

A ictiofauna do rio Taquari, Alto rio Paranapanema, Bacia do
Alto Paraná: distribuição espaço-temporal e aspectos
reprodutivos



André Batista Nobile

Botucatu, São Paulo

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**A ictiofauna do rio Taquari, Alto rio Paranapanema, Bacia do
Alto Paraná: distribuição espaço-temporal e aspectos
reprodutivos**

André Batista Nobile

Orientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos

Coorientador: Dr. Sandro Geraldo de Castro Britto

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências – UNESP – Campus de
Botucatu, como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de
Doutor em Ciências Biológicas – Área
de concentração: Zoologia.

Botucatu, São Paulo

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Nobile, André Batista.

Avaliação espaço-temporal da ictiofauna do rio Taquari,
Alto rio Paranapanema, Bacia do Alto Paraná / André
Batista Nobile. - Botucatu, 2015

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Coorientador: Sandro Geraldo de Castro Britto

Capes: 20502001

1. Ictiofauna. 2. Peixe - Reprodução. 3. Peixe -
Distribuição sazonal 4. Ecossistemas aquáticos. 5.
Biologia de água doce. 6. Limnologia.

Palavras-chave: aspectos reprodutivos;
compartimentalização ; distribuição espacial; gatilhos
ambientais; interferências antrópicas.

Dedicatória

“Dedico este trabalho ao Edmir (*in memoriam*), professor e amigo, o qual acreditou e tornou possível esta conquista e à minha esposa Maria Lígia, por simplesmente fazer dos meus dias mais felizes”.

Agradecimentos

Aos meus pais, Fernando e Maria Regina por todo apoio dado durante à minha formação e por muitas vezes adiarem seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Igor Paiva Ramos pelos anos de amizade, ensinamentos e inestimável ajuda nos momentos finais desta tese.

Ao meu coorientador Dr. Sandro Geraldo de Castro Britto pelos incontáveis ensinamentos “in loco” sobre a ictiofauna.

Ao Prof. (s) Dr. (s) Reinaldo José da Silva e Gianmarco Silva David pelo companheirismo nos trabalhos em parceria e pelas oportunidades dadas.

Aos Prof. (s) Dr. (s) Fausto Foresti, Cláudio Oliveira e Marcos Gomes Nogueira pelo apoio dado momentos de dificuldade.

Aos amigos, deste e de outros momentos, do “Laboratório de Biologia e Ecologia de Peixes”, pela grande ajuda e importância na minha formação como ictiólogo: Ana Paula, José Luiz, Jaciara, Rosângela, Heleno, Augusto, Felipe, Diogo, Carol, Jamile, Eduardo, James, Renato, Isabelle, Nicole e Raísa.

Aos colegas de departamento Ricardo Utsunomia, Priscila Cardim, Ricardo Teixeira, Renato Devidé, Cristiano Neves, Viviane Sene, Vanessa Paes, Bruno Melo, Cristian Araya, Duílio Zerbinato, Érica Serrano.

Aos amigos de república pelos momentos de descontração e alegria: Rodrigo Makiyama, Bruno Gamba, José Carlos Pansonato Alves, Jorge Mori Marin, Rafael Borges, Fabio Florença, Valter Santos e Gabriel Barbério.

À Seção Técnica de Pós Graduação, ao Departamento de Morfologia e à Biblioteca pela ajuda prestada.

A Fapesp pelo apoio financeiro para execução do projeto (Auxílios: 2010/19543-6 e 2011/24159-3) e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos (Processo: 140360/2011-5).

E aos esquecidos, só peço que me desculpem...

“Escolhe um trabalho de que gostes, e não terás que
trabalhar nem um dia na tua vida”.

Confúcio

Resumo: Barramentos de rios provocam alterações nas propriedades físicas e químicas da água, causando compartimentalização da massa d'água represada em três ambientes limnologicamente distintos: lótico, transição e lêntico. Frente a estas alterações, espécies com menores demandas biológicas e/ou grande plasticidade reprodutiva obtém sucesso no novo ambiente, enquanto espécies com maiores exigências e menor plasticidade reprodutiva, tendem a ter suas populações reduzidas. Desta forma, as hipóteses foram: (i) a compartimentalização do ambiente aquático e sazonalidade modulam a distribuição espacial da ictiofauna?; (ii) a compartimentalização do ambiente aquático interfere na dinâmica reprodutiva de espécies com ampla distribuição pelos três compartimentos? e (iii) existe diferenças na dinâmica reprodutiva de espécies com distribuição restrita a algum destes compartimentos?. Realizaram-se amostras mensais (set./12 a ago./13) em três áreas: lótica (A1), transição (A2) e lêntica (A3), com auxílio de redes de espera (malhas de 3 a 14 cm entre nós opostos), expostas do entardecer ao amanhecer (aproximadamente 16 horas). Também mensurou-se as variáveis limnológicas nestas áreas. Como resultados (i) Evidenciou-se a formação de três agrupamentos ictiofaunísticos, nos quais em A1 prevaleceram espécies grandes migradoras, enquanto em A2 e A3 espécies sedentárias ou de curta migração. A análise de correspondência canônica demonstrou que condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, transparência e velocidade da corrente explicam parte destas diferenças. A Beta diversidade denotou a existência de *turnover* de espécies entre áreas e a riqueza de espécies denotou que A2 possui maior riqueza. As alterações ocasionadas pela sazonalidade influenciaram as capturas em abundância e biomassa, tendo efeito sobre a riqueza somente na área A2. (ii) *Astyanax altiparanae* e *Astyanax fasciatus* demonstraram-se ajustadas a todos os tipos de ambiente, com valores de índice gonadosomático, fator de condição e índice de atividade reprodutiva similares entre as áreas. *Pimelodus maculatus*, *Schizodon nasutus*, *Serrasalmus maculatus* e *Steindachnerina insculpta* demonstraram maiores valores destes índices nas áreas A2 e A3. A duração do período reprodutivo variou, sendo que *A. fasciatus* e *S. maculatus* apresentaram atividade reprodutiva durante todo o ano e as demais espécies apresentaram sincronia com os gatilhos ambientais, com período reprodutivo de seis meses. Somente *P. maculatus* não apresentou diferenças na duração do período reprodutivo entre as áreas amostrais, sendo que para as outras espécies, este foi mais longo nas áreas A2 e A3. (iii) As espécies que ocorreram no trecho lótico (*Hoplosternum littorale* e *Hypostomus ancistroides*) tiveram ciclo reprodutivo mais curto em relação àquelas que ocorreram nas áreas transição e lêntica (*Apareiodon affinis*, *Galeocharax knerii* e *Iheringichthys labrosus*). *Hypostomus ancistroides* foi a única espécie que não apresentou sincronização do período reprodutivo com precipitação e temperatura. *Galeocharax knerii* e *H. littorale* tiveram machos maiores que fêmeas. De maneira geral, conclui-se que a compartimentalização do ambiente aquático causa interferência na composição e estrutura da ictiofauna, bem como sobre os aspectos reprodutivos.

Palavras-chave: táticas reprodutivas; distribuição espacial; compartimentalização; interferências antrópicas; gatilhos ambientais

Abstract: Impoundment of rivers cause changes in physical and chemical properties of water, causing compartmentalization of the water dammed in three distinct limnological environments: lotic, transition and lentic. In view of these changes, species with smaller biological demands and/or large reproductive plasticity succeed in the new environment, while species with greater demands and lower reproductive plasticity, tend to have their populations reduced. Thus, the hypothesis of this study were: (i) the compartmentalization of the aquatic environment and the seasonality modulate the spatial distribution of the ichthyofauna? (ii) the compartmentalization of the aquatic environment interferes with the reproductive dynamic of species widely distributed by three compartments? (iii) there are differences in the reproductive dynamic of species with restricted distribution of any of these compartments? Monthly samples were carried out between Sep/12 to Aug/13 in three areas: lotic (A1), transition (A2) and lentic (A3) with the aid of gillnets (meshes 3-14 cm between opposite knots), exposed of the dusk to dawn (approximately 16 hours). In these areas, limnological variables were also measured. The results (i) evidenced the formation of three distinct ichthyofaunistic groups, in which prevailed in the area A1 large migratory species, while in A2 and A3 areas prevailed sedentary or short migration species. The canonical correspondence analysis showed that electrical conductivity, total dissolved solids, transparency and current velocity explain part of these differences. Beta diversity denoted the existence of species turnover between areas and the species richness denoted that A2 has greater richness. Changes caused by seasonality influenced catches in abundance and biomass, taking effect on species richness only in A2. (ii) *Astyanax altiparanae* and *Astyanax fasciatus* demonstrated adjusted to all types of environment, with values of gonadosomatic index, condition factor and reproductive activity index similar between areas. *Pimelodus maculatus*, *Schizodon nasutus*, *Serrasalmus maculatus* and *Steindachnerina insculpta* showed higher values of these indices in the A2 and A3 areas. The duration of the reproductive period ranged, whereas *A. fasciatus* and *S. maculatus* presented reproductive activity throughout the year and the remaining species showed synchronization with environmental triggers, with reproductive period of six months. Only *P. maculatus* showed no differences in the duration of the reproductive period between sampling areas, and for other species, this was longer in the A2 and A3 areas. (iii) the species that occurred in the lotic stretch (*Hoplosternum littorale* and *Hypostomus ancistroides*) had shorter reproductive cycle compared to those that occurred in the areas transition and lentic (*Apareiodon affinis*, *Galeocharax knerii* and *Iheringichthys labrosus*). *Hypostomus ancistroides* was the only species that showed no synchronization of the reproductive period with precipitation and temperature. *Galeocharax knerii* and *H. littorale* had males larger than females. In general, it is concluded that the compartmentalization of the aquatic environment cause interference in the composition and structure of fish populations and on the reproductive aspects.

Key-Words: reproductive aspects; spatial distribution; compartmentalization; anthropogenic interference; environmental triggers.

Sumário

Introdução geral	8
Referências	10
1º Capítulo	13
Resumo	14
Introdução	15
Material e métodos	16
Área amostral.....	16
Precipitação mensal	17
Coleta de espécimes.....	17
Variáveis limnológicas	18
Análise de dados	18
Resultados.....	18
Discussão	26
Conclusões.....	29
Referências:	29
2º Capítulo	35
Resumo	36
Introdução	36
Material e Métodos	38
Área amostral.....	38
Amostragem	39

Análise de dados.....	40
Resultados.....	41
Discussão	45
Conclusões.....	47
Referências	47
3º Capítulo	52
Resumo	53
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	54
Área de estudo	54
Variáveis ambientais:	55
Amostragens	57
Análise de dados.....	57
Resultados.....	57
Discussão	63
Conclusões.....	65
Referências	65
Considerações Gerais	70
Referências	71

Introdução geral

Estima-se que existam aproximadamente 6.000 espécies de peixes em ambientes dulcícolas neotropicais, sendo 4.475 descritas e ao menos 1.550 ainda por descrever (Reis *et al.*, 2003). O Brasil possui a fauna de peixes mais rica do mundo, com aproximadamente 2.587 espécies (Buckup *et al.*, 2007), sendo que a bacia do alto Paraná apresenta 310 espécies (Langeani *et al.*, 2007) e especificamente, a bacia do Paranapanema 155 (Britto, 2003).

Por outro lado, o homem é historicamente dependente dos recursos hídricos e pesqueiros (Carvalho, 2009; Ramos *et al.*, 2010), sendo que esta interação com os ecossistemas aquáticos causa impactos negativos sobre o ecossistema e consequentemente sobre a biota local (Carvalho, 2009). Diversos fatores contribuem para a degradação deste ecossistema, como barramentos, devastação de mata ciliar, despejo de efluentes domésticos e industriais, pesca predatória e introdução de espécies (Agostinho *et al.*, 2007). Estas modificações são a principal causa de ameaça à diversidade aquática, podendo levar ao declínio ou extinção de muitas espécies (Buckup, 1999; Collares-Pereira & Cowx, 2004).

Especificamente, a construção de barragens altera o ecossistema natural, entretanto, é uma atividade amplamente praticada (Agostinho, 1994), sendo que no Brasil, a construção de barragens para fins energéticos alcançou grande desenvolvimento durante o século XX (Tundisi, 2003; Agostinho *et al.*, 2007). Atualmente essa matriz responde por cerca de 60% de toda a energia elétrica brasileira (Aneel, 2015). Entretanto, tais empreendimentos transformaram grandes rios da região Sudeste como o Tietê, Paranapanema e Grande, em uma sucessão de lagos artificiais em cascata (Tundisi, 1999).

Neste sentido, a construção de represas implica em transformação do ambiente lótico, gerando mudanças no solo, na vegetação em seu entorno e nos fatores físicos e químicos da água (Karr, 1981; Woynarovich, 1991), afetando os padrões hidrológicos da bacia (Ward, 1998). Estas alterações levam à compartimentalização acentuada da massa d'água represada, o que acarreta em heterogeneidade espacial nas variáveis limnológicas (Nogueira *et al.*, 2005). Esta heterogeneidade pode levar à formação de um gradiente longitudinal com três compartimentos distintos: lótico, transição e lêntico (Kimmel *et al.*, 1990; Henry, 1999; Nogueira *et al.*, 1999). Assim, represas de hidrelétricas são consideradas como sistemas híbridos por apresentarem gradiente longitudinal acentuado, sendo que sua parte superior possui características similares à de um rio, enquanto que, as partes baixas aproximam-se das características de um lago (Thornton, 1990).

Com isso, podem ocorrer diferenças na estrutura das assembleias de peixes entre os compartimentos formados, sendo que as espécies de peixes podem se organizar espacialmente de acordo com seus limites de tolerância em relação às alterações sofridas nas propriedades físicas e químicas da água (, Thornton, 1990; Carvalho *et al.*, 1998; Holmgren & Appelberg, 2000). Ainda, o regime de cheias é a principal força que determina as estações sazonais em rios neotropicais (Lowe-McConnell, 1987), sendo que o gradiente longitudinal pode se tornar mais complexo devido a estes eventos (Talling & Lemoalle, 1998). Portanto, a variação no fluxo d'água em função da sazonalidade é outro importante fator estruturador das assembleias de peixe nos rios (Wootton, 1990; Agostinho *et al.*, 2004).

Nestes ambientes, as espécies com demandas biológicas mais simples ou grande plasticidade reprodutiva (geralmente sedentárias, de pequeno porte e baixo valor agregado) obtém sucesso na colonização do novo ambiente aumentando suas populações, principalmente nas áreas lântica e de transição (Agostinho *et al.*, 2007). Espécies com maiores exigências de habitat e com menor plasticidade reprodutiva (peixes grandes migradores e de alto valor econômico), tendem a ter suas populações reduzidas, podendo ser extintas localmente (Agostinho *et al.*, 2007, 2008). Assim, a reprodução torna-se um dos principais eventos responsáveis pela manutenção das espécies nestes ambientes impactados.

A maioria das espécies de peixes neotropicais possui ciclo reprodutivo sincronizado com gatilhos ambientais, sendo os mais importantes: fotoperíodo, precipitação, temperatura e alteração do nível da água, uma vez que, eles iniciam e controlam a taxa de desenvolvimento gonadal, bem como sinalizam o seu final (Vazzoler, 1996; Lowe-McConnell, 1999). Entretanto, as modificações que ocorrem nas zonas de transição e lântica alteram os habitats originais qualitativamente, impondo filtros ambientais que atenuam o efeito dos gatilhos reprodutivos (Agostinho *et al.*, 2008). Ainda, o sucesso reprodutivo também depende do local e momento em que ocorre a reprodução e dos recursos alocados para tal evento (Wootton, 1984), bem como das condições fisiológicas e comportamentais, no período que antecede a desova (Bye, 1984). Desta forma, como os represamentos afetam a dinâmica hidrológica dos rios, as mesmas podem influenciar diretamente a dinâmica reprodutiva da ictiofauna residente neste tipo de ambiente antropizado. Com base neste conjunto de informações, as hipóteses deste estudo foram: (i) a compartimentalização do ambiente aquático e sazonalidade modulam a distribuição espacial da ictiofauna?; (ii) a compartimentalização do ambiente aquático interfere na dinâmica reprodutiva de espécies distribuídas nos três compartimentos? e (iii) existe diferenças na dinâmica reprodutiva de espécies com distribuição restrita a algum destes compartimentos?

Referências

- Agostinho AA. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro; 1994; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COMASE, ELETROBRAS; 1994. p. 38-59.
- Agostinho AA, Gomes LC, Thomaz SM, Hahn NS. The Upper Paraná River and its floodplain: main characteristics and perspectives for management and conservation. In: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS, editors. The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden: Backhuys Publishers; 2004. p. 381-93. (Biology of inland waters).
- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM; 2007.
- Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Braz J Biol.* 2008; 68(4 Suppl): 1119-32.
- Britto SGC. Peixes do Rio Paranapanema. São Paulo: Ed. Horizonte; 2003.
- Buckup PA. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In: Caramaschi EP, Mazzoni R, Peres-Neto PR, editores. Ecologia de peixes de riachos. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ; 1999. p. 91-138.
- Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS, editores. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional; 2007.
- Bye VJ. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. In: Wootton RJ. Fish reproduction strategies and tactics. New York: Chapman & Hall; 1984. p. 188-205.
- Carvalho ED, Fujihara CY, Henry R. Study on the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. *Verh Int Verein Limnol.* 1998; 26:2199-202.
- Carvalho ED. Ações antrópicas e a biodiversidade de peixes: status da represa de Jurumirim (Alto Rio Paranapanema) [Livre Docência]. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil. 2009.

Collares-Pereira MJ, Cowx IG. The role of catchment scale environmental management in freshwater fish conservation. *Fish Manage Ecol*. 2004; 11(3-4):303-12.

Henry R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brasilian reservoirs. In: Tundisi JG, Strskraba M, editors. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences. São Carlos: Backhuys Publishers; 1999. p. 125-52.

Holmgren K, Appelberg M. Size structure of benthic freshwater fish communities in relation to environmental gradients. *J Fish Biol*. 2000; 57:1312-30.

Karr JR. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*. 1981; 6(1):21-7.

Kimmel BL, Lind OT, Paulson LJ. Reservoir primary production. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE, Editors. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons; 1990. p. 133-94.

Langeani F, Castro RMC, Oyakawa OT, Shibatta OA, Pavanelli CS, Casatti L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotrop*. 2007; 7:1–17.

Lowe-McConnell RH. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge: Cambridge University Press; 1987. (Cambridge Tropical Biology Series).

Lowe-McConnell RH. *Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Ed. USP; 1999.

Nogueira MG, Henry R, Maricatto FE. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lake Reserv Manage*. 1999; 4:107-20.

Nogueira MG, Jorcin A, Vianna NC, Britto YCT. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A, editores. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima; 2005. p. 83-125.

Ramos IP, Zanatta AS, Zica EOP, Silva RJ, Carvalho ED. Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. In: Cyrino JEP, Furuya WM,

- Ribeiro RP, Scorvo-Filho JD, editores. Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III. São Paulo: Sociedade Brasileira de Biologia Aquática. 2010. p. 87-98
- Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr CJ. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Ed. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2003.
- Talling JF, Lemoalle J. Ecological dynamics of tropical inland waters. Cambridge: Cambridge University Press; 1998.
- Thornton WK. Sedimentary process. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne EF, editors. Reservoir limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons; 1990. p. 49-69.
- Tundisi JG. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima; 2003.
- Tundisi JG. Represas como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R, editor. Ecologia de represas: estrutura, funções e aspectos sociais. São Paulo: FAPESP; 1999. p. 19-38.
- Vazzoler AEAM. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM; 1996.
- Wootton RJ. Ecology of teleost fishes. London: Chapman and Hall; 1990. (Fish and Fisheries Series 1).
- Wootton RJ. Introduction: strategies and tactics in fish reproduction. In: Fish reproduction strategies and tactics. New York: Chapman & Hall; 1984.
- Woyanovich E. The hydroelectric power plants and the fish fauna. Verh. Int. Verein. Limnol. 1991; 24:2531-2536.

1º Capítulo

Efeitos da represa de Jurumirim e da sazonalidade sobre a estrutura da assembleia de peixes do rio Taquari, São Paulo, Brasil

Resumo

O barramento de um rio altera as propriedades físicas e químicas da água, causando a formação de três compartimentos, lótico, transição e lêntico, os quais podem possuir fauna de peixes distintas em função de diferenças nas variáveis limnológicas entre estes ambientes. Ainda, a variação do fluxo d'água promovida pela sazonalidade pode tornar o ambiente mais complexo. Avaliou-se os efeitos da compartimentalização do rio Taquari, causada pelo represamento e da sazonalidade sobre a estrutura da ictiofauna no gradiente espaço-temporal. Foram realizadas 12 amostragens mensais de setembro de 2012 a agosto de 2013 em três ambientes limnologicamente distintos: lótico (A1), transição (A2) e lêntico (A3). Os peixes foram capturados com redes de espera com malhas de 3 a 14 cm entre nós opostos. As redes ficaram expostas do entardecer ao amanhecer por aproximadamente 16 horas. Foram capturados 4.014 indivíduos pertencentes a 40 espécies. As variáveis limnológicas e a similaridade de Morisita-Horn evidenciaram a formação de três compartimentos. A análise de espécies indicadoras demonstrou que na área A1 prevaleceram espécies de longa migração, enquanto que nas áreas A2 e A3 espécies sedentárias ou que realizam curtas migrações. A análise de correspondência canônica, demonstrou que condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, transparência e velocidade da corrente explicaram 84% destas diferenças. A Beta diversidade demonstrou que houve *turnover* de espécies entre as áreas e os índices ecológicos que a área transição possui maior riqueza. Estas variações se devem principalmente pelas alterações nas variáveis limnológicas, que somadas à história evolutiva das espécies segregou-as entre as diferentes áreas. As alterações ocasionadas pela sazonalidade influenciaram as capturas em abundância e biomassa, tendo efeito sobre a riqueza somente na área de transição. A compartimentalização causou segregação na distribuição de espécies entre as áreas amostrais e a sazonalidade interferiu nas capturas em abundância e biomassa das áreas transição e lêntica.

Palavras-chave: gradiente longitudinal; migração; variáveis limnológicas, sazonalidade, reservatório.

Introdução

Estima-se que, em ambientes de água doce neotropicais, existam cerca de 6.000 espécies de peixes, sendo 4.475 descritas e ao menos 1.550 ainda por descrever (Reis *et al.*, 2003). Especificamente, rios brasileiros apresentam grande riqueza, com aproximadamente 2.587 espécies de peixes (Buckup *et al.*, 2007), sendo a mais diversa ictiofauna dulcícola do mundo. Entretanto, historicamente os ambientes aquáticos brasileiros vem sofrendo diversas interferências antrópicas, como represamentos, sobrepesca, supressão de mata ciliar, despejo de resíduos urbanos e industriais, introdução de espécies, entre outros (Agostinho *et al.*, 2007). Estas modificações são as principais causas de ameaça à diversidade aquática, podendo levar ao declínio ou extinção local de espécies (Buckup, 1999; Collares-Pereira & Cowx, 2004).

Dentre tais interferências, os represamentos afetam os padrões hidrológicos da bacia (Ward, 1998) modificando os parâmetros físicos e químicos do ambiente aquático (Karr, 1981), levando à compartimentalização da massa d'água represada, o que acarreta em heterogeneidade espacial nas variáveis limnológicas (Nogueira *et al.*, 2005). Esta heterogeneidade pode levar à formação de um gradiente longitudinal com três compartimentos distintos: lótico, transição e lântico (Kimmel *et al.*, 1990; Henry, 1999; Nogueira *et al.*, 1999). Neste sentido, represas de hidrelétricas são consideradas como sistemas híbridos por apresentarem gradiente longitudinal acentuado, sendo que sua parte superior possui características similares à de um rio, enquanto que, as partes inferiores aproximam-se das características de um lago (Thornton, 1990).

Devido a isso, as assembleias de peixes podem se organizar espacialmente de acordo com seus limites de tolerância em relação às alterações no ecossistema aquático, acarretando distinção na estrutura da ictiofauna nestes compartimentos (Thornton, 1990; Holmgren & Appelberg, 2000; Carvalho *et al.*, 1998). Por outro lado, o regime de inundação é a força determinante da sazonalidade em rios neotropicais (Lowe-McConnell, 1987) e o gradiente longitudinal pode ser mais complexo devido a estes eventos (Talling & Lemoalle, 1998). Desta forma, a variação sazonal no fluxo da água é outro importante fator estruturador das assembleias de peixes (Wootton, 1990; Agostinho *et al.*, 2004).

Sendo assim, a hipótese do presente estudo é a de que os parâmetros físicos e químicos da água e a sazonalidade atuam como moduladores da estrutura da ictiofauna nos diferentes compartimentos (lótico, transição e lacustre) do rio Taquari, tributário da represa de Jurumirim.

Material e métodos

Área amostral

A represa de Jurumirim (Sudeste do Estado de São Paulo), é a primeira de uma série de 11 represas dispostas em cascata no eixo do rio Paranapanema, sendo o rio Taquari e rio Paranapanema, ambos localizados na margem esquerda, seus principais afluentes (Henry *et al.*, 1999) (Figura 01). Opera em sistema de bacia de acumulação, sendo que a montante desta represa, não existem outros barramentos, logo, não há regularização da vazão no tributário estudado.

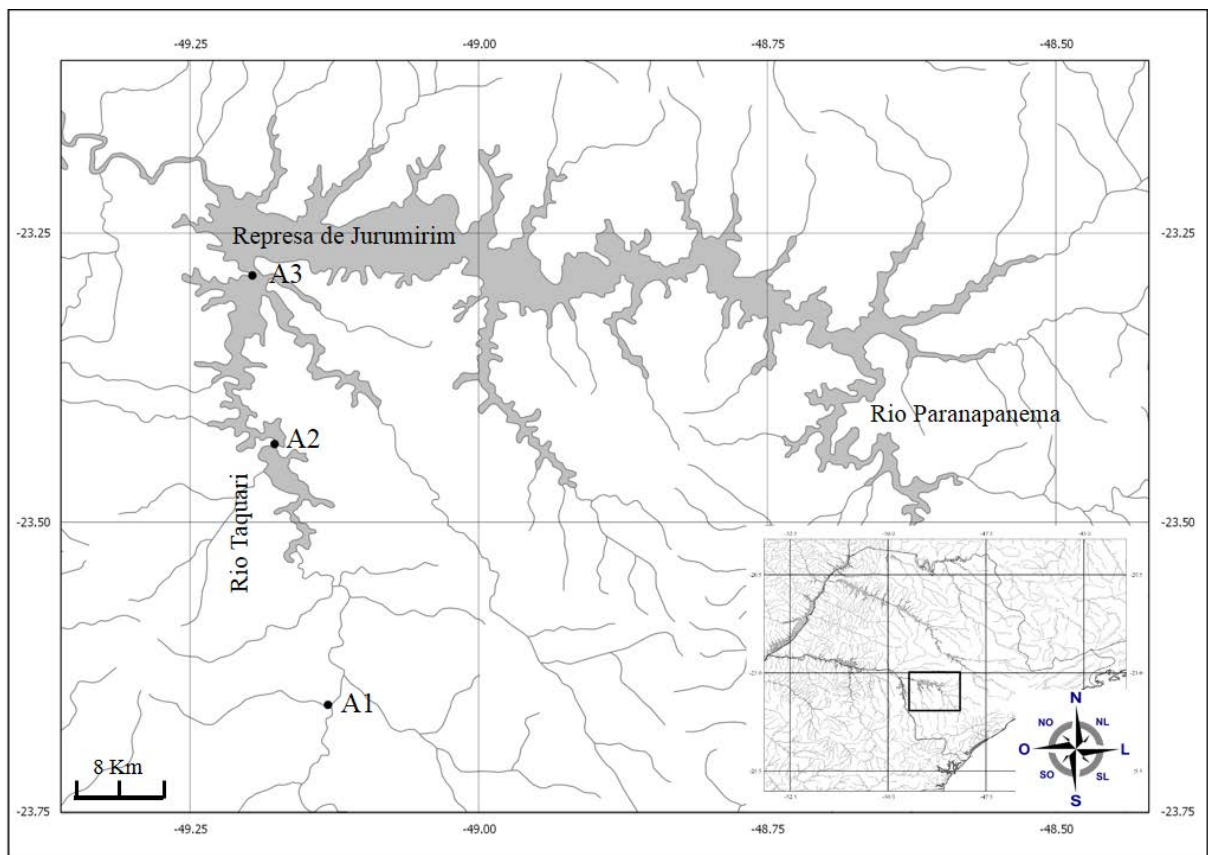


Figura 01: Mapa da rede hidrográfica do estado de São Paulo, Brasil. Em destaque a represa de Jurumirim (bacia do alto rio Paraná) com indicação de seus principais afluentes, rio Taquari e Paranapanema e locais de coleta no eixo do rio Taquari: A1: Área lótica; A2: Área de transição; A3: Área lântica.

A área de estudo está inserida em uma região subtropical, com precipitação anual acumulada variando entre 1.520 a 1.640 mm (Henry & Gouveia, 1993) com duas estações distintas, seca e chuvosa (Carvalho & Silva, 1999). As áreas amostrais foram seleccionadas de acordo com suas características ambientais, contemplando os três compartimentos limnológicos, sendo que da área A1 a área 3 a distância é de aproximadamente 42 Km em linha reta (Tabela 01).

Tabela 01: Características ambientais das áreas amostrais do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Áreas Amostrais	A1	A2	A3
Coordenadas	23°39'29.18"S; 49° 7'49.78"O	23°25'56.87"S; 49°10'36.94"O	23°17'10.01"S; 49°11'45.40"O
Fluxo d'água	Lótico	Transição	Lêntico
Características	Rio meândrico	Zona de transição	Área de represa
Vegetação ciliar	Abundante	Ausente	Ausente
Largura aproximada (m)	21 a 33	250 a 800	630 a 1400
Profundidade (m)	2,45 ± 0,92	4,87 ± 1,70	13,07 ± 9,74
Ocupação de entorno	Mata ciliar	Agrícola/pastagem/veraneio	

Precipitação mensal

Foi utilizado o banco de dados Ciiagro (<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>) para obtenção dos dados de precipitação para a área de estudo. A média de precipitação histórica para a área de estudo (1995-2013) demonstrou haver sazonalidade, com o período chuvoso ocorrendo de outubro a março e o seco de abril a setembro (Figura 02).

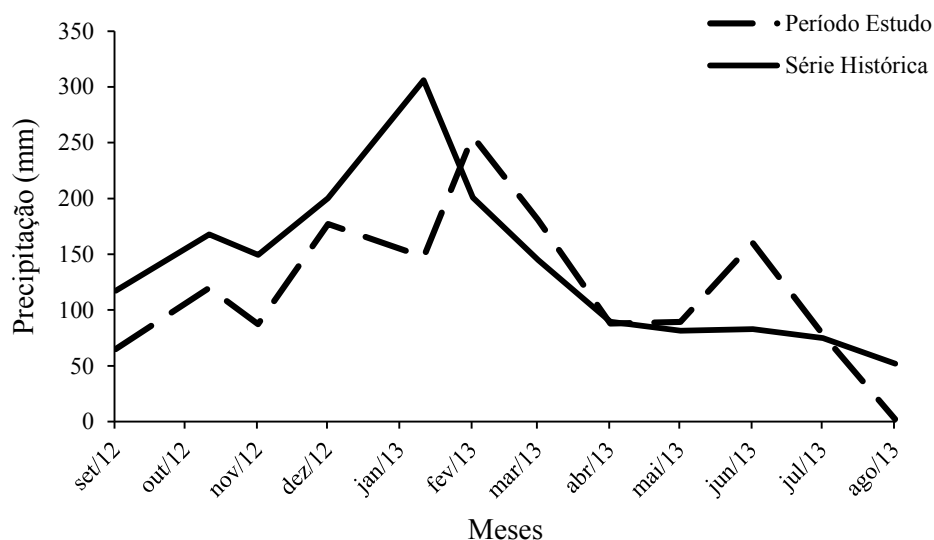


Figura 02: Precipitação média mensal para o período de 1995 a 2013 e para o período de estudo no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Coleta de espécimes

Foram realizadas amostragens mensais (setembro/2012 a agosto/2013) em três áreas do rio Taquari (Tabela 01), compreendendo os compartimentos lótico, transição e lêntico (Figura

01). Os exemplares foram capturados com uso de redes de emalhar com malhas de 3 a 14 cm entre nós opostos. As redes foram expostas por aproximadamente 16 horas entre o anoitecer e amanhecer. Após a despesca, os peixes foram identificados e caracterizados em relação à sua origem com base em guias específicos (Graça & Pavanelli, 2007; Langeani *et al.*, 2007) e quantificados para cada área amostral.

Variáveis limnológicas

Foram mensuradas por meio de sonda multiparâmetro Horiba modelo U-53 as seguintes variáveis ambientais: temperatura, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Também foram mensuradas a transparência da água (disco de Secchi) e velocidade da corrente (fluxômetro).

Análise de dados

Para avaliar a importância da sazonalidade e das variáveis limnológicas ao longo do gradiente longitudinal como moduladores da estrutura da assembleia foram utilizados os seguintes índices/análises: dendograma de similaridade de Morisita-Horn (CH), análise de correspondência canônica (ACC), índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J) e a beta diversidade, estes no software Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001) e análise de espécies indicadoras (Indval) utilizando-se o software PCORD 5.0 (McCune & Mefford, 2006). Todos os resultados foram testados com 95% de significância no software Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., 2007).

Resultados

Foram amostrados 4.014 indivíduos, distribuídos em 40 espécies, 14 famílias e 4 ordens. Na área A1 registrou-se 28 espécies, sendo seis exclusivas, enquanto para A2 e A3 ocorreram 30 espécies e três exclusivas em cada área. Registrou-se 22 espécies de Characiformes, 13 de Siluriformes, três de Perciformes e duas de Gymnotiformes (Tabela 2).

Considerando-se todo o período de estudo, com exceção da temperatura, as variáveis limnológicas demonstraram a existência de um gradiente longitudinal rio-represa. Em relação às estações sazonais, a chuvosa apresentou diferenças significativas para todas as variáveis limnológicas, enquanto para estação seca apenas transparência e velocidade da corrente diferiram entre as áreas. Analisando individualmente as áreas amostrais em relação à sazonalidade, observa-se que a área A3 apresentou maior número de diferenças entre as

variáveis analisadas. A precipitação e o nível da represa também apresentaram diferenças significativas entre as estações sazonais (Tabela 03).

Tabela 02: Lista de espécies de peixes do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP): Acro – acrônimos; C – estação chuvosa, S – estação seca, C+S – soma das estações chuvosa e seca.

Espécies	Acro	Abundância									
		A1			A2			A3			Geral
		C	S	Total	C	S	Total	C	S	Total	
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner, 1879)	A.aff		2	2		1	1	158	71	229	232
<i>Astyanax altiparanae</i> Garutti & Britski, 2000	A.alt	33	15	48	34	32	66	37	20	57	171
<i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro, 2007	A.boc	2	1	3†							3
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	A.fas	125	107	232	64	76	140	114	59	173	545
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	C.cal	49		49†							49
<i>Cichla kelberi</i> Kullander & Ferreira, 2006 *	C.kel					3	3		2	2	5
<i>Cichlasoma paranaense</i> Kullander, 1983	C.par				3		3†				3
<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez, 1948)	C.mod	109	39	148	407	187	594	1	2	3	745
<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes 1836)	E.vir	1		1†							1
<i>Galeocharax knerii</i> (Steindachner, 1879)	G.kne	12	5	17	32	25	57	69	27	96	170
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	G.bra				4	2	6	4		4	10
<i>Gymnotus sylvius</i> Albert & Fernandes-Matioli, 1999	G.syl	3		3	6	3	9	10		10	22
<i>Hoplias intermedius</i> (Günther 1864)	H.int								1	1†	1
<i>Hoplias malabaricus</i> (Block, 1794)	H.mal	3	8	11	10	4	14	2	1	3	28
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	H.lit	29		29	22	2	24		1	1	54
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	H.anc	66	56	122	7		7				129
<i>Hypostomus nigromaculatus</i> (Schubart 1964)	H.nig	3		3†							3
<i>Hypostomus paulinus</i> (Ihering, 1905)	H.pau	2		2†							2
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)	H.reg	1	2	3	7	7	14	3		3	20
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken, 1874)	I.lab		10	10	91	28	119	90	43	133	262
<i>Leporinus amblyrhynchus</i> Garavello & Britski, 1987	L.amb				1		1	45	9	54	55
<i>Leporinus elongatus</i> Valenciennes, 1850 +	L.elo				4		4	18	3	21	25
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	L.fri	4	3	7	18	1	19	1	1	2	28

Espécie exclusiva; * Não-nativas; + migradoras de longa distância.

Tabela 02 (Continuação): Classificação taxonômica das espécies de peixes do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP): Acro – acrônimos; C – estação chuvosa, S – estação seca, C+S – soma das estações chuvosa e seca.

Espécies	Acro	Abundância									
		A1			A2			A3			Geral
		C	S	Total	C	S	Total	C	S	Total	
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner, 1915	L.oct	1	1	2	3		3	4	6	10	15
<i>Leporinus striatus</i> Kner 1858	L.str		2	2	10	1	11	2	2	4	17
<i>Metynnis maculatus</i> (Kner 1858) *	M.mac								1	1 [†]	1
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry, 1983	O.par		2	2	2	6	8	1	12	13	23
<i>Pimelodella avanhandavae</i> Eigenmann, 1917	P.ava	2	1	3	7	2	9	12	2	14	26
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède, 1803 +	P.mac	9	6	15	84	44	128	34	57	91	234
<i>Pimelodus microstoma</i> Steindachner 1877	P.mic				3		3	8		8	11
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1837) +	P.lin	4	11	15				1		1	16
<i>Pterygoplichthys ambrosettii</i> (Holmberg 1893) *	P.ani				2		2 [†]				2
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	R.que							1	1	2 [†]	2
<i>Rineloricaria latirostris</i> (Boulenger 1900)	R.lat	1		1 [†]							1
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes 1850 +	S.hil	9	17	26	7		7		2	2	35
<i>Schizodon intermedius</i> Garavello & Britski 1990	S.int				2		2	1		1	3
<i>Schizodon nasutus</i> Kner, 1858	S.nas	10	11	21	44	34	78	33	30	63	162
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner, 1858	S.mac	16	9	25	176	38	214	120	44	164	403
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez, 1948)	S.ins	34	25	59	244	64	308	102	27	129	496
<i>Triportheus nematurus</i> (Kner 1858) *	T.nem				4		4 [†]				4
Abundância total		528	333	861	1298	560	1858	871	424	1295	4014
Biomassa total (Kg)		24,3	22,0	46,3	54,6	20,0	74,6	39,9	23,7	63,6	184,5

[†] Espécie exclusiva; * Não-nativas; + migradoras de longa distância.

Tabela 03: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos por estação sazonal e para o ano todo dos trechos amostrais do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Estação	Parâmetros	A1	A2	A3
Chuvosa	Temperatura da Água (C°)	24,9 ± 1,6^a	27,5 ± 1,3^a	28,0 ± 1,8^b
	Condutividade elétrica (μS/cm)	83,6 ± 14,6 ^a	80,5 ± 8,9^a	58,0 ± 5,4^b
	Sólidos Dissolvidos Totais (g/L)	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,00 ^b
	Transparência da Água (m)	0,4 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,3 ^a	2,5 ± 0,4^b
	Velocidade da corrente (m/segundo)	0,53 ± 0,07 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b
	Precipitação (mm)		161,42 ± 53,11	
	Nível da represa		563,4 ± 0,64	
Seca	Temperatura da Água (C°)	20,0 ± 2,2	21,3 ± 2,0	22,8 ± 1,6
	Condutividade elétrica (μS/cm)	67,0 ± 17,1	56,9 ± 11,1	52,4 ± 2,2
	Sólidos Dissolvidos Totais (g/L)	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,00
	Transparência da Água (m)	0,5 ± 0,2 ^a	1,2 ± 0,3 ^{a, b}	1,9 ± 0,5^b
	Velocidade da corrente (m/segundo)	0,61 ± 0,30 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b
	Precipitação (mm)		80,45 ± 46,25	
	Nível da represa		566,2 ± 0,76	
Geral	Temperatura da Água (C°)	22,5 ± 3,22	24,5 ± 3,69	25,5 ± 3,40
	Condutividade (μS/cm)	79,1 ± 22,46 ^a	68,1 ± 16,3 ^{a, b}	56,2 ± 6,3 ^b
	Total de Sólidos Dissolvidos (g/L)	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,04 ± 0,00 ^b
	Transparência da Água (m)	0,5 ± 0,16 ^a	1,0 ± 0,41 ^a	2,4 ± 0,72 ^b
	Velocidade da corrente (m/segundo)	0,63 ± 0,15 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b
	Precipitação (mm)		120,90 ± 64,2	
	Nível da represa		564,8 ± 1,58	

Letras diferentes indicam diferenças significativas (p<0,05) entre as áreas amostrais. Valores destacados em negrito indicam diferenças estatísticas (p<0,05) entre as estações seca e chuvosa de uma mesma área amostral.

O dendograma de similaridade de Morisita-Horn, evidenciou o gradiente longitudinal formado pela ictiofauna entre as áreas amostrais para todo período de estudo e sazonalmente (Figura 03).

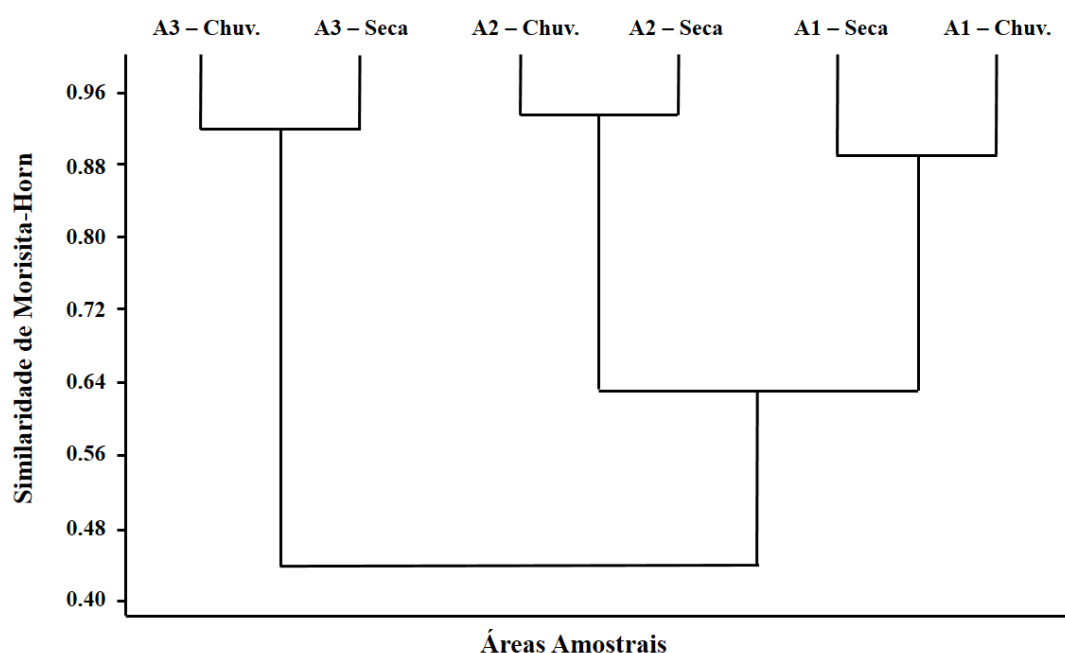


Figura 03: Dendrograma de Similaridade de Morisita-Horn para as áreas amostrais considerando a sazonalidade no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP)

A análise de correspondência canônica corroborou as variáveis abióticas e o cluster de similaridade, demonstrando a existência de um gradiente longitudinal para a ictiofauna e variáveis abióticas, como observado para as demais análises realizadas. Assim, A1 ficou oposta à A3 e A2 em posição central, com explicação de 84%. As variáveis que se correlacionaram positivamente com o eixo 1 foram temperatura e transparência, enquanto para o eixo 2 foram velocidade da corrente e transparência. Ainda, observa-se maior relação de Siluriformes com a área A1, de Gymnotiformes com as áreas A1 e A2, Perciformes e Characiformes, com a área A3 (Figura 04).

A análise de espécies indicadoras, demonstrou a segregação entre as áreas, sendo que das 40 espécies registradas, 13 foram consideradas indicadoras. Desta forma, a área A1 apresentou três espécies indicadoras, enquanto que as áreas A2 e A3 cinco espécies cada. Destas espécies, observa-se na área A1 a ocorrência de espécies grandes migradoras, enquanto que nas áreas A2 e A3 a maioria das espécies são consideradas sedentárias (Tabela 04).

Tabela 04: Análise de espécies indicadoras e teste de Monte-Carlo para as áreas amostrais para o rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Espécies	Área Amostral	Valor Indicador	Monte Carlo
<i>Hypostomus ancistroides</i>	A1	86.7	0.0001
<i>Prochilodus lineatus</i>	A1	46.9	0.0026
<i>Salminus hilarii</i>	A1	49.5	0.0037
<i>Cyphocharax modestus</i>	A2	79.7	0.0001
<i>Pimelodus maculatus</i>	A2	54.7	0.0056
<i>Steindachnerina insculpta</i>	A2	56.9	0.0125
<i>Serassalmus maculatus</i>	A2	53.1	0.0142
<i>Schizodon nasutus</i>	A2	48.1	0.0293
<i>Apareiodon affinis</i>	A3	98.7	0.0001
<i>Galeocharax knerii</i>	A3	56.5	0.0040
<i>Leporinus amblyrhynchus</i>	A3	57.3	0.0006
<i>Leporinus elongatus</i>	A3	56.0	0.0024
<i>Leporinus octfasciatus</i>	A3	44.4	0.0097

A Beta diversidade demonstrou haver substituição de espécies no gradiente longitudinal, sendo que a substituição entre A1 e A2 e A1 e A3 foram similares, contudo maiores do que entre A2 e A3. Em relação a sazonalidade, observa-se que para as duas estações (seca e chuvosa) também ocorre substituição de espécies entre as áreas, sendo esta maior no período chuvoso. Ainda, observa-se que há uma substituição de espécies crescente no gradiente longitudinal, para ambas as estações (Tabela 05).

Tabela 05: Beta diversidade para o período de estudo e por estação sazonal para as áreas amostrais do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

	Período todo			Estação Chuvosa			Estação seca	
	A1	A2		A1 - Chuvosa	A2 - Chuvosa		A1 - Seca	A2 - Seca
A2	0,276		A2 - Chuvosa	0,346		A2 - Seca	0,22	
A3	0,276	0,133	A3 - Chuvosa	0,388	0,17	A3 - Seca	0,244	0,227

Em relação aos índices ecológicos, no gradiente longitudinal apenas a riqueza demonstrou diferenças, fato observado para análise anual e na estação chuvosa, no qual A2 apresentou maior valor em relação a A1 e A3. Quanto à sazonalidade, em relação as áreas amostrais, a área A1 não apresentou diferenças. Para a área A2 foram observadas diferenças para riqueza e biomassa com maiores valores na estação chuvosa, enquanto para A3 abundância e biomassa apresentaram maiores valores na estação chuvosa e maior diversidade na estação seca (Tabela 6).

Tabela 6: Riqueza, abundância, biomassa, Índice de Diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou, para as áreas amostrais considerando o período todo e estações seca e chuvosa no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Estação	Índices	A1	A2	A3
Chuvosa	Riqueza (S)	24 ^a	28 ^b	25 ^a
	Abundância (n)	528	1298	871
	Biomassa (Kg)	24,3	54,6	39,9
	Shannon (H)	2,336	2,234	2,450
	Equitabilidade (J)	0,735	0,67	0,761
Seca	Riqueza (S)	21	20	24
	Abundância (n)	333	560	424
	Biomassa (Kg)	22,0	20,0	23,7
	Shannon (H)	2,272	2,179	2,483
	Equitabilidade (J)	0,746	0,727	0,781
Geral	Riqueza (S)	28 ^a	30 ^b	30 ^a
	Abundância (n)	861	1858	1295
	Biomassa (Kg)	46,3	74,6	63,6
	Shannon (H)	3,468	3,259	3,623
	Equitabilidade (J)	0,721	0,664	0,738

Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as áreas amostrais. Valores destacados em negrito indicam diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as estações seca e chuvosa de uma mesma área amostral.

Discussão

Neste estudo foram registradas 40 espécies de peixes, o que corresponde à cerca de 25% das 155 espécies relatadas por Britto (2003) para toda a bacia do rio Paranapanema. Ainda, foi utilizado aparato de captura seletivo (redes de espera excluem espécies de pequeno porte) e não foram realizadas amostragens em riachos e lagoas o que poderia aumentar a riqueza de espécies. Assim, pode-se considerar que este rio possui uma ictiofauna diversa, quanto ao número de espécies.

Os resultados obtidos para as variáveis limnológicas demonstraram compartimentalização entre as áreas amostrais, sendo A1 considerado lótico, A2 de transição e A3 lântico. Esta compartimentalização é consequência das alterações no fluxo d'água, que criam ambientes limnologicamente distintos. (Thornton, 1990; Henry, 1999; Nogueira *et al.*, 1999; Tundisi, 2003). O dendograma de similaridade de Morisita-Horn demonstra que existe composição ictiofaunística distinta entre estes compartimentos, seguindo o mesmo padrão das variáveis limnológicas. Estes resultados condizem com estudos similares, que demonstram que ocorrem alterações na estrutura e composição da ictiofauna neste gradiente longitudinal (Carvalho *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2004; Britto & Carvalho, 2006; Araújo *et al.*, 2009; Terra *et al.*, 2010).

Neste sentido, a análise de espécies indicadoras, demonstra que a manutenção das características fluviais na área A1 faz com que espécies reconhecidamente grandes migradoras (*S. hilarii* e *P. lineatus*) sejam indicadoras da área lótica, enquanto que, nas áreas sob maior influência do reservatório (A2 e A3), espécies de curta migração e/ou sedentárias são a maioria das indicadoras. No presente estudo observou-se poucas espécies que realizam grandes migrações reprodutivas (*S. hilarii*, *P. maculatus*, *P. lineatus* e *L. elongatus*) (Agostinho *et al.*, 2003), como também ocorre na maioria dos reservatórios brasileiros onde comumente são encontradas no máximo três espécies de peixes desta guilda (Agostinho *et al.*, 2007). Tal fato possivelmente relaciona-se com as alterações físicas e químicas da água, que causam rupturas nas condições requeridas pelas espécies migradoras para se reproduzir, alterando áreas de desova e crescimento (Braga, 2001) e a ausência de mecanismos de transposição, que tornam as barragens intransponíveis para a maioria das espécies (Holmquist *et al.*, 1998).

A Análise de Correspondência Canônica corroborou que as variáveis limnológicas possuem influência sobre a distribuição das espécies, promovendo a compartimentalização da ictiofauna observada pelo *cluster* de similaridade e análise de espécies indicadoras. Ainda, a beta diversidade evidenciou a substituição de espécies neste gradiente rio-represa, com maiores valores registrados durante a estação chuvosa. Em um gradiente longitudinal, além das variáveis físicas e químicas da água (Carvalho *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2004; Britto & Carvalho, 2006; Araújo *et al.*, 2009; Terra *et al.*, 2010), alterações nas características dos habitats (Boys & Thoms, 2006; Roberts & Hitt, 2010) e os processos evolutivos e históricos de adaptações peculiares de cada espécie, modulados por influências ambientais, condições de habitats e ações antrópicas (Martin-Smith, 1998; Meador & Goldstein, 2003) podem refletir em adição ou

substituição de espécies e mudanças nas proporções em que estas ocorrem ao longo do gradiente longitudinal.

Sendo assim, a ordem Siluriformes relacionou-se com a área A1, que apresenta maiores valores de velocidade de corrente, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica e Gymnotiformes com as áreas lótic (A1) e de transição (A2), sendo que a última apresentou valores intermediários para as variáveis limnológicas. Isto se deve, pois estas ordens possuem adaptações evolutivas sensoriais, órgãos táteis dos Siluriformes e elétricos dos Gymnotiformes, que possibilitam a sobrevivência destas espécies em ambientes com menor transparência da água (Lowe-McConnell, 1975; Goulding, 1980; Gregory, 1993). Quanto a Characiformes e Perciformes, espécies destas ordens possuem hábitos diurnos e em sua maioria orientação visual, fazendo com que prefiram ambientes com maior transparência da água, desta forma, se relacionaram positivamente com a área A1. Neste ambiente, onde a transparência da água foi maior, a captura de alimentos e identificação de predadores é facilitada para espécies com orientação visual (Bruton, 1985; Fraser *et al.*, 1987). Provavelmente, também devido a este fato, a maior parte das espécies piscívoras se relacionaram com a área A1.

Em relação aos índices ecológicos, o único que apresentou diferenças significativas entre as áreas foi a riqueza, com maiores valores na área A2 na estação chuvosa e para todo ano. Isto pode estar relacionado ao fato de que áreas de transição, como a A2, são consideradas ecótonos entre os compartimentos lótico e lêntico de reservatórios. Os ecótonos desenvolvem um importante papel na diversidade de peixes (Kolasa & Zalewski, 1995) e na estrutura da assembleia (Willis & Magnuson, 2000). Nestas áreas, existe grande disponibilidade de habitats e espécies dos ambientes lótico e lêntico podem coexistir, usando estes habitats temporariamente, o que contribui para o aumento da diversidade (Oliveira *et al.*, 2004). Além disso, estas áreas são férteis, pois ocorrem altas taxas de produtividade primária que propiciam alta densidade de peixes (Terra *et al.*, 2010; Kimmel *et al.*, 1990). Ainda o aporte de matéria orgânica e sedimentos originados do lixiviamento do solo pelas chuvas, favorece maior oferta de alimentos na estação chuvosa (Teixeira *et al.*, 2005).

Apesar de todos os trechos terem registrado capturas em abundância e biomassa superiores na estação chuvosa, apenas as áreas A2 (biomassa) e A3 (abundância e biomassa) apresentaram diferenças significativas entre estas estações. As variáveis limnológicas demonstraram que no rio Taquari os ambientes sob maior efeito antrópico – área de transição (duas variáveis) e a área lêntica (três variáveis), foram os que apresentaram maior oscilação nas

variáveis limnológicas entre as estações seca e chuvosa, sendo que a estação chuvosa foi a única que apresentou formação de gradiente para temperatura. A maior abundância registrada pode ser devido à oscilação na temperatura, uma vez que, a maior temperatura da água na estação chuvosa, possibilita aos peixes maior atividade, o que contribui para sua captura pelo método empregado, que é passivo (Wootton, 1990). Ainda, a maior parte das espécies neotropicais reproduzem-se em sincronia com a estação chuvosa (Lowe-McConnell, 1987; Vazzoler, 1996), sendo que as espécies típicas de reservatório apresentam período reprodutivo mais longo que as do trecho lótico (Bazzoli *et al.*, 2003). Desta forma, neste período pode ter havido maior biomassa nestas áreas, pois existe, aumento considerável em peso devido à produção de gametas, principalmente nas fêmeas. O maior valor da diversidade de Shannon-Wiener na estação seca da área A1, deve-se ao fato de que, entre as estações houve variação de apenas uma espécie nesta área, enquanto que a abundância se alterou significativamente. Desta forma, como o índice pondera abundância e riqueza de espécies, pode ter havido esta diferença entre as estações.

Conclusões

As análises empregadas demonstraram haver diferenças na composição de espécies entre as áreas amostrais, com *turnover* entre estas. Na área A1, devido ao fato de manter características fluviais, permanecem espécies de longa migração, enquanto que nas áreas sob influência da barragem, prevalecem espécies sedentárias/curta migração. As alterações sazonais, somadas às alterações antrópicas propiciaram maior oscilação nas variáveis limnológicas nos ambientes de transição e lêntico, fazendo com que estes apresentassem diferenças nas capturas em abundância e biomassa. Assim, conclui-se que o represamento possui efeitos sobre a ictiofauna do rio Taquari, atuando como força estruturadora da assembleia.

Referências:

Agostinho AA. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro; 1994; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COMASE, ELETROBRAS; 1994. p. 38-59.

Agostinho AA, Gomes LC, Suzuki HI, Júlio Jr HF. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A, editors. Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Ottawa: World Fisheries Trust, International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank; 2003. p. 19-98.

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

Araújo FG, Teixeira PCB, Teixeira PT. Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in south-eastern Brazil: evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia*. 2009; 618:89-107.

Bazzoli N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: Godinho HP, Godinho AL, editores. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas; 2003. p. 291-306.

Boys CA, Thoms MC. A large-scale, hierarchical approach for assessing habitat associations of fish assemblages in large dryland rivers. *Hydrobiologia*. 2006; 572(1):11-31.

Braga FMS. Reprodução de peixes (Osteichthyes) em afluentes do Reservatório de Volta Grande, Rio Grande, sudeste do Brasil. *Iheringia Sér Zool*. 2001; 91:67-74.

Britto SGC. Peixes do Rio Paranapanema. São Paulo: Ed. Horizonte; 2003.

Britto SGC, Carvalho ED. Ecological attributes of fish fauna the Taquaruçu reservoir, Paranapanema River (Upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution. *Acta Limnol Bras*. 2006; 18:377-88.

Bruton MN. The effects of suspensoids on fish. *Hydrobiologia*. 1985; 125:221-41.

Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS, editores. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional; 2007.

Buckup PA. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In: Caramaschi EP, Mazzoni R, Peres-Neto PR, editores. Ecologia de peixes de riachos. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ; 1999. p. 91-138.

Carvalho ED, Fujihara CY, Henry R. Study on the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. *Verh Int Verein Limnol*. 1998; 26:2199-202.

Carvalho ED, Silva VFB. Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim (Alto rio Paranapanema, SP). In: Henry R, editor. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fundibio, Fapesp; 1999. p. 769-800.

Collares-Pereira MJ, Cowx IG. The role of catchment scale environmental management in freshwater fish conservation. *Fish Manage Ecol.* 2004; 11(3-4):303-12.

Fraser DF, DiMattia DA, Duncan JD. Living among predators: the response of a stream minnow to the hazard of predation. In: Matthews WJ, Heins DC, editors. *Community and evolutionary ecology of North American stream fishes*. Norman: University of Oklahoma Press; 1987. p. 121-7.

Goulding M. *The fishes and the forest: explorations in Amazonian Natural History*. Berkeley: University of California Press; 1980.

Graça WJ, Pavanelli CS. *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá: Eduem; 2007.

Gregory RS. Effect of turbidity on the predator avoidance behaviour of juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can J Fish Aqua Sci.* 1993; 50:241-6.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. Past: paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron.* 2001; 4(1):9.

Henry R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brasilian reservoirs. In: Tundisi JG, Strskraba M, editors. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences. São Carlos: Backhuys Publishers; 1999. p. 125-52.

Henry R, Gouveia L. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do alto Paranapanema (São Paulo) – sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *An Acad Bras Ciênc.* 1993; 65(4):439-51.

Henry R, Santos AAN, Camargo YR. Transporte de sólidos suspensos, N e P total pelos Rios Paranapanema e Taquari e uma avaliação de sua exportação na Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In: Henry R, editor. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO, FAPESP; 1999. p. 687-710.

Holmgren K, Appelberg M. Size structure of benthic freshwater fish communities in relation to environmental gradients. *J Fish Biol.* 2000; 57:1312-30.

- Holmquist JG, Schmidt-Gengenbach JM, Yoshioka BB. High dams and marine-freshwater linkages: effects on native and introduced fauna in the Caribbean. *Conserv Biol.* 1998; 12(3):621-30.
- Karr JR. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries.* 1981; 6(1):21-7.
- Kimmel BL, Lind OT, Paulson LJ. Reservoir primary production. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE, Editors. *Reservoir limnology: ecological perspectives.* New York: John Wiley & Sons; 1990. p. 133-94.
- Kolasa J, Zalewski M. Notes on ecotone attributes and functions. In: Schiemer F, Zalewski M, Thorpe JE, editors. *The importance of aquatic-terrestrial ecotones for freshwater fish.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1995. p. 1-7.
- Langeani F, Castro RMC, Oyakawa OT, Shibatta OA, Pavanelli CS, Casatti L. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotrop.* 2007; 7:1-17.
- Lowe-McConnell RH. *Fish communities in tropical freshwaters. Their distribution, ecology and evolution.* London: Longman; 1975.
- Lowe-McConnell RH. *Ecological studies in tropical fish communities.* Cambridge: Cambridge University Press; 1987. (Cambridge Tropical Biology Series).
- Martin-Smith KM. Relationships between fishes and habitat in rainforest streams in Sabah, Malaysia. *J Fish Biol.* 1998; 52:458-82.
- McCune B, Mefford MJ. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data.* Version 5.31 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2006.
- Meador MR, Goldstein RM. Assessing water quality at large geographic scales: relations among land use, water physicochemistry, riparian condition, and fish community structure. *Environ Manage.* 2003; 31:504-17.
- Nogueira MG, Henry R, Maricatto FE. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lake Reserv Manage.* 1999; 4:107-20.
- Nogueira MG, Jorcín A, Vianna NC, Britto YCT. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das assembleias bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): um

estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A, editores. Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: Rima; 2005. p. 83-125.

Oliveira EF, Goulart E, Minte-Vera CV. Fish diversity along spatial gradients in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. *Braz J Biol.* 2004; 64(3):447-58.

Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr CJ. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Ed. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2003.

Roberts JH, Hitt NP. Longitudinal structure in temperate stream fish communities: evaluating conceptual models with temporal data. *Am Fish Soc Symp.* 2010; 73:281-302.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com. Tulsa, oklahoma, U.S.A.

Talling JF, Lemoalle J. Ecological dynamics of tropical inland waters. Cambridge: Cambridge University Press; 1998.

Teixeira TP, Pinto BCT, Terra BF, Estiliano EO, Gracia D, Araújo FG. Diversidade das assembléias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. *Iheringia Sér Zool.* 2005; 95(4):347-57.

Terra BF, Santos ABI, Araujo FG. Fish assemblage in a dammed tropical river: an analysis along the longitudinal and temporal gradients from river to reservoir. *Neotrop Ichthyol.* 2010; 8(3):599-606.

Thornton WK. Sedimentary process. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne EF, editors. Reservoir limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons; 1990. p. 49-69.

Tundisi JG. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima; 2003.

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

Ward JV. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biol Conserv.* 1998; 83(3):269-78.

Willis TV, Magnuson JJ. Patterns in fish species composition across the interface between streams and lakes. *Can J Fish Aquat Sci.* 2000; 57:1042-52.

Wootton RJ. Ecology of teleost fishes. London: Chapman and Hall; 1990. (Fish and Fisheries Series 1).

2º Capítulo

“Táticas reprodutivas de seis espécies de peixes do rio Taquari sob influência da represa de Jurumirim (SP, Brasil)”

Resumo

O barramento de um rio ocasiona alterações nas propriedades físicas e químicas da água que causam a compartimentalização da massa de água em três ambientes distintos: lótico, transição e lêntico. Estas diferenças podem interferir nos gatilhos ambientais, influenciando o ciclo reprodutivo das espécies de peixes. Assim, avaliou-se os efeitos da compartimentalização da massa de água sobre a distribuição e aspectos reprodutivos de seis espécies de peixes nativos no rio Taquari, represa de Jurumirim. Foram realizadas amostragens mensais com redes de espera expostas por aproximadamente 16 horas do entardecer ao amanhecer em três áreas: lótica (A1), transição (A2) e lêntica (A3). Espacialmente, *Astyanax altiparanae* e *Astyanax fasciatus* demonstraram-se ajustadas a todos os tipos de ambiente, com valores de índice gonadosomático (IGS), fator de condição (K) e índice de atividade reprodutiva (IAR) similares entre as áreas. *Pimelodus maculatus*, *Schizodon nasutus*, *Serrasalmus maculatus* e *Steindachnerina insculpta* demonstraram maiores valores destes índices nas áreas (A2) e (A3). A duração do período reprodutivo destas espécies diferiu, sendo que *A. fasciatus* e *S. maculatus* apresentaram atividade reprodutiva durante todo o ano, sendo que as demais espécies apresentaram sincronia com os gatilhos ambientais, tendo seus períodos reprodutivos restritos a um período de seis meses. Somente *P. maculatus* não apresentou diferenças na duração do período reprodutivo entre as áreas amostrais, sendo que para as outras espécies, este foi mais longo nas áreas A2 e A3. Conclui-se que as espécies com ampla plasticidade reprodutiva e ambiental que ocorreram nos três compartimentos, apresentaram diferenças nos aspectos reprodutivos entre as áreas lótica, transição e lêntica, sendo que a maior variação ocorreu em relação à duração do período reprodutivo, que foi mais longo nas áreas de transição e lêntica, possivelmente devido à maior estabilidade ambiental.

Palavras-chave: ictiofauna; gatilhos reprodutivos; compartimentalização;

Introdução

A formação de lagos artificiais ocasionada pelo barramento de rios, causa uma série de alterações que afetam os componentes químicos, físicos e biológicos da água (Bianchini Jr., 1994), promovendo consideráveis mudanças no regime hidrológico e na dinâmica ecológica destes ecossistemas (Henry, 1999). Espacialmente, o represamento causa acentuada

compartimentalização da massa d'água represada (Nogueira *et al.*, 2005), o que acarreta em heterogeneidade espacial das condições limnológicas e variáveis bióticas (Henry, 1999; Nogueira *et al.*, 1999), ocasionando a formação de três compartimentos distintos: lótico, transição e lêntico (Carvalho *et al.*, 1998), com conseqüente modificações no habitat.

Tais modificações tem influência direta sobre a biota aquática, sendo peixes um dos grupos afetados. Desta forma, funções biológicas como alimentação, reprodução, crescimento e taxas de nascimento e mortalidade da ictiofauna residente são afetadas (Agostinho, 1994; Sabino *et al.*, 2014). Também são observadas, modificações na composição e estrutura da ictiofauna, sendo que espécies com demandas biológicas mais simples ou grande plasticidade reprodutiva obtém sucesso na colonização do novo ambiente aumentando suas populações, principalmente nas áreas lêntica e de transição (Agostinho *et al.*, 2008). Contudo, espécies com maiores exigências de habitat e com menor plasticidade reprodutiva, como os peixes grandes migradores, tendem a ter suas populações reduzidas, podendo ser extintas localmente (Zocchi, 2002). Assim, a reprodução torna-se um dos principais eventos responsáveis pela manutenção das espécies nestes ambientes impactados.

Peixes neotropicais possuem reprodução cíclica, sendo o fotoperíodo, temperatura, alteração no nível da água e a sequência de eventos estacionais de seca e chuva os gatilhos mais importantes, uma vez que, iniciam ou controlam a taxa de desenvolvimento gonadal (Vazzoler, 1996; Lowe-McConnell, 1999). O sucesso reprodutivo também depende do local e momento em que ocorre a reprodução e dos recursos alocados (Wootton, 1984), bem como das condições fisiológicas e comportamentais, no período que antecede a desova (Bye, 1984).

Entretanto, as modificações que ocorrem nas zonas de transição e lêntica alteram a quantidade e a qualidade do habitat original, impondo filtros ambientais que atenuam o efeito dos gatilhos reprodutivos (Agostinho *et al.*, 2008). Sendo assim, a hipótese do presente estudo é a de que a compartimentalização longitudinal do ambiente aquático causada pelo represamento, promove alterações sobre as táticas reprodutivas de seis espécies de peixes que habitam os três compartimentos do rio Taquari, represa de Jurumirim.

Material e Métodos

Área amostral

A represa de Jurumirim (Sudeste do Estado de São Paulo), é a primeira de uma série de 11 represas dispostas em cascata no eixo do rio Paranapanema, sendo o rio Taquari e rio Paranapanema, ambos localizados na margem esquerda, seus principais afluentes (Henry *et al.*, 1999) (Figura 01). Esta represa opera em sistema de bacia de acumulação, sendo que a montante desta represa, não existem outros barramentos, logo, não há regularização da vazão no tributário estudado.

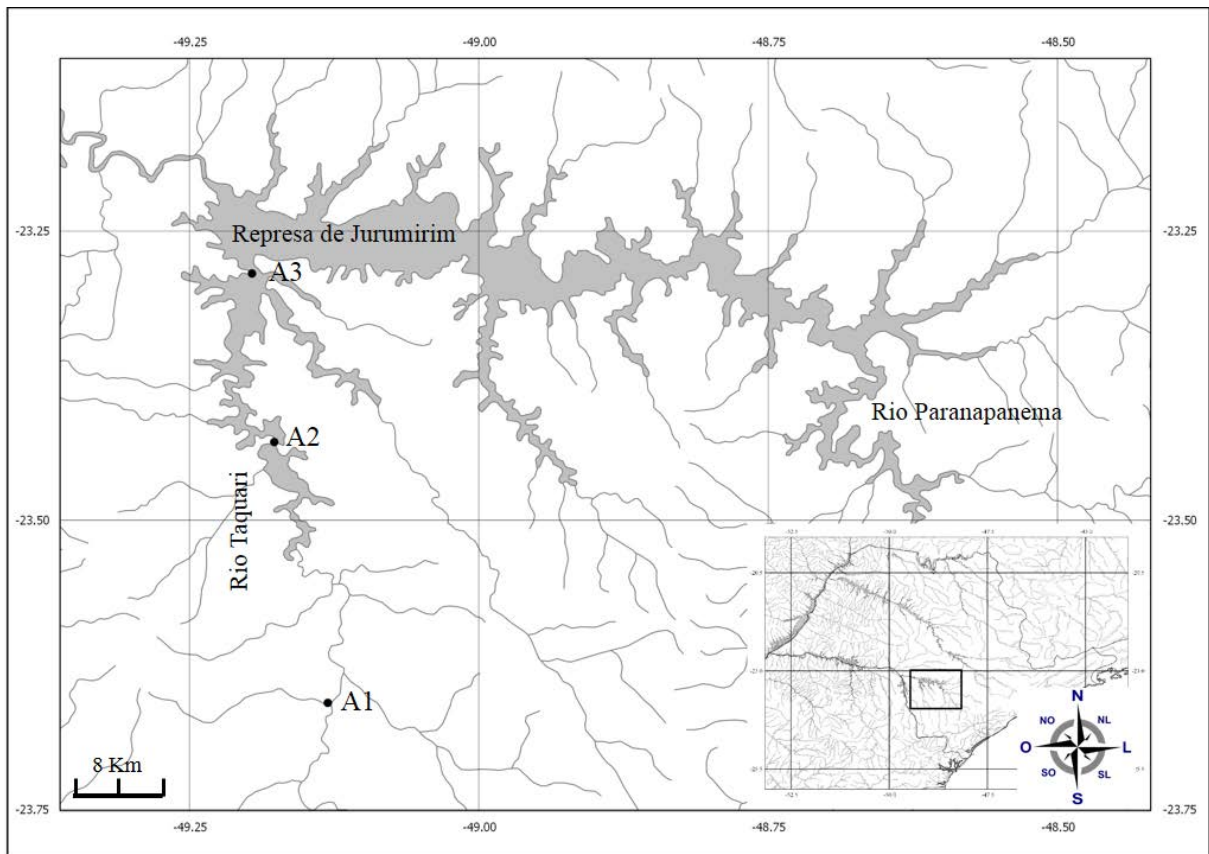


Figura 01: Mapa da rede hidrográfica do estado de São Paulo, Brasil. Em destaque a represa de Jurumirim (bacia do alto rio Paraná) com indicação de seus principais afluentes, rio Taquari e Paranapanema e locais de coleta no eixo do rio Taquari: A1: Área lótica; A2: Área de transição; A3: Área lântica.

As áreas amostrais foram selecionadas de acordo com suas características ambientais, abrangendo os três compartimentos limnologicamente distintos do rio Taquari, onde entre as áreas extremas a distância é de 42 Km em linha reta (Tabela 01). Os períodos seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março) para o período e área de estudo, foram determinados

com base nos dados de precipitação mensal e comparados com dados de 1995 a 2013, utilizando-se como fonte o banco de dados Ciiagro (2015) (Figura 02). Foram mensuradas por meio de sonda multiparâmetro Horiba modelo U-53 as seguintes variáveis ambientais: temperatura, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Também foram mensuradas a transparência da água (disco de Secchi) e velocidade da corrente (fluxômetro).

Tabela 01: Coordenadas geográficas e características ambientais das áreas amostrais do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Áreas Amostrais	A1	A2	A3
Coordenadas	23°39'29.18"S; 49° 7'49.78"O	23°25'56.87"S; 49°10'36.94"O	23°17'10.01"S; 49°11'45.40"O
Fluxo d'água	Lótico	Transição	Lêntico
Características	Rio meândrico	Zona de transição	Área de represa
Vegetação ciliar	Abundante	Ausente	Ausente
Largura aproximada (m)	21 a 33	250 a 800	630 a 1400
Profundidade (m)	2,45 ± 0,92	4,87 ± 1,70	13,07 ± 9,74
Ocupação de entorno	Agrícola/pastagem/veraneio		

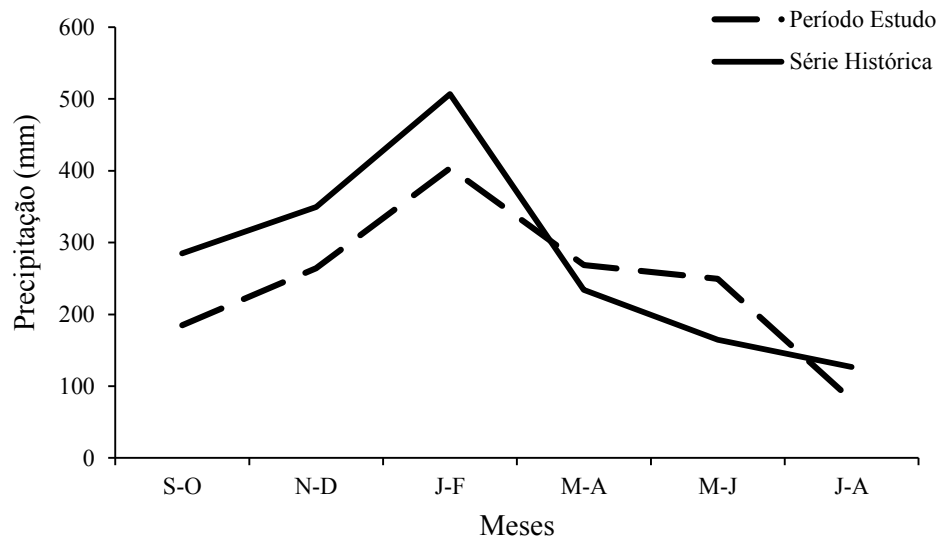


Figura 02: Precipitação média para o período de estudo e série histórica para o rio Taquari (Alto Paranapanema, SP). (Fonte Ciiagro: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>).

Amostragem

Foram realizadas amostragens mensais (setembro/2012 a agosto/2013) em três áreas do rio Taquari (Tabela 01 e Figura 01). Os peixes foram capturados com uso de redes de emalhar

(3 a 14 cm entre nós não adjacentes), expostas por aproximadamente 16 horas entre o anoitecer e amanhecer. Após a despesca, os peixes foram identificados com base em guias específicos (Graça & Pavanelli, 2007) e submetidos à biometria onde foram mensurados: peso total (g), comprimento padrão (cm), sexo, estágio de maturação gonadal e peso das gônadas (g). A classificação dos estágios de maturação gonadal foi realizada com base em Vazzoler (1996), utilizando-se como características o volume ocupado na cavidade, coloração e vascularização das gônadas. Ressalta-se que apenas fêmeas das espécies que apresentaram suficiência amostral nas três áreas avaliadas (*Astyanax altiparanae*, *Astyanax fasciatus*, *Pimelodus maculatus*, *Schizodon nasutus*, *Serrasalmus maculatus* e *Steindachnerina insculpta*) foram utilizadas no presente estudo.

Análise de dados

As coletas mensais foram agrupadas em bimestres, visando aumentar o número de exemplares das espécies de peixe, sendo realizadas posteriormente as seguintes análises: índice gonadosomático ($IGS = Wg/Wt * 100$), no qual: Wg = peso das gônadas (g) e Wt = peso total do indivíduo (g), para indicação indireta do período reprodutivo (Vazzoler, 1996); fator de condição ($K = Wt/Ls^b$) no qual: Wt = peso total do indivíduo (g); Ls = comprimento padrão do indivíduo (cm); b = coeficiente angular Φ obtido da relação peso/comprimento para indicação do grau de hígidez das espécies (Vazzoler, 1996); índice de atividade reprodutiva ($IAR = ((\ln Ni * (ni / \sum ni + ni / Ni) * (IGSi / IGSe)) / (\ln Nm (nm / \sum ni + 1))) * 100$) no qual: Ni = nº de indivíduos na unidade amostral i ; ni = nº de indivíduos em reprodução na unidade amostral i ; Nm = nº de indivíduos na maior unidade amostral; nm = nº de indivíduos em reprodução na unidade amostral com maior n ; $IGSi$ = IGS média dos indivíduos em reprodução na unidade amostral i ; $IGSe$ = maior valor individual de IGS, sendo classificada como nula ($IAR < 2$), incipiente ($2 < IAR < 5$), moderada ($5 < IAR < 10$), intensa ($10 < IAR < 20$) e muito intensa ($IAR > 20$) (Agostinho et al., 1991). Todas análises estatísticas foram realizadas no software Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., 2007) e adotado 95% de grau de confiança.

Resultados

Com base nas variáveis limnológicas, pode-se observar a formação de um gradiente longitudinal sentido A1 a A3, onde ocorre aumento da temperatura e transparência da água, enquanto que as variáveis condutividade, total de sólidos em suspensão e velocidade da corrente decresceram neste sentido (Tabela 02).

Foram capturadas 2.183 fêmeas pertencentes às seis espécies selecionadas, com biomassa total de 106,6 Kg. Em relação à abundância, apenas *S. maculatus* e *P. maculatus* apresentaram diferenças significativas entre as áreas amostrais, sendo que para estas duas espécies, a maior abundância foi registrada nas áreas A2 e A3. Em termos de biomassa, *P. maculatus*, *S. maculatus* e *S. nasutus* apresentaram diferenças significativas entre as áreas, sendo que para as três espécies, os menores valores foram registrados na área A1 (Tabela 3).

Tabela 02: Variáveis limnológicas da água de superfície para as áreas amostrais do rio Taquari (alto Paranapanema, SP).

Variável limnológica	A1	A2	A3
Temperatura da Água (C°)	22,5 ± 3,22	24,5 ± 3,69	25,5 ± 3,40
Condutividade (µS/cm)	79,1 ± 22,46	68,1 ± 16,3	56,2 ± 6,3
Total de Sólidos Dissolvidos (g/L)	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,04	0,04 ± 0,00
Transparência da Água (m)	0,5 ± 0,16	1,0 ± 0,41	2,4 ± 0,72
Velocidade da corrente (m/seg.)	0,63 ± 0,15		

Ainda, entre as áreas amostrais, foram observadas diferenças significativas no IGS de *A. altiparanae*, que apresentou maiores valores nas áreas A1 e A3, *A. fasciatus* na área A2, *S. nasutus* nas áreas A2 e A3, *S. insculpta* em A3. *Pimelodus maculatus* e *S. maculatus* não apresentaram diferenças no IGS entre as áreas. Em relação ao fator de condição *A. altiparanae* apresentou maiores valores nas áreas A1 e A3, enquanto *S. nasutus* e *S. insculpta* em A3. As espécies *A. fasciatus*, *P. maculatus* e *S. maculatus*, não apresentaram diferenças entre as áreas.

O índice de atividade reprodutiva para as áreas, demonstrou que *A. altiparanae* possui atividade reprodutiva muito intensa em A1 e A3 e incipiente em A2. *Schizodon nasutus* e *S. insculpta* muito intensa em A3 e de incipiente a moderada em A1 e A2. *Astyanax fasciatus* apresentou índice de atividade reprodutiva intensa em A1 e muito intensa em A2 e A3 e *P. maculatus* e *S. maculatus* nula em A1 e incipiente em A2 e A3 (Tabela 03).

Em relação ao IGS bimestral entre as áreas amostrais, *A. altiparanae*, *P. maculatus*, *S. nasutus* e *S. insculpta* apresentaram período reprodutivo em sincronia com os gatilhos ambientais temperatura e precipitação. Contudo *A. altiparanae*, *S. nasutus* e *S. insculpta* apresentaram período reprodutivo mais amplo que *P. maculatus*. Para *A. fasciatus* e *S. maculatus*, observou-se maiores valores de IGS na estação chuvosa, entretanto, seus períodos reprodutivos estenderam-se por quase todo o ano, principalmente nas áreas A2 e A3 (Figura 3).

Tabela 03: Abundância, biomassa, comprimento padrão, peso total, índice Gonadossomático, fator de condição e índice de atividade reprodutiva para as seis espécies de peixes analisadas no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP). Letras diferentes significam valores estatisticamente diferentes

Espécies	Área	Abundância (n)	Biomassa (Kg)	Comprimento padrão (Média ± Sd)	Peso Total (Média± Sd)	Índice Gonadossomático (Média± Sd)	Fator de Condição (Média± Sd)	Índice de Atividade Reprodutiva
<i>Astyanax altiparanae</i>	A1	73	1,36	8,3 ± 1,79	18,6 ± 12,84	6,2 ± 4,7 ^a	3,4 ± 0,7 ^a	20,0
	A2	43	0,57	7,8 ± 1,41	13,2 ± 7,26	1,6 ± 1,8 ^b	3,1 ± 0,5 ^b	0,6
	A3	77	1,40	8,3 ± 1,68	18,2 ± 13,08	7,0 ± 5,5 ^a	3,3 ± 0,4 ^{ab}	22,6
	Total	194	3,34	8,2 ± 1,71	17,6 ± 12,34	5,7 ± 4,9	3,3 ± 0,6	
<i>Astyanax fasciatus</i>	A1	230	3,14	8,4 ± 1,01	13,6 ± 3,63	6,2 ± 4,0 ^a	2,6 ± 0,4	17,0
	A2	210	2,79	8,2 ± 0,74	13,3 ± 6,60	8,0 ± 4,6 ^b	2,6 ± 0,4	20,7
	A3	252	3,58	8,5 ± 0,83	14,2 ± 3,24	6,7 ± 4,1 ^{ab}	2,7 ± 0,4	20,3
	Total	693	9,51	8,4 ± 0,91	13,7 ± 4,42	6,7 ± 4,2	2,7 ± 0,4	
<i>Pimelodus maculatus</i>	A1	28 ^a	3,60 ^a	18,1 ± 4,03	127,0 ± 101,63	1,2 ± 1,1	2,3 ± 0,3 ^a	1,6
	A2	159 ^b	14,99 ^b	16,6 ± 3,49	94,5 ± 75,10	1,2 ± 1,4	2,3 ± 0,4 ^a	3,8
	A3	129 ^b	10,61 ^{ab}	15,8 ± 3,70	82,5 ± 58,88	1,0 ± 1,2	2,3 ± 0,3 ^b	2,9
	Total	316	29,20	16,6 ± 3,74	95,4 ± 76,34	1,1 ± 1,3	2,3 ± 0,4	
<i>Schizodon nasutus</i>	A1	35	5,04 ^a	20,0 ± 2,56	143,6 ± 44,92	1,2 ± 1,7 ^a	1,8 ± 0,3 ^a	0,4
	A2	75	11,80 ^{ab}	20,3 ± 2,68	157,1 ± 54,12	3,6 ± 4,3 ^b	1,8 ± 0,2 ^a	6,2
	A3	63	16,33 ^b	23,2 ± 2,66	257,3 ± 87,11	5,1 ± 5,6 ^b	1,9 ± 0,2 ^b	22,6
	Total	174	33,17	21,0 ± 2,98	183,0 ± 80,51	3,3 ± 4,5	1,8 ± 0,3	
<i>Serrasalmus maculatus</i>	A1	26 ^a	1,36 ^a	10,8 ± 2,81	52,6 ± 47,94	0,8 ± 1,2	3,1 ± 0,6	0,6
	A2	212 ^b	12,28 ^b	10,0 ± 4,35	57,9 ± 88,40	1,1 ± 1,6	3,0 ± 0,6	3,8
	A3	140 ^b	6,77 ^b	9,4 ± 3,72	48,2 ± 91,61	1,0 ± 1,5	3,0 ± 0,4	3,3
	Total	378	20,40	9,9 ± 3,99	53,9 ± 85,60	1,0 ± 1,5	3,0 ± 0,5	
<i>Steindachnerina insculpta</i>	A1	42	0,90	9,7 ± 0,96	21,6 ± 7,03	6,1 ± 6,0 ^a	1,3 ± 0,2 ^a	5,4
	A2	259	5,19	9,5 ± 0,83	20,0 ± 5,73	3,6 ± 3,4 ^b	1,3 ± 0,2 ^a	3,7
	A3	127	4,93	11,2 ± 0,81	38,8 ± 8,83	9,0 ± 5,0 ^c	1,5 ± 0,2 ^b	30,9
	Total	428	11,02	10,0 ± 1,13	25,4 ± 10,73	5,5 ± 5,0	1,4 ± 0,2	

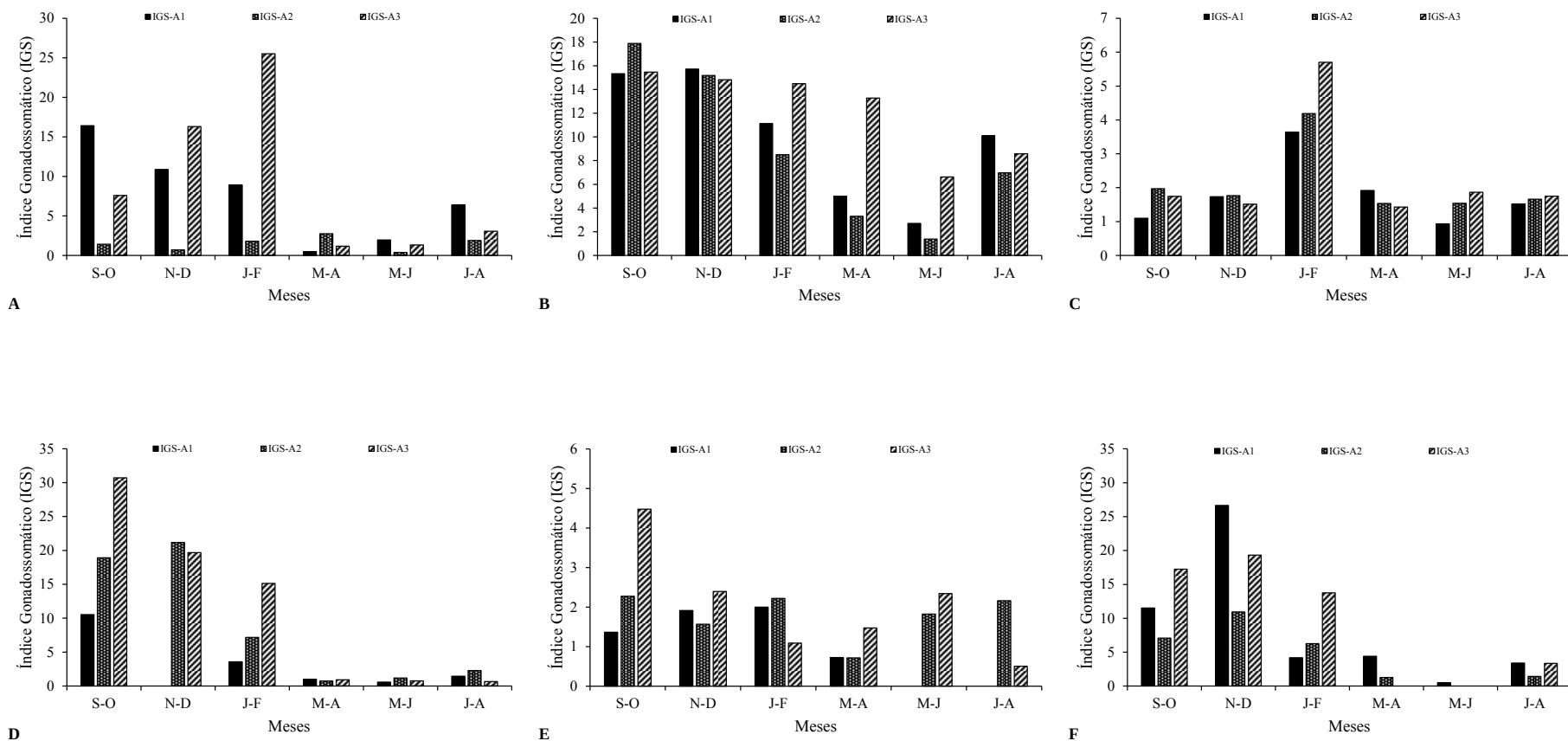


Figura 03: Índice Gonadosomático para: A – *Astyanax altiparanae*; B – *Astyanax fasciatus*; C – *Pimelodus maculatus*; D – *Schizodon nasutus*; E – *Serrasalmus maculatus* e E – *Steindachnerina insculpta* nas diferentes áreas amostrais no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Discussão

Espacialmente, *Astyanax altiparanae* e *Astyanax fasciatus* demonstraram-se ajustadas a todos os tipos de ambiente, com valores de índice gonadossomático (IGS), fator de condição (K) e índice de atividade reprodutiva (IAR) similares entre as áreas. Em relação as espécies do gênero *Astyanax*, estas são abundantes em rios, conseguindo se ajustar em ambientes represados (Agostinho *et al.*, 1997; Abilhoa, 2005), ocupando os mais diversos habitats (Garutti & Britski, 2000). Forrageiam em todos os níveis tróficos, exibindo habilidade em mudar de presa em resposta às mudanças ambientais (Lobón-Cerviá & Bennemann, 2000), sendo a onívoria frequente entre as espécies deste gênero (Andrian *et al.*, 2001). Desta forma, infere-se que *A. altiparanae* e *A. fasciatus*, são aptas em habitar os diferentes compartimentos avaliados neste estudo, justificando a similaridade observada entre as análises realizadas.

Pimelodus maculatus, *Schizodon nasutus*, *Serrasalmus maculatus* e *Steindachnerina insculpta* demonstraram maiores valores destes índices (IGS, K e IAR) nas áreas (A2) e (A3). Para *P. maculatus*, *S. nasutus*, *S. maculatus* e *S. insculpta*, apesar do hábito migratório das duas primeiras espécies, estas conseguem se ajustar a ambiente represados, realizando deslocamentos mais curtos ou mesmo se reproduzindo na área lântica, pois ambas apresentam alta plasticidade reprodutiva (Agostinho *et al.*, 2003; Sabinson *et al.*, 2014; Maia *et al.*, 2007; Mourgués-Schurter & Kishibe, 1997). Para as outras duas, é reportado na literatura a preferência de *S. maculatus* por ambientes lânticos, como lagos, lagoas e represas, indicando que possivelmente, esta espécie possui adaptações para este tipo de ambiente (Sazima & Zamprogno, 1985; Agostinho, 2003). Já *S. insculpta*, por ser uma espécie sedentária com desova parcelada e possuir hábito alimentar detritívoro (Bennemann *et al.*, 2000), ajustou-se à área A3, pois este ambiente normalmente apresenta altas taxas de sedimentação de material orgânico devido à desaceleração da massa d'água, favorecendo o ciclo biológico desta espécie.

Em relação ao período reprodutivo, foram observadas diferenças na duração deste entre as espécies analisadas, o qual variou de dois meses (janeiro e fevereiro) para *P. maculatus* até o ano todo para *A. fasciatus* e *S. maculatus*. *Astyanax altiparanae*, *S. nasutus* e *S. insculpta* apresentaram período reprodutivo com aproximadamente seis meses de duração (setembro a fevereiro). Assim, pode-se inferir que *A. altiparanae*, *P. maculatus*, *S. nasutus* e *S. insculpta* apresentaram sincronia com os fatores ambientais precipitação, fotoperíodo e temperatura,

tendo maiores valores de IGS de setembro a fevereiro e pouca atividade reprodutiva ao longo do restante do ano.

Tal resultado pode ser justificado, pelo fato de o ciclo reprodutivo de peixes neotropicais ser desencadeado pelo início das chuvas e a elevação das temperaturas e do nível d'água (Lowe-McConnell, 1999). Especificamente, para bacia do Paraná, onde localiza-se a área de estudo, tais eventos iniciam-se em outubro atingindo o pico nos meses de dezembro e janeiro, sendo que a maioria das espécies de peixes desta bacia possuem período reprodutivo em sincronia com estes eventos (Vazzoler, 1996). Desta forma, os resultados observados para estas espécies estão de acordo com o padrão de reprodução de peixes neotropicais pertencentes a bacia do rio Paraná.

Para *A. fasciatus* e *S. maculatus*, também observou-se maiores valores de IGS durante os meses de setembro a março, entretanto o período reprodutivo destas estendeu-se por todo ano. Peixes neotropicais apresentam dois tipos frequentes de desova, a parcelada/múltipla e total. No tipo parcelada/múltipla, o desenvolvimento oocitário é assincrônico, a maturação dos oócitos ocorre em vários grupos e a desova ocorre por um longo período. Para desova total, o desenvolvimento dos oócitos ocorre em grupos sincrônicos, a maturação ocorre apenas em dois grupos e a desova ocorre em um período mais curto de tempo (Bazzoli, 2003; Sato *et al.*, 2003). Segundo a literatura, dentre as espécies analisadas, apenas *P. maculatus* apresenta desova total (Agostinho *et al.*, 2003), sendo as demais consideradas espécies com desova parcelada (Garutti, 1989; Lamas & Godinho, 1996; Vono *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009). Assim, os longos períodos reprodutivos observados para *A. altiparanae*, *A. fasciatus*, *S. nasutus*, *S. maculatus* e *S. insculpta* podem estar relacionados ao tipo de desova parcelada/múltipla, bem como o curto período reprodutivo de *P. maculatus* pode estar relacionado com a desova total.

Dentre as espécies analisadas *A. altiparanae*, *A. fasciatus*, *S. maculatus* e *S. insculpta* apresentaram diferenças na frequência bimestral de IGS entre a área lótica (A1) e as áreas de transição (A2) e lêntica (A3). Para *A. altiparanae* a reprodução ocorreu mais cedo na área A1 em relação à A3 e para as outras três espécies, na área A1 o período reprodutivo foi mais curto que nas áreas A2 e A3.

As variações observadas para *A. altiparanae*, podem ser devidas às diferentes condições ambientais das áreas avaliadas, que acarretaram em compartimentalização do ambiente. Esta

compartimentalização altera as táticas reprodutivas dos peixes, as quais são variáveis em resposta às flutuações ambientais. Desta forma, populações de peixes sujeitas às variações distintas, podem exibir diferentes táticas reprodutivas (Wootton 1984; Vazzoler 1996). Sendo assim, *A. altiparanae* por encontrar situações diferentes entre as áreas, apresentou períodos reprodutivos diferentes entre A1 e A3, comportamento similar ao que foi descrito por Garutti (1989).

Em ambientes íntegros, os efeitos sazonais que promovem os gatilhos ambientais são mais intensos, ao passo que as modificações que ocorrem na zona lântica alteram a quantidade e a qualidade do habitat original, impondo filtros ambientais que atenuam o efeito dos gatilhos reprodutivos (Agostinho *et al.*, 2008). Em ambientes nos quais há sazonalidade claramente definida, a atividade reprodutiva de diversas espécies de peixes é restrita a um período específico do ano (Bye, 1984), pois ocorrem flutuações na disponibilidade de alimentos ou na competição interespecíficas por locais de desova (Kramer 1978). Neste sentido, em ambientes relativamente estáveis, como lagos, lagoas e reservatórios espera-se períodos reprodutivos mais longos, principalmente para espécies que apresentam desovas múltiplas, que são comuns nestas áreas (Bazzoli, 2003), como para *A. fasciatus*, *S. maculatus* e *S. insculpta*.

Conclusões

A compartimentalização acentuada existente em ambientes represados ocasiona a segregação de espécies entre estas áreas, sendo que as com demandas biológicas mais simples ou grande plasticidade reprodutiva são aquelas que obtêm sucesso neste novo ambiente. Neste estudo evidenciou-se que a maioria das espécies que conseguem habitar os distintos compartimentos limnológicos do ambiente barrado sofrem algum tipo de interferência destas diferenças ambientais em seu ciclo reprodutivo, sendo que na área lótica, devido à maior instabilidade ambiental, as espécies têm ciclo reprodutivo mais curto se comparadas àquelas que vivem nas áreas de transição e lântica.

Referências

Abilhoa V. Ictiofauna. In: Andreoli CV, Carneiro C, editores. Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. Curitiba: Gráfica Capital; 2005. p. 435-56.

Agostinho AA, Suzuki HI, Sampaio AA, Borges JD. Índice de atividade reprodutiva: uma proposta para avaliação da atividade reprodutiva em peixes. In: Resumos do 9º Encontro Brasileiro de Ictiologia; 1991; Maringá. Maringá: SBI; 1991. p. 53.

Agostinho AA. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro; 1994; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COMASE, ELETROBRAS; 1994. p. 38-59.

Agostinho CS. Reproductive aspects of piranhas *Serrasalmus spilopleura* and *Serrasalmus marginatus* into the Upper Paraná River, Brazil. Braz J Biol. 2003; 63(1):1-6.

Agostinho AA, Ferretti CML, Gomes LC, Hahn NS, Suzuki HI, Fugi, R, Abujanra F. Ictiofauna de dois reservatórios do rio Iguaçu em diferentes fases de colonização: Segredo e Foz do Areia. In: Agostinho AA, Gomes LC, editores. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM; 1997. p. 275-92.

Agostinho AA, Gomes LC, Suzuki HI, Júlio Jr HF. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A, editors. Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Ottawa: World Fisheries Trust, International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank; 2003. p. 19-98.

Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Braz J Biol. 2008; 68(4 Suppl): 1119-32.

Andrian IF, Rodrigues HB, Peretti D. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. Acta Sci. 2001; 23(2):435-40.

Bazzoli N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: Godinho HP, Godinho AL, editores. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas; 2003. p. 291-306.

Bennemann STL, Shibatta AO, Garavello JC. Peixes do rio Tibagi: uma abordagem ecológica. Londrina: Ed. Universidade Estadual de Londrina; 2000.

Bianchini Jr I. Água como ambiente para a manutenção da fauna aquática. In: Seminário Sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro. Reuniões Temáticas Preparatórias. Caderno I. Fundamentos. Rio de Janeiro: COMASE, ELETROBRAS; 2004. p. 7-17.

Bye VJ. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. In: Wootton RJ. Fish reproduction strategies and tactics. New York: Chapman & Hall; 1984. p. 188-205.

Carvalho ED, Fujihara CY, Henry R. Study on the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. Verh Int Verein Limnol. 1998; 26:2199-202.

Carvalho ED, Silva VFB. Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim (Alto rio Paranapanema, SP). In: Henry R, editor. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fundibio, Fapesp; 1999. p. 769-800.

Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas [Internet]. São Paulo; 2015 [citado Jan 2015]. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>.

Garutti V, Britski HA. Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. Comun Mus Ciênc Tecnol Sér Zool. 2000; 13(1):65-88.

Garutti V. Contribuição ao conhecimento reprodutivo de *Astyanax bimaculatus* em cursos de água da bacia do rio Paraná. Rev Bras Biol. 1989; 49(2):489-95.

Graça WJ, Pavanelli CS. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá: Eduem; 2007.

Henry R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brasilian reservoirs. In: Tundisi JG, Strskraba M, editors. Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences. São Carlos: Backhuys Publishers; 1999. p. 125-52.

Kramer DL. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. Ecology. 1978; 59(5):976-85.

- Lamas IR, Godinho AL. Reproduction in the piranha *Serrasalmus spilopleura*, a neotropical fish with an unusual pattern of sexual maturity. *Environ Biol Fish*. 1996; 45:161-8.
- Lobón-Cerviá J, Bennemann ST. Temporal trophic shifts and feeding diversity in two sympatric, neotropical omnivorous fishes: *Astyanax bimaculatus* and *Pimelodus maculatus* in Rio Tibagi (Paraná, Southern Brazil). *Arch Hydrobiol*. 2000; 149(2):285-306.
- Lowe-McConnell RH. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Ed. USP; 1999.
- Maia BP, Ribeiro SMF, Bizzoto PM, Vono V, Godinho HP. Reproductive activity and recruitment of the yellow-mandi *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Pimelodidae) in the Igarapava reservoir, Grande river, southeast Brazil. *Neotrop Ichthyol*. 2007; 5(2):147-52.
- Mourgués-Schurter LR, Kishibe R. Dinâmica alimentar de *Schizodon nasutus* Kner, 1864 (Osteichthyes, Characiformes) na represa de Camargos, MG. *Acta Limnol Bras*. 1997; 9:105-9.
- Nogueira MG, Henry R, Maricatto FE. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lake Reserv Manage*. 1999; 4:107-20.
- Nogueira MG, Jorcín A, Vianna NC, Britto YCT. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcín A, editores. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima; 2005. p. 83-125.
- Ribeiro VMA, Santos GB, Bazzoli N. Reproductive biology of *Steindachnerina insculpta* (Fernandez-Yépez) (Teleostei, Curimatidae) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Rev Bras Zool*. 2007; 24(1):71-6.
- Sabinson LM, Rodrigues Filho JL, Peret AC, Verani JR. Growth and reproduction aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) of the Cachoeira Dourada reservoir, state of Goiás and Minas Gerais, Brazil. *Braz J Biol*. 2014; 74(2):450-9.
- Sato Y, Fenerich-Verani N, Nuñez APO, Godinho HP, Verani JR. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do rio São Francisco. In: Godinho HP, Godinho AL. *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas; 2003. p. 229-74.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com. Tulsa, oklahoma, U.S.A.

Sazima I, Zamprogno C. Use of water hyacinths as shelter, foraging place, and transport by young piranhas, *Serrasalmus spilopleura*. Environ Biol Fish. 1985; 12(3):237-40.

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

Vono V, Silva LGM, Bruno PM, Godinho HP. Biologia reprodutiva de três espécies simpátricas de peixes neotropicais: *Pimelodus maculatus* Lacépède (Siluriformes, Pimelodidae), *Leporinus amblyrhynchus* Garavello & Britski e *Schizodon nasutus* Kner (Characiformes, Anostomidae) do recém-formado Reservatório de Miranda, Alto Paraná. Rev Bras Zool. 2002; 19(3):819-26.

Wootton RJ. Introduction: strategies and tactics in fish reproduction. In: Fish reproduction strategies and tactics. New York: Chapman & Hall; 1984.

Wootton RJ. Ecology of teleost fishes. London: Chapman and Hall; 1990. (Fish and Fisheries Series 1).

Zocchi P. Paranapanema: da nascente à foz. São Paulo: Horizonte Geográfico; 2002.

3º Capítulo

Biologia reprodutiva de cinco espécies de peixes do rio Taquari,
represa de Jurumirim, SP, Brasil

Resumo

O barramento de um rio causa a compartimentalização do ambiente aquático, geralmente acarretando na formação de três ambientes distintos: lótico, transição e lêntico. Esta compartimentalização influencia a distribuição de espécies nos diferentes ambientes com base nos limites de tolerância das mesmas. O objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos da biologia reprodutiva de cinco espécies de peixes nativas, que tiveram sua ocorrência restrita a algum dos compartimentos limnológicos do rio Taquari. Foram realizadas amostragens mensais em três áreas distintas: lótica, transição e lêntica com auxílio de redes de espera com malhas de 3 a 14 cm entre nós não adjacentes. As redes ficaram expostas por cerca de 16 horas, compreendendo o entardecer e amanhecer do dia seguinte. Foram realizadas as seguintes análises: índice Gonadosomático (IGS), índice de Atividade Reprodutiva (IAR) e Fator de Condição (K). Foram capturados 1.111 espécimes pertencentes às cinco espécies analisadas (*Apareiodon affinis*, *Galeocharax knerii*, *Hoplosternum littorale*, *Hypostomus ancistroides* e *Iheringichthys labrosus*). As espécies que ocorreram no trecho lótico (*H. littorale* e *H. ancistroides*) tiveram ciclo reprodutivo mais curto e menor proporção de fêmeas em relação àquelas que ocorreram nas áreas transição e lêntica (*A. affinis*, *G. knerii* e *I. labrosus*), denotando que a estabilidade ambiental das áreas de transição e lêntica favorecem período reprodutivo mais longo para as espécies que ali ocorrem.

Introdução

A construção de usinas hidroelétricas no Brasil alcançou grande desenvolvimento durante o século XX (Tundisi, 2003; Agostinho *et al.*, 2007), sendo que estes empreendimentos transformaram grandes rios da região Sudeste como o Tietê, Paranapanema e Grande, em uma sucessão de lagos artificiais em cascata (Tundisi, 1999). Os barramentos causam sérias alterações nos componentes químicos, físicos e biológicos da água (Bianchini Jr., 1994), promovendo mudanças no regime hidrológico e na dinâmica ecológica dos rios (Henry, 1999). No contexto espacial, ocorre a compartimentalização da massa d'água represada (Nogueira *et al.*, 2005), acarretando em heterogeneidade espacial das condições limnológicas e variáveis bióticas (Henry, 1999; Nogueira *et al.*, 1999), formando três compartimentos distintos: lótico, transição e lêntico (Carvalho *et al.*, 1998).

A reestruturação da ictiofauna é um dos efeitos mais esperados em resposta ao barramento de um rio, onde normalmente ocorre a substituição de espécies de grande porte e alto valor econômico, por espécies de pequeno porte e baixo valor econômico (Carvalho & Silva, 1999; Zocchi, 2002). Desta forma, as assembleias de peixes podem se organizar espacialmente de acordo com seus limites de tolerância em relação às alterações sofridas nas propriedades físicas e químicas da água, acarretando em distinção na estrutura da assembleia nestes compartimentos (Holmgren & Appelberg, 2000, Thornton, 1990; Carvalho *et al.*, 1998).

O conhecimento das espécies de peixes existentes em uma bacia hidrográfica é a condição mínima para a implementação de qualquer política de proteção ambiental para os recursos aquáticos e pesqueiros (Agostinho *et al.*, 1990; Holzbach *et al.*, 2005), ainda mais tendo em vista que os rios brasileiros têm sofrido aumento de impactos antropogênicos (Viana *et al.*, 2008). Neste sentido, o ciclo reprodutivo é um importante parâmetro para entender a reprodução das espécies de peixes nativas podendo auxiliar na elaboração de ferramentas de conservação (Vazzoler, 1996).

Neste sentido, o período reprodutivo da maioria das espécies neotropicais é cíclico e ocorre em sincronia com as estações sazonais, sendo modulados por gatilhos ambientais, principalmente pela temperatura, fotoperíodo e precipitação, que iniciam e controlam a taxa de maturação gonadal (Vazzoler, 1996; Lowe-McConnell, 1999). Ainda, o processo reprodutivo de uma espécie é um dos eventos mais importantes, uma vez que, o recrutamento e a manutenção de populações viáveis dependem do sucesso deste (Vazzoler, 1996). Desta forma, a hipótese deste trabalho é avaliar se existem diferenças na dinâmica reprodutiva de espécies com distribuição restrita a algum destes compartimentos limnológicos formados no gradiente longitudinal do rio Taquari (bacia do Paranapanema – SP).

Material e Métodos

Área de estudo

A represa de Jurumirim (Sudeste do Estado de São Paulo), é a primeira de uma série de 11 dispostas em cascata no eixo do rio Paranapanema (Bacia do Alto rio Paraná), tendo sido construída na década de 1960 (Duke Energy, 2015). Opera em sistema de bacia de acumulação, sendo que a montante desta represa, não existem outros barramentos, logo, não há regularização da vazão no tributário estudado.

O rio Taquari é o segundo maior formador desta represa, juntamente com o rio Paranapanema (Henry *et al.*, 1999). O rio Taquari está inserido em uma região subtropical, com precipitação anual acumulada variando entre 1.520 a 1.640 mm (Henry & Gouveia, 1993), com duas estações distintas, seca e chuvosa (Carvalho & Silva, 1999) (Figura 01).

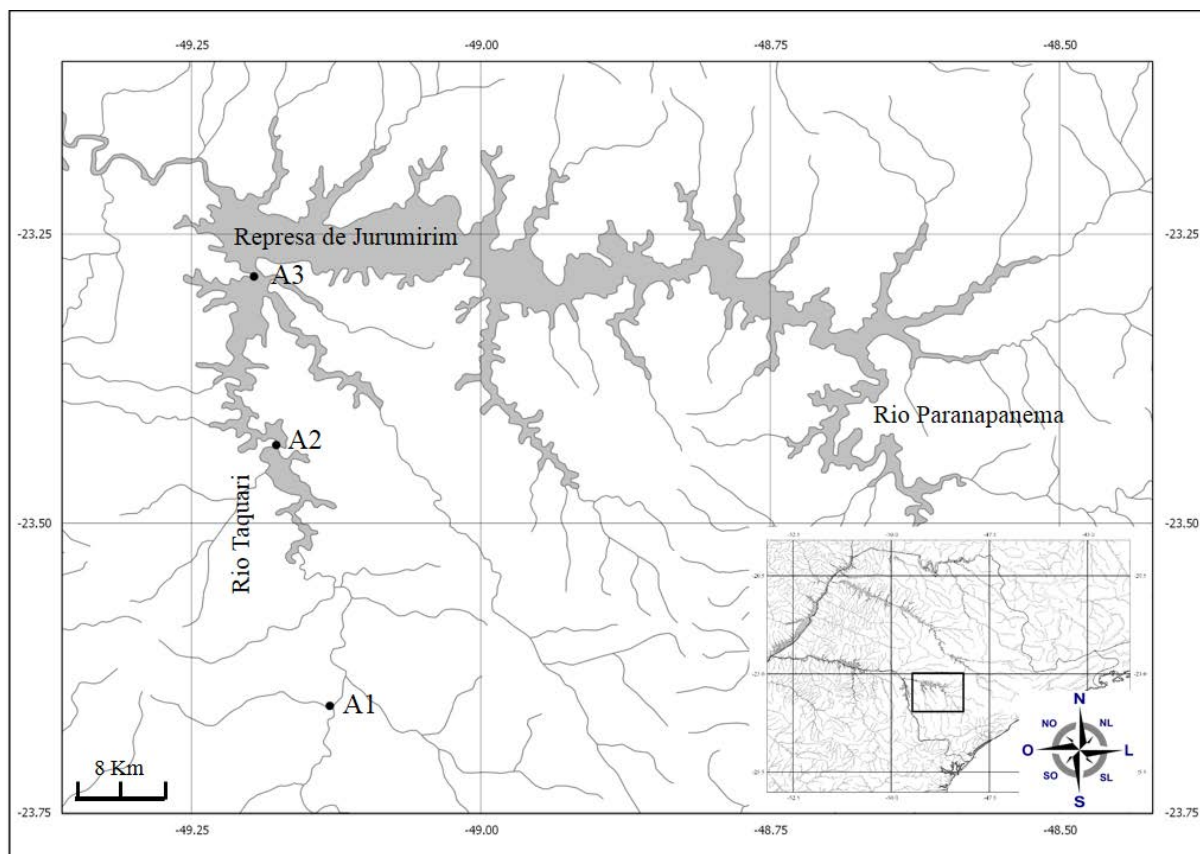


Figura 01: Mapa da rede hidrográfica do estado de São Paulo, Brasil. Em destaque a represa de Jurumirim (bacia do alto rio Paraná) com indicação de seus principais afluentes, rio Taquari e Paranapanema e locais de coleta no eixo do rio Taquari: A1: Área lótica; A2: Área de transição; A3: Área lântica.

Variáveis ambientais:

Foram mensuradas por meio de sonda multiparâmetro Horiba modelo U-53 as seguintes variáveis ambientais: temperatura, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Também foram mensuradas a transparência da água (disco de Secchi), velocidade da corrente (fluxômetro), largura do canal (m), profundidade média (m). Estes dados demonstraram a existência de compartimentalização do ambiente aquático, sendo selecionadas três áreas amostrais com características limnológicas e ambientais distintas, abrangendo os três compartimentos limnológicos (lótico, transição e lântico) do rio Taquari, sendo a distância entre os pontos extremos de 42 Km (Tabela 01).

As estações seca e chuvosa para a área de estudo foram definidas com base no banco de dados Ciiagro (2015) (<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>). Assim como relatado por Carvalho & Silva (1999) a média de precipitação histórica para a área de estudo (1995-2013) demonstrou haver sazonalidade com o período chuvoso ocorrendo de outubro a março e seco de abril a setembro. Durante o período de estudo ocorreram três picos na precipitação, em outubro, dezembro e fevereiro. A temperatura do ar seguiu o mesmo padrão da precipitação, com maiores valores no período de setembro a março (Figura 02).

Tabela 01: Coordenadas geográficas, valores médios e desvio padrão dos parâmetros ambientais e limnológicos da água de superfície das áreas amostrais do rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Áreas Amostrais	A1	A2	A3
Coordenadas	23°39'29.18"S; 49° 7'49.78"O	23°25'56.87"S; 49°10'36.94"O	23°17'10.01"S; 49°11'45.40"O
Fluxo d'água	Lótico	Transição	Lêntico
Características	Rio meândrico	Zona de transição	Área de represa
Vegetação ciliar	Abundante	Ausente	Ausente
Largura aproximada (m)	21 a 33	250 a 800	630 a 1400
Profundidade (m)	2,45 ± 0,92	4,87 ± 1,70	13,07 ± 9,74
Ocupação de entorno	Agrícola/pastagem/veraneio		
Temperatura da Água (C°)	22,5 ± 3,22	24,5 ± 3,69	25,5 ± 3,40
Condutividade (µS/cm)	79,1 ± 22,46	68,1 ± 16,3	56,2 ± 6,3
Total de Sólidos Dissolvidos (g/L)	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,04	0,04 ± 0,00
Transparência da Água (m)	0,5 ± 0,16	1,0 ± 0,41	2,4 ± 0,72
Velocidade da corrente (m/seg.)	0,63 ± 0,15		

As estações seca e chuvosa para a área de estudo foram definidas com base no banco de dados Ciiagro (2015) (<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>). Assim como relatado por Carvalho & Silva (1999) a média de precipitação histórica para a área de estudo (1995-2013) demonstrou haver sazonalidade com o período chuvoso ocorrendo de outubro a março e seco de abril a setembro. Durante o período de estudo ocorreram três picos na precipitação, em outubro, dezembro e fevereiro. A temperatura do ar seguiu o mesmo padrão da precipitação, com maiores valores no período de setembro a março (Figura 02).

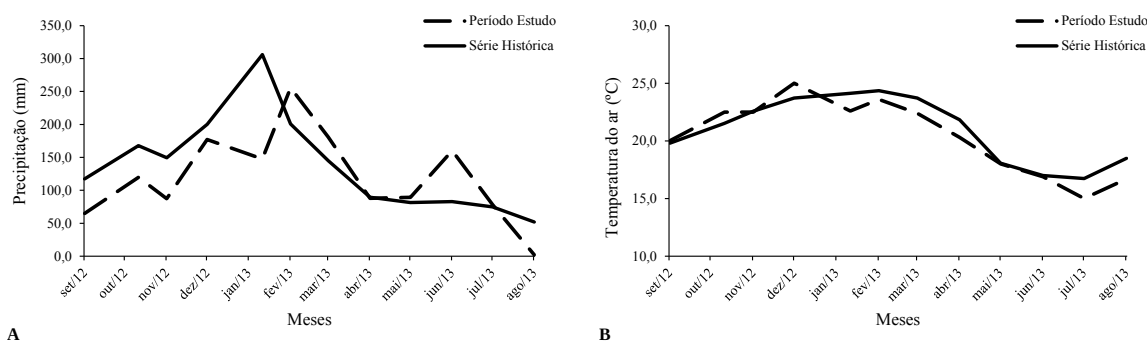


Figura 02: Valores médios mensais e série histórica para: A – Precipitação e B — Temperatura do ar, para o rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Amostragens

Foram realizadas amostragens mensais (setembro/2012 a agosto/2013) em três áreas do rio Taquari (Tabela 01), compreendendo os compartimentos lótico, transição e lântico (Figura 01). Os indivíduos foram capturados com uso de redes de emalhar com malhas de 3 a 14 nós entre nós opostos. As redes foram expostas por aproximadamente 16 horas entre o anoitecer e amanhecer. Após a despesca, os peixes foram identificados com base em guias específicos (Graça & Pavanelli, 2007) e submetidos à biometria onde foram mensurados os seguintes dados: peso total (g), comprimento padrão (cm), sexo, estágio de maturação gonadal e peso das gônadas (g). A classificação dos estágios de maturação gonadal foi realizado com base em Vazzoler (1996), onde tomou-se como características volume ocupado na cavidade, coloração e vascularização. Foram escolhidas para o estudo apenas às espécies que apresentaram abundância numérica que permitisse a realização das análises, sendo que destas espécies, *Apareiodon affinis* ocorreu na área lântica, *Galeocharax knerii* e *Iheringichthys labrosus* ocorreram nas áreas lântica e transição e *Hoplosternun littorale* e *Hypostomus ancistroides* na área lótica.

Análise de dados

Foram realizadas as seguintes análises: classes de comprimento (Sturges; 1926); proporção sexual (Vazzoler, 1996) e índice gonadossomático (Agostinho et al., 1991). Todas análises estatísticas foram realizadas no software Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., 2007) e adotado 95% de grau de confiança.

Resultados

Ao todo foram capturados 1.111 indivíduos entre machos e fêmeas pertencentes as cinco espécies analisadas, perfazendo um total de 43.21 Kg. Quanto a distribuição espacial, *A. affinis* mostrou-se restrita ao trecho lântico, *G. knerii* e *I. labrosus* ocuparam as áreas de transição e lântica e *H. littorale* e *H. ancistroides* a área lótica do rio Taquari. Em relação ao comprimento padrão, apenas *H. ancistroides* não apresentou diferenças significativas entre fêmeas e machos. Para *A. affinis* e *I. labrosus* fêmeas apresentaram maiores valores e para *G. knerii* e *H. littorale*, os machos foram maiores. Análises referentes ao peso total, demonstraram não haver diferenças entre os sexos para *G. knerii* e *H. ancistroides*, enquanto que para *A. affinis* e *I. labrosus*

observou-se maiores valores para fêmeas e para *H. littorale*, machos apresentaram os maiores valores. Ainda, para todas as espécies analisadas, fêmeas apresentaram os maiores valores de IGS (Tabela 02).

Em relação as classes de comprimento, para *A. affinis* e *I. labrosus*, observa-se maior frequência de indivíduos do sexo feminino nas maiores classes de comprimento, sendo que para estas espécies as fêmeas foram significativamente maiores que os machos. Já para *G. knerii* e *H. littorale*, os machos foram mais frequentes nas classes de maior comprimento, sendo significativamente maiores que as fêmeas. A única espécie que apresentou distribuição similar entre as classes de comprimento foi *H. ancistroides* (Figura 02).

A única espécie que apresentou diferenças significativas com maior proporção de fêmeas em todos os meses em que houveram capturas foi *I. labrosus*. As espécies *A. affinis*, *G. knerii* e *H. ancistroides* apesar de não terem diferenças significativas em todos os meses em que houveram capturas, em nenhum deles houve maior proporção de machos, fato que ocorreu em dois meses para e *H. littorale* (Figura 03).

O Índice Gonadossomático demonstrou que as espécies *A. affinis*, *G. knerii*, *H. littorale* e *I. labrosus* apresentaram ciclo reprodutivo com tendência a sincronia com as variáveis ambientais temperatura e precipitação, sendo que para estas espécies o período reprodutivo ficou compreendido entre setembro e abril. Já *H. ancistroides*, não apresentou ciclo reprodutivo em total sincronia com as variáveis ambientais, apresentando três picos ao longo do ano. Em relação à duração do ciclo reprodutivo, as espécies que habitaram os trechos transição e lântico (*A. affinis*, *G. knerii* e *I. labrosus*) apresentaram período reprodutivo com maior duração e intensidade que aquelas do trecho lótico (*H. littorale* e *H. ancistroides*). O índice de atividade reprodutiva denotou a existência de picos reprodutivos em outubro, dezembro e janeiro para *A. affinis* e *G. knerii* e de outubro a janeiro para *I. labrosus*. *Hoplosternum littorale* apresentou atividade reprodutiva muito intensa apenas no mês de janeiro e *H. ancistroides* em outubro e janeiro (Figura 04).

Tabela 02: Abundância total, biomassa total, média e amplitude de comprimento padrão, peso total e IGS para fêmeas e machos de *Apareiodon affinis*; *Galeocharax knerii*; *Hoplosternun littorale*; *Hypostomus ancistroides* e *Iheringichthys labrosus* analisadas no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Espécies	Sexo	Abundância	Biomassa (Kg)	Média (amplitude)		
				Comprimento padrão	Peso Total	IGS
<i>Apareiodon affinis</i>	F	168	5,40	11,7 (9,5 - 13,7)*	32,1 (18,5 - 50,0)*	9,75 (0,04 - 24,24)*
	M	39	0,95	10,8 (9,5 - 13,1)*	24,3 (17,7 - 32,3)*	1,01 (0,04 - 5,80)*
	Total	207	6,35	11,6 (9,5 - 13,7)*	30,7 (17,7 - 50,0)*	8,10 (0,04 - 24,24)*
<i>Galeocharax knerii</i>	F	232	10,04	12,9 (8,8 - 23,1)*	43,3 (8,8 - 209,9)	7,42 (0,02 - 24,24)*
	M	114	4,33	13,2 (9,5 - 18,5)*	38,0 (12,5 - 98,7)	0,58 (0,02 - 5,80)*
	Total	346	14,36	13,0 (8,8 - 23,1)*	41,5 (8,8 - 209,9)*	5,17 (0,02 - 24,24)*
<i>Hoplosternun littorale</i>	F	77	3,64	11,3 (8,1 - 15,8)*	47,3 (22,5 - 117,7)*	5,35 (0,01 - 17,41)*
	M	52	3,97	12,6 (10 - 18,9)*	76,4 (34,7 - 233,2)*	0,67 (0,01 - 16,46)*
	Total	129	7,61	11,8 (8,1 - 18,9)*	59,0 (22,5 - 233,2)*	3,51 (0,01 - 17,41)*
<i>Hypostomus ancistroides</i>	F	125	5,70	12,5 (7,7 - 17,5)	45,6 (13,4 - 107,3)	2,18 (0,01 - 16,67)*
	M	64	3,26	13,1 (8,4 - 20,0)	50,9 (14,1 - 121,8)	0,27 (0,01 - 1,32)*
	Total	189	8,96	12,7 (7,7 - 20,0)*	47,4 (13,4 - 121,8)*	1,52 (0,01 - 16,67)*
<i>Iheringichthys labrosus</i>	F	211	5,51	11,8 (8,8 - 19,8)*	26,1 (10 - 106,2)*	6,13 (0,14 - 19,02)*
	M	29	0,43	10,0 (8,1 - 11,8)*	14,7 (7,2 - 21,8)*	2,27 (0,05 - 11,01)*
	Total	240	5,93	11,6 (8,1 - 19,8)*	24,7 (7,2 - 106,2)*	5,66 (0,05 - 19,02)*

* Diferenças significativas

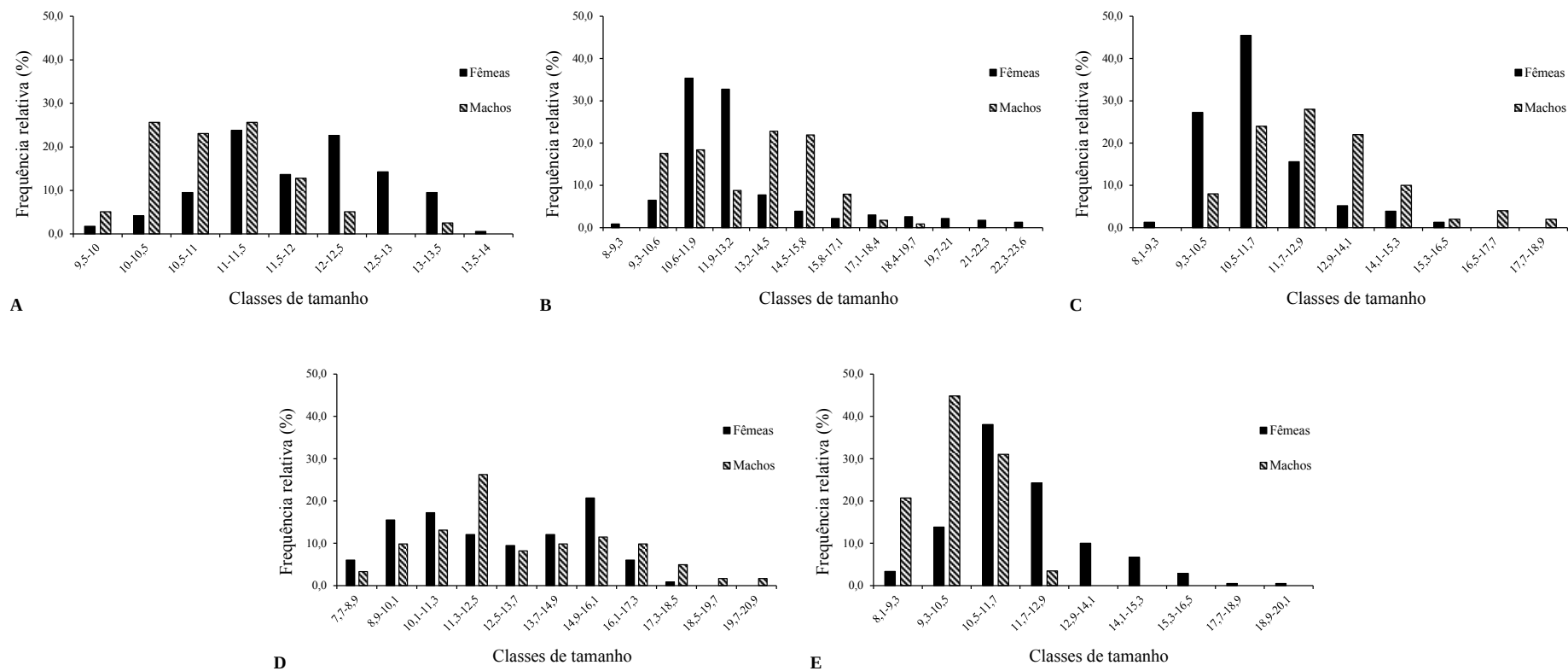


Figura 02: Classes de comprimento padrão (cm) para machos e fêmeas de: A – *Apareiodon affinis*; B – *Galeocharax knerii*; C – *Hoplosternun littorale*; D – *Hypostomus ancistroides* e E – *Iheringichthys labrosus* analisadas no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

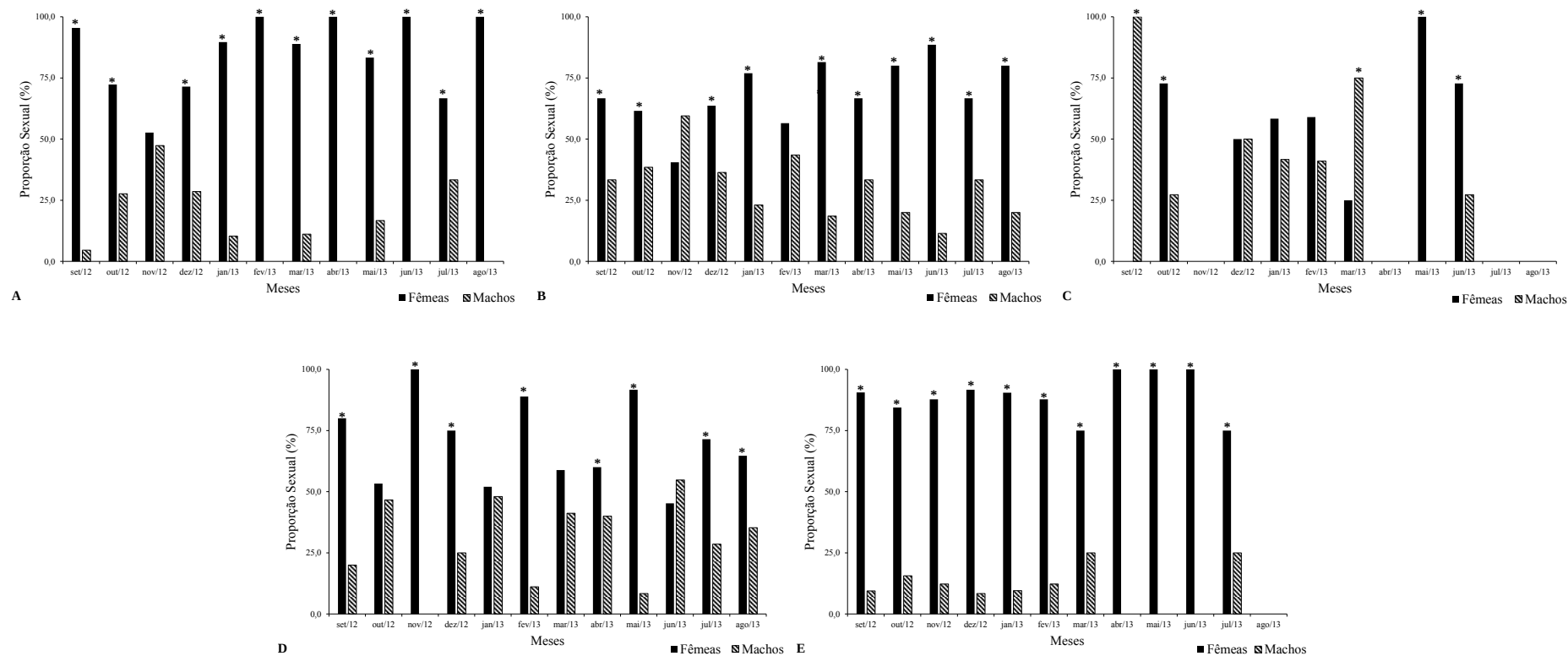


Figura 03: Proporção sexual para: A – *Apareiodon affinis*; B – *Galeocharax knerii*; C – *Hoplosternun littorale*; D – *Hypostomus ancistroides* e E – *Iheringichthys labrosus* analisadas no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

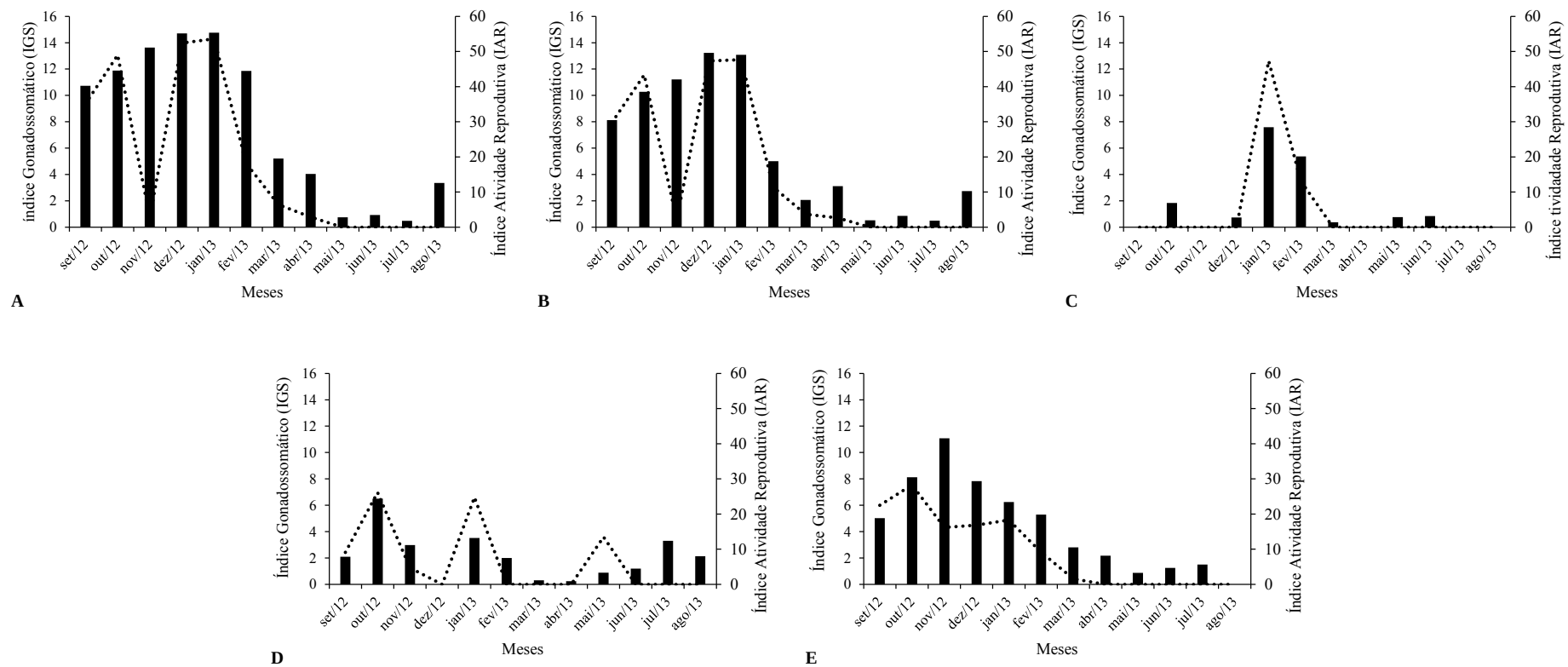


Figura 04: Índice Gonadosomático (IGS) e Índice de Atividade Reprodutiva (IAR) para fêmeas de: A – *Apareiodon affinis*; B – *Galeocharax knerii*; C – *Hoplosternun littorale*; D – *Hypostomus ancistroides* e E – *Iheringichthys labrosus* analisadas no rio Taquari (Alto Paranapanema, SP).

Discussão

Das espécies analisadas, *A. affinis* mostrou-se restrita ao trecho lântico, *G. knerii* e *I. labrosus* ocuparam os trechos transição e lântico e as espécies *H. littorale* e *H. ancistroides* habitaram preferencialmente o trecho lótico. As espécies de peixes possuem limites de tolerância ambientais, os quais determinam sua distribuição entre ambientes com características físicas e químicas distintas (Holmgren & Appelberg, 2000, Thornton, 1990; Carvalho *et al.*, 1998). Na área de estudo existe um gradiente limnológico, no sentido da área A1 para a área A3, onde ocorre aumento da transparência e temperatura e diminuição da condutividade, do total de sólidos dissolvidos e da velocidade da corrente, além de diferenças nos fatores ambientais, como profundidade, tipo de substrato e vegetação ciliar.

Em relação ao comprimento padrão, as espécies *A. affinis* e *I. labrosus* apresentaram fêmeas maiores que machos, enquanto que *G. knerii* e *H. littorale* apresentaram machos maiores que fêmeas e *H. ancistroides* não apresentou diferença entre os sexos. O dimorfismo sexual é característica frequente entre Characiformes e Siluriformes, onde as fêmeas são geralmente maiores que os machos, como ocorrido para *A. affinis* e *I. labrosus*. Esta característica está provavelmente relacionada às estratégias reprodutivas, o tamanho de corpo grande das fêmeas favorece o aumento da fertilidade e colabora para o sucesso reprodutivo de uma espécie (Shine, 1990). Neste sentido, em espécies onde não existe competição entre machos por fêmeas e/ou território, os machos possuem tamanho inferior ao das fêmeas (Parker, 2006). Ainda, em espécies onde os machos são menores, eles tendem à atingir a maturidade sexual precocemente (Mazzoni *et al.*, 2005).

Por outro lado, segundo Parker (2006), diversos fatores podem explicar maior tamanho de machos em relação às fêmeas, como o combate entre machos, aumento na competição do esperma e a relação entre as taxas de nascimento e mortalidade diferentes, que se for superior em um dos sexos, pode causar aumento do tamanho. A taxa de crescimento pode favorecer determinados sexos diminuindo sua taxa de predação nas classes de tamanho mais vulneráveis, fazendo que determinado sexo, alcance as maiores classes com maior frequência (Vicentini & Araújo, 2003; Nikolsky, 1963).

De maneira geral, todas as espécies apresentaram maior proporção de fêmeas em suas populações, sendo que a única que apresentou igualdade entre os sexos foi *H. littorale*. A proporção sexual em peixes pode ser influenciada por fatores fisiológicos e evolutivos, como

por exemplo taxa de mortalidade, porcentagem de crescimento diferente e estratificação populacional e também pode variar conforme o aparato de captura utilizado. (Barbieri, 1992; Vazzoler, 1996, Hojo *et al.*, 2004). A maior proporção de fêmeas em uma população é usualmente considerada uma estratégia para o rápido crescimento populacional e ocorre com maior frequência onde o suprimento alimentar é abundante (Nikolsky, 1963).

Em contrapartida, quando a oferta de alimentos é limitada, os machos tendem a ser mais abundantes, sendo que a atividade alimentar pode influenciar o metabolismo por meio da atividade hormonal, resultando em alterações na produção de um determinado sexo (Nikolsky, 1963). Diferenças na taxa de crescimento entre os sexos podem alterar a proporção sexual, sendo que o sexo que apresenta o crescimento mais rápido estará menos suscetível à predação nas fases de menor tamanho. Por outro lado, o sexo com menor taxa de crescimento será mais vulnerável à predação, com sua abundância decrescendo nas fases seguintes (Nikolsky, 1963; Vicentini & Araújo, 2000).

O ciclo reprodutivo dos peixes neotropicais é desencadeado pelo início das chuvas, a elevação das temperaturas e do nível d'água (Lowe-McConnell, 1999; Trajano, 1997). Na bacia do rio Paraná, o período reprodutivo da maioria das espécies de peixe se inicia em outubro, quando a temperatura e o nível da água começam a subir, atingindo o pico em dezembro-janeiro, quando o nível das chuvas é alto (Vazzoler & Menezes, 1992; Vazzoler, 1996). Este padrão foi observado para a maioria das espécies analisadas neste estudo: *A. affinis*, *G. knerii*, *H. littorale* e *I. labrosus*, que tiveram seu período reprodutivo compreendido entre setembro e março. Apenas *H. ancistroides* não apresentou seu período reprodutivo inteiramente sincronizado com a precipitação e a temperatura, isto provavelmente devido à baixa fecundidade e ao cuidado parental exibidos por esta espécie, que pode ter influenciado este período reprodutivo mais extenso (Vianna *et al.*, 2008).

Outro fator que pode ter colaborado para as diferenças na duração do período são as condições ambientais. Em ambientes onde há sazonalidade claramente definida, como na área lótica, a atividade reprodutiva das espécies de peixes é restrita a um período específico do ano (Bye, 1984). Isto ocorre, em função de flutuações na disponibilidade de alimentos ou na competição interespecífica por locais de desova (Kramer 1978). Assim, justifica-se o período reprodutivo das espécies que ocorreram nesta área, *H. littorale* e *H. ancistroides*, ter sido menor do que o período reprodutivo das espécies que ocorreram nas outras áreas.

Ainda em relação às condições ambientais, as severas modificações que ocorrem na zona lântica alteram a quantidade e a qualidade do habitat original, impondo sérios filtros ambientais que atenuam o efeito dos gatilhos reprodutivos (Agostinho *et al.*, 2008), tornando estes ambientes áreas mais estáveis (Britto & Carvalho, 2006). O período reprodutivo prolongado caracterizado pela desova parcelada ocorre geralmente em ambientes mais estáveis, como as áreas lânticas de reservatórios (Bazzoli, 2003). Este comportamento evita a competição entre juvenis, levando eles a fazer melhor uso dos recursos disponíveis. Ainda, diminui a predação de ovos e larvas, o risco de desovas em áreas e condições climáticas desfavoráveis e a competição por áreas de desova (Nikolsky, 1963; Mcevoy & Mcevoy, 1992). Este padrão foi observado nas espécies que foram amostradas nas áreas de transição e lântica. O período reprodutivo de *A. affinis*, *G. knerii* e *I. labrosus* (espécies de áreas com baixo fluxo d'água) se estendeu intermitentemente por quase toda a estação chuvosa, sendo que estas espécies apresentam desova parcelada (Ratton *et al.*, 2003; Magalhães *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2004).

Conclusões

Conclui-se que as espécies com menor plasticidade ambiental ficaram restritas aos compartimentos onde possuem condições que permitam seu ciclo de vida. As espécies que ocorreram na área lótica, apresentaram ciclo reprodutivo mais curto que aquelas existentes nas áreas de transição e lântica. A sincronia com os gatilhos ambientais também foi mais evidente nas áreas transição e lântica.

Referências

- Agostinho AA, Barbieri G, Verani JR, Hahn NS. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no Rio Paranapanema, Porecatu, PR. Cienc Cult. 1990; 42(9):711-4.
- Agostinho AA, Suzuki HI, Sampaio AA, Borges JD. Índice de atividade reprodutiva: uma proposta para avaliação da atividade reprodutiva em peixes. In: Resumos do 9º Encontro Brasileiro de Ictiologia; 1991; Maringá. Maringá: SBI; 1991. p. 53.

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

Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Braz J Biol. 2008; 68(4 Suppl): 1119-32.

Barbieri G. Dinâmica da nutrição de *Astyanax scabripinnis paranae* (Characiformes, Characidae) do Ribeirão do Fazzari: São Carlos, SP. Rev Bras Zool. 1992; 21(1):68-72.

Bazzoli N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: Godinho HP, Godinho AL, editores. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas; 2003. p. 291-306.

Bianchini Jr I. Água como ambiente para a manutenção da fauna aquática. In: Seminário Sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro. Reuniões Temáticas Preparatórias. Caderno I. Fundamentos. Rio de Janeiro: COMASE, ELETROBRAS; 2004. p. 7-17.

Britto SGC, Carvalho ED. Ecological attributes of fish fauna the Taquaruçu reservoir, Paranapanema River (Upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution. Acta Limnol Bras. 2006; 18:377-88.

Bye VJ. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. In: Wootton RJ. Fish reproduction strategies and tactics. New York: Chapman & Hall; 1984. p. 188-205.

Carvalho ED, Fujihara CY, Henry R. Study on the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. Verh Int Verein Limnol. 1998; 26:2199-202.

Carvalho ED, Silva VFB. Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim (Alto rio Paranapanema, SP). In: Henry R, editor. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fundibio, Fapesp; 1999. p. 769-800.

Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas [Internet]. São Paulo; 2015 [citado Jan 2015]. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>.

Duke-Energy [Internet]. 2015 [citado Jan 2015]. Disponível em: <http://www.duke-energy.com.br/usinas/Paginas/Usinas.aspx>.

Graça WJ, Pavanelli CS. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá: Eduem; 2007.

Henry R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brasilian reservoirs. In: Tundisi JG, Strskaba M, editors. Theoretical reservoir ecology and its applications. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences. São Carlos: Backhuys Publishers; 1999. p. 125-52.

Henry R, Gouveia L. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do alto Paranapanema (São Paulo) – sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. An Acad Bras Ciênc. 1993; 65(4):439-51.

Henry R, Santos AAN, Camargo YR. Transporte de sólidos suspensos, N e P total pelos Rios Paranapanema e Taquari e uma avaliação de sua exportação na Represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil). In: Henry R, editor. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO, FAPESP; 1999. p. 687-710.

Hojo RES, Santos GB, Bazzoli N. Reproductive biology of *Moenkhausia intermedia* (Eigenmann) (Pisces, Characiformes) in Itumbiara Reservoir, Goiás, Brazil. Rev Bras Zool. 2004; 21:519-24.

Holmgren K, Appelberg M. Size structure of benthic freshwater fish communities in relation to environmental gradients. J Fish Biol. 2000; 57:1312-30.

Holzbach AJ, Baumgartner G, Bergmann F, Rezende Neto LB, Baumgartner D, Sanches PV, et al. Caracterização populacional de *Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yépez, 1948) (Characiformes, Curimatidae) no Rio Piquiri. Acta Sci Biol Sci. 2005; 27(4):347-53.

Kramer DL. Reproductive seasonality in the fishes of a tropical stream. Ecology. 1978; 59(5):976-85.

Lowe-McConnell RH. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Ed. USP; 1999.

- Magalhães ALB, Bazzoli N, Santos GB, Rizzo E. Reproduction of the South American dogfish characid, *Galeocharax knerii*, in two reservoirs from upper Paraná River basin, Brazil. *Environ Biol Fish*. 2004; 70:415-25.
- Mazzoni R, Mendonça RS, Caramaschi EP. Reproductive biology of *Astyanax janae* (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba River, Maricá, RJ, Brazil. *Braz J Biol*. 2005; 65(4):643-9.
- Mcevoy LA, Mcevoy J. Multiple spawning in several commercial fishes and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. *J Fish Biol*. 1992; 41:125-36.
- Nikolsky GV. The ecology of fishes. London: Academic Press; 1963.
- Nogueira MG, Henry R, Maricatto FE. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Lake Reserv Manage*. 1999; 4:107-20.
- Nogueira MG, Jorcin A, Vianna NC, Britto YCT. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A, editores. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima; 2005. p. 83-125.
- Parker GA. The evolution of sexual size dimorphism in fish. *J Fish Biol*. 1992; 41:1-20.
- Ratton TF, Bazzoli N, Santos GB. Reproductive biology of *Apareiodon affinis* (Pisces: Parodontidae) in the Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *J Appl Ichthyol*. 2003; 19:387-90.
- Santos ALB, Pessanha ALM, Costa MR, Araújo FG. Relação peso-comprimento de *Orthopristis ruber* (Cuvier) (Teleostei, Haemulidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev Bras Zool*. 2004; 21(2):185-7.
- Shine R. Proximate determinants of sexual differences in body size. *Am Nat*. 1990; 135:278-83.
- StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com. Tulsa, oklahoma, U.S.A.
- Thornton WK. Sedimentary process. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne EF, editors. *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons; 1990. p. 49-69.

Trajano E. Food and reproduction of *Trichomycterus itacarambiensis*, cave catfish from south-eastern Brazil. J Fish Biol. 1997; 51:53-63.

Tundisi JG. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima; 2003.

Tundisi JG. Represas como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry R, editor. Ecologia de represas: estrutura, funções e aspectos sociais. São Paulo: FAPESP; 1999. p. 19-38.

Vazzoler AEA, Menezes NA. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). Rev Bras Biol. 1992; 52:627-40.

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

Viana D, Wollf LL, Zaleski T, Romão S, Bertoldi G, Donatti L. Population structure and somatic indexes of *Hypostomus* cf. *ancistroides* (Siluriformes, Loricariidae) collected from the Bonito River, Ivaí River Basin, Turvo, Paraná. Braz Arch Biol Technol. 2008; 51(3):493-502.

Vicentini RN, Araújo FG. Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. Braz J Biol. 2003; 63(4):559-66.

Zocchi P. Paranapanema: da nascente à foz. São Paulo: Horizonte Geográfico; 2002.

Considerações Gerais

Os barramentos impactam as assembleias de peixes neotropicais de diversas formas, entretanto, na maioria dos casos negativamente (Agostinho *et al.*, 2007; Carvalho, 2009). Os impactos ocasionados pela compartimentalização da massa d'água no rio Taquari (alto Paranapanema) corroboram esta argumentação, uma vez que constatou-se que o gradiente influencia tanto na distribuição, quanto no ciclo reprodutivo das espécies de peixes, conforme segue abaixo:

(i) A compartimentalização causou segregação na distribuição de espécies entre as áreas amostrais, sendo que na área lótica, devido a manter características fluviais, permanecem espécies que realizam grandes migrações, enquanto que nas áreas sob influência da barragem, permanecem espécies sedentárias ou que realizam curtas migrações, havendo *turnover* de espécies entre estas áreas. As alterações sazonais não interferiram de forma contundente da distribuição de espécies, mas interferiu em diferenças nas capturas em abundância e biomassa das áreas transição e lântica que apresentaram maior oscilação nas variáveis ambientais entre as estações seca e chuvosa.

(ii) As espécies com ampla plasticidade reprodutiva e ambiental que ocorreram nos três compartimentos, apresentaram diferenças nos aspectos reprodutivos entre as áreas lótica, transição e lântica. Assim, a maior variação ocorreu em relação à duração do período reprodutivo, que foi mais longo nas áreas de transição e lântica, possivelmente devido à maior estabilidade ambiental.

(iii) Espécies com menor plasticidade ambiental ficaram restritas aos compartimentos onde possuem condições que permitam seu ciclo de vida. As espécies que ocorreram na área lótica, apresentaram ciclo reprodutivo mais curto que aquelas existentes nas áreas de transição e lântica. A sincronia com os gatilhos ambientais também foi mais evidente nas áreas transição e lântica.

O conhecimento das espécies de peixes existentes em uma bacia hidrográfica, bem como do ciclo reprodutivo destas é a condição mínima necessária para a implementação de qualquer medida de proteção tanto dos recursos hídricos, como dos recursos pesqueiros (Vazzoler, 1996; Holzbach *et al.*, 2005). Espera-se que os resultados aqui discutidos possam servir de base para o manejo dos recursos pesqueiros do rio Taquari, que é um importante tributário da represa de Jurumirim.

Referências

- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM; 2007.
- Carvalho ED, Fujihara CY, Henry R. Study on the ichthyofauna of the Jurumirim reservoir (Paranapanema River, São Paulo State, Brazil): fish production and dominant species in three sites. Verh Int Verein Limnol. 1998; 26:2199-202.
- Holzbach AJ, Baumgartner G, Bergmann F, Rezende Neto LB, Baumgartner D, Sanches PV, et al. Caracterização populacional de *Steindachnerina insculpta* (Fernández-Yépez, 1948) (Characiformes, Curimatidae) no Rio Piquiri. Acta Sci Biol Sci. 2005; 27(4):347-53.
- Vazzoler AEAM. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM; 1996.