

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

DARLON KIPPER

**A variabilidade hidrológica e sua influência sobre as formas iniciais de
peixes em um rio situado numa bacia Neotropical**

Maringá
2015

DARLON KIPPER

A variabilidade hidrológica e sua influência sobre as formas iniciais de peixes em um rio situado numa bacia Neotropical

Tese 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 a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.
Área de concentração: Ciências ambientais

Orientadora: Dr.^a Andréa Bialetzki

Maringá
2015

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

K57d

Kipper, Darlon, 1981-

A variabilidade hidrológica e sua influência sobre as formas iniciais de peixes em um rio situado numa bacia Neotropical / Darlon Kipper -- Maringá, 2015.
70 f. : il.

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2015.

Orientadora: Dr.^a Andréa Bialezki

1. Ictioplâncton - Assembleia – Variação temporal - Ivinheima, Rio – Planície de inundação – Alto rio Paraná. 2. Ictioplâncton - Assembleia – Regime de cheias - Ivinheima, Rio – Planície de inundação – Alto rio Paraná. 3. Peixes de água doce – Ovos e larvas – Variáveis abióticas e bióticas - Ivinheima, Rio – Planície de inundação – Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -597.17642309816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

DARLON KIPPER

A variabilidade hidrológica e sua influência sobre as formas iniciais de peixes em um rio situado numa bacia Neotropical

Tese 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 Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr.^a Andréa Bialezki
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñer
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

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

Prof. Dr. Horácio Ferreira Júlio Júnior
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovado em: 20 de março de 2015.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho a todos que apreciam a natureza de forma racional e aos que gostam de uma pescaria.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Nakatani (*in memorian*).

À Andréa pelos ensinamentos que auxiliaram em minhas escolhas.

Ao Prof. Angelo Antonio Agostinho por ter aceitado me orientar após a inesperada partida do Prof. Nakatani.

Agradeço aos meus pais, Celso e Maria pelo suporte moral e financeiro ao longo de minha carreira de estudo.

À minha esposa Karine e ao meu filho Bernardo e por suportar minha ausência.

Aos meus irmãos Dárcio e Jader, com os quais poderia ter passado mais tempo junto.

Aos colegas de laboratório, André, David, Renato, Fernando, Gazo, Thiago, Miriam Santin, Miriam Suiberto, Luciana, Tatia, Marina, Regina, Thaise, Márcia, Milena, Patrícia e Miro.

Aos companheiros do imprescindível trabalho de campo, João Dirço Latini, Tato, Chiquinho, Tuti, Valdeci, Tião, Alfredo, Davi, Tuti Branco, Cidão, Agaíto, e aos motoristas Valdenir e Celsão que sempre nos conduziram com segurança.

Aos amigos da Biblioteca Setorial do Nupélia, Salete e João.

Ao Programa Pronex/CNPq-Projeto: Produtividade em reservatórios – Relação com o estado trófico e a predação.

Ao CNPq e a Capes pela concessão das bolsas.

Ao Nupélia pelos recursos oferecidos para a realização deste trabalho.

Aos colegas de sala que cursaram as disciplinas do PEA.

Ao colega de bar Moacir.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Só uma coisa morta segue a correnteza.
Tem que se estar vivo para contrariá-la.

G. K. CHESTERTON

A variabilidade hidrológica e sua influência sobre as formas iniciais de peixes em um rio situado numa bacia Neotropical

RESUMO

Entre as diferentes espécies de peixes, o ciclo de vida está sincronizado para evitar ou explorar os fluxos com magnitudes variáveis. Assim, as flutuações sazonais no nível do rio desencadeiam as diferentes etapas do ciclo de vida das espécies, como a desova, a incubação de ovos, o desenvolvimento inicial e a migração lateral na planície de inundação. Porém, o sincronismo de cada uma destas etapas com os atributos das cheias depende das estratégias apresentadas pelas espécies, sendo eventos complexos cuja interdependência ainda não totalmente compreendida. Ao longo de cinco períodos reprodutivos observou-se o efeito do regime de cheias e de seus componentes sobre a dinâmica do ictioplâncton presente no rio Ivinheima e em duas lagoas conectadas a este sistema. Foi avaliada a variação na abundância de ovos e larvas de peixes ao longo de um período reprodutivo, bem como verificado se ocorreram modificações na composição da assembléia e sua relação com as variáveis ambientais. Para os cinco períodos reprodutivos, os atributos do pulso de inundação foram calculados pelo software PULSO e, logo após, foram sumarizados por uma PCA. As possíveis diferenças na densidade de ovos e larvas entre os períodos reprodutivos, e em apenas um período, foram testadas através de análises permutacionais. Para os padrões de similaridade na assembleia de larvas foram usados escalonamentos multidimensionais não métricos. Para testar as relações dos atributos da biota com a variabilidade hidrológica e, com as variáveis ambientais, foram usadas correlações de Spearman. Maiores densidades de ovos foram registradas no rio Ivinheima, nos períodos de cheias. A densidade de larvas foi semelhante nos ambientes, sendo que a lagoa do finado Raimundo teve maior abundância. No rio Ivinheima houve o predomínio de espécies migradoras, enquanto nas lagoas houve o domínio de espécies sedentárias. A assembleia de larvas apresentou estruturação temporal durante os pulsos de inundação, sendo que as espécies migradoras se organizaram nos primeiros meses e as demais nos meses mais tardios. Observou-se, também, que anos secos e intermediários foram importantes para a reprodução de espécies, principalmente sedentárias. No período reprodutivo, maiores densidades de larvas ocorreram nos meses de maior precipitação, com diferenças significativas entre os meses. As densidades de ovos e de larvas, bem como de algumas espécies migradoras estiveram correlacionadas positivamente com a precipitação, enquanto que a temperatura se relacionou de forma negativa com os migradores. As cheias mais extensas favoreceram a reprodução dos peixes, com destaque para as espécies migradoras, ao passo que a sazonalidade da reprodução destas espécies apresenta sincronia com as épocas mais chuvosas. Ainda que nos meses com baixa precipitação ocorre a reprodução de algumas espécies, as quais apresentam grande plasticidade reprodutiva.

Palavras-chave: Assembleia. Cheias. Ictioplâncton. Ivinheima. Reprodução de peixes.

The hydrological variability and its influence on the early forms of fish in a river located in a Neotropical basin

ABSTRACT

Among the different species of fish, the life cycle is synchronized to avoid or exploit flows with magnitudes variables. For example, the natural frequency of high or low flow trigger the different stages of the life cycle, such as spawning, incubation of eggs, the initial development and the lateral migration in the flood plain. However, the timing of each of these characteristics with the attributes of floods, strategies presented depends on the species, being complex events and their interdependence has not yet fully understood. In this study it was found over five reproductive periods, the effect of flow regime and its components on the dynamics of ichthyoplankton in this Ivinheima river and two ponds connected to this system. The variation in the abundance of fish eggs and larvae over a reproductive period and was verified that there were changes in the composition of the assemblage and its relationship with environmental variables were assessed. For the five reproductive periods, the attributes of the flood pulse were calculated by PULSO software and soon after were summarized by a PCA. Possible differences in the density of eggs and larvae between reproductive periods, and in only one period were tested with Permutational Multivariate Analysis of Variance. For the similarity of patterns in the assembly of larvae were used Non-metric Multidimensional Scaling. To test the relationship of the biota of the attributes with the hydrological variability and environmental variables were used Spearman correlations. Higher densities of eggs were recorded in Ivinheima river in flood periods. The density of larvae was similar in the environments, and the Finado Raimundo lagoon had greater abundance in the river there was a predominance of migratory species, as in the lagoons was the domain of sedentary species. The assemblage of larvae presented is structured in the months in which they were checked the flood pulses, migratory species organized in the early months and in the later months predominant species with different reproductive strategies. It can also be noted that dry and intermediate years have importance for the reproduction of species, mainly sedentary. In the reproductive period, higher densities of larvae occur in the months of highest precipitation, tests showed significant differences between the months and revealed that migratory species were related to the months of highest precipitation. The densities of eggs and larvae, as well as some migratory species were positively correlated with rainfall, while the temperature was negatively correlated with the migratory. We conclude that the most extensive floods favored fish reproduction, ascertained by the greatest abundance of eggs and larvae in these periods, as well as to favor migratory species and also caused the increase of wealth in some habitats. For the reproductive phase is concluded that the seasonality of reproduction of the species (especially migratory) presents synchrony with the rainy periods. On the other hand in the months with low rainfall occurs playing some species with large reproductive plasticity.

Keywords: Assemblage. Flood. Ichthyoplankton. Ivinheima. Fish reproduction.

Tese elaborada conforme as normas da publicação científica 1 Environmental Biology of Fishes. Disponível em: <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10641>;

2 Neotropical Ichthyology. Disponível em: <http://www.scielo.br/revistas/ni/iinstruc.htm>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 INFLUÊNCIA DO REGIME HIDROLÓGICO NA REPRODUÇÃO DOS PEIXES E SEUS REFLEXOS NA COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE LARVAS EM UM RIO NEOTROPICAL	15
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.3 RESULTADOS	27
2.4 DISCUSSÃO	39
3 - A DINÂMICA SAZONAL DO ICTIOPLÂNTON EM UM RIO NEOTROPICAL NÃO REGULADO .	46
3.1 INTRODUÇÃO	48
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.3 RESULTADOS	53
3.4 DISCUSSÃO	59
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO GERAL

De forma geral podem ser apontados três tipos principais de rios de acordo com sua hidrologia: de clima temperado com pulsos não sazonais (aparentemente aleatórios), de clima temperado com pulsos sazonais e de clima tropical com pulsos de inundação sazonal (Winemiller 2004). Os peixes têm evoluído em diversos aspectos para lidar com esses diferentes tipos de variações nas condições de fluxo em rios. Dessa maneira, para compreender a biodiversidade, a produção e a sustentabilidade dos ecossistemas fluviais é necessário considerar o papel central dos regimes de fluxo, o qual determina uma complexa dinâmica no ambiente físico (Poff et al. 1997). Ambientes sazonalmente inundados de rios de planície de inundação, assim como as lagoas marginais, providenciam importantes *habitats* para a desova e o desenvolvimento para muitas espécies de peixes (Welcomme, 1985; Junk; et al., 1989). Assim, o *habitat* deverá proporcionar condições adequadas de qualidade da água, rotas de migração, desova, locais de alimentação e repouso, além de abrigo contra predadores e perturbações. Para garantir esses atributos, devem-se considerar as áreas e condições necessárias para que se alcancem todos os requisitos de história de vida de um organismo (Harris & Kangas, 1988).

Os estudos envolvendo as primeiras fases de vida de peixes podem ser de grande importância para causas preservacionistas e de manejo, pois a detecção de certas etapas do ciclo de vida dos peixes podem ser indicadores úteis das condições ambientais (Schloesser 1982; Copp et al. 1991; Penczak 1994). Por exemplo, um *habitat* para adultos de uma espécie de peixes pode ser gerido com perfeição, mas se o *habitat* específico exigido pelas fases larval ou juvenil, não são levados em consideração, então a espécie poderá não se perpetuar. Entretanto, o nível de entendimento a respeito dos

requerimentos de *habitat* para os estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes ainda permanece longe do ideal, não sendo possível, atualmente, uma adequada avaliação de todos os fatores capazes de regular as populações.

As inundações variam naturalmente de ano para ano, mas recentemente uma pressão crescente sobre a água para uma vasta gama de utilizações diferentes da pesca, levou a atividades humanas que alteraram substancialmente os regimes de inundação de muitos rios em todo o mundo. Isso resultou na perda de produção de peixes e da biodiversidade. Há agora esforços para mitigar estas mudanças, inclusive a liberação de cheias artificiais.

Apesar da crescente alteração dos *habitats* pela ação antrópica, alguns ambientes que mantém características naturais ainda podem ser encontrados. Um destes é o rio Ivinheima, principal afluente da margem direita do rio Paraná, tem uma área de 38.200 Km². É um rio caracteristicamente lótico, com padrão meândrico, sendo formado pelos rios Brilhante e Dourados. Tem cerca de 310 Km de extensão e apresenta em alguns trechos um grande número de lagoas temporárias e permanentes. (Souza Filho e Stevaux, 1997). O rio Ivinheima encontra-se inserido no Parque Estadual do Ivinheima, que foi criado como medida compensatória pela construção do reservatório de Porto Primavera. Diversos estudos apontam a importância deste ambiente para a reprodução dos peixes (Nakatani et al., 1997; Vazzoler et al., 1997; Fernandes et al., 2009; Suzuki et al., 2009).

Estudos ecológicos de longa duração realizados na planície de inundação do alto rio Paraná entre os anos de 2000 e 2010 sugerem que os padrões de flutuação dos níveis de água do rio Paraná, devido à operação dos reservatórios, em especial do reservatório de Porto Primavera, situado imediatamente a montante da planície, resultaram em mudanças de curta (oscilações diárias e semanais) e longa escala temporais (alterações

do período e intensidade das cheias anuais) dos níveis hidrométricos. Para a comunidade ictioplanctônica estudos do período pré e pós fechamento da UHE Porto Primavera revelam que a abundância e diversidade de larvas de migradores diminuíram drasticamente no rio Paraná após o represamento (Sanches et al. 2006). Enquanto que estudos ecológicos de longa duração entre 2000 e 2010 constatam um aumento na abundância de larvas destas espécies no rio Ivinheima, podendo sugerir que estas espécies passaram a se utilizar deste rio para a reprodução.

Verificou-se o efeito do regime de cheia e de seus atributos sobre a dinâmica do ictioplâncton em cinco períodos anuais consecutivos de reprodução dos peixes no canal principal do rio Ivinheima e em duas lagoas conectadas a este sistema. Levando-se em conta, que em períodos reprodutivos, as variações nos atributos que caracterizam as cheias promovem diferenças substanciais na assembléia de larvas, com o favorecimento da reprodução das espécies variando conforme a estratégia de vida. Foi descrita a composição das espécies e a variação da abundância de ovos e larvas de peixes ao longo de um período reprodutivo e a investigação se houve maior similaridade na composição da assembléia nos meses mais chuvosos; verificou-se a influência da precipitação e da temperatura da água sobre a abundância dos ovos e das larvas de peixes.

2 INFLUÊNCIA DO REGIME HIDROLÓGICO NA REPRODUÇÃO DOS PEIXES E SEUS REFLEXOS NA COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLEIA DE LARVAS EM UM RIO NEOTROPICAL

Resumo

O regime natural de cheias apresenta papel central na manutenção da integridade ecológica em sistemas rio- planícies de inundação. O ciclo de vida das diferentes espécies de peixes está sincronizado para evitar ou explorar os fluxos com magnitudes variáveis. No entanto, o sincronismo dos eventos reprodutivos com os atributos das cheias depende das estratégias apresentadas pelas espécies, sendo, no entanto, mediado por eventos complexos e ainda carente de melhor compreensão. Neste estudo, foi analisado o efeito do regime hidrológico e seus atributos sobre a dinâmica do ictioplâncton presente no rio Ivinheima e em duas lagoas a ele conectadas. Foram analisados cinco períodos reprodutivos, sendo os atributos do pulso de inundação calculados pelo software PULSO e sumarizados por uma PCA. As diferenças na densidade de ovos e larvas entre os períodos reprodutivos foram testadas através de análises permutacionais. Os padrões de similaridade na assembleia de larvas foram identificados com o uso de escalonamentos multidimensionais não métricos. Para testar as relações dos atributos da biota com a variabilidade hidrológica foram usadas correlações de Spearman. Maiores densidades de ovos foram registradas no rio Ivinheima, nos períodos de cheias. A densidade de larvas foi semelhante nos ambientes, visto que a lagoa do finado Raimundo apresentou maior abundância, o rio Ivinheima, o domínio de espécies migradoras, enquanto nas lagoas houve o domínio de espécies sedentárias. A assembleia de larvas apresentou-se estruturada durante os pulsos de inundação, ao passo que as espécies migradoras se organizaram nos primeiros meses e as demais nos meses mais tardios. Também pode se observar que anos secos e intermediários foram importantes para a reprodução de várias espécies, principalmente as sedentárias. Conclui-se que as cheias mais extensas favoreceram a reprodução dos peixes, com destaque para as migradoras, além de levar ao aumento da riqueza em alguns *habitats*.

Palavras-chave: Estratégias reprodutivas. Fluxo natural. Ovos e larvas. Peixes migradores. Planície de inundação.

Abstract

The natural water flow regime is the central role in maintaining the ecological integrity of the floodplain systems. Among the different species of fish, the life cycle is synchronized to avoid or exploit flows with variable magnitudes. However, the timing of reproductive events with the flood pulses depends on the strategies presented by the species, once these events are complex and require a better understanding. In this study, we observed the effect of regime flow and its components on the dynamics of ichthyoplankton in Ivinheima river and two lagoons connected to this system. Five breeding seasons were analyzed, where the attributes of the flood pulse were calculated by PULSO software and then were summarized by a PCA analysis. Possible differences in the density of eggs and larvae among reproductive periods were tested with Permutational Multivariate Analysis of Variance. The patterns of similarity in the larvae assemblage were used Non-metric Multidimensional Scaling. In order to test the relationship of the biota attributes with the hydrological variability, we used Spearman correlations. Higher densities of eggs were recorded in Ivinheima river in flood periods. The density of larvae was similar along the environments, with Finado Raimundo lagoon presenting the greatest abundance, where there was a predominance of migratory species, contrasting with the lagoons, where sedentary species were dominant. The assemblage of larvae was structured in the months when the flood pulses were checked, and migratory species were organized in the early months. Finally, in the later months those species with different reproductive strategies were dominant. It can also be noted that dry and intermediate years have importance for the reproduction of species, mainly the sedentary ones. We conclude that the most extensive floods favored fish reproduction, ascertained by the greatest abundance of eggs and larvae in these periods, as well as for favoring migratory species causing the increase of wealth in some *habitats*.

Keywords: Eggs and larvae. Floodplain. Migratory fish. Natural flow. Reproductive strategies

2.1 INTRODUÇÃO

O regime natural de cheias em sistemas fluviais apresenta papel central para a manutenção da integridade ecológica nos sistemas rios-planícies de inundação (Junk et al., 1989; Poff et al., 1997) e, apesar da complexidade de sua dinâmica, cinco componentes podem ser apontados como críticos, pois atuam sobre os processos ecológicos. São eles: a magnitude, a frequência, a duração, a periodicidade e a taxa de variação das condições hidrológicas (Poff & Ward, 1989, Richter et al. 1996, Walker et al. 1995). Ao longo do tempo, cada um destes componentes pode desencadear uma gama de modificações no ecossistema, como por exemplo, a destruição e a recriação de elementos do *habitat*, que são de extrema importância para muitas espécies de peixes, já que a conclusão do ciclo de vida requer uma série de diferentes tipos de *habitats*, cuja disponibilidade durante o tempo, é regulada pela dinâmica natural do fluxo (Sparks, 1995; Greenberg et al. 1996; Reeves et al. 1996).

O ciclo de vida das diferentes espécies de peixes está sincronizado para evitar ou tirar proveito dos fluxos com diferentes magnitudes. Por exemplo, a periodicidade natural de vazões altas ou baixas desencadeiam diferentes etapas do ciclo de vida, como a desova (Montgomery et al. 1983, Nesler et al. 1988), a incubação de ovos (Næsje et al. 1995), o desenvolvimento inicial (Seegrist & Gard 1972), a migração lateral na planície de inundação para alimentação ou para a reprodução (Junk et al. 1989, Sparks 1995, Welcomme 1992) e até mesmo a migração ascendente ou descendente (Trepanier et al. 1996). Porém, o sincronismo de cada uma destas características com os atributos das cheias, depende da estratégia apresentada pelas guildas reprodutivas e tróficas, sendo a sincronização mediada por eventos complexos e com sua interdependência ainda não totalmente compreendida.

O conceito do pulso de inundação proposto por Junk et al. (1989) é amplamente aceito por ecologistas e sua estrutura conceitual serve como guia para pesquisas e gestão nos sistemas das planícies de inundação tropicais. Em contraste, nas regiões temperadas, a biota pode sofrer interferência de outras variáveis, como por exemplo, a duração do dia e a temperatura ou de seu sincronismo (Junk, 1999). Por conseguinte, a influência destas variáveis pode sobrepor o efeito do pulso.

Estudos têm demonstrado os efeitos da dissociação do pulso de inundação pelos pulsos de temperatura e sua interferência na assembleia de peixes, especialmente durante os primeiros estágios do ciclo de vida (Humphries et al., 1999; Humphries e Lake, 2000). Ainda na mesma perspectiva pode se constatar o recrutamento de espécies de peixes nativos em épocas de águas baixas, que estimulou o desenvolvimento da “hipótese do recrutamento em baixo fluxo” proposta por Humphries et al. (1999).

A despeito de o pulso não ser considerado de primordial importância em latitudes temperadas, a comunidade íctica, especialmente das regiões neotropicais, onde as flutuações sazonais na temperatura são pequenas, as cheias representam o principal gatilho para a reprodução de várias espécies de peixes (Lowe-McConnell, 1964; Welcomme, 1985; Winemiller, 1989). Diversos estudos na região Neotropical relacionam a sincronia entre eventos reprodutivos e a flutuação no nível hidrométrico (Godoy, 1975; Gomes e Agostinho, 1997; Agostinho et al., 2001; 2003; 2004 a b; Bailly et al., 2008 e Fernandes et al. 2009), no entanto, na maioria destes estudos constata que o grupo com ligações mais estritas com o regime das cheias foi de espécies que realizam grandes migrações para se reproduzir.

Agostinho et al. (2004 a) relatam que as espécies com outras estratégias reprodutivas (sedentárias com cuidado parental e com fertilização interna), parecem não depender do regime de cheia para se reproduzir. Já os migradores de curtas distâncias

têm sua reprodução afetada de forma moderada pelas cheias. Esses autores ponderam, entretanto, o fato de, mesmo essas espécies, terem seu recrutamento prejudicado pela intensificação das relações interespecíficas (predação e competição) em anos de estiagem.

A alteração dos *habitats*, em especial a regulação de fluxo por ações antrópicas, se configura como a principal ameaça à biodiversidade nos ambientes aquáticos (Engler & Smith, 2010). Sendo assim, estratégias para a conservação e restauração devem buscar caminhos para a manutenção ou o restabelecimento do regime natural de fluxo, a fim de manter elevada biodiversidade local (Poff et al., 1997). Dessa maneira, fica clara a importância de se reunir o máximo de informações possíveis quanto à natureza e o funcionamento dos sistemas ainda não modificados.

Apesar da crescente alteração dos *habitats* pela ação antrópica, alguns ambientes ainda mantêm suas características naturais de fluxo. É o caso do rio Ivinheima, principal afluente da margem direita do rio Paraná, e apontado por diversos autores (Nakatani et al., 1997; Vazzoler et al., 1997; Fernandes et al., 2009; Suzuki et al., 2009) como um importante local para a reprodução dos peixes da região. Um estudo realizado por Sanches et al. (2006) indicou que, após o início do fechamento da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, situada no rio Paraná, os peixes, especialmente as espécies que realizam grandes migrações, começaram a utilizar o rio Ivinheima como ambiente para a reprodução. Sendo relevante o papel deste rio para a conservação da biodiversidade regional, bem como a necessidade de se ter informações mais precisas do funcionamento da dinâmica reprodutiva das espécies que habitam este ambiente.

Nesta perspectiva, torna-se importante o conhecimento acerca das fases iniciais do ciclo de vida dos peixes, não só para determinar épocas e locais de desovas, mas também por fornecer evidências de *habitats* favoráveis ao desenvolvimento dos

primeiros estágios do ciclo de vida dos peixes (Nakatani et al., 1997). Na região Neotropical, os estudos que relacionam as características das cheias com a presença de peixes somente consideram adultos e juvenis, p. ex., os estudos realizados na planície de inundação do alto rio Paraná por Agostinho e Zalewski (1996), Gomes e Agostinho, (1997), Agostinho et al. (2001, 2004a; 2004b, e mais especificamente para o rio Ivinheima por Fernandes et al. (2009) e Suzuki et al. (2009). Apesar da relevância destes estudos, é necessária a complementação com enfoque nas fases iniciais dos peixes para se obter respostas detalhadas, já que as condições ecológicas dos *habitats* são distintas para cada fase da história de vida dos peixes (Schiemer et al, 1991; Cowx & Welcomme, 1998). Dados de distribuição e abundância das espécies cujos juvenis estão ausentes ou em baixa abundância (Suzuki et al., 2009) poderiam esclarecer as razões do fato e fornecer as diretrizes para a mitigação do problema.

Estudos que relacionam o ictioplâncton com o regime de cheias no rio Ivinheima foram realizados por Baumgartner et al. (1997) e Reynalte-Tataje et al., (2011; 2013), que relatam a influência da vazão e do nível fluviométrico sobre a distribuição e abundância de larvas, porém, sem maiores detalhes dos atributos das cheias. Entretanto, pouco se sabe sobre a dinâmica do ictioplâncton em deriva e como ele é afetado pelas características que compõe o pulso de inundação.

Neste estudo buscou-se estudar o efeito do regime de cheia e de seus atributos sobre a dinâmica do ictioplâncton em cinco períodos anuais consecutivos de reprodução dos peixes no canal principal do rio Ivinheima e em duas lagoas conectadas a este sistema. A hipótese que norteia este estudo é de que em períodos reprodutivos as variações nos atributos que caracterizam as cheias levam a diferenças substanciais na assembleia de larvas, com o favorecimento da reprodução das espécies variando conforme a estratégia de vida. Especificamente, foi investigado se ao longo do período

de reprodução ocorreram modificações na abundância do ictioplâncton e na composição da assembleia de larvas relacionadas às características hidrológicas vigentes.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Ivinheima é um dos principais afluentes da margem direita do rio Paraná, sendo que o trecho estudado se encontra atualmente inserido no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima, criado como medida compensatória aos impactos do reservatório de hidrelétrica de Porto Primavera. A sub-bacia do rio Ivinheima, pertencente ao sistema do rio Paraná, tem uma área de 38.200 Km², toda ela incluída no estado do Mato Grosso do Sul. É um rio caracteristicamente lótico, com padrão meândrico, sendo formado pelos rios Brilhante e Dourados. Tem cerca de 310 km de extensão e apresenta em seu curso baixo um grande número de lagoas temporárias e permanentes (Figura 1). Na planície de inundação o rio Ivinheima apresenta três comunicações com o rio Paraná, o canal do Ipoitã, a boca do meio e sua foz principal ou boca sul, em Porto Caiuá (Souza Filho e Stevaux, 1997).

Neste ambiente foram realizadas amostragens em três pontos: A calha principal do rio Ivinheima (22°48'00"S; 53°32'00"O), e duas lagoas com conexão permanente com o rio, a lagoa dos Patos - (22°49'22"S; 53°33'10"), situada na margem esquerda do rio Ivinheima e a lagoa do Finado Raimundo - (22°47'40"S; 53°32'14") situada na margem direita do rio (Figura 1).

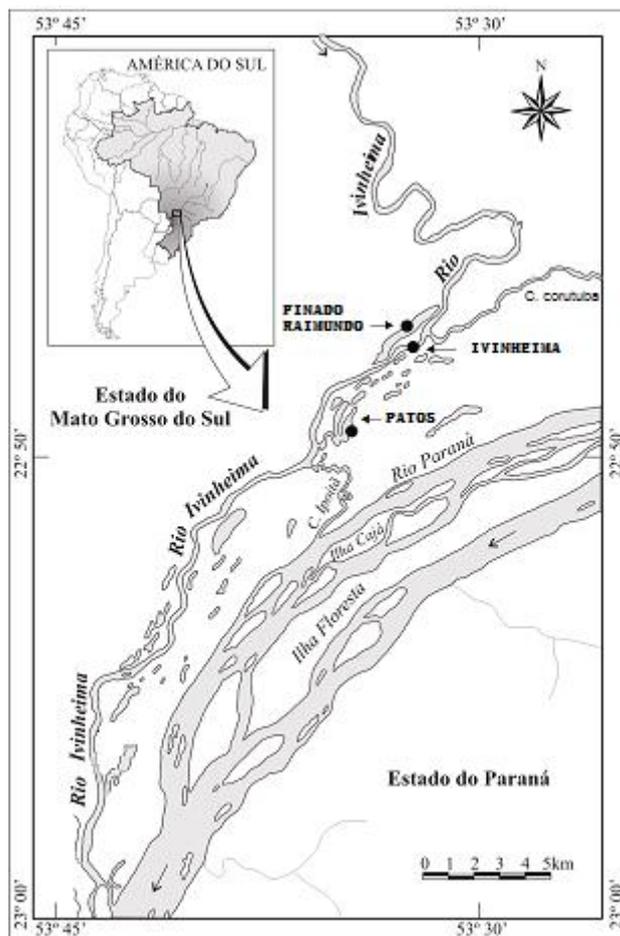


Figura 1. Locais de amostragem no rio Ivinheima, MS.

Coleta dos dados e procedimentos laboratoriais

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de reprodução da maioria dos peixes da região - outubro a março (Vazzoler, 1996; Bialecki et al., 2005). Foram considerados cinco períodos anuais de reprodução consecutivos: 2006/2007 (PR1); 2007/2008 (PR2); 2008/2009 (PR3); 2009/2010 (PR4) e 2010/2011 (PR5), porém no PR4, em função da dificuldade de acesso, não foi possível a realização de amostragem na lagoa do Finado Raimundo. Para as coletas, foram utilizadas redes de plâncton do tipo cônico-cilíndrica, com malha 0,5 mm e fluxômetro acoplado à boca para a obtenção do volume de água filtrada. No rio Ivinheima as redes foram fixadas a um cabo estendido perpendicularmente à superfície da água, sendo três redes de

superfície (margens esquerda e direita e centro do rio) e uma de fundo situada na região central do rio, todas expostas por 15 minutos. Nas lagoas as redes foram arrastadas na superfície com o auxílio de um barco a baixa velocidade por 10 minutos e no fundo por 15 minutos, para compensar a diferença entre a área de boca das redes. Foram realizadas quatro amostragens ao longo do dia (6h, 12h, 18h e 00h). As amostras obtidas foram fixadas em solução de formalina 4%, tamponada com CaCO_3 . No laboratório, as amostras foram triadas, os ovos foram separados e as larvas foram identificadas de acordo com o método proposto por Ahlstrom & Ball (1954) e Nakatani et al. (2001).

Para evitar a pseudo-replicação todas as redes foram consideradas como uma réplica, sendo somadas as densidades das quatro amostragens que ocorreram ao longo do dia, sendo que cada período reprodutivo resultou em 6 réplicas por estação de amostragem. A abundância de indivíduos foi padronizada para um volume de 10 m^3 de água filtrada em cada rede de acordo com Tanaka (1973), modificado por Nakatani et al. (2001). Os valores de nível diário do rio Ivinheima foram fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), e se referem à estação hidrometeorológica Ivinheima (Disponível em: <http://www2.snirh.gov.br/home/>).

As estratégias reprodutivas nas quais foram enquadradas as larvas se basearam na classificação de Agostinho et al. (2007): *Migradores de longas distâncias* (ML) – têm fecundação externa e não apresentam cuidado parental, geralmente são espécies de grande porte e com importância para a pesca, que realizam longas migrações (pelo menos 100 Km) e dependem deste aspecto para a maturação gonadal e para a desova; *Não migradores ou migradores de curtas distâncias* (NM) - têm fecundação externa e não apresentam cuidado parental, em sua maioria não alcançam grande porte e quando migram, não ultrapassam 100 Km. Algumas espécies que realizam curtas migrações dependem das cheias para completarem o seu ciclo de vida; *Não migradores ou*

migradores de curtas distâncias com cuidado parental (CP) – apresentam fecundação externa, podem viver na planície de inundação e dela podem tirar proveito quando a cheia não é conspícua; *Não migradores ou migradores de curtas distâncias com fecundação interna* (FI) – apresentam maior independência do regime de cheias.

O material biológico utilizado foi depositado no Laboratório de Ictioplâncton do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Análise dos dados

Variáveis abióticas

Para representar a variação temporal do regime hidrológico do rio Ivinheima, inicialmente foram calculados os atributos hidrométricos para cada período reprodutivo através da função fFITRAS PULSO software (Neiff e Neiff, 2003), que analisa os fenômenos que se repetem durante períodos como, por exemplo, flutuações sazonais nos níveis dos rios. Os atributos considerados foram os seguintes: intensidade da potamofase e limnofase, dias de potamofase e limnofase, elasticidade, conectividade, fração de potamofase, número de pulsos e a previsibilidade (Tabela 1). Para a obtenção dos dados foram considerados os níveis diários do rio Ivinheima. O limiar de referência para caracterizar a inundação foi estabelecido como o nível de 275 centímetros (Comunello et al., 2003).

Para reduzir a dimensionalidade dos dados (número de variáveis), os padrões de correlação das variáveis hidrométricas (atributos do pulso) foram resumidos por meio de uma Análise de Componentes Principais (ACP). Eixos com valores próprios superiores a 1 foram retidos para interpretação (critério de Broken Stick; Jackson, 1993). Os escores dos eixos retidos foram utilizados como substitutos de variação hidrométrica do período reprodutivo (para mais detalhes ver Fernandes et al., 2009). A

importância dos atributos do pulso na composição dos eixos foi identificada através de correlações de Pearson entre os escores dos eixos e a matriz original de dados hidrológicos (correlações acima de 0,70 indicaram a importância de um atributo). Os escores dos eixos da PCA foram usados para posterior identificação de possíveis interações diretas entre as variáveis hidrométricas e os atributos da biota (abundância total de ovos, larvas e das estratégias reprodutivas).

Tabela 1 .Definição das variáveis hidrométricas consideradas neste estudo. As variáveis foram obtidas utilizando o software Pulso (tabela adaptada de Fernandes et al. (2009)).

Variáveis	Definição
Intensidade da potamofase	Maior valor registrado no hidrograma durante o período estudado (no nosso caso, um valor para cada intervalo reprodutivo).
Intensidade da limnofase	Menor valor registrado no hidrograma durante o período estudado (no nosso caso, um valor para cada intervalo reprodutivo).
Dias de potamofase	Número de dias em potamofase
Dias de limnofase	Número de dias em limnofase
Elasticidade	Taxa entre a intensidade de potamofase (s) e a intensidade da limnofase (s) no período.
Conectividade	Taxa entre o número de dias em potamofase e o número de dias em limnofase.
Fração de potamofase	Taxa entre a duração (dias) de potamofase (s) e a duração (dias) do período considerado.
Número de pulsos	Número de pulsos completos, ciclos de potamofases e limnofases (ou vice-versa) no período.
Previsibilidade	O mês de início. Para obter uma variável contínua, foi considerado agosto como o início de um ciclo hidrológico. Se uma inundação começou durante 01-15 de agosto, foi atribuído o valor 1; se uma inundação começou entre 16-31 de agosto, foi atribuído o valor 2.

Variáveis bióticas

Ovos

As diferenças nas abundâncias dos ovos considerando o fator períodos reprodutivos – PR1, PR2, PR3, PR4 e PR5, foram testadas nos três ambientes (Ivinheima, Patos e Finado Raimundo) separadamente por uma PERMANOVA (Permutational Multivariate Analyses of Variance), aplicada sobre a matriz Euclidiana de similaridade (Anderson, 2008). O nível de significância adotado foi $P \leq 0,05$, utilizado o teste de Monte Carlo com 999 permutações. Não houve a possibilidade de realização de testes *a posteriori*, pois as variáveis quantitativas (ovos) representam a soma das densidades nos horários de coleta nas unidades amostrais. Desta maneira, não houve replicação de amostras, não sendo possível utilizar um número plausível de permutações únicas par-a-par entre as amostras.

Larvas

As possíveis diferenças na assembleia de larvas considerando o fator intervalos reprodutivos – PR1, PR2, PR3, PR4 e PR5 foram testadas nos três ambientes (Ivinheima, Patos e Finado Raimundo) separadamente por uma PERMANOVA “*main test*”. Preliminarmente a esta análise foi gerada uma matriz similaridade, sendo utilizado o coeficiente de Bray-Curtis. Para facilitar a visualização foram considerados somente os espécimes identificados ao menos até gênero. Os táxons com baixa abundância ($n < 3$) foram desconsiderados por interferir na ordenação. Não houve a possibilidade de realização de testes *a posteriori*, pelo mesmo motivo mencionado para a densidade de ovos. O nível de significância adotado foi $P \leq 0,05$, utilizado o teste de Monte Carlo com 999 permutações. Uma NMDS de configuração bidimensional com o menor *stress* foi aplicada para sumarizar os padrões de similaridade da assembléia de larvas entre os períodos reprodutivos – PR1, PR2, PR3, PR4 e PR5 (fatores). Também foi utilizado o

coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. A identificação das espécies mais influentes na composição dos eixos da NMDS foi obtida através de correlações entre os escores dos eixos e a matriz original dos dados (correlação de Spearman, ρ).

As análises (PERMANOVA e NMDS) foram realizadas pelo *software* PRIMER E versão 6 + *add-on* da PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006; Anderson, 2008). As Análises de Componentes principais (PCA) foram rodadas no PC-Ord 6 (McCune & Mefford, 2011) e por fim, as correlações foram realizadas pelo programa Statistica™ (Statsoft, 2007).

O ictioplâncton e a relação com o regime hidrológico

Os efeitos da variação do regime hidrológico, representados pelos eixos da PCA, sobre a abundância (total de ovos, larvas e das estratégias reprodutivas) em cada ambiente foram avaliados através de correlações de Spearman. Devido ao reduzido número de réplicas nas matrizes, ocasionado por dados de apenas cinco anos, não se considerou o nível de significância das correlações.

2.3 RESULTADOS

Variabilidade do regime hidrológico

Os atributos hidrológicos apresentaram diferenças entre os intervalos reprodutivos. O PR4 e o PR5 estiveram relacionados às cheias mais duradouras e mais intensas, bem como uma maior frequência, porém o PR4 apresentou este evento mais cedo. Já o PR1 apresentou características hidrológicas intermediárias, enquanto o PR2 e

o PR3 estiveram relacionados a cheias restritas, menos intensas com menor frequência e menor número de pulsos (Figura 2; Tabela. 2).

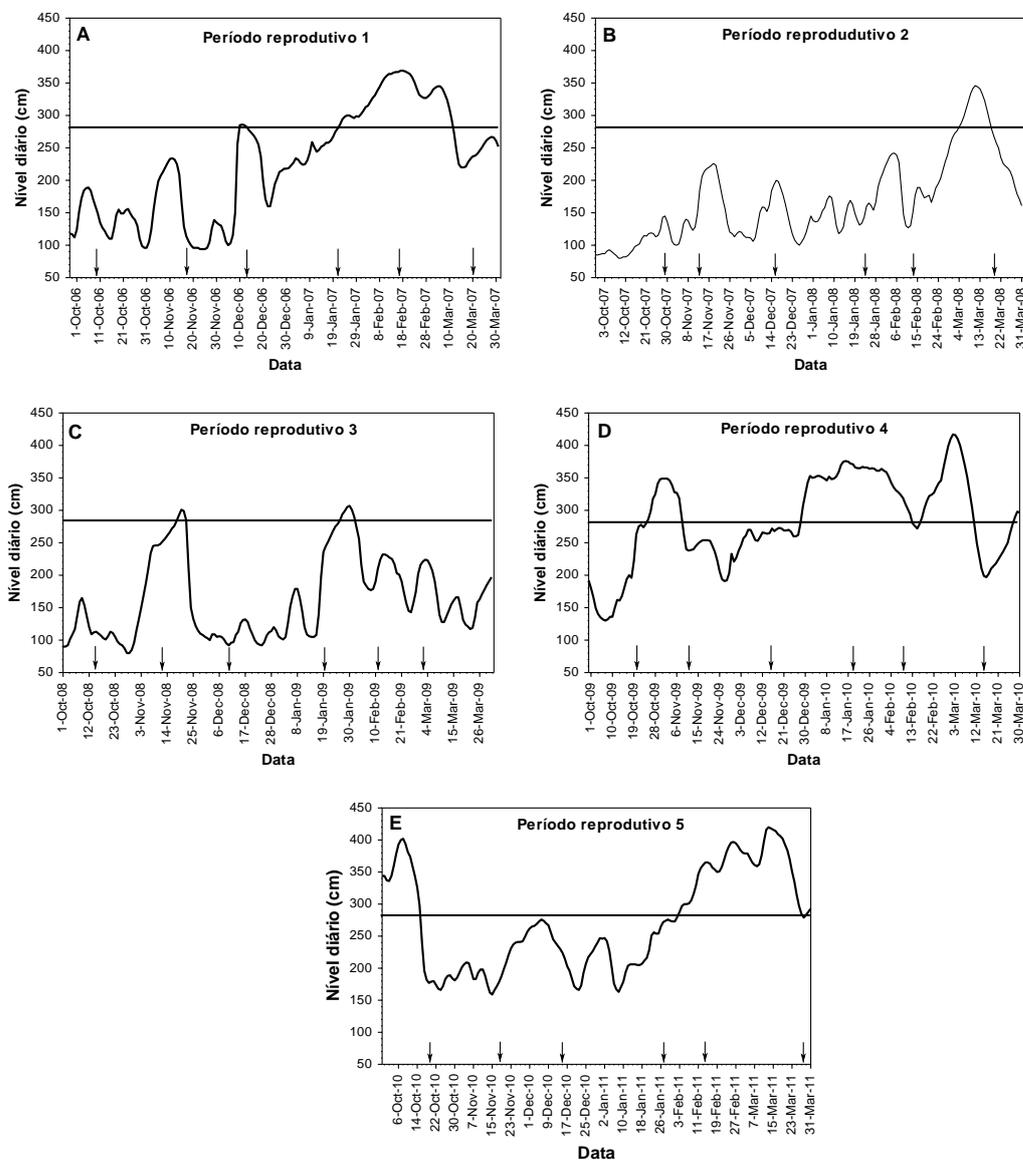


Figura 2. Variação diária do nível hidrológico registrada no subsistema Ivinheima, MS, ao longo de cinco períodos de reprodução dos peixes (PR1-2006/2007; PR2-2007/2008; PR3-2008/2009; PR4-2009/2010 e PR5-2010/2011). As setas indicam os dias de coleta e o traço estabelece o limiar de referência para caracterizar a inundação (275 cm).

Tabela 2. Variação nos atributos hidrométricos verificados no subsistema Ivinheima, MS, observados ao longo de cinco períodos de reprodução dos peixes (PR1-2006/2007; PR2-2007/2008; PR3-2008/2009; PR4-2009/2010 e PR5-2010/2011).

Variáveis	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5
Intensidade da potamofase	369	346	307	417	420
Intensidade da limnofase	94	80	80	130	159
Dias de potamofase	58	17	17	105	83
Dias de limnofase	124	165	1,65	77	99
Elasticidade	3,93	4,33	3,84	3,21	2,64
Conectividade	0,47	0,01	0,01	1,36	0,84
Fração de potamofase	0,32	0,09	0,09	0,58	0,46
Número de pulsos	2	1	2	4	2
Previsibilidade	5	10	3	1	1

Foram retidos os três primeiros eixos da ACP, seu agrupamento explicou 99,60% da variabilidade dos dados. No primeiro eixo (CP 1), todas variáveis tiveram considerável influência na composição do eixo. O segundo eixo (CP 2) representou o número de pulsos. Já o terceiro eixo (CP 3) foi representado pela previsibilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das Análises de Componentes Principais representando as correlações entre os autovetores dos eixos e os atributos hidrométricos (matriz de dados original) do rio Ivinheima, MS.

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Intensidade da potamofase	-0,91	-0,26	-0,31
Intensidade da limnofase	-0,89	-0,43	0,10
Dias de potamofase	-0,99	0,05	-0,15
Dias de limnofase	0,99	-0,05	0,15
Elasticidade	0,87	0,35	-0,35
Conectividade	-0,97	0,17	-0,13
Fração de potamofase	-0,99	0,05	-0,15
Número de pulsos	-0,80	0,60	0,09
Previsibilidade	0,88	-0,17	-0,44
Autovalores	2,83	1,83	1,33
Varição explicada (%)	85,09	8,85	5,70

Ovos

Durante o estudo, foram capturados 10.523 ovos e quase que sua totalidade (96,16%) foi registrada no rio Ivinheima, onde as maiores densidades foram constatadas no PR4, com diferenças significativamente entre os períodos reprodutivos (Pseudo $F = 3,0$; $P = 0,01$). Na lagoa dos Patos, maiores densidades foram registradas no PR3, não sendo constatadas diferenças entre os períodos reprodutivos (Pseudo $F = 0,5$; $P = 0,81$), enquanto que para o ambiente Finado Raimundo, maiores densidades foram verificadas no PR5 e PR2, porém com diferenças significativas (Pseudo $F = 2,3$; $P = 0,05$) (Figura 3).

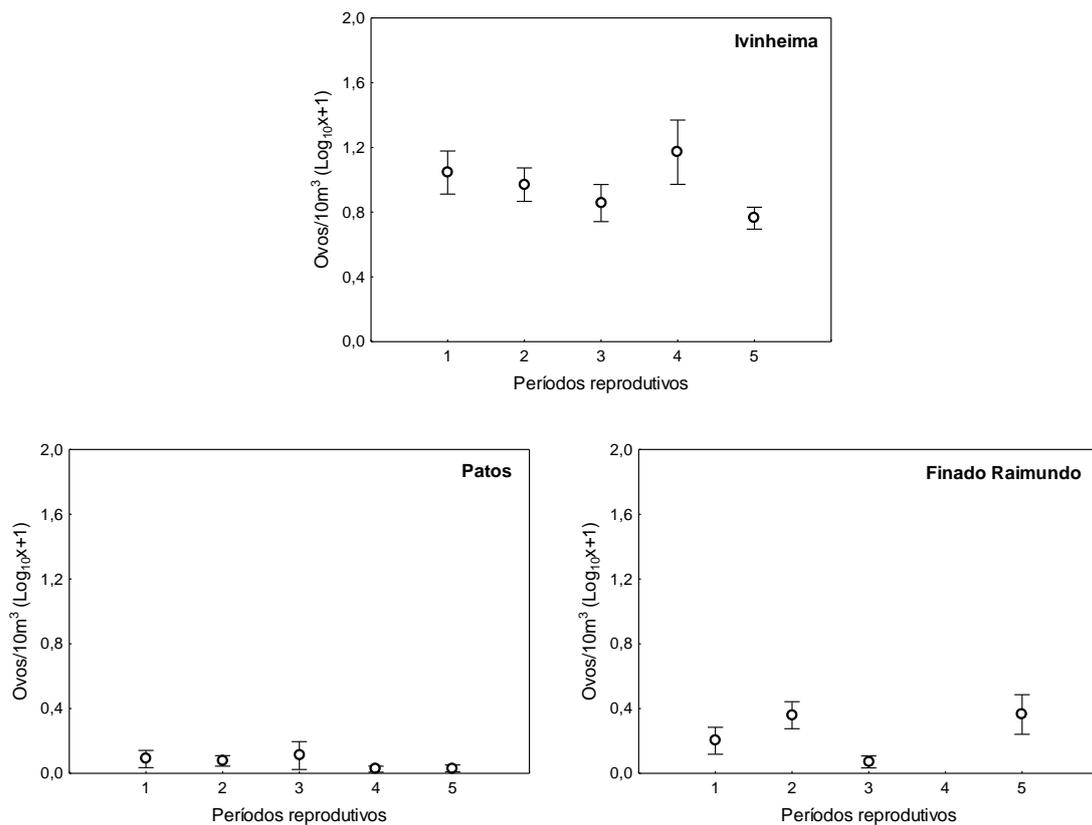


Figura 3. Valores médios ($\log x+1$) da densidade de ovos de peixes (\pm erro padrão), registrados durante cinco períodos reprodutivos nos ambientes: rio Ivinheima, lagoa dos Patos e lagoa do Finado Raimundo ao longo de cinco períodos de reprodução dos peixes (PR1-2006/2007; PR2-2007/2008; PR3-2008/2009; PR4-2009/2010 e PR5-2010/2011).

Larvas

Durante o estudo, foram capturadas 34.480 larvas. No rio Ivinheima foram capturados 10.355 indivíduos pertencentes a 5 ordens, 19 famílias, 41 gêneros e 34 espécies. Os táxons com maiores densidades, em ordem decrescente, foram *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus lineatus*, *Plagioscion squamosissimus*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Brycon orbignyianus*, *Salminus brasiliensis*, *Moenkhausia* spp., *Astyanax* spp., *Hypophthalmus edentatus*, *Bryconamericus stramineus*, *Sorubim lima*, *Gymnotus* spp., *Auchenipterus osteomystax*, *Hoplias* spp. e *Pimelodus maculatus*.

<i>Moenkhausia forestii</i>					<0,01	<0,01		0,01						
<i>Moenkhausia</i>						0,18								
<i>Psellogrammus kennedyi</i>					0,01			0,22	0,03				0,02	
<i>Roeboides descaltvadensis</i>						<0,01		0,08	0,01		0,01		0,01	0,02
<i>Salminus brasiliensis</i>		0,03	0,28	0,06	0,01	0,02	0,07		0,01		0,03			
<i>Salminus</i> spp.					0,01	0,07								
<i>Serrapinnus</i> sp1	<0,01				<0,01		0,01							<0,01
<i>Serrapinnus heterodon</i>						0,03	<0,01							
<i>Serrasalmus</i> spp.		<0,01			0,01	0,05	0,07		0,01	0,09	0,06			<0,01
Cynodontidae														
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	0,08	0,09	0,02	0,41	0,01	0,01		0,01	0,01					
Erythrinidae**														
<i>Erythrinus erythrinus</i>					<0,01	0,01	<0,01							
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>					0,01			0,04						
<i>Hoplias</i> spp.	0,02	0,01				0,16	0,06							
<i>Hoplias</i> spp.	0,04	0,04	0,01	0,03	0,01	0,12	0,14	0,01	0,06	0,01	0,12	0,10		
Lebiasinidae														
<i>Pyrrhulina australis</i>					<0,01	<0,01			0,01					
SILURIFORMES*	1,64	0,08	0,6	0,30	0,11	0,15	0,05	0,08	0,05		0,18	0,01	0,02	0,02
Cetopsidae														
<i>Cetopsis gobioides</i>	0,01	<0,01							0,01					
Callichthyidae**														
<i>Callichthys callichthys</i>					<0,01	<0,01			0,01				0,01	
<i>Hoplosternum littorale</i>	<0,01		<0,01	0,01		0,07		0,01	0,01	0,02				
<i>Lepthoplosternum pectorale</i>										0,01				
Loricariidae														
<i>Hypostomus</i> sp		<0,01			<0,01									
<i>Loricariichthys platymetopon</i>	<0,01			0,04		0,01	0,01			0,02	0,01			
<i>Pterygoplichthys ambrosetti</i>	0,04	<0,01	<0,01							0,09				
<i>Rhinelepis aspera</i>				0,01		0,01								
<i>Rhinelepis strigosa</i>				0,01										
Hepapteridae**	0,11	<0,01	0,62	0,02	0,02	1,28	1,04	0,03		0,45		0,88	0,01	
<i>Pimelodella</i> spp						0,01			<0,01					
<i>Rhandia quelen</i>	0,01				<0,01									
Pimelodidae**	0,85	0,71	0,53	0,28	0,07	0,05	0,07	0,05		0,02	0,01	0,05		
<i>Hemisorubin platyrhynchus</i>					0,01									
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	0,02	0,14	0,01	0,01	0,07	4,65	1,22	9,75	3,45	0,03	16,16	14,00	11,50	0,29
<i>Iheringichthys labrosus</i>		0,06	0,04	0,02					0,02					0,01
<i>Pimelodus maculatus</i>		0,02	0,11			0,02		0,01		<0,01		0,01		
<i>Pimelodus</i> spp.		0,01	0,01					0,05	0,02					<0,01
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	0,71	0,48	0,30	1,31	0,08	0,04	0,01	0,08	0,06	<0,01	0,03	0,03	0,04	
<i>Sorubim lima</i>	0,04	0,01	0,11	0,01	0,02	0,01		0,01	0,01		0,01			
<i>Zungaro zungaro</i>				0,01										
Doradidae**					0,01				0,01					0,01
<i>Pterodoras granulatus</i>				0,01										
Auchenipteridae														
<i>Ageneiosus</i> spp.				<0,01	0,01	0,01								
<i>Auchenipterus osteomystax</i>	0,02	0,07	0,05	0,02	0,01									
<i>Trachycorystes galeatus</i>	0,02	0,01		0,02		0,01			0,01	0,01	0,01			

Aspredinidae														
<i>Amaralia sp</i>	<0,01													
GYMNOTIFORMES*		<0,01	0,01	0,03	0,02									
Sternopygidae														
<i>Eigenmannia spp.</i>													<0,01	
Gymnotidae														
<i>Gymnotus spp.</i>	<0,01	0,02		0,13	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07		0,01	<0,01	<0,01	
PERCIFORMES														
Cichlidae**				<0,01									0,01	
Sciaenidae														
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	0,08	0,42	0,30		<0,01	4,64	8,87	5,24	0,04	0,01	7,00	21,08	3,23	2,56
Recém-eclodida	0,14	0,09	0,05	0,13	0,04			0,01	0,01		0,03	0,01		
PLEURONECTIFORMES														
Achridae														
<i>Catathyridium jenynsii</i>		0,01				0,03	0,10				0,01	0,22	0,02	0,05
Danificadas	0,97	0,55	1,26	0,41	0,30	0,98	0,42	2,23	0,15	0,02	0,67	3,56	0,96	0,06

**Indivíduos identificados até ordem *Indivíduos identificados até família

Assembleia de larvas

No rio Ivinheima as maiores densidades foram registradas no PR 2, PR3 e PR4, porém sem diferenças significativas entre os períodos reprodutivos (Pseudo $F = 1,23$; $P = 0,16$). Na lagoa dos Patos foram constatadas maiores densidades nos PR1, PR2 e PR3 e a assembleia diferiu significativamente entre os períodos reprodutivos (Pseudo $F = 1,63$; $P = 0,04$). Na lagoa do Finado Raimundo a maior densidade foi constatada no PR2 e os períodos também apresentaram diferenças significativas (Pseudo $F = 2,7$; $P = 0,03$). (Figura 4)

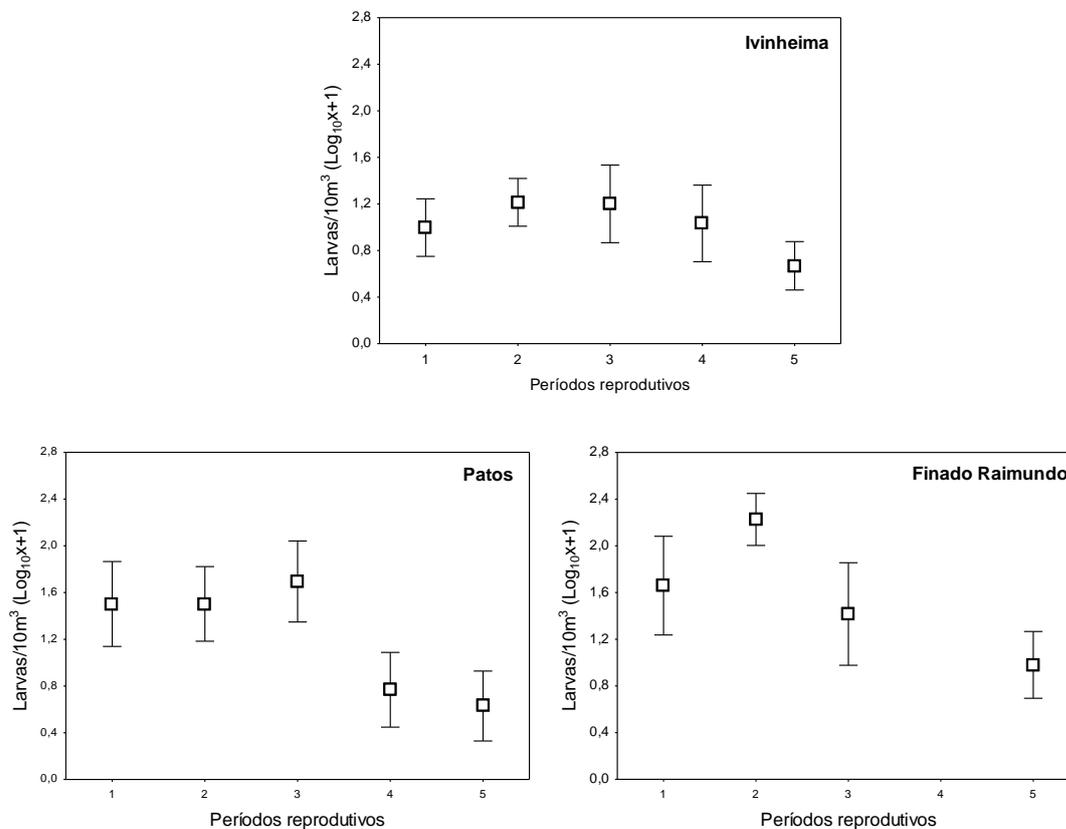


Figura 4. Valores médios ($\log x+1$) da densidade de larvas de peixes (\pm erro padrão), registrados durante cinco períodos reprodutivos nos ambientes: rio Ivinheima, lagoa dos Patos e lagoa do Finado Raimundo ao longo de cinco períodos de reprodução dos peixes (PR1-2006/2007; PR2-2007/2008; PR3-2008/2009; PR4-2009/2010 e PR5-2010/2011).

No entanto, na inspeção gráfica NMDS do rio Ivinheima (Figura 5) pode se observar que houve similaridade em alguns meses onde se observaram os pulsos de inundação, separando os meses iniciais dos meses finais dos intervalos reprodutivos considerados (Figura 4). Neste ambiente os táxons que se correlacionaram positivamente com o eixo 1 foram *Trachycorystes galeatus* (Spearman $\rho = 0,57$), *Aphyocharax* spp. ($\rho = 0,51$), *Hyphessobrycon eques* ($\rho = 0,47$), *Astyanax* spp. ($\rho = 0,41$) e *H. littorale* ($\rho = 0,41$), enquanto que as espécies correlacionadas negativamente foram *P. squamosissimus*

($\rho = -0,58$), *A. osteomystax* ($\rho = -0,58$) e *H. edentatus* ($\rho = -0,45$). Com o eixo 2 as espécies correlacionadas positivamente foram *P. corruscans* ($\rho = 0,61$), *S. lima* ($\rho = 0,57$), *P. lineatus* ($\rho = 0,50$), *B. orbignyana* ($\rho = 0,47$), *S. brasiliensis* ($\rho = 0,44$) e *R. vulpinus* ($\rho = 0,43$), somente *Moenkhausia* spp. ($\rho = -0,54$) teve correlação negativa com este eixo.

Na lagoa dos Patos (Figura 5) foram constatadas diferenças da assembleia entre os períodos reprodutivos. Os táxons que se correlacionaram positivamente com o eixo 1 foram *Gymnotus* spp. ($\rho = 0,75$), *Moenkhausia* spp. ($\rho = 0,56$), *Leporinus* spp. ($\rho = 0,52$), negativamente para este eixo foram *H. unitaeniatus* ($\rho = -0,43$) e *H. littorale* ($\rho = -0,41$). Com o eixo 2, os táxons correlacionados positivamente foram *Moenkhausia* spp. ($\rho = 0,41$) e *T. galeatus* ($\rho = 0,40$). As espécies *P. squamosissimus* ($\rho = -0,73$) e *H. edentatus* ($\rho = -0,66$) tiveram correlação negativa com este eixo.

A lagoa do Finado Raimundo (Figura 5) apresentou diferenças significativas. Os táxons que se correlacionaram positivamente com o eixo 1 foram *H. edentatus* ($\rho = 0,88$), *Serrasalmus* spp. ($\rho = 0,56$), *B. stramineus* ($\rho = 0,55$), *Hoplias* spp. ($\rho = 0,52$), *Loricariichthys platymetopon* ($\rho = 0,47$), *P. lineatus* ($\rho = 0,42$) e *S. brasiliensis* ($\rho = 0,40$), enquanto *C. jenynsii* ($\rho = -0,41$) e *P. kennedyi* ($\rho = -0,40$) apresentaram correlação negativa. Com o eixo 2, positivamente foram registrados *C. jenynsii* ($\rho = 0,69$), *B. orbignyana* ($\rho = 0,63$), *P. corruscans* ($\rho = 0,61$) e *P. lineatus* ($\rho = 0,48$), e negativamente *P. kennedyi* ($\rho = -0,43$), *H. eques* ($\rho = -0,40$) e *Roeboides descavadensis* ($\rho = -0,40$).

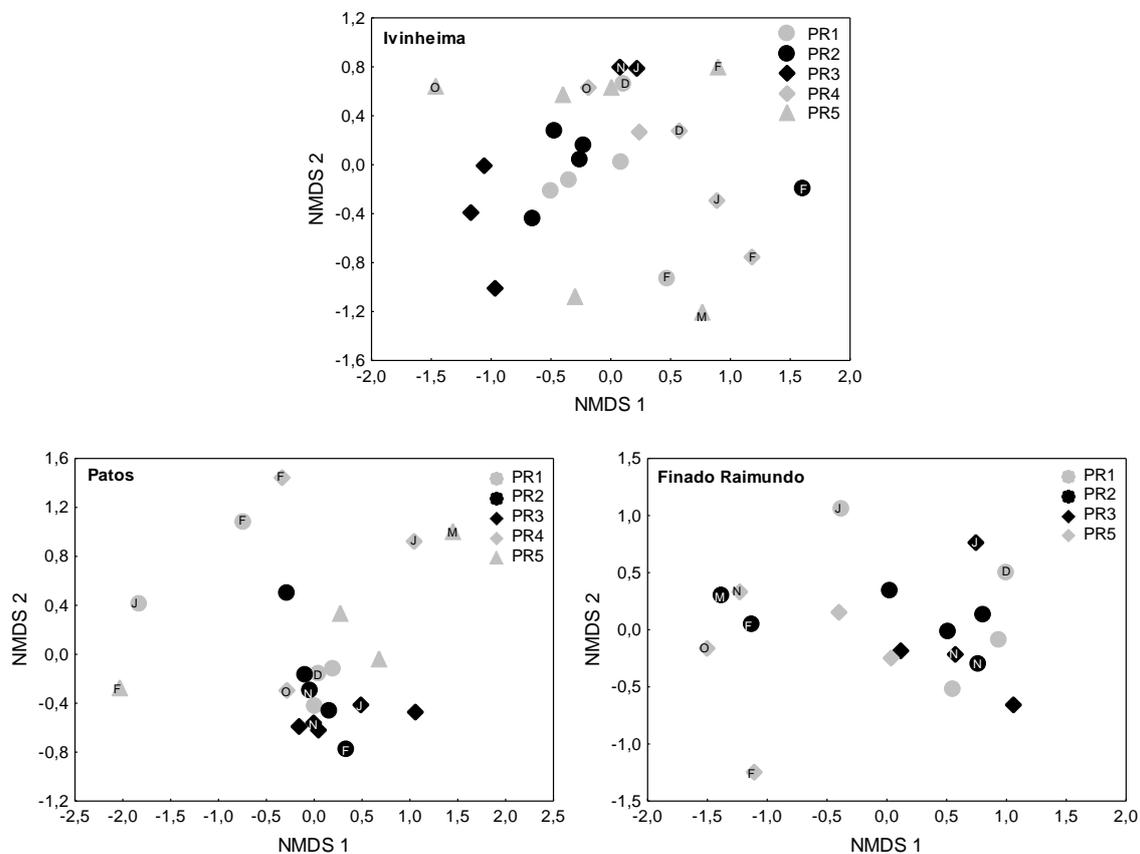


Figura 5. Ordenação dos dois eixos gerados pelo escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), aplicados a matriz de similaridade da densidade da assembleia de larvas, que foram obtidas nos ambientes Ivinheima, Finado Raimundo e Patos ao longo de cinco períodos de reprodução dos peixes (PR1-2006/2007; PR2-2007/2008; PR3-2008/2009; PR4-2009/2010 e PR5-2010/2011). As letras representam os meses em que ocorreram pulsos (O=outubro; N=novembro; D=dezembro; J=janeiro; F=fevereiro e M=março). As cores representam períodos em que predominaram características de cheia e seca (cinza=cheia e preto=seca) Ordenação controlando o fator intervalos reprodutivos.

O ictioplâncton e a relação com o regime hidrológico

No geral, as correlações entre os atributos hidrológicos no rio Ivinheima e a densidade total de ovos e larvas foram positivas e com maior intensidade nos eixos 2 (número de pulsos). Os migradores de longa distância (ML) também estiveram positivamente relacionados com o eixo 2, enquanto os migradores de curta distância (NM) e com fecundação interna (FI) apresentaram correlação positiva com o eixo 1. Já os táxons que apresentam cuidado parental (CP) apresentaram correlação negativa com o eixo 3 (previsibilidade) (Tabela 5).

Na lagoa dos Patos, as densidades de ovos e larvas se correlacionaram positivamente com o eixo 1. Os estrategistas ML se correlacionaram positivamente com o eixo 2, enquanto que para os NM foram registradas correlações positivas com o eixo 1. Já os CP estiveram negativamente relacionados com o eixo 3, e os FI não apresentaram correlações significativas (Tabela 5).

Na lagoa do Finado Raimundo as correlações com densidade de ovos não foram significativas, ao mesmo tempo em que a densidade de larvas teve correlação positiva com o eixo 1. Com relação as guildas reprodutivas, a densidade dos ML correlação positiva com o eixo 2. Os não migradores (NM) apresentaram correlação positiva com o eixo 1 e negativa com o eixo 3. Os indivíduos pertencentes aos estrategistas CP e FI se correlacionaram negativamente com o eixo 3 (Tabela 5).

Tabela 5 . Resultados das correlações de Spearman entre os atributos hidrométricos (escores dos eixos da ACP) e a densidade de ovos e larvas e estratégias reprodutivas (ML= migradores de longas distâncias; NM= Não migradores ou migradores de curtas distâncias; CP=cuidado parental e FI=fecundação interna), de larvas de peixes, nos ambientes: rio Ivinheima, lagoa dos Patos e lagoa do Finado Raimundo.

Atributos hidrométricos	Ovos	Larvas	ML	NM	CP	FI
Ivinheima						
PCA1	-0,30	0,20	0,00	0,70	-0,50	0,70
PCA2	0,70	0,70	0,90	-0,30	0,40	0,30
PCA3	-0,50	0,30	0,40	0,00	-0,60	-0,30
Patos						
PCA1	0,60	0,60	0,10	0,80	0,20	-0,22
PCA2	-0,10	0,40	0,60	0,30	-0,50	-0,45
PCA3	-0,10	0,10	0,00	0,00	-0,80	-0,11
Finado Raimundo						
PCA1	-0,40	0,80	0,20	0,80	0,40	0,21
PCA2	0,10	0,20	0,80	0,20	0,40	0,11
PCA3	-0,40	-0,80	0,00	-0,80	-0,60	-0,74

2.4 DISCUSSÃO

A variação hidrológica durante uma cheia pode ser considerada um fator crucial para a desova, fecundação dos oócitos, flutuabilidade e deriva dos ovos (Godoy 1975). Neste estudo grandes desovas foram registradas no rio Ivinheima, confirmando a importância deste ambiente como local de desova e dispersão dos ovos das espécies de peixes da região. Ficou evidente, ainda, que as maiores densidades médias de ovos foram verificadas no PR4 e PR1, onde se registraram as maiores cheias, em contrapartida o PR5 também foi um ano de maior cheia em relação ao PR1, porém as densidades médias de ovos e larvas foram menores comparativamente aos demais períodos, indicando que possivelmente isto se deve ao início tardio da cheia no PR5 (meados de janeiro) em comparação com os outros períodos. Cheias que ocorrem em

períodos refratários à reprodução (cedo ou tardiamente no período de reprodução) podem reduzir a intensidade reprodutiva para a maioria das espécies, pois os peixes não estão preparados para estes acontecimentos (Suzuki et al., 2009; Oliveira et al., 2015).

Baixas densidades de ovos foram verificadas nas lagoas, fato que estaria relacionado com a estratégia da maioria das espécies que desovam nestes locais, cujos adultos depositam seus ovos nas regiões litorâneas, têm ovos adesivos e são construtores de ninhos, além de apresentar cuidado parental, o que dificultaria sua amostragem (Nakatani et al., 2001).

O maior número de espécies (larvas) no rio Ivinheima foi registrada no PR4 com 34 espécies. Já para a lagoa dos Patos (32 espécies), e Finado Raimundo (21 espécies) o maior número de espécies foi no PR1, confirmando em parte a hipótese de que anos com mares cheias favorecem ao aumento na diversidade, pois embora isso tenha sido comprovado no Ivinheima, não o foi para as lagoas, onde a maior diversidade foi verificada no ano com variação hidrológica intermediária. Dessa forma, as lagoas se enquadrariam na hipótese do distúrbio intermediário (Connell, 1978), a qual parte do pressuposto que distúrbios intermediários favorecem o aumento da diversidade, no entanto deve se ressaltar que a maioria das espécies registradas nas lagoas foram de não migradores.

O subsistema Ivinheima pode ser considerado importante local para as fases iniciais dos peixes, especialmente as espécies que realizam grandes migrações (Nakatani et al., (1997); Sanches et al., (2006); Ziober et al., (2007), Reynalte-Tataje et al., (2011; 2013). Os períodos de reprodução PR3 e PR2, ou seja, anos mais secos, apresentaram, respectivamente, maiores densidades totais de larvas no rio Ivinheima e nas duas lagoas. Estudos recentes demonstraram desova bem sucedida e alto

recrutamento de muitas espécies sem a inundação da planície (Balcombe et al. 2007; King et al. 2009), e, durante os períodos de baixa vazão, foi verificado o recrutamento da maioria das espécies e constatou-se que abundância de suas presas eram mais elevadas (Zeug e Winemiller, 2008). Durante os períodos reprodutivos foi constatado que as maiores densidades de larvas ocorreram nas lagoas, especialmente na do Finado Raimundo. Entretanto, apesar da presença das larvas dos grandes migradores, elevada parcela foi composta por espécies sedentárias. No rio Ivinheima pode se observar o inverso com a predominância de larvas de grandes migradores, revelando a importância de se manter este ambiente em suas condições mais próximas do natural.

Nas lagoas predominaram duas espécies exóticas, *H. edentatus* e *P. squamosissimus* (as duas juntas representaram 93% na lagoa do Finado Raimundo e 70% na lagoa dos Patos). Diversas pesquisas detectaram a presença majoritária de larvas destas espécies em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, atribuindo-se a elevada abundância às suas táticas reprodutivas (Bialetzki et al., 2005; Ziober et al., 2007; Baumgartner et al., 2008; Kipper et al., 2011). No Ivinheima as maiores cheias parecem desfavorecer a reprodução destas espécies, pois elas não configuraram entre as mais importantes no PR4, período com maior cheia. Segundo Poff et al. (1997) ambientes com fluxo natural ou pouco alterados tendem a favorecer a permanência de espécies nativas, controlando as invasoras. Entretanto, estudos têm apontado que espécie exótica *P. squamosissimus* pode ter se estabelecido neste ambiente (Reynalte-Tataje et al., 2013) e as baixas densidades no PR4 podem ser resultantes da predação ou dos maiores fluxos presentes neste período, pois Bialetzki et al. (2004) considera que esta espécie tem preferência por ambientes lênticos.

A variabilidade das características do pulso de inundação ao longo de um período produz alterações na assembléia, influenciando de maneira singular a proporção

entre as espécies pertencentes a diferentes estratégias reprodutivas. Na planície de inundação do alto rio Paraná as espécies de grandes migradores se deslocam rio acima durante o início da inundação e desovam nos trechos superiores dos rios (Agostinho et al., 2003). O Ivinheima se configura num destes afluentes e, apesar de os testes não apontarem diferenças significativas, na inspeção gráfica da NMDS foi possível observar que a densidade de larvas de espécies migradoras estiveram relacionados com os meses onde ocorreram os pulsos de inundação. Godoy (1975) relata que os grandes migradores não desovam quando o nível de água do rio é estável ou diminui. Porém, os pulsos observados não estiveram necessariamente associados aos períodos de maiores cheias, especialmente os primeiros meses do intervalo, ou seja, no início do verão, confirmando as observações de Godoy (1975) e Vazzoler (1996), que afirmam a preferência dos migradores por esta época. Também pode se observar que espécies com outras estratégias estiveram associadas aos pulsos, mas com os meses finais dos intervalos, p. ex. *T. galeatus* (FI), *Aphyocharax* spp., *H. eques* e *Astyanax* spp. (CM) e *H. littorale* (CP). Embora nem todas as espécies dependam dos pulsos para estimular migrações ou desova, a sobrevivência das larvas e seu recrutamento pode ser beneficiado com a elevação do nível fluviométrico dos rios (Gehrke et al., 1995; King et al., 2009, Agostinho et al., 2004).

A época em que as cheias ocorrem parece influenciar a estruturação de grupos distintos, no entanto, no rio Ivinheima, alguns grupos também se estruturaram nos períodos em que predominaram as características de seca. As espécies *P. squamosissimus*, *A. osteomystax*, *H. edentatus* e *Moenkhausia* spp se relacionaram aos períodos anuais mais secos, PR2 e PR3. A similaridade da assembleia verificada em anos secos sugere concordância com a “hipótese do recrutamento em baixo fluxo” proposta por Humphries et al. (1999). Estes autores salientam que o canal principal do

rio, ambientes litorâneos e remansos podem oferecer condições necessárias para o desenvolvimento das larvas de algumas espécies de peixes.

Para as lagoas, os testes apontaram diferenças entre os períodos reprodutivos. Na lagoa dos Patos (maior similaridade nos anos secos PR2 e PR3 que diferiram dos demais) apesar da abundância de larvas de migradores, não tiveram correlações com os eixos da NMDS. Na lagoa do Finado Raimundo, no PR3 as migradoras *P. lineatus* e *S. brasiliensis* mostraram relação com o pulso dos meses iniciais, enquanto que as larvas de espécies com outras estratégias não apresentaram um padrão claro ao longo dos períodos. Para as duas lagoas as espécies *P. squamosissimus* e *H. edentatus* estiveram fortemente relacionados com anos secos, sugerindo uma relação entre o aumento e a densidade dos indivíduos ocasionada pela diminuição do espaço físico (Ward et al., 1999).

Segundo Agostinho et al. (2004b), em ambientes tropicais a permanência de cheias acima de 75 dias favorece a reprodução dos grandes migradores. Estes autores encontraram uma correlação significativa entre a biomassa de juvenis deste grupo com os anos em que a cheia apresentou maior duração. As larvas dos ML apresentaram correlações significativas com o número de pulsos, que podem estar diretamente relacionados com a duração da cheia, favorecendo as espécies migradoras. Também foram constatadas grandes densidades de larvas de migradores nos anos mais secos (PR2-*Pseudoplatystoma corruscans*) e (PR3- *Prochilodus lineatus*). Reynalte-Tataje et al. (2013) estudando quatro intervalos de reprodução no rio Ivinheima, constataram as maiores densidades de larvas de espécies migradoras nos anos mais secos e relaciona este fato a variação no comportamento alimentar das espécies. No entanto, a constatação de elevadas densidades de larvas de migradores em anos secos necessita de maiores

esclarecimentos, pois segundo Suzuki et al. (2009), esta presença pode não garantir o sucesso no seu recrutamento.

Larvas de espécies com cuidado parental (CP) se relacionaram com maior intensidade com a previsibilidade de início da cheia. Resultados semelhantes foram verificados para juvenis deste grupo em estudos realizados na planície de inundação do rio Cuiabá por Bailly et al. (2008). Segundo estes autores a inundação da vegetação pode aumentar a diversidade de *habitats* e favorecer estas espécies que encontram locais de abrigo e para construir ninhos.

Durante este estudo foi constatado que a reprodução de diversos grupos de peixes ocorreu em variados momentos das condições hidrológicas do rio: algumas espécies de migradores predominaram em períodos de alto fluxo, outras que não realizam migrações, em baixo fluxo. Por outro lado, foi verificado equilíbrio na proporção da densidade de espécies de migradoras e sedentárias em períodos intermediários. Esta diferenciação pode ser englobada no modelo proposto por Humphries et al. (2014) que introduziram o conceito “The river wave concept” onde fazem uma analogia com as características da “onda” e a variabilidade hidrológica de um rio, considerando o equilíbrio ecológico em diversas condições hidrológicas.

Conclui-se que as cheias mais extensas favoreceram a reprodução dos peixes, constatada pelas maiores abundâncias de ovos e larvas nestes períodos, assim como, por favorecer espécies com estratégias reprodutivas diversas. Também pode se observar que anos secos e intermediários apresentam importância para a reprodução de espécies, principalmente para as sedentárias, apesar de algumas migradoras serem encontradas também nessas condições. Ainda foi verificada a estruturação das espécies com diferentes estratégias, dependendo da época em que o pulso ocorre. Releva-se a

importância de considerar diversos estágios do ciclo de vida nestes estudos, porém, para aprimorar o conhecimento deve se considerar as taxas de mortalidade de larvas e a presença de juvenis migradores em anos secos para se confirmar se esta acontecendo o recrutamento. Face às marcantes alterações ambientais que se verifica no restante da bacia do rio Paraná, especialmente pela regulação imposta pelos represamentos, deve se buscar a manutenção das condições naturais do fluxo do rio Ivinheima, visto que este ambiente tem profundas implicações para a conservação da biodiversidade no remanescente livre do rio Paraná, com papel relevante na conservação da biodiversidade regional.

3 A DINÂMICA SAZONAL DO ICTIOPLÂNTON EM UM RIO NEOTROPICAL NÃO REGULADO

Resumo

O comportamento reprodutivo dos peixes pode variar entre as diferentes bacias hidrográficas, apresentando estreitas relações com as variáveis ambientais locais. Entretanto, a determinação da influência dessas variáveis sobre as espécies, considerando as diferentes fases do ciclo de vida e as estratégias das espécies de peixes, ainda precisa de maior investigação. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar as variações temporais na abundância e composição de ovos e larvas de peixes, avaliando a influência das variáveis ambientais sobre elas. As coletas de ictioplâncton ocorreram no rio Ivinheima entre outubro de 2011 e março de 2012. As diferenças na densidade de ovos e larvas entre os meses foram testadas através de análises permutacionais. Para analisar os padrões de similaridade na assembleia de larvas foram usados escalonamentos multidimensionais não métricos. Os efeitos das variáveis abióticas sobre a abundância total de ovos e larvas foram avaliados por meio de correlações de Spearman. As maiores densidades de larvas ocorreram nos meses de maior precipitação, sendo que os testes apontaram diferenças significativas entre os meses. Os testes revelaram uma separação entre os meses de maior e menor precipitação, visto que espécies migradoras se relacionaram com os meses de maior precipitação. As densidades de ovos e de larvas, bem como de algumas espécies migradoras se correlacionaram positivamente com a precipitação, enquanto que a temperatura se relacionou de forma negativa com os migradores. Pode se concluir que a sazonalidade da reprodução das espécies (especialmente as migradoras) apresenta sincronia com as épocas mais chuvosas. Por outro lado nos meses com baixa precipitação ocorre a reprodução de algumas espécies que apresentam grande plasticidade reprodutiva. A variabilidade dos fatores abióticos considerados pode influenciar as espécies individualmente de maneiras distintas, no entanto, dependendo das estratégias de reprodução, algumas espécies podem apresentar a mesma resposta em relação a variável ambiental considerada.

Palavras-chave: Ictioplâncton. Precipitação. Ovos de peixes. Sazonalidade. Variáveis abióticas.

Abstract

The fish reproductive behavior may vary between different river basins, with close relations with local environmental variables. However, the determination of environmental variables concerning the species, taking into account the different stages of the life cycle and the strategies of fish species, should be further investigated. The objective of this study was to describe the variation in the abundance of fish eggs and larvae, as well as to verify if there were changes in the assemblage composition. Finally, we tested the influence of environmental variables on the abundance of eggs and fish larvae. The ichthyoplankton collections occurred in the Ivinheima river between October 2011 and March 2012. The possible differences in the density of eggs and larvae between months were tested with Permutational Multivariate Analysis of Variance. In order to analyze the similarity of patterns in the assembly of larvae, we were used Non-metric Multidimensional Scaling. The effects of environmental variables on the total abundance of eggs and larvae were assessed using Spearman correlations. The highest densities of larvae occurred in the months of highest precipitation, tests showed significant differences between the months. The tests revealed a separation between the months of highest and lowest rainfall, and migratory species were related to the months of highest precipitation. The densities of eggs and larvae, as well as some migratory species were positively correlated with rainfall, whereas the temperature was negatively correlated with the migratory. It can be concluded that the seasonality of reproduction of the species (especially the migratory one) presents synchrony in the rainy periods. On the other hand, species with large reproductive plasticity breed the months with lower rainfalls. The variability of abiotic factors can influence the species considered individually in different ways, however, depending on the breeding strategies, some species may have the same response against the environmental variable considered.

Keywords: Environmental variables. Fish eggs. Ichthyoplankton. Rainfall. Seasonality

3.1 INTRODUÇÃO

A periodicidade reprodutiva dos peixes pode ser influenciada por diversos fatores ambientais como, por exemplo, o fotoperíodo, a pluviosidade, a variação do nível fluviométrico, a transparência da água, a temperatura da água, oxigênio dissolvido, o pH e a condutividade elétrica (Munro, 1990). Com exceção do fotoperíodo as demais variáveis apresentam uma estreita dependência com o regime de chuvas, que por sua vez, interferem na variabilidade hidrológica sazonal. Segundo Winemiller (1989) esta variabilidade sincroniza o comportamento biológico dos peixes e pode desencadear a maturação gonadal, as migrações, a desova e o desenvolvimento das fases iniciais. Além das variáveis citadas, os locais de alimentação e repouso e também a presença de abrigo contra predadores e perturbações, são fatores importantes para a reprodução dos peixes.

O comportamento reprodutivo dos peixes pode variar entre as diferentes bacias hidrográficas, apresentando estreitas relações com as variáveis ambientais locais (Humphries et al., 1999). Deste modo, na região tropical, o aumento das chuvas e a elevação do nível fluviométrico determinam a sazonalidade reprodutiva da maioria das espécies (Machado-Alisson 1990; Vazzoler, 1996). Em contrapartida, nas regiões temperadas estudos apontam que a variação na temperatura da água sobrepõe o efeito da variação no nível da água na determinação da sazonalidade reprodutiva (Humphries e Lake, 2000). No entanto, considerando esta região King et al. (2003) sugerem que para que o recrutamento seja maximizado, a reprodução dos peixes deve ocorrer quando o nível fluviométrico e a temperatura da água aumentam.

A maioria das espécies de peixes do alto rio Paraná tem sincronizada sua desova com a variação do nível fluviométrico - sofrem influência do pulso de inundação - e muitas espécies, em especial as grandes migradoras, são afetadas pela regulação de

vazão imposta por reservatórios a montante (Agostinho et al., 2005). Contudo, alguns tributários não são regulados por barragens e apresentam elevada heterogeneidade de *habitats*, mantendo uma grande biodiversidade de organismos aquáticos e terrestres (Agostinho et al., 2004a), com destaque para o rio Ivinheima, sem barragens em seu percurso e que se apresenta como uma área importante para a conservação da biodiversidade (Agostinho et al., 2005). Este rio encontra-se inserido no Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, que foi criado como medida compensatória pela construção do reservatório de Porto Primavera, uma hidrelétrica que suprimiu mais da metade a extensão da várzea (250 do total de 480 Km) do rio Paraná. Segundo Nakatani et al. (1997); Vazzoler et al. (1997) e Sanches et al. (2006) este rio pode ser considerado o mais importante para a reprodução dos peixes, em comparação com outros rios da planície de inundação do alto rio Paraná, especialmente pela presença de larvas de espécies de grandes migradores.

O estudo do ictioplâncton pode ser muito útil na avaliação da qualidade dos rios e de outros ambientes aquáticos, principalmente por causa das exigências do *habitat*, de fluxo e de alimentos específicos desta fase da vida (Sheaffer e Nickum, 1986; Scheidegger e Bain, 1995). Estudos realizados na sub-bacia do rio Ivinheima têm apontado a influência das variáveis ambientais sobre a abundância de ovos e larvas de peixes, com destaque para a temperatura, o fotoperíodo e o nível fluviométrico (Baumgartner et al., 1997; Ziober et al., 2007; Reynalte-Tataje et al., 2011; 2013). No entanto, o papel real das variáveis ambientais sobre as espécies, considerando as diferentes estratégias de vida das espécies na planície do alto rio Paraná ainda carece de uma investigação mais aprofundada.

Neste estudo objetivou-se (i) descrever a composição das espécies e a variação da abundância de ovos e larvas de peixes ao longo de um período reprodutivo; (ii)

investigar se houve maior similaridade na composição da assembléia nos meses mais chuvosos; (iii) verificar a influência da precipitação e da temperatura da água sobre a abundância dos ovos e das larvas de peixes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Ambiente de amostragem

A bacia do rio Ivinheima, um dos principais afluentes da margem direita do rio Paraná apresenta uma área de 38.200 Km², toda ela inserida no estado do Mato Grosso do Sul. É um rio caracteristicamente lótico, com padrão meândrico, sendo formado pelos rios Brilhante e Dourados. Tem cerca de 310 Km de extensão e apresenta, em seu terço inferior um grande número de lagoas temporárias e permanentes (Figura 1). Na planície de inundação o rio Ivinheima apresenta três comunicações com o rio Paraná, o canal do Ipoitã, a boca do meio e sua foz principal ou boca sul em Porto Caiuá (Souza Filho e Stevaux, 1997). A estação de coleta no rio Ivinheima (22°48'00"S; 53°32'00"O) está inserida num trecho com diferentes condições hidrológicas e elevada heterogeneidade de *habitats*, devido à proximidade com canais de ligação com o rio Paraná (Ipoitã e Corutuba) e grandes lagoas (Finado Raimundo e Patos) (Figura 1).

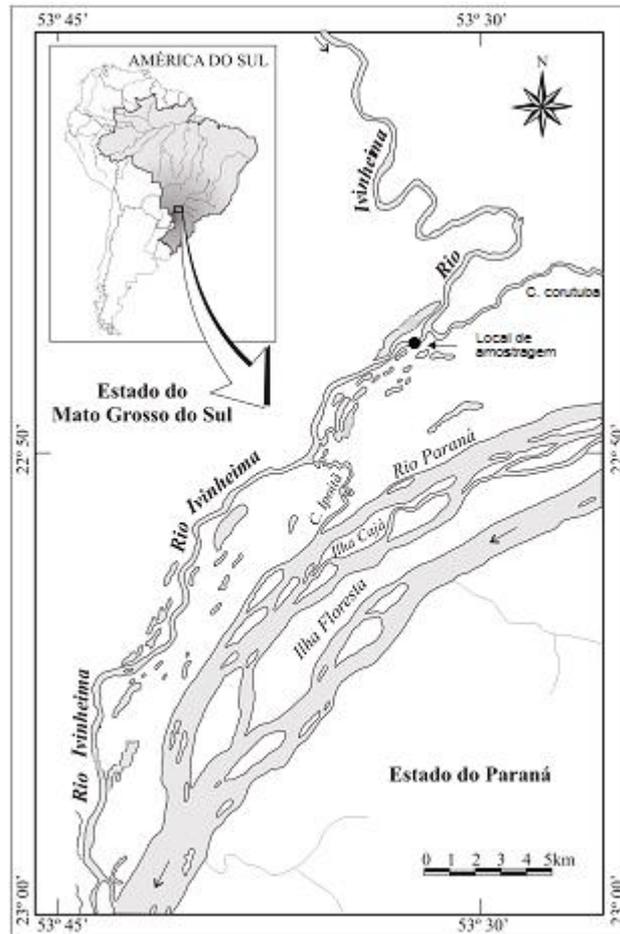


Figura 1. Local de amostragem no rio Ivinheima, MS.

Coleta dos dados e procedimentos laboratoriais

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de reprodução da maioria dos peixes da região (Vazzoler et al., 1997) – iniciando em outubro de 2011 e terminando em março de 2012. Para as coletas, foram utilizadas redes de plâncton do tipo cônico-cilíndrica, com malha 0,5 mm e fluxômetro acoplado à boca para a obtenção do volume de água filtrada. As redes foram fixadas a um cabo estendido perpendicularmente à superfície da água, sendo três redes de superfície (margens esquerda e direita e centro do rio) e duas de fundo (margem direita e centro do rio), todas expostas por 15 minutos. As coletas foram realizadas ao longo de um ciclo nictemeral com intervalo de seis horas (18:00, 0:00, 6:00 e 12:00) entre as amostragens.

As amostras obtidas foram fixadas em solução de formalina 4%, tamponada com CaCO_3 . No laboratório, as amostras foram triadas, os ovos e as larvas foram separados e quantificados. As larvas foram identificadas de acordo com o método proposto por Ahlstrom & Ball (1954), modificado por Nakatani et al. (2001). A abundância de indivíduos foi padronizada para um volume de 10 m^3 de água filtrada, de acordo com Tanaka (1973), modificado por Nakatani et al. (2001).

Simultaneamente às amostragens do ictioplâncton foi medida a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$). Os valores de precipitação diária referentes ao período de coleta foram obtidos a estação hidrometeorológica Ivinheima, operada pela Agência Nacional das Águas (ANA) (Disponível em: <http://www2.snirh.gov.br/home/>).

O material biológico utilizado foi depositado no Laboratório de Ictioplâncton do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Análises dos dados

Variáveis abióticas

Para testar a relação entre a precipitação e a presença de ovos e larvas nos dias de coleta, bem como aqueles que antecederam as mesmas, foi considerada a média da precipitação de dez dias anteriores às coletas.

Variáveis bióticas

Ovos e larvas

As diferenças na abundância dos ovos considerando o fator meses foram testadas por uma PERMANOVA (Permutational Multivariate Analyses of Variance) aplicadas sobre a matriz Euclidiana de similaridade (Anderson, 2008).

As possíveis diferenças na assembleia de larvas entre o fator meses foram determinadas por uma análise permutacional PERMANOVA “*main test*”.

Preliminarmente a esta análise foi gerada uma matriz similaridade, sendo utilizado o coeficiente de Bray-Curtis. Não houve a possibilidade a realização de testes *a posteriori*, pois as variáveis quantitativas (espécies) representam a somatória das densidades nos horários de coleta nas unidades amostrais. Desta maneira a replicação de amostras torna-se inviável e não é possível um número plausível de permutações únicas par-a-par entre as amostras.

Para sumarizar padrões de similaridade na assembléia de larvas entre os meses (fatores), uma NMDS de configuração bidimensional com o menor *stress* foi aplicada sobre o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Para facilitar a visualização foram consideradas densidades dos indivíduos identificados até gênero; as espécies com baixa abundância ($n < 3$) foram desconsideradas por interferir na ordenação. A identificação dos táxons mais influentes na composição dos eixos da NMDS foi realizada através de correlações entre os escores dos eixos e a matriz original dos dados (correlação de Spearman, ρ).

Os efeitos da precipitação e da temperatura sobre a abundância total de ovos, larvas e dos táxons mais frequentes foram avaliados por meio de correlações de Spearman.

As análises (PERMANOVA e NMDS) foram realizadas pelo *software* PRIMER E versão 6 + *add-on* da PERMANOVA (Clarke & Gorley, 2006; Anderson, 2008). As correlações foram realizadas pelo programa Statistica™ (Statsoft, 2007).

3.3 RESULTADOS

Os maiores valores acumulados de precipitação foram observados nos meses de janeiro (249,3 mm) e outubro (199,7 mm), apesar de março apresentar considerável valor, a maior acumulação ocorreu após a coleta de plâncton, que ocorreu no dia quinze deste

mês, enquanto os menores ocorreram em dezembro (43,3 mm) e fevereiro (107,4 mm) (Figura 2A). A média encontrada nos dias de coleta e as que antecederam as mesmas mostraram a mesma tendência (maiores médias em janeiro e outubro, com 16,52 e 8,4 mm, respectivamente) e menores em fevereiro (1,33 mm) e dezembro (2,2 mm) (Figura 2B). Os valores de temperatura da água apresentaram uma elevação nas médias com o passar dos meses, com leve decréscimo em março em relação a fevereiro, que apresentou a maior média, com 28,1°C (Figura 2C).

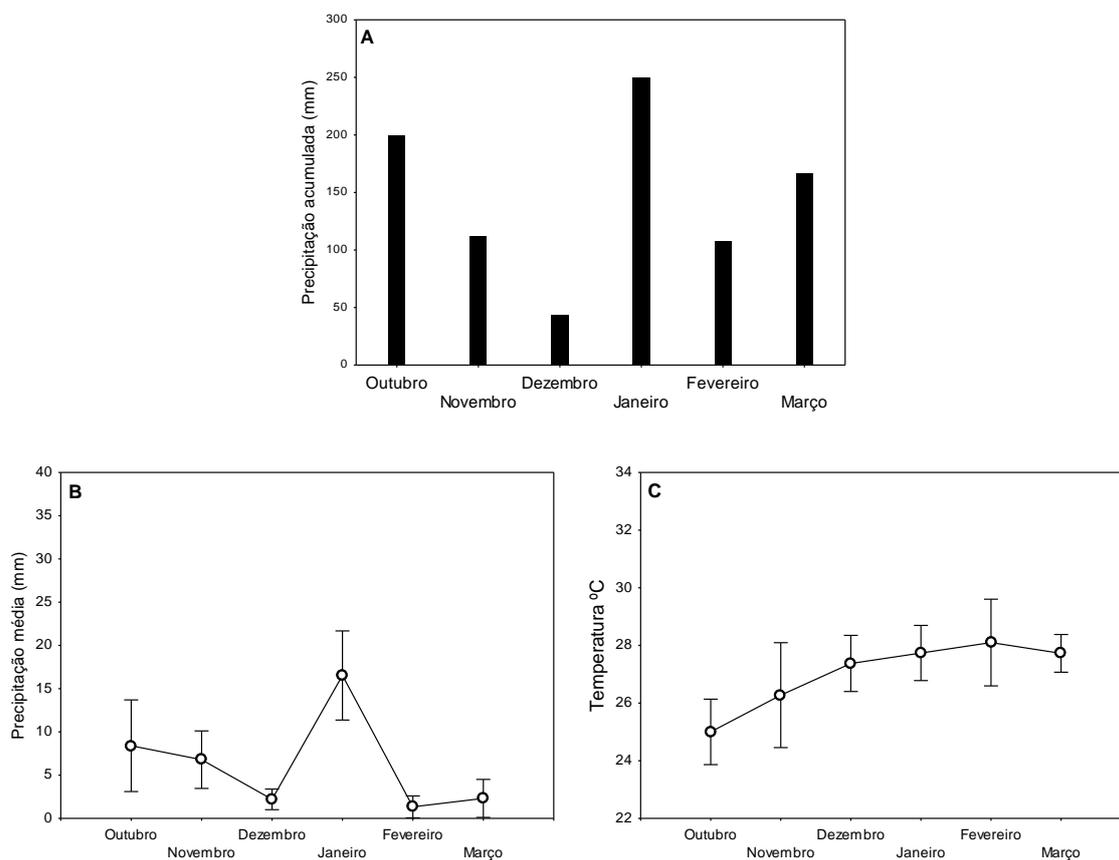


Figura 2. Valores das variáveis ambientais registradas no rio Ivinheima durante outubro de 2011 a março de 2012. Precipitação mensal acumulada (A), variação da precipitação nos dez dias que antecederam as coletas (B) e variação na temperatura (C) (círculo=média; barra= \pm erro padrão).

Levantamento do Ictioplâncton

Durante o estudo foram capturadas, no rio Ivinheima, 496 larvas, classificadas em quatro ordens, sendo Characiformes (55,2%) a mais abundante, seguida de Siluriformes (28,1%), Gymnotiformes (1,50%) e Perciformes (0,1%). As demais larvas não puderam ser identificadas, ou por estarem em um estágio muito inicial de desenvolvimento ou danificadas. Foram encontradas larvas de 18 espécies (10 famílias e 18 gêneros), sendo que os táxons mais abundantes no mês de outubro foram *Pseudoplatystoma corruscans*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Bryconamericus stramineus* e *Sorubim lima*. Em novembro foram encontrados com maior frequência *Prochilodus lineatus*, *S. lima*, *P. corruscans* e *Auchenipterus osteomystax*, enquanto em dezembro se destacaram *Hoplias* spp., *Hemisorubim platyrhynchos* e *Pimelodus* spp. No mês de janeiro elevadas abundâncias de *P. corruscans*, *Piaractus mesopotamicus*, *A. osteomystax* e *Gymnotus* spp. foram registradas, já em fevereiro destacaram-se *B. stramineus*, *A. osteomystax* e *Moenkhausia forestii* e, em março, *B. stramineus*, *A. osteomystax* e *Leporinus* spp. (Tabela 1).

Tabela 1. Densidade média (indivíduos/10m³) dos grupos taxonômicos de larvas de peixes verificados no rio Ivinheima, MS, no período de outubro de 2011 e março de 2012. O enquadramento taxonômico foi baseado em Reis et al. (2003) e Graça & Pavanelli (2007).

Grupo Taxonômico	Anos/Meses					
	2011			2012		
	O	N	D	J	F	M
CHARACIFORMES*	0,02	0,03		<0,01		
Prochilodontidae						
<i>Prochilodus lineatus</i>		0,09				
Anostomidae**	0,12	0,93	0,34	0,73	0,02	
<i>Leporinus</i> spp.						0,02
Characidae**	0,02	0,02				
<i>Brycon orbignyianus</i>		0,02				
<i>Bryconamericus stramineus</i>	0,03	0,02			0,18	0,05
<i>Moenkhausia forestii</i>					0,04	
<i>Piaractus mesopotamicus</i>		0,02		0,08		
<i>Serrasalmus</i> spp.	<0,01					
Cynodontidae						
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	0,05	0,02				
Erythrinidae**				0,04		
<i>Hoplias</i> spp.			0,03			
SILURIFORMES*	0,08	0,06		0,05		
Hepapteridae*		<0,01				
Pimelodidae*	0,10	0,23	0,04	0,17	0,05	0,03
<i>Hemisorubin platyrhynchus</i>			0,03			
<i>Pimelodus</i> spp.	0,01	0,02	0,03			
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	0,12	0,04		0,09		
<i>Sorubim lima</i>	0,02	0,06		<0,01		
<i>Zungaro zungaro</i>		<0,01				
Auchenipteridae						
<i>Ageneiosus</i> spp.		<0,01				
<i>Auchenipterus osteomystax</i>		0,03	0,02	0,05	0,11	0,02
PERCIFORMES						
Sciaenidae						
<i>Plagioscion squamosissimus</i>		<0,01				
GYMNOTIFORMES*				0,01		
Gymnotidae						
<i>Gymnotus</i> spp.		0,02	0,02	0,03		

**Indivíduos identificados até ordem *Indivíduos identificados até família

Ovos e larvas

Durante o estudo foram capturados 1.336 ovos, as maiores densidades médias foram registradas nos meses de janeiro e novembro, enquanto que as menores ocorreram em março e fevereiro. A PERMANOVA identificou que a abundância dos ovos diferiu significativamente entre os meses analisados (Pseudo $F = 5.31$; $P = 0,00$) (Figura 3A).

A distribuição mensal das larvas seguiu a mesma tendência encontrada para a distribuição dos ovos, com maiores médias em janeiro e novembro e menores em março e fevereiro. A PERMANOVA identificou que a distribuição das larvas foi significativamente diferente entre os meses analisados (Pseudo $F = 2.37$; $P = 0,00$) (Figura 3B).

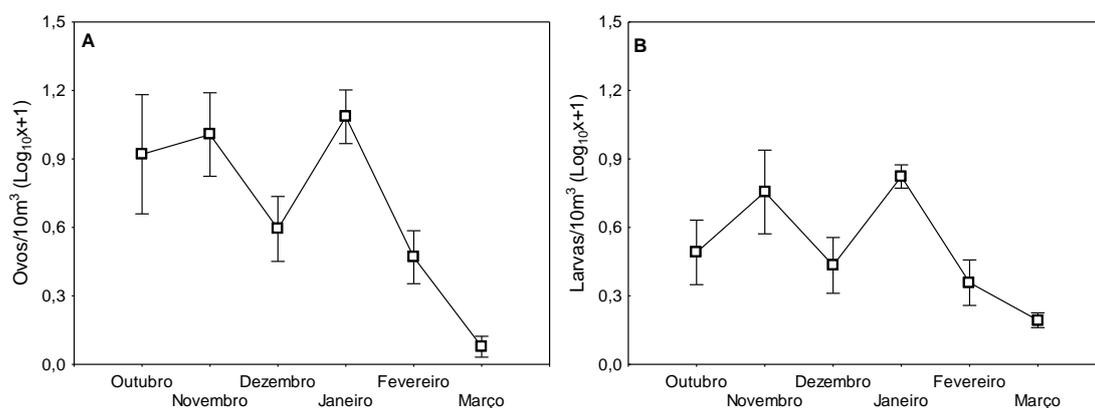


Figura 3. Variação na abundância de ovos (A) e larvas (B) de peixes registradas no rio Ivinheima no período de outubro de 2011 e março de 2012. (quadrado=média; barra= \pm erro padrão).

Na inspeção gráfica da NMDS constata-se uma separação entre os meses de maior precipitação (parte inferior do gráfico) e menor (parte superior do gráfico) (Figura 4). Os táxons que se correlacionaram positivamente com o eixo 1 foram *Pimelodus* spp. (Spearman $\rho = 0,52$), *P. corruscans* ($\rho = 0,50$) e *R. vulpinus* ($\rho = 0,40$), enquanto os que se correlacionaram negativamente foram *A. osteomystax* ($\rho = -0,68$), *Hoplias* spp. ($\rho = -0,49$) e *Gymnotus* spp. ($\rho = 0,45$). Com o eixo 2, *B. stramineus* ($\rho = 0,62$) apresentou

correlação positiva, já *P. corruscans* ($\rho = -0,55$) e *S. lima* ($\rho = -0,54$) apresentaram correlações negativas com este eixo.

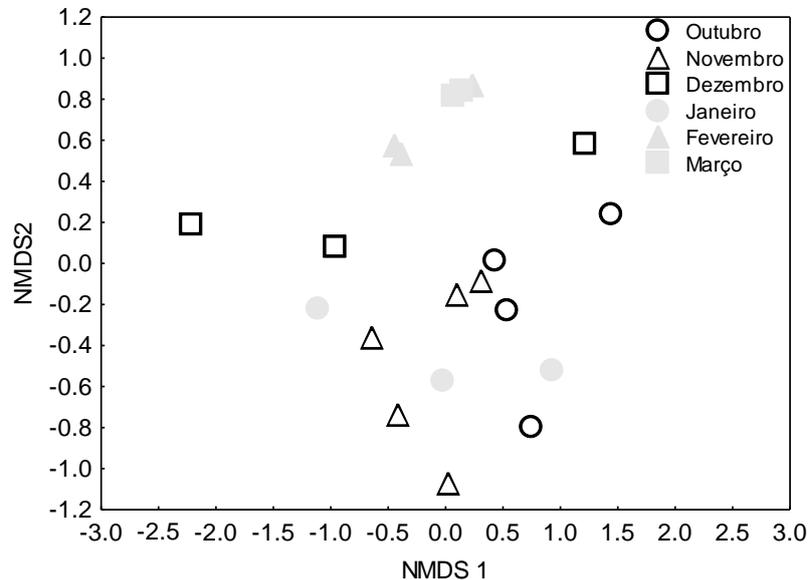


Tabela 2. Resultados das correlações de Spearman entre as variáveis abióticas e a densidade de ovos e de larvas e dos táxons mais abundantes registrados no rio Ivinheima, MS, no período de outubro de 2011 e março de 2012. Os valores em negrito indicam a significância dos testes.

Densidades e táxons	Precipitação (mm)	Temperatura °C
Ovos	0,50	-0,31
Larvas	0,49	-0,12
<i>A. osteomystax</i>	-0,13	0,32
<i>B. stramineus</i>	-0,27	0,14
<i>Gymnotus</i> spp.	0,12	-0,03
<i>Hoplias</i> spp.	-0,23	-0,07
<i>Pimelodus</i> spp.	0,11	-0,43
<i>P. corruscans</i>	0,50	-0,43
<i>R. vulpinus</i>	0,23	-0,47
<i>S. lima</i>	0,35	-0,44

3.4 DISCUSSÃO

Foram predominantes duas ordens taxonômicas nas capturas realizadas no rio Ivinheima durante o período estudado, sendo que o número de indivíduos da ordem Characiformes foi quase que o dobro daquele de Siluriformes. No entanto, o número de espécies foi similar entre estas duas ordens. Reynalte-Tataje et al. (2011) estudando este mesmo ambiente, registraram uma riqueza superior (25 táxons) a este estudo (18), porém os autores constataram a predominância, em termos de abundância, das larvas de Siluriformes, evidenciando que a composição da assembléia pode apresentar grandes diferenças entre os anos em um mesmo ambiente.

De acordo com Quist et al. (2004), a distribuição espacial e temporal do ictioplâncton pode frequentemente exibir um padrão irregular. Esta distribuição pode estar associada principalmente, com a variabilidade hidrológica do ambiente, e pode ser

explicada por diferenças na qualidade das inundações entre os anos e a especificidade das guildas reprodutivas para explorar estas diferenças (conforme o estudo anterior).

Ao longo dos meses pode se constatar a presença de espécies com diversas estratégias reprodutivas (*sensu* Agostinho et al. 2007), ressaltando o predomínio de migradores de longas distâncias, seguida das que não migram ou realizam curtas migrações para se reproduzir. No rio Ivinheima, estudos realizados por Baumgartner et al. (1997); Sanches et al. (2006) e Reynalte-Tataje et al. (2011), também encontraram predominância de larvas de espécies migradoras. Algumas destas espécies, além de apresentar relevante papel ecológico, também têm grande importância econômica, pois são os mais visados na atividade pesqueira (Hoeinghaus et al., 2009). No entanto, em alguns ambientes da bacia do alto rio Paraná estas espécies tiveram suas populações muito reduzidas ou estão virtualmente ausentes, como por exemplo *Zungaro zungaro* e *B. orbignyanus*. Vale ressaltar que esta última é listada como ameaçada de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) na portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014.

Os ovos foram mais abundantes que as larvas, indicando que a bacia do rio Ivinheima a montante pode ser considerada importante local de desova, como constatado por Nakatani et al. (1997) e Reynalte-Tataje et al. (2011), que observaram que os ovos derivam rio abaixo e quando eclodem podem encontrar ambientes favoráveis ao seu desenvolvimento inicial, como as lagoas presentes nas mediações do ambiente estudado (Ziober et al., 2007).

O padrão de maior abundância de ovos é reportado em diversas bacias brasileiras (Nascimento & Nakatani, 2005; Ziober et al., 2012). Em um estudo recentemente realizado na bacia do rio Uruguai, Ziober et al. (2014) constataram a elevada predominância (>90%) de ovos em relação às larvas, sugerindo que esta elevada proporção indica a presença de locais favoráveis para a desova. Porém

diferentemente do rio Uruguai, esta elevada abundância no rio Ivinheima pode ser relacionada à proximidade das estações de coleta e dos locais de desova das espécies.

Para os meses mais chuvosos pode se observar a associação de espécies migradoras *Pimelodus* spp., *P. corruscans*, *R. vulpinus* e *S. lima*. Nas regiões tropicais a maioria das espécies de peixes de água doce se reproduz durante a estação chuvosa (Godoy, 1975). Nestas épocas, dependendo da intensidade da precipitação, pode ocorrer o alagamento da planície, onde as larvas encontrariam elevada quantidade de alimentos e abrigos. As desovas de *Bryconamericus stramineus*, *A. osteomystax*, *Gymnotus* spp. e *Hoplias* spp., inferidas a partir da densidade de larvas, estiveram relacionados com meses menos chuvosos, apesar de que as duas primeiras estiveram presentes em quase todos os meses, possivelmente por apresentarem desovas parceladas (Nakatani et al., 2001). Agostinho et al. (2004b), comentam que as espécies sedentárias com cuidado parental ou fecundação interna parecem não depender das cheias para sua desova. Espécies do gênero *Bryconamericus* não necessitam de condições específicas para se reproduzir, sendo inclusive dominantes em períodos secos, como constatado por Bialecki et al. (2005).

As análises evidenciaram que as maiores densidades de larvas foram registradas nos meses com maiores valores de precipitação, não sendo verificado um padrão claro com a temperatura da água. Muitas espécies tropicais de água doce apresentam a intensidade reprodutiva relacionada ao ciclo de inundação. Entretanto, para que a desova possa ocorrer é necessário que as gônadas passem por um período de maturação, o que naturalmente leva à questão de quais sinais preditivos desencadeariam a maturação gonadal, para garantir a desova e a manutenção da prole numa fase adequada para completar a sua história de vida.

A sincronização da sazonalidade reprodutiva com os eventos das cheias depende de sinais locais, tais como a temperatura, fotoperíodo, disponibilidade de alimentos e chuva (Wootton e Smith 2015). As correlações mostraram que a densidade total de ovos e larvas esteve relacionada positivamente com a precipitação, com destaque para larvas de *P. corruscans* e *S. lima*. A temperatura mostrou relação negativa com estas duas espécies e com as larvas de *R. vulpinus*, devendo, no entanto, ter relação com a maturação gonadal.

A inundação da planície na época das chuvas promove a ampliação dos *habitats* e eleva a heterogeneidade dos mesmos, favorecendo o desenvolvimento das fases iniciais, principalmente para as espécies de grandes migradores. Isso que certamente é uma vantagem adaptativa que explica a sincronização da desova com os eventos hidrológicos (Nakatani et al., 1997). Estudos realizados por Reynalte-Tataje et al. (2011), que analisaram a influência de des variáveis ambientais sobre a desova, não encontram correlações significativas da temperatura da água com estas três espécies de grandes migradores.

Os resultados aqui apresentados permitem concluir que o rio Ivinheima é importante para a reprodução de peixes com diversas estratégias reprodutivas, contribuindo desta forma para conservação da biodiversidade local. Ressalta-se ainda a importância da manutenção de populações da bacia do rio Paraná virtualmente ausentes nos trechos a montante, ou que se encontram em risco de extinção. Também foi confirmado que a sazonalidade da reprodução das espécies (especialmente as migradoras) apresenta sincronia com as épocas mais chuvosas, sendo que nos meses com baixa precipitação ocorre a reprodução de algumas espécies que apresentam grande plasticidade reprodutiva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reprodução de diversos grupos de peixes ocorreu em variados momentos das condições hidrológicas do rio: algumas espécies de migradores predominaram em anos de cheias, e nos anos secos apesar da ocorrência de alguns migradores, espécies com outras estratégias reprodutivas predominaram. Por outro lado, foi verificado equilíbrio na proporção da densidade de espécies de migradoras e sedentárias em períodos intermediários. Foi constatada a estruturação da assembleia de espécies com diferentes estratégias, dependendo da época em que o pulso de inundação ocorre. A sazonalidade da reprodução das espécies migradoras apresenta sincronia com as épocas mais chuvosas, sendo que nos meses com baixa precipitação ocorre a reprodução de algumas espécies que apresentam grande plasticidade reprodutiva. Ficou evidente a necessidade de se aprimorar o conhecimento das taxas de mortalidade de larvas e a presença de juvenis migradores em anos secos para se confirmar se esta acontecendo o recrutamento.

A manutenção das condições naturais do fluxo do rio Ivinheima é de grande importância, visto que este ambiente tem profundas implicações para a conservação da biodiversidade no remanescente livre do rio Paraná, com papel relevante na conservação da biodiversidade regional, especialmente pela presença de populações da bacia do rio Paraná virtualmente ausentes nos trechos a montante, ou que se encontram em risco de extinção.

REFERÊNCIAS

Agostinho, A. A. & M. Zalewski. 1996. A planície alagável do Alto Rio Paraná: importância e preservação/ Upper Paraná floodplain river: importance and preservation. Maringá, Eduem.

- Agostinho, A. A., L. C. Gomes & M. Zalewski. 2001. The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper river Paraná. *Ecohydrology and Hydrobiology* (1-2), 1: 209-217.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki & H. F. Júlio Jr. 2003. Migratory fish from the upper Parana River basin, Brazil. Pp. 19-99. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross & A. Baer (Eds.). *Migratory Fishes of South America: Biology, social Importance and Conservation Status*. World Fisheries Trust, the World Bank and the International Development Research Centre, Victoria.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes. 2004a. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology* (3), 4: 267-280.
- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, S. Veríssimo & E. K. Okada. 2004b. 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: 11-19.
- Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, 19: 646-652.
- Agostinho, A. A., F. M. Pelicice, A. C. Petry, L. C. Gomes & H. F. Júlio Jr. 2007. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management* (2), 10:174–186. 10(2):174–186.
- Ahlstrom E. H & O. P. Ball. 1954. Description of eggs and larvae of mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fishery Bulletin*, 56: 209-245.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- Anderson, M. J. 2008. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Bailly, D., A. A. Agostinho & H. I. Suzuki. 2008. Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiaba river, upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications* (9), 24: 1218-1229.
- Balcombe S. R., S. E. Bunn, A. H. Arthington, J. H. Fawcett, F. J. McKenzie-Smith & A. Wright. 2007. Fish larvae, growth and biomass relationships in an Australian arid zone river: links between floodplains and waterholes. *Freshwater Biology*, 52: 2385-2398.
- Baumgartner, G., K. Nakatani, M. Cavicchioli & M. S. T. Baumgartner. 1997. Some aspects of the ecology of fish larva in the floodplain of high Paraná River, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* (3), 14: 551-563.

- Baumgartner, G., K. Nakatani, L. C. Gomes, A. Bialezki, P.V. Sanches & Makrakis M. C. 2008. Fish larvae from the upper Paraná River: do abiotic factors affect larval density? *Neotropical Ichthyology*, 6: 551-558.
- Bialezki, A., K. Nakatani, P. V. Sanches et al. 2004. Eggs and larvae of the “curvina” *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) in the Baía River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Journal of Plankton Research* (11), 26: 1327-1336.
- Bialezki, A., K. Nakatani, P. V. Sanches, G. Baumgartner & L. C. Gomes. 2005. Larval fish assemblage in the Baía River (Mato Grosso do Sul State, Brazil): temporal and spatial patterns. *Environmental Biology of Fishes*, 73: 37-47.
- Bunn S. E. & A. A. Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30: 492-507.
- Clarke, K. R. & R. N. Gorley. 2006. PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Comunello, E., E. E. Souza Filho, P. C. Rocha & M. R. Nanni. 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*. São José dos Campos: INPE. Available from: Acesso em: 01 de outubro de 2014.
- Connell, J.H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199: 1302–1310.
- Copp, G. H., Oliver, J. M., Penaz, M., Roux, M. R. Juvenile fishes as functional describes of fluvial ecosystem dynamics: application on the river Rhone, France. *Regulated Rivers: Research and Management*, 6: 135-199, 1991.
- Cowx I.G. & R. L. Welcomme (Eds.). 1998. *Rehabilitation of Rivers for Fish*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell Science, 260p.
- Engler, E. D. & B. F. Smith. 2010. *Environmental Science: a study of interrelationships*. 12th ed. New York, McGrawHill, 485p.
- Fernandes, R., A. A. Agostinho, E. A. Ferreira, C. S. Pavanelli, H. I. Suzuki, D. P. Lima Jr. & L. C. Gomes. 2009. Effects of the hydrological regime on the ichthyofauna of riverine environments of the upper Paraná River floodplain. *Revista Brasileira de Biologia*. *Brazilian Journal of Biology* (2), 69: 669-680.
- Gehrke P. C., P. Brown, C. Schiller, D. B. Moffatt & A. M. Bruce. 1995. River regulation and fish communities in the Murray-Darling River System, Australia. *Regulated Rivers: Research and Management*, 11: 363-375.

- Godoy, M. P. 1975. Peixes do Brasil - Subordem Characoidei: Bacia do rio Mogi Guassu. Piracicaba Franciscana, 846p.
- Gomes, L. C. & A. A. Agostinho. 1997. The influence of the flooding regime on the nutritional state and recruitment of young *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881, in the high river Paraná, Brazil. *Fisheries Management* 4: 263-274.
- Graça, W. J. da & C. S. Pavanelli. 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá: Eduem, 241 p.
- Greenberg, L., P. Svendsen & A. Harby. 1996. Availability of microhabitats and their use by brown trout (*Salmo trutta*) and grayling (*Thymallus thymallus*) in the River Vojman, Sweden. *Regulated Rivers: Research & Management* 12: 287-303.
- Harris, L.D. & Kangas, P. 1988. Reconsideration of the habitat concept. *Transactions of the 53rd North American Wildlife and Natural Resources Conference* 137-144.
- Hoeinghaus, D. J., Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Pelicice, F. M., Okada, E. K., Latini, J. D., Kashiwaqui, E. A. L., Winemiller, K. O. 2009. Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conservation Biology*, 23(5):1222 – 1231.
- Humphries, P., A. J. King & J. D. Koehn, (1999). Fish, flows and flood plains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling River system, Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 56:129-151: 56, 129-151.
- Humphries, P. & P.S. Lake. 2000. Fish larvae and the management of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 16: 421-432.
- Humphries, P., H. Keckeis, & B. Finlayson. 2014. The river wave concept: integrating river ecosystem models, *BioScience*, 64: 870-882.
- Jackson, D. A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74: 2204-2214.
- Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110–127.
- Junk, W. J. 1999. The flood pulse concept of large rivers: Learning from the tropics. *Archiv Fur Hydrobiologie, Supplemento*, 1153: 261-280.
- King A.J., P. Humphries & P.S. Lake. 2003. Fish recruitment on floodplains: the roles of patterns of flooding and life history characteristics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60: 773–786.
- King A. J., Z. Tonkin & J. Mahoney. 2009. Environmental flow enhances native fish spawning and recruitment in the Murray River, Australia. *River Research and Applications*, 25: 1205-1218.

- Kipper, D., A. Bialetzki & M. Santin. 2011. Composição taxonômica da assembleia de larvas de peixes no reservatório de Rosana, Rio Paranapanema, Brasil. *Biota Neotropica* (1), 11: 421-426.
- Lowe-McConnell, R. H. 1964. The fishes of Rupununi savanna district of British Guiana, South America, part I: Ecological groupings of fish species and effects of the seasonal cycle on the fish. *Journal of the Linnean Society (Zoology)*, London, 45: 103-144.
- Lowe-McConnell, R. H. 1975. Fish communities in tropical freshwaters: Their distribution, ecology and evolution. London, New York, Longman, 337 p.
- McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MJM Software, Glenden Beach, Oregon, U.S.A.
- Montgomery, W. L., S. D. McCormick, R. J. Naiman, F. G. Whoriskey & G. A. Black. 1983. Spring migratory synchrony of salmonid, catostomid, and cyprinid fishes in Rivière á la Truite, Québec. *Canadian Journal of Zoology*, 61: 2495-2502.
- Munro, A. D. 1990. Pp. 1-11. In: Munro A. D., A. P. Scott & T. J. Lam (Eds.) Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences. Flórida, CRC Press, 254p.
- Naesje, T., B. Jonsson & J. Skurdal. 1995. Spring flood: a primary cue for hatching of river spawning Coregoninae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 2190-2196.
- Nakatani, K., G. Baumgartner & M. Cavicchioli. 1997. Ecologia de ovos e larvas de peixes. In: Vazzoler, A. E. A. de M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (Eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá, Eduem.
- Nakatani, K., A. A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialetzki, P. V. Sanches, M. C. Makrakis & C. S. Pavanelli. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá, Eduem, 378p.
- Nascimento, F. L. & K. Nakatani. 2005. Variação temporal e espacial de ovos e larvas de espécies de interesse para a pesca na sub-bacia do rio Miranda, Pantanal, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, 27: 251-258.
- Neiff, J. J. & M. Neiff. 2003. PULSO: software para análisis de fenómenos recurrentes. Argentina, Buenos Aires: Dir. Nac. de Derecho de Autor. N° 236164. Disponível em: <<http://www.neiff.com.ar>>. Acesso em: Novembro de 2014.
- Nesler, T. P., R. T. Muth, A. F. Wasowicz. 1988. Evidence for baseline flow spikes as spawning cues for Colorado Squawfish in the Yampa River, Colorado. *American Fisheries Society Symposium*, 5: 68-79.

- Oliveira, A. G., Suzuki, H. I., Gomes, L. C. & Agostinho, A. A. 2015. Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: effects of the duration and timing of floods. *Environmental Biology of Fishes*, 98: 1327-1337.
- Penczak, T. 1994. Fish recruitment in the Wmata River (1985-1992): impoundment study. *Poland Archives of Hydrobiology* 41: 293-300.
- Poff, N.L. & J. V. Ward. 1989. Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of streamflow patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 1805-1818.
- Poff, N.L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. Richter, R. Sparks & J. Stromberg. 1997. The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience*, 47: 769-784.
- Quist, M.C., C.S. Guy, R.J. Bernot & J.L. Stephen. 2004. Factors related to growth and survival of larval walleyes: implications for recruitment in a southern Great Plains reservoir. *Fisheries Research*, Amsterdam, 67: 215-225.
- Reeves, G. H., L. E. Benda, K. M. Burnett, P. A. Bisson & J. R. Sedell. 1996. A disturbance-based ecosystem approach to maintaining and restoring freshwater habitats of evolutionarily significant units of anadromous salmonids in the Pacific Northwest. *American Fisheries Society Symposium*, 17: 334-349.
- Reis, R.E.; S.O. Kullander, C.J. Ferraris Jr. (Ed.). 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.
- Reynalte-Tataje, D. A., K. Nakatani, R. Fernandes, A. A. Agostinho, A. Bialecki. 2011. Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema river (Mato Grosso do Sul State/Brazil: Influence of environmental variables. *Neotropical Ichthyology* (2), 9: 427-436.
- Reynalte-Tataje, D. A., A. A. Agostinho, A. Bialecki. 2013. Temporal and spatial distributions of the fish larval assemblages of the Ivinhema River sub-basin (Brazil). *Environmental Biology of Fish* (7), 96: 811–822.
- Richter, B. D., J. V. Baumgartner, J. Powell & D. P. Braun. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10: 1163–1174.
- Sanches, P. V., K. Nakatani, A. Bialecki, G. Baumgartner, L. C. Gomes, & E. A. Luiz. 2006. Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Applications* (5), 22: 555-565.
- Schiemer, F., T. Spindler, H. Wintersberger, A. Schneider & A. Öl Chovanec. 1991. Fish fry associations : Important indicators for the ecological status of large rivers. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 24: 2497-2500.

- Seegrist, D. W. & Gard, R. 1972. Effects of floods on trout in Sagehen Creek, California. *Transactions of the American Fisheries Society* 101: 478–482.
- Sheaffer, W. A., J. G. Nickum. 1986. Backwater areas as nursery habitats for fishes in Pool 13 of the Upper Mississippi River. *Hydrobiologia* 136: 131-140.
- Scheidegger, K. J., M. B. Bain. 1995. Larval fish distribution and microhabitat use in free-flowing and regulated rivers. *Copeia*, 1995:125 – 135.
- Schlosser, I. J. 1982. Fish community structure and function along two habitat gradients in a headwater stream. *Ecological Monographs* 52:395-414.
- Souza Filho, E. E., J. C. Stevaux. 1997. Geologia e Geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A. E. A. de M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (Eds.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, Eduem.
- Sparks, R. E. 1995. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. *BioScience*, 45: 168-182.
- Statsoft. 2007. *STATISTICA for Windows*. StatSoft, Tulsa, Oklahoma.
- Suzuki, H. I., A. A. Agostinho, D. Bailly, M. F. Gimenes, H. F. Júlio Jr. & L. C. Gomes. 2009. Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory species in the upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology* (2), 69: 649-660.
- Tanaka, S. 1973. Stock assessment by means of ichthyoplankton surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*, 122: 33-51.
- Trépanier, S., M. A. Rodríguez & P. Magnan. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. *Journal of Fish Biology*, 48: 925–936.
- Vazzoler, A. E. A. de M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem; São Paulo: SBI, 169 p., il.
- Vazzoler, A.E.A. de M., H. I. Suzuki, E. E. Marques & M. A. Perez-Lizama. 1997. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. Pp. 249-265. In: Vazzoler, A. E. A. de M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (Eds.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, Eduem.
- Walker, K. F., F. Sheldon & J. T. Puckridge. 1995. A perspective on dryland river ecosystems. *Regulated Rivers-Research and Management*, 11: 85–104.

- Ward, J. V., K. Tockner & F. Schiemer. 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: Ecotones and connectivity. *Regulated Rivers-Research & Management*, 15: 125-139.
- Welcomme, R. L. 1979. *Fisheries ecology of floodplain rivers*. London, Longman. 317 pp.
- Welcomme, R. L. 1985. *River fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Fisheries Technical Paper, 262. 303 pp.
- Welcomme, R. L. 1992. River conservation-future prospects. Pp. 454-462. In: Boon, P. J., P. Calow & G. E. Petts (Eds.). *River conservation and management*. New York, John Wiley & Sons.
- Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.
- Winemiller K. O. 2004. Floodplain river food webs: Generalizations and implications for fisheries management. In: Welcomme, R. L., Petr, T. eds. *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries Volume 2*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. RAP Publication 2004/17. pp. 285- 310.
- Wootton, R. J., C. Smith. 2015. *Reproductive biology of teleost fishes*. Wiley-Blackwell, Oxford, 450 p.
- Zeug, S. C. & K. O. Winemiller. 2008. Relationships between hydrology, spatial heterogeneity and fish recruitment dynamics in a temperate floodplain river. *River Research and Applications*, 24: 90-102.
- Ziober, S. R., A. Bialetzki, L. C. Gomes & D. Kipper. 2007. The importance of a marginal lagoon as a fish nursery in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(4): 369-381.
- Ziober, S.R.; A. Bialetzki & L. A. F. Mateus. 2012. Effect of abiotic variables on fish eggs and larvae distribution in headwaters of Cuiabá River, Mato Grosso State, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10: 123-132.
- Ziober, S. R., D. A. Reynalte-Tataje & E. Zaniboni-Filho. 2014. The importance of a conservation unit in a subtropical basin for fish spawning and growth. *Environmental Biology of Fishes*, 1: 1-13.