

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP

**Variação espaço-temporal de atributos
ecológicos da ictiofauna de um grande
reservatório Neotropical**

Hugo Marques

Jaboticabal, SP
2014

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP

**Variação espaço-temporal de atributos
ecológicos da ictiofauna de um grande
reservatório Neotropical**

Hugo Marques

Orientador: Dr. Sergio Ricardo Batlouni

Coorientador: Dr. Igor Paiva Ramos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP-CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, SP
2014

“There is a pleasure in the pathless woods,
There is a rapture on the lonely shore,
There is society, where none intrudes,
By the deep sea, and music in its roar:
I love not man the less, but Nature more...”

Lord Byron: Childe Harold, Canto IV, Verso 178

Dedico este trabalho as pessoas mais importantes de vida, que me fazem ser quem sou: meus pais, Adão e Eliana; meus irmãos, Henrique e Lívia; e especialmente à minha esposa Tábita, companheira de todas as horas, que me atura, apoia e acompanha em todos os momentos e está à espera do maior presente de nossas vidas. **“A felicidade só é verdadeira, quando compartilhada...”** Amo vocês!

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da revista científica *River Research and Applications*. Disponível em: [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1535-1467/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1535-1467/homepage/ForAuthors.html).

SUMÁRIO

Lista de Figuras	1
Lista de Tabelas	1
Agradecimentos	2
Apoio Financeiro	4
Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados	12
Discussão	20
Referências	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estações de amostragem do reservatório de Porto Primavera, alto rio Paraná.	9
Figura 2.	Gráficos de Whittaker com os valores de abundância para a área do estudo.	13
Figura 3.	Valores médios anuais e por estação de riqueza de espécies, abundância, diversidade de Shannon-Wiener, diversidade de Simpson e equitabilidade.	18
Figura 4.	Variação temporal da diversidade Beta após a formação do reservatório.	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Principais tributários do reservatório de Porto Primavera, e suas características hidrológicas.	10
Tabela 2.	Identificação, coordenadas geográficas e zonas longitudinais das estações de coletas.	10
Tabela 3.	Códigos e abundância das espécies capturadas durante o período de estudo.	14
Tabela 4.	Valores da diversidade Beta para a área total do estudo, e individualizada nas estações de coleta.	19

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo presente da vida, da consciência e discernimento para enfrentar os percalços do caminho; e força para não sucumbir durante esse processo.

Ao Prof. Dr. Edmir Daniel Carvalho (*In memoriam*), pelas oportunidades durante o início de minha carreira acadêmica, por me aceitar como seu orientado mesmo com as condições mais adversas; pela sua grande generosidade ao partilhar seus conhecimentos.

Aos primeiros mestres e hoje grandes amigos Prof. Dr. Alexandre Ninhaus Silveira e Rosicleire Veríssimo Silveira. Não tenho palavras para agradecer o quanto são importantes em minha vida, escutando pacientemente minhas lamurias, acalentando nos momentos difíceis e aconselhando sempre sabiamente.

Ao meu grande mestre e incentivador, Dr. João Henrique Pinheiro Dias. Responsável pela minha formação como profissional, sempre ensinando e orientando com uma serenidade impressionante, mesmo nos momentos mais difíceis. Muito obrigado pelas oportunidades profissionais dadas quando era meu gerente; e como amigo, pelos conselhos, palavras de incentivo e confraternizações nas mesas dos mais diversos bares!

Ao meu mais novo orientador Prof. Dr. Igor Paiva Ramos, por me guiar na reta final deste trabalho. Que essa nova parceria seja duradoura e rendendo grandes frutos.

Ao meu grande amigo Dr. Sandro Geraldo de Castro Britto pelo apoio, orientação e inspiração no início do mestrado. Espero continuar contando com seu grande conhecimento e principalmente com sua companhia!

A Companhia Energética de São Paulo, pelo suporte durante toda minha vida profissional, que me proporcionou experiências incríveis e contatos com os mais renomados pesquisadores do mundo, e gentilmente cedeu os dados utilizados nesse projeto.

Aos amigos da Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Jupiá e Horto Florestal de Porto Primavera, lugar que foi minha segunda casa durante tantos anos, onde aprendi a conviver e trabalhar com as diferenças, por maiores que sejam; e ponto de partida para as maiores aventuras de minha vida. Cada saída para o campo era uma (boa) surpresa!

Ao Centro de Aquicultura da UNESP, pela oportunidade e apoio para o desenvolvimento deste trabalho; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura pelo apoio, especialmente à equipe da secretaria, David e Varalice; e ao coordenador do programa e orientador Prof. Dr. Sergio Ricardo Batlouni, que tanto me ajudaram durante todo curso.

Ao amigo Dr. Gilmar Perbiche Neves pelo auxílio estatístico e confecção do mapa.

A todos os amigos da graduação em Ilha Solteira, do Laboratório de Biologia e Ecologia de Peixes da UNESP de Botucatu, das disciplinas da Pós em Jaboticabal, cuja nomeação seria injusta, por me ajudar, inspirar, trocar opiniões, ou mesmo tomar um suco de cevada depois do expediente...

A minha família, em especial a minha esposa, por serem tudo pra mim, e me aturarem nesse período complicado de minha vida!

A todos, o meu muito obrigado!

APOIO FINANCEIRO

CNPq, Bolsa de Mestrado, Processos n° 134416/2013-9 e n° 134731/2013-1.

RESUMO

A formação de reservatórios altera as condições hidrológicas dos rios, afetando suas características físicas, químicas e biológicas, com reflexos na estrutura da ictiofauna, ocorrendo proliferação excessiva de algumas espécies e redução de outras. Estudos de longo termo ajudam compreender o desenvolvimento da estrutura e estabilidade das comunidades de peixes. Em ambientes impactados como reservatórios, esses estudos são necessários para recomendações de manejo a fim de mitigar esses impactos. Este estudo avaliou as alterações na estrutura da comunidade e variações da abundância (CPUE), riqueza e de índices de diversidade (Shannon, Simpson e Beta) nos 14 anos iniciais após a formação do reservatório de Porto Primavera em cinco estações de coleta ao longo do gradiente longitudinal do reservatório. Foram realizadas amostragens trimestrais, utilizando redes de espera expostas por 24 horas. As estações presentes nas zonas líticas e de transição do reservatório apresentaram maiores valores em todas as variáveis avaliadas. A análise da diversidade beta (total e *turnover*) demonstra a maior estabilidade da comunidade na zona de transição. Na perspectiva temporal, após decréscimo nos primeiros anos, riqueza e abundância apresentaram médias constantes, enquanto que os índices de diversidade e equitabilidade não apresentaram variação temporal durante todo o período. Os resultados sugerem a importância dos tributários e da zona de transição como responsáveis pela manutenção da diversidade e da estabilidade da comunidade de peixes na área de estudo. A proteção dessas áreas, associada a medidas de manejo, é fundamental para mitigar os impactos dos represamentos sobre a estrutura e composição da ictiofauna.

Palavras-chave: Avaliação espaço-temporal; Conservação de habitats; Comunidades de peixes; Tributários.

ABSTRACT

The formation of reservoirs changes the hydrological conditions of rivers, affecting their physical, chemical and biological characteristics reflected in the structure of fish populations, occurring excessive proliferation of some species and reduce others. Long-term studies help to understand the development of structure and stability of fish communities. In impacted environments as reservoirs, such studies are required to management recommendations to mitigate those impacts. This study assessed the changes in community structure and variations of abundance (CPUE), richness and diversity index (Shannon, Simpson and Beta) in the 14 first years after the formation of the Porto Primavera Reservoir, at five sampling stations along the longitudinal gradient of its influence area. Quarterly sampling were done using gill nets exposed for 24 hours. Stations of lotic and transition zones of reservoir showed higher values in all variables. The analysis of beta diversity (total and turnover) demonstrates the stability of the community in the transition zone. In temporal perspective, after initial decrease, richness and abundance showed means constant, while the diversity index and evenness showed no temporal variation throughout the period. The results suggest the importance of tributaries and the transition zone as responsible for the maintenance of diversity and stability of the fish community in the study area. The protection of these areas, associated to management measures is essential to mitigate the impoundment impacts on the structure and composition of ichthyofauna.

Key words: Spatiotemporal assessment; Habitat conservation; Fish community; Tributaries.

INTRODUÇÃO

Represamentos alteram a dinâmica hidrológica, os padrões de produção biológica e a distribuição dos organismos no espaço e tempo (Nilsson *et al.*, 2005). Um de seus principais efeitos é a alteração na abundância e composição da ictiofauna, incluindo desde a redução drástica ou mesmo o desaparecimento local de espécies reofílicas e/ou migratórias e a disseminação de espécies oportunistas (Agostinho *et al.*, 2007a). Tais efeitos apresentam como padrão a diminuição da riqueza e o aumento da dominância de espécies oportunistas (Agostinho *et al.*, 2008).

A bacia do alto Paraná é considerada uma das mais estudadas bacias brasileiras (Agostinho *et al.*, 2007a,b). Possui grande diversidade de peixes, com pelo menos 310 espécies distribuídas em 11 ordens e 38 famílias (Langeani *et al.*, 2007). Apesar da alta diversidade característica, o alto Paraná tem sofrido alterações marcantes nos padrões de distribuição e estrutura da comunidade de peixes (Agostinho *et al.*, 2008). Isso ocorre principalmente pela bacia possuir a maior ocupação humana do país, com 32% da população em 10,5% do território nacional (Agostinho *et al.*, 2007b). Devido a isso, a bacia é altamente impactada pela presença de barragens, que afetaram o curso de praticamente todos os rios principais (Agostinho *et al.*, 2007a; Agostinho *et al.*, 2008). Outros impactos causados pela ação humana também afetam a bacia, uma vez que esta possui regiões com grandes centros industriais além de outras onde a agricultura e pecuária são historicamente difundidas (Agostinho *et al.*, 2007b).

O reservatório de Porto Primavera, localizado imediatamente a montante do trecho remanescente da planície de inundação do rio Paraná, interrompeu rotas de migração de peixes e alterou a dinâmica hidrológica da região, diminuindo a intensidade, duração e amplitude das cheias (Agostinho *et al.*, 2007b; Stevaux *et al.*, 2009). Impactos à ictiofauna a jusante do reservatório, relacionados à sua operação, são documentados em Agostinho *et al.* (2004b; 2007b). Entretanto, pouco se tem sobre os efeitos de sua construção sobre a ictiofauna diretamente no trecho represado.

Nesse contexto, monitoramentos de longo termo ajudam compreender o desenvolvimento da estrutura das comunidades de peixes. Em ambientes impactados como reservatórios, esses estudos podem fornecer informações sobre as respostas da ictiofauna à perturbação em escala temporal e são necessários para recomendações de manejo regional (Gido *et al.*, 2000).

O objetivo deste estudo foi avaliar espaço-temporalmente as alterações sofridas na comunidade de peixes na área de influência do reservatório de Porto Primavera e discutir a influência dos tributários na manutenção da diversidade da ictiofauna. Para isso, foram analisados dados relativos à pesca experimental do reservatório durante os primeiros 14 anos após sua formação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A UHE “Engenheiro Sergio Motta” (Porto Primavera), localizada na bacia do alto Paraná encontra-se na divisa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Sua construção foi realizada pela Companhia Energética de São Paulo (CESP), para geração de energia hidroelétrica, e entrou em operação em março de 1999. Seu reservatório foi cheio em duas etapas, a primeira (cota 253 m) concluída em dezembro de 1998 e a segunda em março de 2001 (cota 257 m), na qual a usina opera atualmente, com potência instalada de 1.540 MW. Possui a maior barragem do Brasil, com 11,4 km de extensão, e o maior reservatório da bacia, com 240 km de extensão e 2.040 km² de área alagada (Da Silva *et al.*, 2014) (Figura 1). Quatro grandes tributários deságuam no reservatório (Tabela 1): os rios Verde e Pardo na margem direita, e os rios Aguapeí e Peixe na margem esquerda (Da Silva *et al.*, 2014) (Figura 1). Uma escada para passagem de peixes (tipo tanque e orifício) foi construída na margem esquerda da barragem, com 520 m de extensão, com 19 m de elevação, permitindo a passagem de peixes entre jusante e montante da barragem (Makrakis *et al.*, 2007; Wagner *et al.*, 2012).



Figura 1. Estações de amostragem do reservatório de Porto Primavera, alto rio Paraná. (JJU: Jusante Jupiá; PAN: Panorama; PEP; Presidente Epitácio; MPP: Montante Porto Primavera; e JPP: Jusante Porto Primavera).

Tabela 1. Principais tributários do reservatório de Porto Primavera, e suas características hidrológicas (Fontes: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBH-AP) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (PERH-MS)).

Tributário	Margem	Área de drenagem	Extensão	Vazão média	Fonte
Aguapeí	Esquerda	13.196 km ²	420 km	98 m ³ .s ⁻¹	CBH-AP, 2011
Peixe	Esquerda	10.769 km ²	380 km	84 m ³ .s ⁻¹	CBH-AP, 2011
Verde	Direita	24.184 km ²	368 km	222 m ³ .s ⁻¹	PERH-MS, 2010
Pardo	Direita	39.419 km ²	457 km	359 m ³ .s ⁻¹	PERH-MS, 2010

Amostragem e análise de dados

As amostragens foram realizadas trimestralmente, como parte do Programa de Monitoramento Pesqueiro da CESP, em cinco localidades no período de 1999 a 2012, com exceção dos anos 2002 e 2010, devido à não padronização das coletas nestes anos. Essas localidades foram apresentadas na Tabela 2 e sua classificação quanto às diferentes zonas longitudinais do reservatório (Kimmel *et al.*, 1990) foi feito *a priori*, em caráter indicativo.

Tabela 2. Identificação, coordenadas geográficas e zonas longitudinais das estações de coletas (classificação quanto as zonas segundo Kimmel *et al.*, (1990)).

Localidade	Código	Coordenada Geográfica	Zonas
Jusante Jupiá	JJU	20°51'20.3"S; 51°37'51.9"W	Lótica
Panorama	PAN	21°15'20.8"S; 51°51'10.9"W	Transição
Presidente Epitácio	PEP	21°50'48.1"S; 52°11'53.3"W	Transição
Montante Porto Primavera	MPP	22°27'12.1"S; 52°54'48.1"W	Lêntica
Jusante Porto Primavera	JPP	22°31'22.0"S; 53°00'21.2"W	Lótica

Foram utilizadas redes de emalhe, variando entre 30 e 200 mm entrenós, expostas durante 24 horas em cada estação de coleta, sendo realizadas duas despescas durante o período. Para evitar problemas relacionados às diferenças interanuais que ocorreram no esforço de captura, a abundância de cada espécie foi representada por meio da captura por unidade de esforço (CPUE), expressa em número de indivíduos capturados por 1000 m² de rede em 24 horas de exposição. As identificações dos peixes capturados foram realizadas com base em Graça e Pavanelli (2007).

A partir dos dados de abundância das coletas, agrupados anualmente, foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), Simpson (1-D) e equitabilidade (J), segundo Magurran (2004), com auxílio do software de uso livre PAST versão 2.17c (Hammer, 2001). Para verificar a existência de variação espacial e temporal dos índices de diversidade, equitabilidade, riqueza de espécies (S) e abundância (CPUE) foi realizada análise de variância com permutação (perANOVA), com mil permutações, utilizando-se o pacote ImPerm (Wheeler, 2010) no software de uso livre RStudio (RStudio, 2012). Para as comparações par a par, quando necessárias foi realizada a análise *post hoc* de Fisher (LSD) pelo pacote agricolae (Mendiburu, 2013). O nível de significância utilizado para todas as análises foi de $p < 0,05$.

Para avaliar a variação temporal da composição de espécies na área de estudo foi calculada a diversidade beta (total e *turnover*) para área total (considerando a soma das ocorrências de cada estação de coleta) e estações de coleta individualizadas. Foi utilizado o coeficiente de similaridade de Sorensen (Magurran, 2004), que considera apenas presença ou ausência das espécies. A partir da matriz de distância entre os anos foi gerado o gráfico da comparação par a par entre o primeiro ano do reservatório (1999) com os anos subsequentes, a fim de avaliar o ritmo das alterações na estrutura da comunidade, e de sua taxa de substituição de espécies. As análises foram realizadas com auxílio do pacote betapart (Bassalga *et al.*, 2013) no software RStudio (RStudio, 2012).

RESULTADOS

Foram coletados 36.365 indivíduos compreendendo 83 espécies, pertencentes a seis ordens e 25 famílias (Tabela 3). Characiformes e Siluriformes foram predominantes com 35 espécies cada (42%), seguidos por Perciformes com oito (10%), Gymnotiformes com três (4%) e Pleuronectiformes e Myliobatiformes com uma espécie (1%) cada. Espécies nativas predominaram com 50 espécies (60%), enquanto 27 (33%) são não nativas e seis (7%) de origem desconhecida (táxons identificados apenas até o gênero). As 30 espécies mais abundantes corresponderam a 90% do total capturado, e suas contribuições em CPUE para toda área de estudo e para as estações de coleta estão presentes na Figura 2.

Após a formação do reservatório, foi registrada a presença de cinco espécies que não haviam sido capturadas durante o período da segunda etapa de enchimento (1999 a 2001), incluindo duas entre as mais abundantes (*Geophagus proximus* e *Hemiodus orthonops*, além de *Cichla piquiti*, *Salminus hilarii* e *Triportheus angulatus*) (Tabela 3). Da mesma forma, 14 espécies presentes nos primeiros anos do reservatório deixaram de ser capturadas a partir de 2009 (*Roebooides descalvadensis*, *Leporinus striatus*, *Rhinodoras dorbignyi*, *Hypostomus* sp.2, *Pimelodella* sp., *Moenkhausia dichroua*, *Astyanax* sp., *Hypostomus ancistroides*, *Hypostomus* sp.4, *Zungaro jahu*, *Callichthys callichthys*, *Eigenmannia trilineata*, *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Parodon nasus*, em ordem decrescente de abundância) (Tabela 3). Destaque para o migrador de longa distância *Z. jahu*, com capturas apenas em 1999 e 2001, na estação JPP, mas com capturas de jovens da espécie em manutenção de turbinas na UHE “Eng. Souza Dias” (Jupia) (Dias JHP, informação pessoal).

Houve variação temporal no número médio de espécies ($p < 0,01$) e na abundância média das capturas ($p < 0,001$) no decorrer do estudo, com os valores decrescendo a partir de 2000 e oscilando entre 2001 e 2012, com destaque para o aumento em 2007 (Figura 3A e C). Também ocorreu variação espacial no número médio de espécies ($p < 0,01$), sendo a média de MPP menor que as demais estações (Figura 3B). As estações com características lóticicas JJU e JPP

(Figura 3D) apresentaram médias maiores de abundância ($p < 0,01$) que as demais estações.

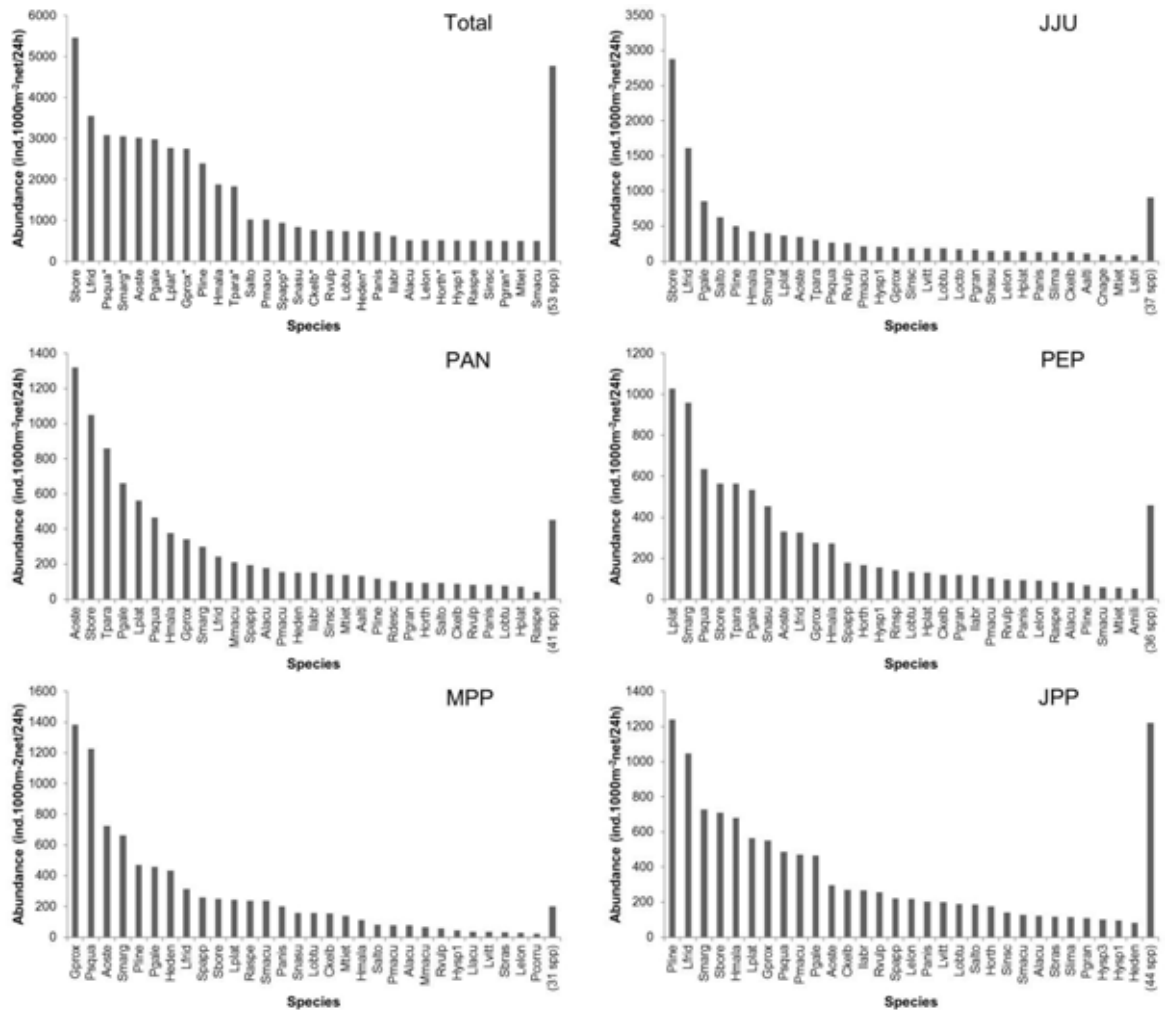


Figura 2. Gráficos de Whittaker com os valores de abundância para a área total do estudo (Total); Jusante Jupia (JJU); Panorama (PAN); Presidente Epitácio (PEP); Montante Porto Primavera (MPP); e Jusante Porto Primavera (JPP), apresentando as 30 espécies mais abundantes.

Não houve variação temporal nos índices de diversidade de Shannon e Simpson, como observado nas Figuras 3E e 3G, respectivamente. Porém, valores menores desses índices ($p < 0,01$) foram encontrados na estação MPP (Figuras 3F e 3H). Nessa estação, a média da diversidade de Shannon difere das demais, enquanto que a diversidade de Simpson difere apenas de JPP e PAN. Para equitabilidade, não foi observada variação temporal (Figura 3I), mas houve variação espacial ($p < 0,05$), onde MPP apresenta valores menores do que JPP e PAN (Figura 3J).

Tabela 3. Códigos e abundância (indivíduos capturados por 1000 m² de rede em 24 horas de exposição) das espécies registradas durante o período de estudo. Migradoras de longa distância destacadas em negrito; não nativas assinaladas com * (segundo Langeani *et al.* (2007)).

Espécie	Código	Anos																	
		JJU	PAN	PEP	MPP	JPP	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	
Characiformes																			
Acestrorhynchidae																			
<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken, 1875)	Alacu	55	178	83	78	122	126	88	96	3	8	23	43	28	15	25	14	48	
Anostomidae																			
<i>Leporellus vittatus</i> (Valenciennes, 1850)	Lvitt	188			36	200	2	163	38	40	1	15	5	126		2	26	7	
<i>Leporinus elongatus</i> Valenciennes, 1850	Lelon	146	28	91	31	219	106	42	4	8	14	11	29	54	1	5	154	85	
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	Lfrid	1616	243	325	315	1047	277	415	328	104	271	327	348	344	209	168	459	295	
<i>Leporinus lacustris</i> Campos, 1945	Llacu	12	23	21	37	63	45	22	11	20	1	7	26	2	9	5	2	5	
<i>Leporinus macrocephalus</i>* Garavello & Britski, 1988	Lmacr	15	2	4	15	65		2	1			5	26	7	8	38	13		
<i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836)	Lobtu	183	76	133	159	189	109	121	70	10	18	15	30	100	61	46	104	56	
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner, 1915	Locto	173	1	4	10	15		2	2	6	1	4	156	2	1	24	6		
<i>Leporinus striatus</i> Kner, 1859	Lstri	83	8			27	49	13	46	10									
<i>Schizodon altoparanae</i> Garavello & Britski, 1990	Salto	626	92	35	83	186	152	224	66	41	136	49	23	106	13	204	6	3	
<i>Schizodon borellii</i> (Boulenger, 1900)	Sbore	2881	1049	564	252	710	579	355	415	283	572	744	407	585	473	341	245	456	
<i>Schizodon nasutus</i> Kner, 1858	Snasu	148	20	454	160	54	47	2		15	4	38	24	168	205	38	175	120	
Characidae																			
<i>Astyanax altiparanae</i> Garutti & Britski, 2000	Aalti	109	132	5	5	50	225	26	3		2	6	2	13		2	4	18	
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	Afasc					2			2										
<i>Astyanax</i> sp.	Astsp	12				8	20												
<i>Brycon orbignyanus</i> (Valenciennes 1850)	Borbi	31	12	36	7	6	73			2				2		1	16		
<i>Galeocharax knerii</i> (Steindachner, 1879)	Gkner	10	4	6		2	1	10	4	1	2			2		1	1		
<i>Moenkhausia dichroua</i> * (Kner, 1858)	Mdich	15	13				5	20	3										
<i>Roeboides descalvadensis</i> * Fowler, 1932	Rdesc	23	103	5	3	10	88	21	32		1				2				
<i>Salminus brasiliensis</i> (Cuvier, 1816)	Sbras	9	5	3	33	117	3	1	25	7				8	17	13	78	16	
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes, 1850	Shila				6												1	5	
<i>Triportheus angulatus</i> * (Spix & Agassiz, 1829)	Tangu		1			2								2				1	
Curimatidae																			
<i>Cyphocharax nageii</i> (Steindachner, 1881)	Cnage	92	18	4	4	75	123	32	10		3			20				4	
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez, 1948)	Sinsc	189	140	26	8	142	160	121	8	7	10	4	13	104	5	13	8	52	
Cynodontidae																			
<i>Raphiodon vulpinus</i> Spix & Agassiz, 1829	Rvulp	258	83	97	57	256	25	65	30	23	63	140	61	143	91	69	18	25	

Tabela 3. Continuação.

Espécie	Código	Estações										Anos											
		JJU		PAN		PEP		MPP		JPP		1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012
Erythrinidae																							
<i>Hopleryrhinus unitaeniatus*</i> (Agassiz, 1829)	Hunit		1		1		1		2		2						1				1		
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Hmala	430	378	272	114	681			393	133	124	150	90	107	100	251	133	98	89	89	207		
Hemiodontidae																							
<i>Hemiodus orthonops*</i> Eigenmann & Kennedy, 1903	Horth	75	94	168		177										13	54	35	43	369			
Parodontidae																							
<i>Parodon nasus</i> Kner, 1859	Pnasu		1			2			2		2												
Prochilodontidae																							
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes, 1836)	Pline	499	118	68	470	1239			128	432	192	30	14	3	6	139	119	167	757	407			
Serrasalminidae																							
<i>Metynnis maculatus*</i> (Kner, 1858)	Mmacu	77	210	50	68	31			22	2	7	2	1				92	156	51	103			
<i>Myleus tiete</i> (Eigenmann & Norris, 1900)	Mtiet	83	140	56	140	81			2	2	6	54	43	113	130	131	13	6					
<i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holimberg, 1887)	Pmeso	4	15	2	2	2			1	2	2	3		2		4	1		9	2			
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner, 1858	Smacu	53	21	59	237	127			87	24	35	10	20	28	109	68	46	7	19	43			
<i>Serrasalmus marginatus</i> Valenciennes, 1837	Smarg	402	299	960	665	729			1124	269	290	275	141	219	73	336	131	78	51	68			
Siluriformes																							
Auchnipteridae																							
<i>Ageneiosus inermis*</i> (Linnaeus, 1766)	Ainer	8	35	40	1	8			20	23	7	1	1			14	16	9	1	1			
<i>Ageneiosus militaris*</i> Valenciennes, 1836	Amili		41	53					5	14	43	20	1				1	7	3				
<i>Auchenipterus osteomystax</i> (Miranda Ribeiro, 1918)	Aoste	348	1321	330	725	296			132	808	108	574	357	142	78	114	407	32	141	125			
<i>Parauchenipterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)	Pgale	855	661	534	458	467			433	423	203	177	125	198	176	269	247	267	191	268			
Callichthyidae																							
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758)	Ccall		4	4	1				2		2			2	2	1							
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	Hlitt	2	18	1		6			12		2		2	1		7	1			2			
Clariidae																							
<i>Clarias gariepinus*</i> (Burchell, 1822)	Cgari					2																	
Doradidae																							
<i>Pterodoras granulosus*</i> (Valenciennes, 1821)	Pgran	167	96	119	12	108			11	136	1	114	44	66	16	8	19	20	13	55			
<i>Rhinodoras dorbignyi</i> (Kner, 1855)	Rdorb	2	10	10	6	77			62	28	16												
<i>Trachydoras paraguayensis*</i> (Eigenmann & Ward, 1907)	Tpara	308	858	564	15	81			223	149	10	135	22	58	35	185	331	334	111	230			
Heptapteridae																							
<i>Pimelodella</i> sp.	Pimsp	2	11	13		47			43	30													
<i>Pimelodella vittata*</i> (Lütken, 1874)	Pvitt			1	4				4											1			
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Rquel	8	1	3	6	10			4	8	13	1				2							

Tabela 3. Continuação.

Espécie	Código	Estações											Anos						
		JJU	PAN	PEP	MPP	JPP	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	
Loricaridae																			
cf. <i>Rineloricaria</i> sp.	Rinsp	15	31	141		38	73	31	7	15	30	5	47	3	2				13
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	Hanci			6		10	15												
<i>Hypostomus commersoni</i> * Valenciennes, 1836	Hcomm		5							5									
<i>Hypostomus</i> sp.1	Hysp1	204	10	155	46	96	141	101	71	74	27	13	19	2	10	18	4	31	
<i>Hypostomus</i> sp.2	Hysp2	72	1	3	1	19	18	5	64	8									
<i>Hypostomus</i> sp.3	Hysp3	10	8	13	2	102	1	99	7	20		2		2	1	3			
<i>Hypostomus</i> sp.4	Hysp4			10	1	2	13												
<i>Loricaria</i> sp.	Lorsp		1										1						
<i>Loricariichthys platytopon</i> * Isbrücker & Nijssen, 1979	Lplat	367	562	1027	245	565	483	247	270	414	315	264	108	283	98	67	31	185	
<i>Megalancistrus parananus</i> (Peters, 1881)	Mpara	38	1	3	6	54	11	28	25	16	4	4		2		4	7		
<i>Pterygoplichthys anisitsi</i> Eigenmann & Kennedy, 1903	Panis	135	82	93	203	202	50	49	7	25	33	35	116	165	84	41	41	70	
<i>Rhinelepis aspera</i> Spix & Agassiz, 1829	Raspe	63	42	84	238	83		49	16	90	81	132	10	17	3	1	79	31	
Pimelodidae																			
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i> (Valenciennes, 1840)	Hplat	136	72	131	1	58	48	109	71	19	9	8	13	8	20	14	63	17	
<i>Hypophthalmus edentatus</i> * Spix & Agassiz, 1829	Heden	26	152	42	435	83	68	82	43	216	140	45	51	32	15	25	23		
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken, 1874)	Ilabr	63	151	116	21	266	16	4	16	23	74	40	18	229	41	90	52	16	
<i>Pimelodus maculatus</i> La Cèpède, 1803	Pmacu	212	154	104	79	471	83	163	98	70	71	25	36	159	100	41	85	90	
<i>Pimelodus ornatus</i>* Kner, 1858	Porna	10	28	13		46		2	7	8	5	8	2	41	6	11	3	2	
<i>Pitirampus pirinampu</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Ppiri	4	11	4		21		2	7	9	3	3	1	2	4	2	6		
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Pporru	27	11	25	23	56	20	27	34	2	7	4	2	14	4	7	15	5	
<i>Sorubim lima</i>* (Bloch & Schneider, 1801)	Slima	131	18	18	23	115	7	71	25	8	19	17	6	48	14	27	44	19	
<i>Zungaro jahu</i> (Ihering, 1898)	Zjahu					10	2		8										
Pseudopimelodidae																			
<i>Pseudopimelodus mangurus</i> (Valenciennes, 1835)	Pmang	2			1	10	3										10		
Perciformes																			
Cichlidae																			
<i>Astronotus crassipinnis</i> * Heckel, 1840	Acras	2	2	2	1	13	15						1	1					3
<i>Cichla kelberi</i> * Kullander & Ferreira, 2006	Ckelb	129	87	120	155	270	110	13	24	80	74	57	99	97	67	68	34	39	
<i>Cichla piquiti</i> * Kullander & Ferreira, 2006	Cpiqu	29	19	24	9	23						5		21	4	20	9	45	
<i>Cichlasoma paranaense</i> Kullander, 1983	Cpara					2													
<i>Crenicichla britskii</i> Kullander, 1982	Cbrit	36	1	13	15	17	13	14	8	6	3	2	14	9	2	8	1		
<i>Geophagus proximus</i> * (Castelnau, 1855)	Gprox	200	343	274	1383	550				39	59	71	609	799	594	304	88	188	
<i>Plagioscion squamosissimus</i> * (Heckel, 1840)	Psqua	265	467	635	1228	487	115	252	397	357	436	307	190	251	214	239	131	194	

Tabela 3. Continuação.

Espécie	Código	Estações						Anos										
		JJU	PAN	PEP	MPP	JPP	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012
<i>Satanoperca pappaterra</i> * (Heckel, 1840)	Spapp	82	196	179	258	220	103	51	26	91	107	236	94	91	57	25	27	27
Gymnotiformes																		
Sternopygidae																		
<i>Eigenmannia trilineata</i> López & Castello, 1966	Etrili		2	3					3						2			
Gymnoitidae																		
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758	Gcara	4	1		2	4	4	2	1			1		1				2
Rhamphichthyidae																		
<i>Rhamphichthys hahni</i> * (Meinken, 1937)	Rhahn	6	7	3	8	12	17	8	1	4	4	1	2					3
Myliobatiformes																		
Potamotrygonidae																		
<i>Potamotrygon</i> spp.*	Potsp					2												2
Pleuronectiformes																		
Achiiridae																		
<i>Catathyridium jenynsii</i> * (Günther, 1862)	Cjeny	1	2	4	1	15	2			1	1	2	1	1			11	4

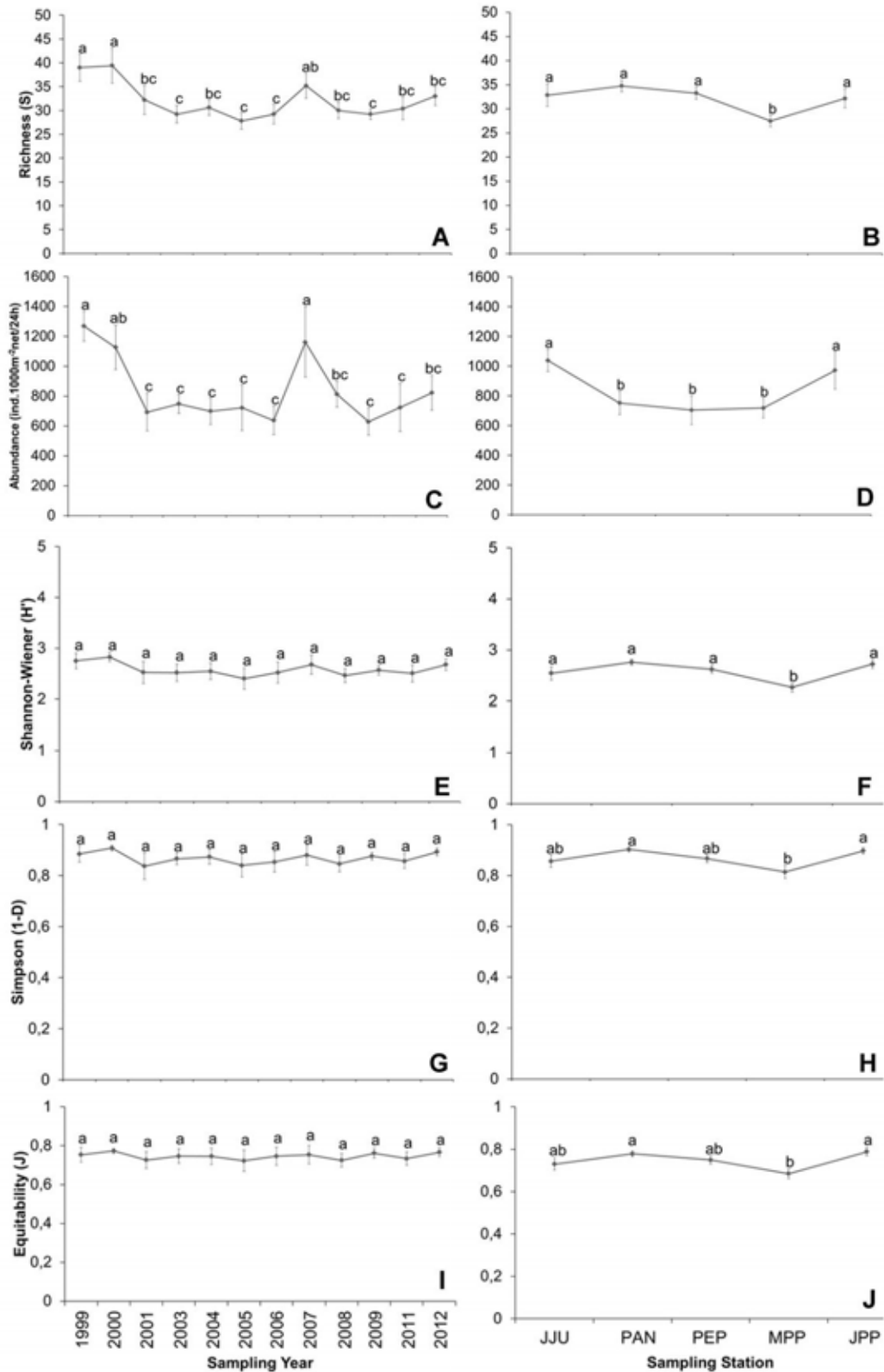


Figura 3. Valores médios de riqueza de espécies nos anos (A) e estações de amostragem (B); abundância média nos anos (C) e estações (D); diversidade de Shannon-Wiener média nos anos (E) e estações (F); diversidade de Simpson nos anos (G) e estações (H); e equitabilidade nos anos (I) e estações (J). Barras indicam o erro padrão e médias que apresentam as mesmas letras não são estatisticamente diferentes.

A variação temporal da composição e substituição de espécies (*turnover*) na área de estudo é apresentada na Tabela 4. Os valores da área como um todo (total) são menores do que as encontradas na análise das estações. A estação JPP apresentou maiores valores de diversidade beta total e *turnover*, enquanto que as estações da zona de transição (PAN e PEP) apresentaram os valores mais baixos de Beta total.

Tabela 4. Valores da diversidade Beta para a área total do estudo, e individualizada nas estações de coleta. (JJU: Jusante Jupia; PAN: Panorama; PEP: Presidente Epitácio; MPP: Montante Porto Primavera; e JPP: Jusante Porto Primavera).

	Total	JJU	PAN	PEP	MPP	JPP
Diversidade Beta	0,53	0,70	0,67	0,67	0,71	0,73
Turnover	0,44	0,59	0,62	0,60	0,64	0,66

As alterações na estrutura da comunidade, e de sua taxa de substituição de espécies, de uma forma geral, apresentaram distanciamento gradativo da composição de espécies no ano de 1999, primeiro ano após a formação do reservatório, como pode ser observado na Figura 4. A taxa de substituição de espécies (*turnover*) também apresenta o mesmo padrão observado para a diversidade beta total, com aumento pequeno, porém gradativo, com o decorrer dos anos.

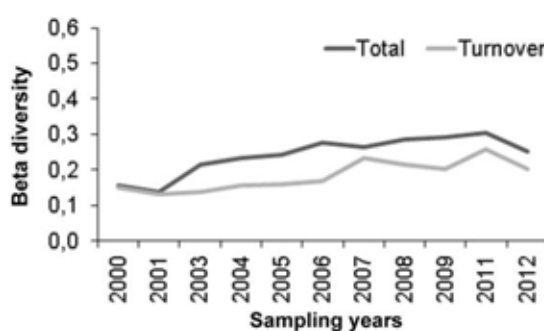


Figura 4. Variação temporal da diversidade Beta após a formação do reservatório, para área total do estudo, representada pela comparação par-a-par entre o primeiro ano do reservatório (1999) com os anos subsequentes.

DISCUSSÃO

A comunidade de peixes na área de estudo

Foram coletadas 83 espécies durante o período de estudo para o reservatório de Porto Primavera, sendo essa riqueza provavelmente subestimada, uma vez que foram utilizados aparatos de pesca seletivos (redes de espera/emalhar), que não são eficientes para amostragem de espécies de pequeno porte e também porque as coletas se restringiram ao corpo do reservatório. A presente riqueza registrada para o reservatório de Porto Primavera, considerada alta, representa 27% das espécies encontradas na bacia do alto Paraná (Langeani *et al.*, 2007). Outros estudos, realizados na região do reservatório de Itaipu, como Benedito-Cecílio *et al.* (1997) e Oliveira *et al.* (2004) também encontraram um elevado número de espécies (respectivamente, 84 e 85 espécies) como o registrado em Porto Primavera, contudo a metodologia de coleta apresenta diferenças, sendo mais abrangente em número de estações de amostragem e em aparatos de pesca.

Após o término do enchimento do reservatório (2001) foram registradas cinco espécies não coletadas anteriormente, e 14 deixaram de ser registradas ao longo do período de estudo (sendo oito nativas, três não nativas e três de origem desconhecida, segundo Langeani *et al.* (2007)). Das espécies que foram registradas apenas após 2001, a não nativa *T. angulatus* (Langeani *et al.*, 2007) é fruto dos programas de estocagem das concessionárias das usinas na bacia. A espécie nativa, *S. hilarii*, apesar de rara, pode ainda possuir populações locais na região. Ainda de acordo com Langeani *et al.*, 2007, a espécie não nativa *C. piquiti* tem sua introdução creditada à pesca esportiva. *Geophagus proximus*, introduzida na região do reservatório de Ilha Solteira no início da década de 2000 (Marques, H., dados não publicados) e *H. orthonops* (proveniente do baixo Paraná, (Júlio Júnior *et al.*, 2009)) chegaram ao reservatório por meio de dispersão da montante e jusante, respectivamente. Das espécies que deixaram de ser registradas, apenas quatro (*R. descalvandensis*, *L. striatus*, *Hypostomus* sp.2, *Pimelodella* sp.,) estiveram, em algum momento, entre as 30 mais abundantes até 2003. As

outras nove espécies já apresentavam baixas abundâncias antes de deixarem de ser registradas (Tabela 3).

Orsi e Britton (2014), em 20 anos de amostragens no reservatório de Capivara (rio Paranapanema, alto Paraná) observaram o aparecimento de 11 espécies não nativas, enquanto que 27 de 50 nativas desapareceram. Os autores creditam essas alterações ao aumento substancial de não nativas piscívoras e a mudanças de longo termo nas assembleias de peixes, uma vez que o reservatório foi construído na década de 1970. Isso ressalta a baixa estabilidade – que é a soma da resistência e resiliência (Connell & Sousa, 1983) – da comunidade daquele reservatório, o que possibilita a entrada e estabilização dessas espécies não nativas, aliado ao baixo número de áreas de reprodução e desenvolvimento de nativas. No presente estudo, a baixa taxa de substituição de espécies pode estar relacionada à resistência (habilidade de permanecer inalterada em resposta a um distúrbio) e à resiliência (habilidade da comunidade retornar à condição prévia após ser perturbada) da comunidade de peixes (Connell & Sousa, 1983). A presença de grandes tributários que deságuam na zona de transição do reservatório, associada à presença de amplas áreas de várzeas, com características de ecótono, pode ser a resposta para esta estabilidade.

Em reservatórios, a presença de tributários é importante para a manutenção da diversidade de peixes (Agostinho *et al.*, 2004a; Hoffmann *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2007a). Espécies migradoras de longa distância usam esses habitats como áreas de reprodução e desenvolvimento inicial (Carolsfeld *et al.*, 2003; Agostinho *et al.*, 2007a; Da Silva *et al.*, 2014). Ainda, espécies que não realizam longas migrações, mas apresentam caráter reofilico, geralmente procuram essas áreas para viver e reproduzir (Hoffmann *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2007a). Ademais, é importante ressaltar que a maioria das espécies, incluindo sedentárias, mostram algum grau de dependência de trechos fluviais (Agostinho *et al.*, 2008), acentuando a importância dessas áreas, incluindo tributários em áreas sob influência de reservatórios. No caso de Porto Primavera, seus tributários são áreas de reprodução e desenvolvimento inicial tanto de espécies migradoras (Makrakis *et al.*, 2012; Da Silva *et al.*, 2014) quanto sedentárias (Makrakis *et al.*, 2012), servindo como fonte de espécies para a região do

reservatório, o que ressalta a importância dessas áreas para a preservação da diversidade de peixes em reservatórios.

Assim como tributários, ecótonos apresentam papel importante na diversidade de peixes (Kolasa & Zalewski, 1995) e estrutura da comunidade (Willis & Magnuson, 2000) em ecossistemas aquáticos. Sendo a zona de transição um ecótono entre a zona lótica e a zona lêntica do reservatório, onde espécies lóticas e lênticas podem coexistir, conseqüentemente ocorre um aumento da riqueza nessas áreas (Oliveira *et al.*, 2004). Kimmel *et al.*, (1990) também relatam a alta produtividade primária nessa zona, subsidiando essa maior abundância. Ademais, no caso de Porto Primavera, grandes bancos de macrófitas são encontrados na zona de transição (Pitelli & Pitelli, 2010). A presença desses bancos, que servem como área de abrigo (Milani *et al.*, 2010) e alimentação (Casatti *et al.*, 2003) para peixes de pequeno porte e das fases iniciais de peixes de médio a grande porte, também indica a importância da zona de transição para a área de estudo.

Espécies migradoras são altamente impactadas com barramentos (Carolsfeld *et al.*, 2003), principalmente devido ao seu comportamento reprodutivo, que requer habitats particulares e variações sazonais de variáveis abióticas (temperatura, turbidez, regime hidrológico) para completar seu ciclo reprodutivo (Agostinho *et al.*, 2008). Segundo Agostinho *et al.* (2007a) somente 5% de 77 reservatórios analisados apresentam mais de 3 espécies migradoras, sendo que mais de 50% não apresenta nenhuma. Neste estudo, foram registradas 18 espécies (*Prochilodus lineatus*, *Pimelodus maculatus*, *Rhaphiodon vulpinus*, *Leporinus obtusidens*, *Leporinus elongatus*, *Rhinelepis aspera*, *Pterodoras granulosus*, *Hemisorubim platyrhynchos*, *Sorubim lima*, *Salminus brasiliensis*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Leporinus macrocephalus*, *Pimelodus ornatus*, *Brycon orbignyianus*, *Pinirampus pirinampu*, *Piaractus mesopotamicus*, *Z. jahu*, *S. hilarii*, em ordem decrescente de abundância), demonstrando que o reservatório de Porto Primavera possui características diferentes de outros reservatórios brasileiros. Provavelmente a presença desses tributários, onde Makrakis *et al.* (2008, 2010 e 2012) e Da Silva *et al.* (2014) encontraram ao menos 10 dessas espécies (*P. lineatus*, *P. maculatus*, *R. vulpinus*, *H. platyrhynchos*, *S. lima*, *S. brasiliensis*, *P. corruscans*, *P. ornatus*, *B. orbignyianus* e

Z. jahu) em algum estágio de seu desenvolvimento inicial, é um dos grandes responsáveis por esse fato. Esse número de espécies pode ser maior, pois a família Anostomidae, presente nos referidos estudos, mas de difícil identificação nos estágios larvais, possui três espécies migradoras (*L. elongatus*, *L. macrocephalus* e *L. obtusidens*).

No período de estudo, *P. lineatus* foi a nona espécie mais abundante (Figura 3). Segundo Benedito-Cecílio *et al.* (1997), essa espécie também teve participação relevante após a formação do reservatório de Itaipu. Agostinho *et al.* (2001) atribuem esse fato à planície de inundação do rio Paraná (entre a montante do reservatório de Itaipu e a jusante de Porto Primavera, Figura 1), onde a espécie tem seu desenvolvimento inicial. Esses autores consideram aquela região como primordial na manutenção da biodiversidade regional e dos estoques pesqueiros, principalmente nas populações dos grandes migradores. Em Porto Primavera, a existência de tributários que são áreas de desova (Makrakis *et al.*, 2012) principalmente o rio Aguapeí no caso de *P. lineatus* (Da Silva *et al.*, 2014), aliada à utilização da escada para peixes da UHE por migradores de longa distância (Makrakis *et al.*, 2007; Wagner *et al.*, 2012) podem estar relacionadas a destacada abundância dessa espécie no reservatório (Figura 2).

Avaliação espaço-temporal dos índices de diversidade

Na avaliação espacial, a estação MPP, situada na zona lântica do reservatório (Figura 1), apresentou os menores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade, enquanto as estações da zona de transição (PAN e PEP) e da zona lótica (JJU e JPP) apresentaram valores médios de riqueza semelhantes (Figura 3B, F, H e J, respectivamente). Padrão similar encontrado por Oliveira *et al.* (2004) no reservatório de Itaipu. Em outros estudos (Benedito-Cecílio *et al.*, 1997; Agostinho *et al.*, 2004a,b; Han *et al.*, 2008; Terra *et al.*, 2010), a zona de transição também apresentou maior riqueza e diversidade, o que corrobora com a hipótese da importância dessa zona na manutenção da diversidade no reservatório de Porto Primavera.

Em consenso estão os menores valores de diversidade e riqueza encontrados na zona lântica (Agostinho *et al.*, 2004a,b; Britto & Carvalho, 2006;

Han *et al.*, 2008; Gubiani *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2010; Terra *et al.*, 2010), região que normalmente é mais profunda e pobre em recursos exploráveis (Benedito-Cecílio *et al.*, 1997). As mudanças abruptas sofridas nesse habitat tendem a favorecer espécies generalistas/oportunistas, devido à sua maior plasticidade trófica (Lowe-McConnell, 1999). Além disso, as novas características acabam favorecendo espécies não nativas (Agostinho *et al.* 2007a; Johnson *et al.* 2008). É o caso de Porto Primavera onde as espécies mais abundantes na estação MPP (zona lântica) são as não nativas oportunistas *G. proximus* e *P. squamosissimus* (juntas corresponderam a 30% do total capturado), além de *Hypophthalmus edentatus* e *Satanoperca pappaterra*, que aparecem entre as dez mais abundantes na estação (Figura 2).

Segundo Benedito-Cecílio *et al.* (1997) a alta diversidade e riqueza em trechos lóticos podem ser explicadas pela concentração de peixes em migração ascendente ou atraídos por condições alimentares, outros peixes, plâncton do reservatório, insetos atraídos pela luz da usina. Além do mais, de acordo com Agostinho *et al.* (2008) a zona lótica de reservatórios geralmente contém todas as espécies presentes da área de influência do reservatório.

Na perspectiva temporal, o reservatório de Porto Primavera não segue o padrão relatado pela literatura em relação à variação da riqueza, abundância, índices de diversidade e equitabilidade. A partir do primeiro ano após a formação do reservatório (1999), ocorreu um decréscimo significativo na riqueza e abundância de espécies (Figura 3A e C) até 2001. Esse período corresponde ao intervalo entre o término da primeira e da segunda etapa de enchimento, período de maior instabilidade do nível do reservatório.

De acordo com Petrere Jr. (1996) e Agostinho *et al.* (1999), a dinâmica das comunidades em reservatórios é fortemente influenciada pelas alterações na produtividade primária. O aumento da produtividade primária, em um primeiro momento após a formação de um reservatório, resulta em um aumento da abundância (Petrere Jr., 1996; Agostinho *et al.*, 1999). Com a diminuição da produtividade primária após o reservatório entrar em um processo de depleção trófica, a abundância também tende a diminuir (Petrere Jr., 1996; Agostinho *et al.*, 1999; Agostinho *et al.*, 2008). É possível que para o reservatório de Porto Primavera, o baixo tempo de residência (33,9 dias) tenha minimizado os efeitos

do aumento inicial da produtividade, limitando o esperado aumento inicial de abundância.

A partir de 2003, ocorreu a estabilização quanto à riqueza e abundância, com apenas um pico, de ambas, no ano de 2007 (Figuras 3A e C). Com os dados disponíveis para este estudo, não foi possível explicar o aumento da riqueza naquele ano, mas o pico de abundância ($1.161 \text{ ind.}1000\text{m}^{-2} \text{ rede}/24\text{h}$) se deve ao expressivo aumento da captura de *G. proximus* ($799 \text{ ind.}1000\text{m}^{-2} \text{ rede}/24\text{h}$), principalmente na estação MPP ($556 \text{ ind.}1000\text{m}^{-2} \text{ rede}/24\text{h}$).

Essa estabilidade da riqueza e abundância após 2003, somadas a ausência de variação temporal nos índices de diversidade (Shannon e Simpson) e equitabilidade (Figuras 3E, G e I, respectivamente) possivelmente ocorre devido à presença dos tributários e da zona de transição do reservatório. Estes locais podem fornecer habitats adequados à reprodução, desenvolvimento e alimentação da comunidade de peixes da região, o que justificaria os resultados encontrados.

De acordo com Makrakis *et al.* (2008; 2010; 2012) ao menos 43 espécies de peixes encontrados na área de estudo usam os tributários em algum estágio de seu desenvolvimento inicial. Esse número é subestimado, devido à presença da família Anostomidae e do gênero *Hypostomus*, que são de difícil identificação nos estágios larvais, e não são contabilizadas as espécies individualmente. Como existem 11 espécies da família Anostomidae na área de estudo e seis do gênero *Hypostomus*, o número de espécies compartilhadas pode saltar para 58. Ademais, Hoffmann *et al.* (2005) apontam os tributários como extremamente importantes para a manutenção de populações reofílicas e da diversidade de peixes em um reservatório, uma vez que preservam as características originais do sistema lótico, reduzindo o impacto do represamento.

Os valores de diversidade beta e *turnover*, menores nas estações da zona de transição (PAN e PEP, tabela 4) demonstram que estas são as áreas mais estáveis do estudo, por apresentarem, respectivamente, menor alteração na estrutura da comunidade e menor taxa de substituição de espécies no decorrer do tempo. Este fato pode estar relacionado à presença dos tributários que desagüam nessa zona do reservatório, contribuindo para a manutenção da diversidade e

consequente estabilidade ecológica. A pequena e gradativa alteração na composição da ictiofauna ao longo do tempo, aliada a baixa taxa de substituição de espécies (Figura 4) demonstra a resistência e estabilidade da comunidade de peixes, após uma grande perturbação como a formação de um reservatório.

Conclusões

A construção de grandes hidroelétricas causa danos irreversíveis à região sob sua influência, sendo a comunidade de peixes uma das principais afetadas. Contudo, devido à grande demanda de energia atualmente, esses empreendimentos são primordiais. Tal fato aumenta a importância de se considerar a avaliação ambiental no nível de bacia hidrográfica, a presença de tributários com condições para a reprodução da ictiofauna nativa e a definição de rios de preservação permanente, como no caso do estado de Minas Gerais (Pompeu, 2012), na definição das áreas para a construção de novos empreendimentos.

No caso da UHE “Eng. Sergio Motta”, apesar dos sérios impactos à dinâmica fluvial (Stevaux *et al.*, 2009) e a biodiversidade regional (Agostinho *et al.*, 2004b; Agostinho *et al.*, 2007b), não foram observadas variações nos índices de diversidade e equitabilidade. A hipótese que pode ser gerada pelos resultados deste estudo é que os grandes tributários e amplos trechos de várzea nas zonas de transição e fluvial do reservatório propiciam ambientes adequados à alimentação, reprodução e desenvolvimento de um grande número de espécies. Portanto, a conservação desses ambientes, com a reavaliação da construção de novos empreendimentos nos tributários, associado a medidas de manejo para a conservação da qualidade de seus habitats são fundamentais para mitigar os impactos sobre a estrutura e composição da ictiofauna.

REFERÊNCIAS

- Agostinho AA, Miranda LE, Bini LM, Gomes LC, Thomaz SM, Suzuki HI. 1999. Patterns of colonization in Neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In Tundisi JG, Straskraba M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Backhuys Publishers: Leiden. 227-265.
- Agostinho AA, Gomes LC, Zalewski M. 2001. The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper river Paraná. *Ecohydrology & Hydrobiology* **1**: 209-217.
- Agostinho AA, Gomes LC, Veríssimo S, Okada EK. 2004a. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14**: 11-19.
- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC. 2004b. Threats for biodiversity in the floodplain of the upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecohydrology & Hydrobiology* **4**: 267-280.
- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. 2007a. *Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil*. EDUEM: Maringá.
- Agostinho AA, Pelicice FM, Petry AC, Gomes LC, Júlio Jr. HF. 2007b. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management* **10** (2) 174-186. DOI: 10.1080/14634980701341719
- Agostinho AA, Pelicice FM, Gomes LC. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology* **68**(4, Suppl.): 1119-1132. DOI: 10.1590/S1519-69842008000500019.
- Baselga A, Orme D, Villegger S, De Bortoli J, Leprieur F. 2013. *betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components*. R package version 1.3. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=betapart>. Last access: 06/18/2014.

Benedito-Cecílio E, Agostinho AA, Júlio Júnior. HF, Pavanelli CS. 1997. Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. *Revista Brasileira de Zoologia*, **14**(1): 1-14.

Britto SGC, Carvalho ED. 2006. Ecological attributes of fish fauna in Taquaruçu reservoir, Paranapanema River (upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution. *Acta Limnologica Brasiliensis* **18**(4): 377-388.

Carolsfeld J, Harvey J, Ross C, Baer A (Eds.). 2003. *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. World Bank: Vitoria.

Casatti L, Mendes HF, Ferreira KM. 2003. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana Reservoir, Paranapanema River, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **63**(2): 1-8.

Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. 2011. *Relatório de situação dos recursos hídricos 2011 (ano base 2010)*. Available from: <http://cbhap.org/publicacoes/relatorio-de-situacao.html>. Last access: 08/19/2014.

Connel JH, Sousa WP. 1983 On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *American Naturalist* **121**: 789-824.

Da Silva PS, Makrakis MC, Miranda LE, Makrakis S, Assumpção L, Paula S, Dias JHP, Marques H. 2014. Importance of reservoir tributaries to spawning of migratory fish in the upper Paraná River. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2755

Gido KG, Matthews WJ, Wolfenbarger WC. Long-term changes in a reservoir fish assemblage: stability in an unpredictable environment. *Ecological Applications* **10** (5): 1517-1529.

Graça WJ, Pavanelli CS. 2007. *Peixes da planície de inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes*. EDUEM: Maringá.

Gubiani EA, Gomes LC, Agostinho AA, Baumgartner G. 2010. Variations in fish assemblages in a tributary of the upper Paraná River, Brazil: A comparison between pre and postclosure phases of dams. *River Research and Applications* **26**(7): 848-865.

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* **4**(1):

9pp. Available in: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf. Last access: 06/18/2014.

Han M, Fukushima M, Kameyama S, Fukushima T, Matsushita B. 2008. How do dams affect freshwater fish distributions in Japan? Statistical analysis of native and nonnative species with various life histories. *Ecological Research* **23**: 735-743.

Hoffmann AC, Orsi ML, Shibatta OA. 2005. Diversidade de peixes do reservatório da UHE Escola Engenharia Mackenzie (Capivara), rio Paranapanema, bacia do alto Paraná, Brasil, e a importância dos grandes tributários na sua manutenção. *Iheringia, Serie Zoologia* **95**(3): 319-325.

Johnson PTJ, Olden JD, Zanden MJV. 2008. Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment* **6**(7): 357–363. DOI: 10.1890/070156

Júlio Júnior HF, Dei Tós C, Agostinho AA, Pavanelli CS. 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper Rio Paraná basin. *Neotropical Ichthyology* **7**(4): 709-718.

Kimmel BL, Lind OT, Paulson LJ., 1990. Reservoir primary production. In Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE (Eds.). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley & Sons: New York. 133-194.

Kolasa J, Zalewski M. 1995. Notes on ecotone attributes and functions. *Hydrobiologia* **303**: 1-7.

Langeani F, Castro RMC, Oyakawa OT, Shibatta AO, Pavanelli CS, Casatti L. 2007. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica* **7**(3): 1–17.

Lowe-McConnell RH. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP: São Paulo.

Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell: Oxford.

Makrakis S, Makrakis MC, Wagner RL, Dias JHP, Gomes LC. 2007. Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating potamodromous species. *Neotropical Ichthyology* **5**: 197–204.

Makrakis MC, Makrakis S, Borges RZ, Wagner RL, Dias JHP, Margarido VP. 2008. *Monitoramento do Ictioplâncton na Escada para Peixes da UHE Engenheiro Sergio Motta e em Tributários do Reservatório de Porto Primavera, Rio Paraná – Relatório Final (2007-2008)*. (Research report).

Makrakis MC, Makrakis S, Silva PS, Wagner RL, Dias JHP, Margarido VP. 2010. *Monitoramento do Ictioplâncton na Escada para Peixes da UHE Engenheiro Sergio Motta e em Tributários do Reservatório de Porto Primavera, Rio Paraná – Relatório Final (2008-2009)*. (Research report).

Makrakis MC, Silva PS, Makrakis S, Lima AF, Chlusewicz TV, Assumpção L, Marques H, Dias JHP, Margarido VP. 2012. *Monitoramento do Ictioplâncton na Escada para Peixes da UHE Engenheiro Sergio Motta e em Tributários do Reservatório de Porto Primavera e Monitoramento Genético da Transposição*. (Research report).

Mendiburu F. 2013. *agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.1-6*. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>. Last access: 06/18/2014.

Milani V, Machado FA, Silva VCF. 2010. Assembleias de peixes associados à macrófitas aquáticas em ambientes alagáveis do Pantanal de Poconé-MT, Brasil. *Biota Neotropica* **10**(2): 261-270.

Nilsson C, Reidy CA, Dynesius M, Revenga C. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* **308**: 405-408. DOI: 10.1126/science.1107887

Oliveira, E. F., E. Goulart & C. V. Minte-Vera. 2004. Fish diversity along spatial gradients in the Itaipu Reservoir, Paraná. *Brazilian Journal of Biology*, **64**(3A): 447-458.

Orsi ML, Britton JR. 2014. Long-term changes in the fish assemblage of a neotropical hydroelectric reservoir. *Journal of Fish Biology*. DOI: 10.1111/jfb.12392.

Petere Jr M. 1996. Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* **2**: 111-133.

Pitelli RA, Pitelli RLCM. 2010. Estudos de ocorrência, distribuição, densidade e crescimento de plantas aquáticas no reservatório de Porto Primavera. (Research report).

Pompeu PS. 2012. Rios de preservação permanente: uma alternativa para a conservação da ictiofauna? *Ação Ambiental (UFV)*, **13**: 12-14.

RStudio. 2012. *RStudio: Integrated development environment for R (Version 0.98.507)*. Computer software. Boston, MA. Available from: <http://www.rstudio.org/>. Last access: 06/18/2014.

Santos ABI, Terra BF, Araújo FG. 2010. Influence of the river flow on the structure of fish assemblage along the longitudinal gradient from river to reservoir. *Zoologia* **27**(5): 732-740. DOI: 10.1590/S1984-46702010000500010

Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. 2010. *Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul*. Editora UEMS: Campo Grande. Available from: <http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/PERH-MS.pdf>. Last access: 08/19/2014.

Stevaux JC, Martins DP, Meurer M. 2009. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. *Geomorphology* **113**: 230-238. DOI:10.1016/j.geomorph.2009.03.015

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

Wagner RL, Makrakis S, Castro-Santos T, Makrakis, MC, Dias JHP, Belmont RAF. 2012. Passage performance of long-distance upstream migrants at a large dam on the Paraná River and the compounding effects of entry and ascent. *Neotropical Ichthyology* **10**: 785-795.

Wheeler B. 2010. *ImPerm: Permutation tests for linear models. R package version 1.1-2*. Available from: <http://CRAN.R-project.org/package=ImPerm>. Last access: 06/18/2014.

Willis TV, Magnuson JJ. 2000. Patterns in fish species composition across the interface between stream and lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **57**: 1042-1052.