reservatórios estão dispostos em cascata, como é o caso da bacia do alto rio Paraná, resultando em capturas esporádicas de migradores nos rios Grande, Tietê, Paranaíba e Paranapanema (Agostinho *et al.*, 2003).

Assim, medidas efetivas de mitigação devem passar por procedimentos operacionais na barragem que assegure água na quantidade, época e tempo suficiente para suprir as demandas de desova e desenvolvimento inicial dessas espécies (Agostinho *et al.*, 2004a; 2005). Essa estratégia de mitigação tem sido preconizada para a conservação de populações de peixes migradores no alto rio Paraná, entre os reservatórios de Porto Primavera e Itaipu (Agostinho *et al.*, 2004b, 2009).

Embora exista consenso acerca da relação positiva entre as cheias e o sucesso no recrutamento de peixes migradores (Gomes & Agostinho, 1997; Nakatani *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2004a; Suzuki *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2009), a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de movimento pode variar entre as espécies (Huntingford *et al.*, 2012). Assim, o manejo da vazão pela operação de reservatórios requer que a variabilidade nas respostas a nível específico seja entendida para que essas medidas possam ser adequadamente dimensionadas.

Nesse contexto, objetivou-se identificar a relação entre o sucesso no recrutamento de diferentes espécies de peixes migradores e os atributos de cheias (duração e atraso) em doze diferentes ciclos anuais, de modo a subsidiar medidas de conservação adequadas a promover condições hidrológicas que permitam preservar as populações de todas as espécies migradoras, sem risco de perdas na biodiversidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O trecho estudado do Alto rio Paraná representa o último remanescente livre de planície de inundação desse rio em território brasileiro, localizando-se entre a barragem da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera) e o reservatório da

UHE Itaipu. Situada na margem direita do rio Paraná, a Planície inundável é caracterizada por elevada diversidade de biótopos, como amplas várzeas, ilhas, lagoas com diferentes graus de conectividade ao rio principal e canais, os quais estão submetidos às variações de nível do rio Paraná e de seus dois afluentes da margem direita, os rios Baía e Ivinhema (Thomaz *et al.*, 2007) – Fig 1.

Comporta ainda as espécies grandes migradoras da bacia que estão virtualmente ausentes dos tributários superiores, tendo um papel fundamental na manutenção da diversidade biológica aquática e da pesca na região (Agostinho & Zalewski, 1996).

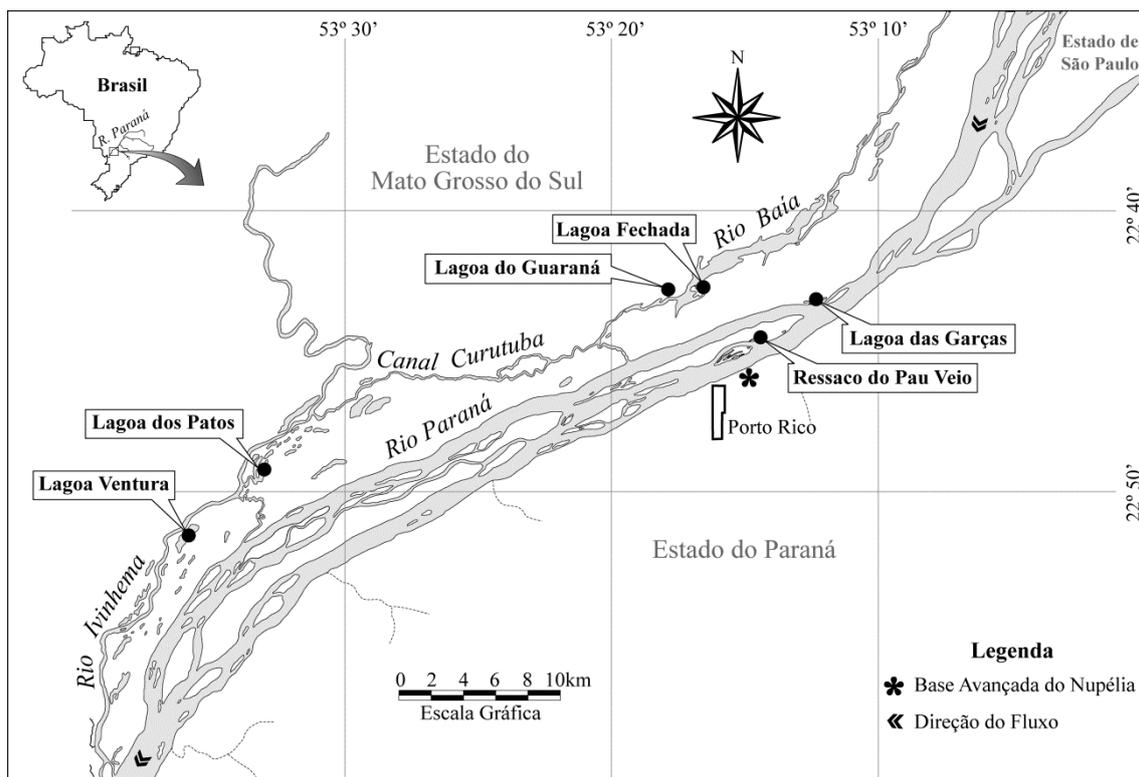


Fig. 1. Área de estudo com os nove pontos de amostragem: Lagoa Ventura, Lagoa dos Patos, Lagoa do Guaraná, Lagoa Fechada, Lagoa das Garças, Ressaco do Pau Véio, Rio Paraná, Rio Baía e Rio Ivinhema.

2.2 COLETA DOS DADOS

As amostragens foram conduzidas trimestralmente de março de 2000 a dezembro de 2011, em seis lagoas e em três rios da planície de inundação do alto rio Paraná: Lagoa Ventura, dos Patos, do Guaraná, do Pau Véio, das Garças e Fechada, Rios Paraná, Baía e Ivinhema (Fig.1). Foram utilizadas redes de espera de diferentes malhas na captura dos peixes (2,4; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 cm, entre nós alternados). As redes ficaram expostas por 24 h em cada local, com revistas a cada oito

horas. Os peixes capturados foram anestesiados com benzocaína 5%, e então sacrificados. Após identificação, de cada indivíduo foi medido o comprimento padrão, comprimento total e o peso. Os peixes foram ainda eviscerados e o estágio de maturação gonadal foi registrado. A abundância dos peixes capturados nas redes de espera foi expressa em captura por unidade de esforço (CPUE; indivíduos/1000m² de redes/24 h).

Foram utilizados os jovens do ano, das espécies *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850), *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840), *Leporinus elongatus* Valenciennes, 1850, *Leporinus macrocephalus* Garavello e Britski, 1988, *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837), *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829), *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833), *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), e *Sorubim lima* (Bloch & Schneider, 1801). O comprimento dos jovens do ano foi obtido através das curvas de crescimento disponíveis na literatura (Barbieri *et al.*, 2001, Feitoza *et al.*, 2004, Mateus & Petreire-Jr, 2004, Penha *et al.*, 2004 a e b, Araya *et al.*, 2005, Vicentin *et al.*, 2012). Para as espécies para as quais não havia os dados disponíveis, a curva de crescimento foi calculada pelo método de von Bertalanffy (1938) através da distribuição das frequências de comprimento (Santos, 1978) (Oliveira AG, dados não publicados).

Os níveis fluviométricos foram fornecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH), a partir de dados obtidos na estação hidrométrica de Porto São José (64575001/2253018), sendo estabelecido o limiar de 450 cm como aquele em que o rio Paraná transborda de forma relevante sobre sua planície aluvial (Comunello *et al.*, 2003). O período do ano para o qual o regime de cheias foi considerado se estendeu de outubro a maio, quando as cheias e a desova das espécies migradoras de longa distância historicamente ocorrem na região (Agostinho *et al.*, 2004a). A caracterização das cheias foi feita considerando os seguintes atributos: (i) duração da cheia (número de dias em que o nível fluviométrico permaneceu acima de 450 cm; (ii) dias de cheia ininterrupta (maior número de dias contínuos em potamofase, acima de 450 cm, (iii) intensidade máxima (maior nível fluvial registrado) (iv) atraso na cheia, ou seja, número de períodos de 15 dias após 1º de outubro em que a cheia foi iniciada e (v) data de início da cheia.

2.3 ANÁLISES DOS DADOS

Para verificar a tendência de distribuição dos dados, foram construídos gráficos de dispersão entre a abundância dos jovens do ano das espécies migradoras, a duração e o atraso da cheia. Os dados foram então logaritimizados para padronizar as espécies que não apresentaram tendência linear. A relação entre a captura de jovens do ano e os atributos da cheia foi então avaliada por meio de regressão linear múltipla, utilizando a duração e o atraso da cheia como variáveis preditoras da abundância (variável dependente), para gerar o melhor modelo preditor.

Para verificar as contribuições parciais dos atributos da cheia, a explicação da variância foi verificada através dos quadrados dos coeficientes parciais e semiparciais de correlação. O coeficiente parcial de correlação diz o quanto da variância de Y que não é explicada pela outra variável, é estimada por esta, enquanto o coeficiente semiparcial de correlação diz o quanto da variância de Y deve-se exclusivamente à cada uma das variáveis (Cohen *et al.*, 2003). Estas análises foram realizadas utilizando o software StatisticaTM 10.0 (Statsoft, 2010) e o nível de significância adotado foi de 5%.

3 RESULTADOS

3.1 CICLOS HIDROLÓGICOS

No período analisado, a cheia mais intensa e duradoura foi constatada no ciclo de 2009-2010, seguida pela de 2006-2007. Cheias também elevadas, porém com duração moderada foram registradas nos ciclos de 2004-2005 e 2010-2011 (Tab.1). Em todos esses ciclos, os níveis fluviométricos máximos superaram seis metros e tiveram duração superior a 30 dias. Nesses ciclos hidrológicos, o início do transbordamento ocorreu na primeira ou segunda quinzena de janeiro, com a exceção daquela mais intensa e duradoura (2009-2010) que iniciou antes (segunda quinzena de outubro). Nos demais períodos, as cheias foram nulas (2000-2001; 2003-2004) ou pouco pronunciadas, não excedendo a nove dias de cheias ininterruptas (Tab.1; Fig. 2).

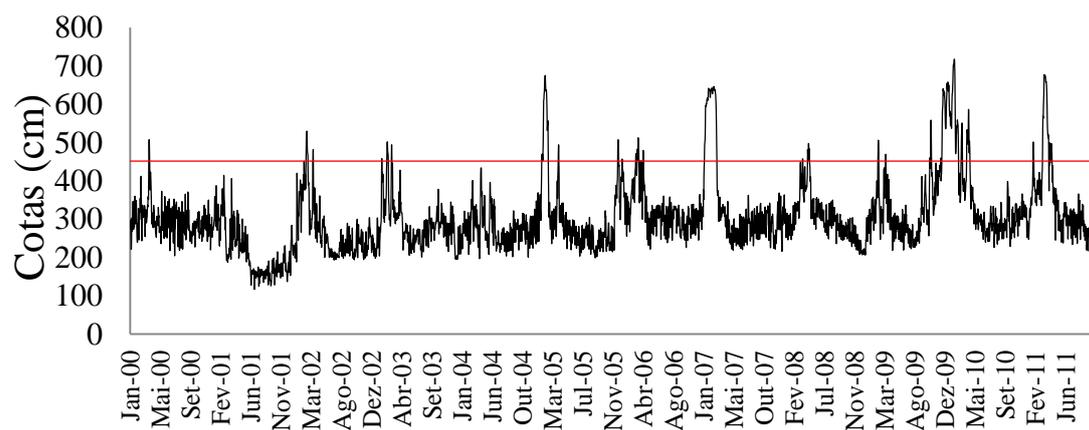


Fig. 2. Médias diárias nos níveis fluviométricos do rio Paraná entre os anos de 2000 e 2011. A linha tracejada representa o valor (450 cm) ao qual há o transbordamento do rio para a planície.

Tabela 1. Atributos hidrográficos para o Rio Paraná durante o período analisado. Números correspondem aos anos do ciclo hidrológico.

Atributos hidrográficos	Ciclos hidrológicos											
	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11
Duração da cheia (dias > 450 cm)	4	0	12	10	0	33	21	57	10	5	104	40
Máximo de dias de cheia ininterrupta (>450 cm)	4	0	9	6	0	29	9	57	9	4	75	28
Intensidade máxima (cm)	507	414	532	504	434	676	516	645	498	506	717	677
Retardo da potamofase (quinzenas)	12	24	10	8	24	7	6	7	12	10	2	8
Início da potamofase (dia/mês)	25/03	-	16/02	30/01	-	15/01	21/12	12/01	28/03	27/02	17/10	22/01

3.2 TENDÊNCIAS DA RELAÇÃO ENTRE O RECRUTAMENTO E ATRIBUTOS DAS CHEIAS

A análise da relação entre a abundância de juvenis e o número de dias de cheias durante os ciclos hidrológicos demonstrou que essa relação teve tendência exponencial para as espécies de *B. orbignyianus*, *L. elongatus*, *L. macrocephalus*, *P. lineatus* e *S. lima*. Ressalta-se que a cheia de 2009-2010 representou um ponto de alta influência e que não foi retirado das análises para que as predições não fossem alteradas.

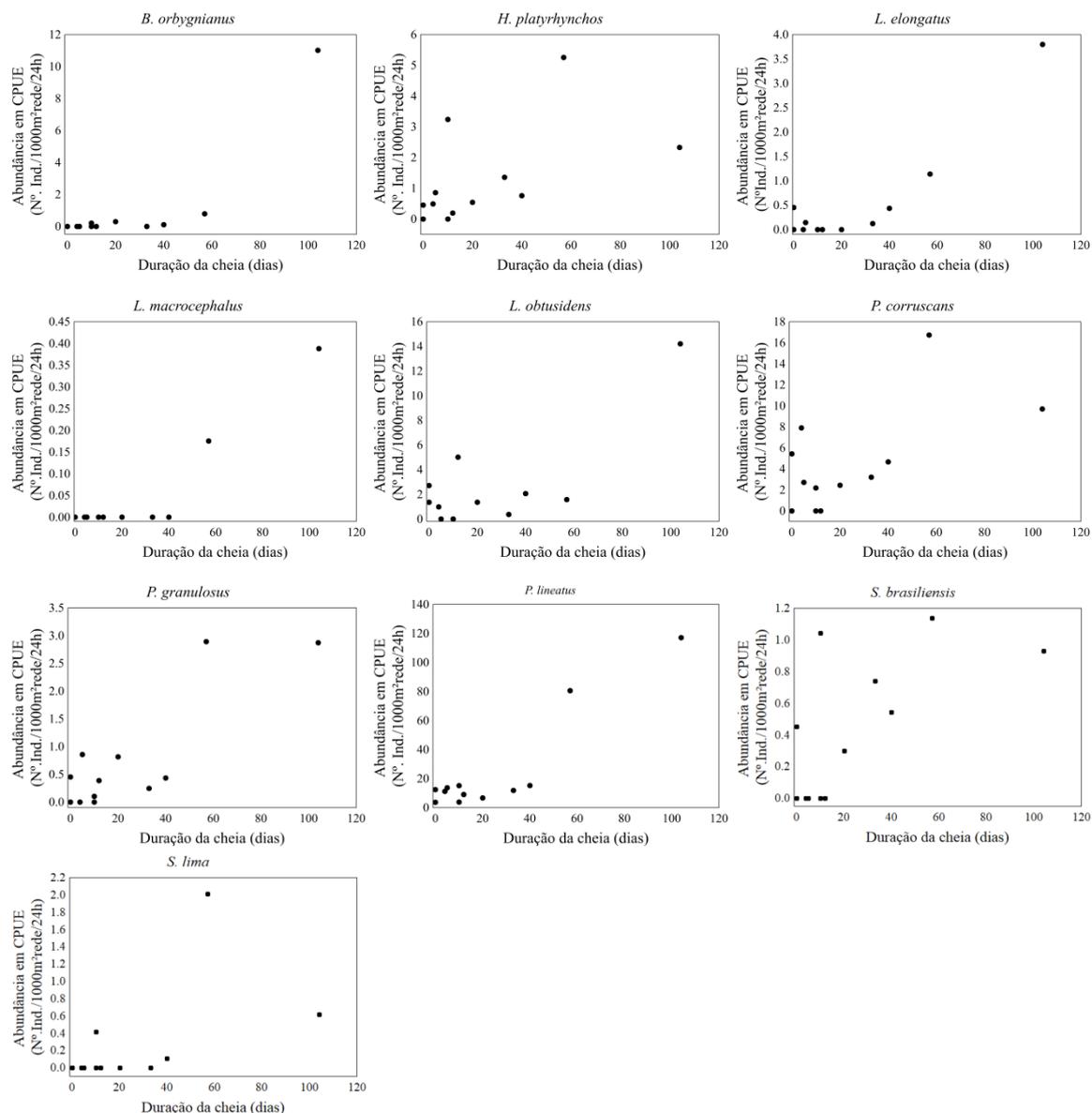


Fig. 3. Relação entre a abundância de jovens do ano de cada espécie migradora (CPUE= captura por unidade de esforço) e a duração da cheia (em dias).

Relações exponenciais foram registradas para quase todas as espécies quando a abundância de jovens do ano foi plotada contra o número de quinzenas após o início de outubro (tempo de retardo em quinzenas) (Fig. 4). Apenas o dourado *Salminus brasiliensis*, apresentou uma tendência linear nessa relação.

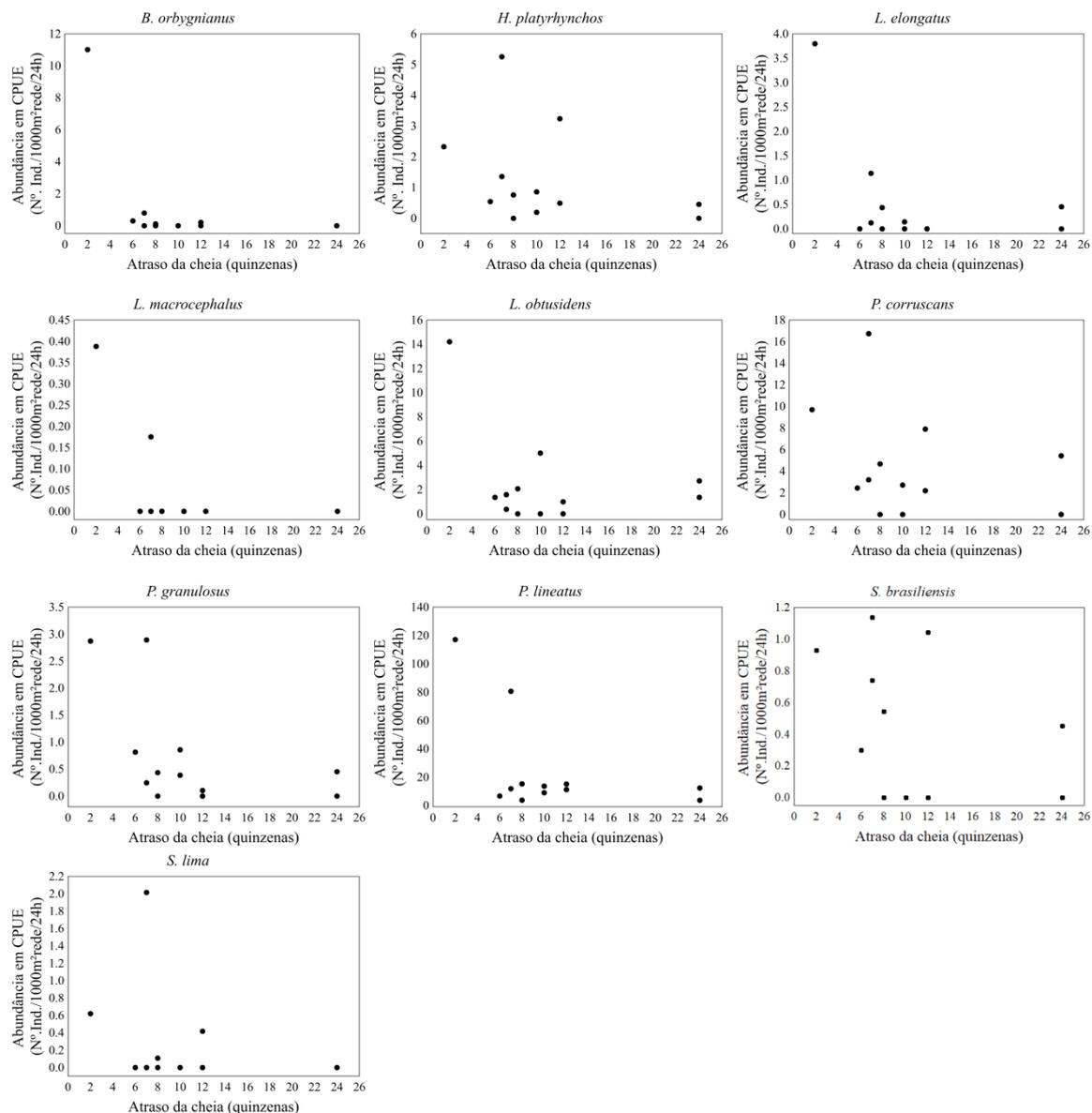


Fig. 4. Relação da abundância de jovens do ano de cada espécie migradora (CPUE=captura por unidade de esforço) e o atraso no início das cheias (número de quinzenas após 1º de outubro).

3.3 EFEITOS PARCIAIS DOS ATRIBUTOS SOBRE A ABUNDÂNCIA

As regressões múltiplas utilizando a duração da cheia e o atraso em seu início como variáveis preditoras da abundância de juvenis permitiram evidenciar que a duração apresentou valores significativos para todas as espécies migradoras consideradas [$p < 0,05$].

e $F(2,10) > 5,55$]. Já o atraso, na faixa considerada (outubro a maio), se revelou variável preditora significativa juntamente com duração para *L. elongatus*, *L. obtusidens*, *P. corruscans* e *P. lineatus* (Tab.2). Porém, os coeficientes parciais e semiparciais das variáveis preditoras de abundância (Tab.3) demonstram que mesmo para estas espécies a duração das cheias teve uma porcentagem de explicação superior ao atraso em seu início (Tab.3).

Tabela 2. Parâmetros estimados através da análise de regressão linear múltipla utilizando duração e retardo da cheia como variáveis preditoras da abundância dos jovens do ano das espécies migradoras. Variáveis significativas estão em vermelho ($p < 0,05$).

Espécie	Duração (X_1)	Retardo (X_2)	R^2	R^2 ajustado	Modelo
<i>B. orbignyana</i>	<0,001	0,31	0,80	0,77	$Y = 0,007 * X_1$
<i>H. platyrhynchus</i>	0,002	0,106	0,71	0,65	$Y = 0,006 X * X_1$
<i>L. elongatus</i>	<0,001	0,015	0,91	0,89	$Y = -0,19 + 0,007 * X_1 + 0,011 X_2$
<i>L. macrocephalus</i>	<0,001	0,15	0,87	0,84	$Y = -0,038 + 0,001 * X_1$
<i>L. obtusidens</i>	0,001	0,02	0,79	0,75	$Y = 0,009 * X_1 + 0,016 * X_2$
<i>P. corruscans</i>	0,002	0,019	0,77	0,72	$Y = 0,011 * X_1 + 0,02 * X_2$
<i>P. granulosus</i>	<0,001	0,26	0,81	0,78	$Y = 0,006 * X_1$
<i>P. lineatus</i>	<0,0013	<0,001	0,93	0,92	$Y = 0,02 * X_1 + 0,05 X_2$
<i>P. mesopotamicus</i>	0,004	0,42	0,64	0,56	$Y = 0,006 * X_1$
<i>S. brasiliensis</i>	0,001	0,11	0,73	0,68	$Y = 0,003 * X_1$
<i>S. lima</i>	0,01	0,86	0,52	0,43	$Y = 0,002 * X_1$

Tabela 3. Coeficientes parciais e semiparciais de correlação das variáveis preditoras da abundância de juvenis das espécies migradoras.

Espécie	Variável preditora	Coeficiente parcial de correlação²(%)	Coeficiente semiparcial de correlação² (%)
<i>L. elongatus</i>	Duração	88,36	75,69
	Atraso	49	8,41
<i>L. obtusidens</i>	Duração	67,24	42,25
	Atraso	40,96	14,44
<i>P. corruscans</i>	Duração	62,41	37,21
	Atraso	43,56	16,81
<i>P. lineatus</i>	Duração	84,64	39,69
	Atraso	79,21	26,01

4 DISCUSSÃO

Existe um padrão bem conhecido da resposta positiva do recrutamento dos peixes migradores de longa distância à duração das cheias que assegura as condições adequadas ao desenvolvimento dos estágios iniciais (Agostinho *et al.*, 2004a; Suzuki *et al.*, 2009). Porém, os resultados deste trabalho, que analisou uma série temporal de 12 anos, demonstraram uma variabilidade na resposta entre as espécies, que se estende também, pelo menos para parte delas, ao atraso no início da elevação do nível fluviométrico.

Embora o recrutamento em espécies migradoras seja nulo ou incipiente em anos com cheias ausentes, curtas ou tardias (Agostinho *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2009), algumas delas respondem com sucesso a cheias moderadas, ainda que estas apresentem certo atraso, como foi o caso da jurupoca *H. platyrhynchos*, do piavuçu *L. macrocephalus*, pintado *P. corruscans*, armado *P. granulatus*, curimba *P. lineatus*, dourado *S. brasiliensis* e sorubim *S. lima*.

Para as demais espécies, cheias com duração moderada, mesmo se estendendo por mais de 30 dias, ocasionaram recrutamento incipiente ou nulo. Embora relações negativas entre abundância de jovens do ano e o atraso no início das cheias tenham sido observadas para todas as espécies, ela foi significativa na predição do recrutamento apenas de *L. elongatus*, *L. obtusidens*, *P. corruscans* e *P. lineatus*.

Ressalta-se que o sucesso do recrutamento medido pela abundância de jovens do ano presentes na amostra depende também de sucesso em eventos prévios iniciados com a maturação gonadal e migração dos parentais, passando pela desova e sobrevivência nas fases iniciais. Exceto a maturação gonadal, mais associada a sazonalidades climáticas, todos os demais eventos, de alguma forma, estão relacionados aos ciclos hidrológicos (Vazzoler, 1996) e, portanto, as diferenças nas respostas ao recrutamento devem refletir as táticas reprodutivas específicas.

É sabido, por exemplo, que há diferença na época de migração e desova entre as espécies, com algumas migrando mais cedo. A esse propósito, Lucas & Baras (2001) relatam que algumas espécies, podem iniciar a migração antes como forma de ajustar suas reservas energéticas e capacidade natatória às maiores demandas energéticas para os deslocamentos ascendentes em condições de maiores vazões. Quanto mais longa for a migração, maior vantagem em iniciar migrações antecipadamente. Isso pode ser uma explicação parcimoniosa para a ausência ou incipiência no recrutamento das espécies

com tendência exponencial, especialmente aquelas que tiveram relação significativa com o atraso. Se a desova ocorre quando ainda não houve o alagamento da planície, os ovos e larvas não conseguem atingir locais adequados para o seu desenvolvimento inicial, e acabam ficando apenas na calha principal do rio, expostos à predação resultando em falha no recrutamento (Agostinho *et al.*, 2008).

O curimba *P.lineatus*, por exemplo, começa seus movimentos no final da seca, entre setembro e novembro, em geral após as primeiras chuvas (Agostinho *et al.*, 1993; Agostinho *et al.*, 2007). Atrasos no início da cheia, dependendo da sua magnitude, podem inibir os deslocamentos e desova dessa espécie. Além disso, elevações no nível do rio, com decréscimos subsequentes, como acontece em rios regulados por represamentos, podem levar as espécies que realizam migração e desova mais cedo a se confundirem e não completarem seu ciclo. .

Para as espécies que não apresentaram relação significativa com o atraso, as migrações possivelmente são realizadas já em maiores velocidades, quando o rio já apresenta um fluxo maior de água, e apesar de terem mais custos energéticos, fica assegurado o sucesso no recrutamento de sua prole, desde que a cheia perdure ao menos moderadamente.

Os estudos de reprodução dos peixes geralmente agrupam as espécies em guildas reprodutivas, com o objetivo de resolver um dos maiores problemas no manejo dos ecossistemas, que é o de trabalhar com muitas espécies simultaneamente (Bailly *et al.*, 2008). Apesar de constituir uma ferramenta importante, pode haver variações relevantes entre as espécies agrupadas em guildas, que devem ser levadas em conta na proposição de ações de manejo. Assim, os resultados desse trabalho demonstram que a guilda composta pelos grandes migradores (sazonais, sensu Winemiller, 1989) respondem de forma distinta a alguns atributos do regime hidrológico, não sendo possível agrupar essas espécies conforme o grupo taxonômico ou guilda trófica.

O ciclo hidrológico de 2009-2010 foi coincidente com forte fenômeno de El Niño (Oscilação Sul - El Niño), representou um ano de cheia excepcional, que no rio Paraná resultou 104 dias de transbordamento, sendo 75 dias em cheia ininterrupta. Esta cheia resultou em alto recrutamento para todas as espécies analisadas, porém parte delas (aquelas com relação exponencial com a duração), mostrou maior necessidade de eventos como este, para que suas populações se mantenham.

O controle de fluxo pelos reservatórios das usinas hidrelétricas tem impactos bem conhecidos sobre a ictiofauna migradora, principalmente sobre sua composição e

abundância. Ao reter a água no período das cheias, como acontece nos reservatórios de acumulação, os ambientes a jusante da barragem não são inundados, resultando em falha no recrutamento. Mesmo com tributários livres de represamentos, como é o caso do trecho estudado, a ausência de cheias na calha do rio Paraná afeta o fluxo e o nível de alagamento das várzeas localizadas nos trechos inferiores desses afluentes, reduzindo seu papel como áreas de desenvolvimento inicial e frustrando o recrutamento.

Entre as espécies estritamente dependentes da duração das cheias, está *Brycon orbignyianus*, que devido ao acentuado declínio de suas populações naturais, está na lista de espécies brasileiras em alto risco de extinção (Abilhoa & Duboc, 2004, Agostinho *et al.*, 2008). As medidas para a conservação desta espécie resumem-se à proibição de sua pesca. Entretanto, essa é uma medida controversa, pois além de deficiências na fiscalização, o controle da vazão por reservatórios, e a remoção da vegetação ciliar, parecem ser a principal razão dessa ameaça (Agostinho *et al.*, 2008). Como agravante de sua situação, há ainda a precariedade de estudos sobre a autoecologia da espécie, estendida também para as outras espécies estudadas neste trabalho, como o dourado, *Salminus brasiliensis*, apreciado na pesca esportiva e/ou comercial e classificado como espécie vulnerável (Abilhoa & Duboc, 2004).

Assim, qualquer esforço no sentido de preservar as populações de espécies migradoras de longa distância no alto rio Paraná passa pela manipulação da vazão liberada pelos reservatórios a montante da área estudada, que se constitui no último remanescente relevante de sua planície original. Nesse sentido, é urgente que os reservatórios sejam operados visando à liberação de água em quantidade, duração e época compatível com a viabilidade da desova e sobrevivência das formas iniciais de desenvolvimento dos grandes peixes migradores.

REFERÊNCIAS

Abilhoa V & Duboc LF. 2004. Peixes. Pp 581-677. In Mikich, S. B. & R. S. Bérnils (Eds.). Livro vermelho da fauna ameaçada do Estado do Paraná. Curitiba, Instituto Ambiental Do Paraná.

Agostinho AA & Júlio Jr, HF. 1999 Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. Pp: 374-400 In: Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais, Lowe-McConnel RH. (Ed), Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Cunningham PTM (Trads.). EDUSP: São Paulo.

Agostinho AA, Bonecker CC & Gomes LC. 2009. Effects of water quantity on connectivity: the case of the upper Paraná River floodplain. *Ecohydrology & Hydrobiology*, **9**(1): 99-113.

Agostinho AA, Gomes LC & Pelicice FM. 2007. Ecologia e manejo dos recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM: Maringá.

Agostinho AA, Gomes LC, Veríssimo S & Okada EK. 2004a. Flood Regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **14**(1): 11-19.

Agostinho AA, Thomaz SM & Gomes LC. 2004b. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology* **4**(3): 255-268.

Agostinho, AA, Thomaz SM & Gomes LC. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology* **19**(3): 646-652.

Agostinho, AA, Vazzoler AEAM, Gomes LC & Okada EK. 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. *Revue D'hydrobiologie Tropicale* **26** (1): 79-90.

Agostinho, AA. & Zalewski M. 1996. *A Planície Alagável do Alto Rio Paraná: Importância e Preservação*. EDUEM: Maringá.

Agostinho AA, Zaniboni-Filho E & Lima FCT. 2008. *Brycon orbignyana* (Valenciennes, 1850). Pp 54 - 56. In: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, Machado, ABM, Drumond GM & Paglia AP (eds.). Fundação Biodiversitas, Brasília, MMA, 2.

Araya PR, Agostinho AA & Bechara JÁ. 2005. The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yacyret´a Reservoir (Argentina). *Fisheries Research* **74** (1-3):198-209.

Bailly D, Agostinho AA & Suzuki HI. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiaba River, Upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications* **24** (9): 1218-1229.

Barbieri G, Salles, FA & Cestarolli, MA. 2001. Growth and first sexual maturation size of *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae) in Mogi Guaçu River, State of São Paulo. *Acta Scientiarum* **23** (2): 453-459.

Bertalanffy LV. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biology* **10**:181-213.

Cohen J, Cohen P, West SG & Aiken LS. 2003. *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Mahwah, N. J: Lawrence Erlbaum Associates.

Comunello E, Souza Filho EE, Rocha PC & Nanni MR. 2003. *Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná: Estudo preliminar*. Pp. 2459-2466. In: Anais do 11º Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Inpe: São José Dos Campos.

Cowx IG & Welcomme RL. 1998. *Rehabilitation of rivers for fish*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Feitoza LA, Okada EK & Ambrósio AM. 2004. Idade e crescimento de *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833) (Siluriformes, Doradidae) no reservatório de Itaipu, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum* 26 (1): 47-53.

Fernandes R, Agostinho AA, Ferreira EA, Pavanelli CS, Suzuki HI, Lima-Jr DP & Gomes LC. 2009. Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of riverine environments of the upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology* 69 (2 supl): 669-680.

Godoy MP. 1975. *Peixes do Brasil, Subordem Characoidei: Bacia do rio Mogi Guaçu*, Editora Franciscana: Piracicaba.

Gomes LC & Agostinho AA. 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the Curimba, *Prochilodus scrofa*, Steidachner, in Upper Paraná River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* 4(4): 263-274.

Huntingford F, Hunter W & Braithwaite V. 2012. Movement and Orientation. Pp. 87-120. In: *Aquaculture and Behavior*, Huntingford F, Jobling M & Kadri S (eds). Wiley-Blackwell: Chichester

Junk, WJ, Bayley PB & Sparks RE. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.

Lucas MC & Baras E. 2001. The Stimulus and Capacity for Migration. Pp. 14-65. In: *Migration of Freshwater Fishes*, Lucas MC & Baras E. Blackwell Science: Oxford.

Mateus LAF & Petrere Jr M. 2004. Age, growth and yield per recruit analysis of the pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) in the Cuiabá river basin, Pantanal Matogrossense, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64 (2): 257-264.

Nakatani K, Baumgartner G & Cavicchioli M. 1997. Ecologia de ovos e larvas de peixes. Pp. 218-306. In: *A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos*,

biológicos e socioeconômicos, Vazzoler AEAM, Agostinho AA & Hahn NS (eds). EDUEM:Maringá.

Neiff JJ. 1990. Ideas for an ecological interpretation of the Paraná. *Interciencia* **15**(6):424-441.

Penha JMF, Mateus LAF & Barbieri G. 2004. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim cf. lima*) in the pantanal. *Brazilian Journal of Biology* **64** (1) 125-134.

Penha JMF, Mateus LAF & Barbieri G. 2004. Age and growth of the porthole shovelnose catfish (*Hemisorubim platyrhynchos*) in the pantanal. *Brazilian Journal of Biology* **64** (4):833-840.

Santos EP. 1978. *Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura*. Hucitec: São Paulo.

Statsoft. 2010. STATISTICA for Windows. StatSoft, Tulsa, Oklahoma.

Suzuki HI, Agostinho AA, Bailly D, Gimenes MF, Julio-Junior HF & Gomes LC. 2009. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Brazilian Journal of Biology* **69**(2, Supl): 649–660.

Suzuki HI, Vazzoler AEAM, Marques E, Lizama MAP, & Inada P. 2004. Reproductive ecology of the fish assemblages. Pp. 271-291. In: *The Upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation*, Thomaz SM, Agostinho AA & Hahn NS (eds.). Backhuys Publishers: Leiden.

Thomaz SM, Bini LM, Bozelli RL. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* **579**: 1-13.

Vazzoler AEAM & Menezes NA. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Revista Brasileira de Biologia* **52** (4): 627-640.

Vazzoler AEAM, Lizama MAP & Inada P. 1997. Influências ambientais sobre a sazonalidade reprodutiva. Pp. 267-280. In: *A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*, Vazzoler AEA, A. A. Agostinho AA & Hahn NS (eds). EDUEM: Maringá.

Vazzoler AEAM. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. EDUEM: Maringá.

Vicentin W, Rocha AS, Rondon PL, Costa FES & Suárez YR. 2012. Parâmetros populacionais, período reprodutivo e crescimento de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) na cabeceira do Rio Miranda, Alto rio Paraguai. *Oecologia australis* **16** (4): 891-904.

Welcomme RL. 1979. *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. Longman, London.

Winemiller KO. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* **81**(2): 225-241.

Wootton RJ. 1990. *Ecology of teleost fishes*. Chapman and Hall: London.