



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA CAROLINA VIZINTIM MARQUES

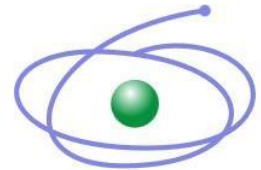
**INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RECRUTAMENTO DA
ICTIOFAUNA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA, SÃO
PAULO/PARANÁ, BRASIL**



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



CAPES

ANA CAROLINA VIZINTIM MARQUES

**INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RECRUTAMENTO DA
ICTIOFAUNA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA, SÃO
PAULO/PARANÁ, BRASIL**

ANA CAROLINA VIZINTIM MARQUES

**INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RECRUTAMENTO DA
ICTIOFAUNA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA, SÃO
PAULO/PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade e Conservação de Habitats Fragmentados).

Orientador: Prof. Dr. Mário Luís Orsi

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

MARQUES, ANA CAROLINA .

INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RECRUTAMENTO DA ICTIOFAUNA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA, SÃO PAULO/PARANÁ, BRASIL / ANA CAROLINA MARQUES. - Londrina, 2018.

71 f. : il.

Orientador: MÁRIO LUÍS ORSI.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2018. Inclui bibliografia.

1. Conservação de espécies - Tese. 2. Reprodução - Tese. 3. Diagnóstico ambiental - Tese. 4. Sistema de Informação Geográfica - Tese. I. ORSI, MÁRIO LUÍS. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

ANA CAROLINA VIZINTIM MARQUES

**INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RECRUTAMENTO DA
ICTIOFAUNA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA, SÃO
PAULO/PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Mário Luís Orsi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Ana Paula Vidotto Magnoni
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Fernando Yuldi Ashikaga
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Londrina, 23 de março de 2018.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Omar e Mirian.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, salvação e bênçãos concedidas ao longo da minha caminhada.

Ao meu marido, Joel, pela paciência, companheirismo e carinhos tanto nos dias bons e como nos difíceis.

À minha família, meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram nos estudos e à minha irmã Rebeca pelas muitas conversas e caronas.

Ao Prof. Dr. Mário Orsi pela constante orientação, paciência, confiança neste trabalho e pelo exemplo de biólogo.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas - LEPIB, Alan Pereira, Alexandro Costa, Armando Casimiro, Camila Ribeiro, Diego Garcia, João Daniel Ferraz, Marcelo Yabu, a professora Ana Paula Vidotto Magnoni e o técnico de laboratório Aparecido de Souza pela troca de conhecimento e momentos compartilhados.

Aos professores Fernanda Simões, João Zequi, Lucas Jarduli, Jaqueline Raminelli, Adriana Castreghini Pereira, Fernando Yuldi Ashikaga, Messias Modesto dos Passos e Marcos Vital por sempre estarem dispostos a ajudar.

À Universidade Estadual de Londrina, ao programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas e aos professores pela oportunidade de agregar e compartilhar conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida.

Aos amigos que participaram nessa jornada, Glenda Sanches, Luccas Nascimento, Drica Ramos, Karina Deus, Kauana Maldonado, Aila Theodoro, Thiago Maia, Anasangela Gomes, Juliana Cinesi, Glauco Marighella, Thamy Gioia, Érica Santos e aos amigos que o mestrado trouxe Letícia de Castro, Gabriela da Silva, Juliana Tambani, Luis Grossi, Vitória Jahn e Jheimison Rosa.

“Porque, deliberadamente,
esquecem que, de longo tempo, houve céus
bem como terra, a qual surgiu da água e
através da água pela palavra de Deus, pela
qual veio a perecer o mundo daquele
tempo, afogado em água”
2 Pedro 3:5 e 6

MARQUES, Ana Carolina Vizintim. **Influência do uso do solo no recrutamento da ictiofauna na bacia do rio Paranapanema, São Paulo/Paraná, Brasil.** 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

A integridade e a riqueza da ictiofauna dependem, em princípio, de áreas com boas condições de recrutamento, como rios livres de barragens e lagoas marginais. O objetivo principal desta pesquisa foi diagnosticar a situação ambiental atual de trechos do rio Paranapanema e de suas Áreas de Preservação Permanente (APP) localizados na porção médio-baixa, e sua influência no recrutamento da ictiofauna. Para tanto, foram realizados mapeamentos da cobertura vegetal e uso do solo desses trechos, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e compilação de dados de dissertações, publicações e livros desenvolvidos a partir de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento elaborado pela Universidade Estadual de Londrina e a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Os resultados demonstram predomínio de agricultura em todos os trechos mapeados e de estrato arbóreo, apenas nas APPs, porém são faixas estreitas em torno de 30 metros e não contínuas. Por meio de compilação de dados de dissertações, publicações e livros, foi possível levantar 93 espécies de peixes dos 5582 indivíduos coletados, sendo 747 ovos, 2141 larvas e 2694 juvenis. A ordem predominante foi Characiformes e a espécie mais abundante foi *Plagioscion squamosissimus* (Heckel 1840), *Auchenipterus osteomystax* (Miranda Ribeiro 1918), *Serrasalmus marginatus* Valenciennes 1837 e *Tatia neivai* (Ihering 1930) apresentaram relação com áreas com forte ação antrópica, pastagem e vegetação rasteira. Os resultados permitiram inferir sobre homogeneização e simplificação da ictiofauna, que pode estar associada diretamente a degradação da vegetação, principalmente nas APPs, a fragmentação dos rios por barramentos e a introdução de espécies não nativas invasoras.

Palavras-chave: Conservação de espécies. Reprodução. Diagnóstico ambiental. Sistema de Informação Geográfica.

MARQUES, Ana Vizintim Marques. **Influence of land use on the recruitment of the ichthyofauna in the Paranapanema River basin, São Paulo/Paraná, Brasil.** 2018. 71 pp. Dissertation (Master's Degree in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The integrity and richness of the ichthyofauna depend, in principle, on areas with good recruitment conditions, such as rivers free of dams and marginal lagoons. The main objective of this research was to diagnose the current environmental situation of stretches of the Paranapanema river and its Permanent Preservation Areas located in the middle-low portion, and its influence on the recruitment of the ichthyofauna. For this purpose, mapping of the vegetation cover and land use of these stretches were done, using geoprocessing and remote sensing techniques and data compilation from dissertations, publications and books developed from a Research and Development project prepared by the State University of Londrina and the National Electric Energy Agency - ANEEL. The results pointed out the predominance of agriculture in all the mapped stretches and arboreal stratum, only in APPs, but they are narrow and not continuous areas of approximately 30 meters. By compiling data from dissertations, publications and books, it was possible to list 93 species of fish from the 5582 individuals collected, being 747 eggs, 2141 larvae and 2694 juveniles. The predominant order was Characiformes and the most abundant species was *Plagioscion squamosissimus* (Heckel 1840), *Auchenipterus osteomystax* (Miranda Ribeiro 1918), *Serrasalmus marginatus* Valenciennes 1837 and *Tatia neivai* (Ihering 1930) were related to areas with strong anthropic action, pasture and brush. The results allowed inferring about homogenization and simplification of the ichthyofauna, which may be directly associated with degradation of vegetation, mainly in the APPs, the fragmentation of rivers by dams and the introduction of non - native invasive species.

Key words: Conservation of species. Reproduction. Environmental diagnosis. Geographic Information System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Paranapanema e pontos de coleta – São Paulo-Paraná/BR	20
Figura 2 -	Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil.....	29
Figura 3a -	Uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil.....	31
Figura 3b -	Ampliação do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil	31
Figura 4 -	Cobertura vegetal das APPs dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil.....	35
Figura 5 -	Ranking de abundâncias das 15 espécies mais coletadas nas 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015.....	50
Figura 6 -	Plot de Whittaker das 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015.....	51
Figura 7 -	Riqueza de espécies coletadas nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil	55
Figura 8 -	Abundância de espécie coletadas nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil	56
Figura 9 -	Diagrama de Whittaker para os reservatórios amostrados durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil	57
Figura 10 -	Dendograma de similaridade de Jaccard e Bray-Curtis para a composição de espécies durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 das 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU –	

Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo58

Figura 11 - Análise de redundância (RDA) entre a distribuição das espécies coletadas durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 e o uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta da porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo60

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Cenas orbita/ponto utilizadas no mapeamento do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema.....21
- Tabela 2** - Classes de uso do solo e descrição utilizadas no mapeamento do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema – São Paulo-Paraná/BR22
- Tabela 3** - Base de dados consultada para levantamento das espécies encontradas nos pontos de coleta do Médio e Baixo Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil24
- Tabela 4** - Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil30
- Tabela 5** - Área em km² e porcentagem do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil: L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo.....33
- Tabela 6** - Percentual de área da cobertura vegetal nas APP dos rios nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil: L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo.....37
- Tabela 7** - Ovos, larvas e juvenis coletados nas 16 pontos de coleta no Médio e Baixo Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB

– rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo45

Tabela 8 - Efeito das variáveis ambientais do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta da porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, na RDA60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APP	Área de Preservação Permanente
CESP	Companhia Energéticas do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEPIB	Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas
PCA	Análise de Componentes Principais
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEMD	Parque Estadual Morro do Diabo
RDA	Análise de Redundância Canônica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
USGS	United States Geological Survey
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1	ÁREA DE ESTUDO	18
2.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
2.2.1	Mapeamento do Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema	21
2.2.2	Mapeamento do Uso do Solo do Entorno dos 16 Pontos de Coleta.....	22
2.2.3	Mapeamento da Cobertura Vegetal das Áreas de Preservação Permanente dos Rios dos Pontos de Coleta	23
2.2.4	Recrutamento de Peixes	24
2.2.5	Análise de Dados.....	25
2.2.5.1	Uso do solo.....	25
2.2.5.2	Recrutamento de Peixes	25
2.2.5.3	Associação entre o uso do solo e o recrutamento de peixes.....	26
3	RESULTADOS	27
3.1	USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA.....	27
3.2	USO DO SOLO DO ENTORNO DOS 16 PONTOS DE COLETA E DAS APPs DOS RIOS	30
3.2.1	Lagoa I.....	37
3.2.2	Lagoa II.....	37
3.2.3	Rio Pirapozinho	38
3.2.4	Rio Pirapó.....	38
3.2.5	Rio Anhumas	39
3.2.6	Reservatório de Taquaruçu	39
3.2.7	Rio Tibagi	40
3.2.8	Rio Congonhas	40
3.2.9	Rio Apertados	40
3.2.10	Rio Taquara	41
3.2.11	Rio Laranjinha	41

3.2.12	Rio das Cinzas – jusante.....	41
3.2.13	Rio das Cinzas – montante.....	42
3.2.14	Reservatório de Canoas I.....	42
3.2.15	Reservatório de Canoas II.....	43
3.2.16	Rio Pardo.....	43
3.3	RECRUTAMENTO DE PEIXES.....	44
3.4	ASSOCIAÇÃO ENTRE O USO DO SOLO E O RECRUTAMENTO DE PEIXES.....	58
4	DISCUSSÃO	61
5	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento dos impactos antrópicos, a degradação de habitat tem se tornado a principal causa responsável pela perda de biodiversidade (NILSSON et al., 2005). Em ambientes aquáticos, os principais impactos são: poluição, desmatamento, eutrofização, assoreamento, fragmentação por barragens, pesca, introdução de espécies não nativas e mal uso do solo (ALLAN; FLECKER, 1993; TOUSSAINT et al., 2016). A antropização ainda causa alterações no ciclo hidrológico, deterioração da qualidade das águas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008) e altera a estrutura da ictiofauna (FAUSCH et al., 1990).

A preservação das áreas de desova, abrigo e desenvolvimento inicial são condicionantes para a manutenção da integridade da ictiofauna, as lagoas marginais são berçários naturais para o desenvolvimento larval e de juvenis (ZIOBER et al., 2007; DAGA et al., 2009), por normalmente apresentarem maiores temperaturas, abrigos e alimento (AGOSTINHO et al., 2003). Os tributários livres de barragens são sítios de desova e ainda funcionam como rotas para espécies migradoras (NAKATANI; BAUMGARTNER; CAVICCHIOLI, 1997) contribuindo assim para a conservação das espécies.

Outra ação antrópica que causa a perda de espécies e homogeneização do ambiente e da fauna íctica é a retirada e degradação da vegetação ripária dos rios (CASATTI, 2010). Fato que ocorre em áreas de intensa pressão antrópica e intensamente desmatadas (TERESA; CASATTI, 2010), como é o caso da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, onde em apenas 18% da área total há remanescentes de vegetação nativa (ANA, 2016).

O rio Paranapanema localiza-se entre os estados de São Paulo e Paraná. Atualmente possui 11 barragens em seu leito principal, sendo um dos rios mais fragmentados do Brasil. Este rio possuía características favoráveis à construção de barragens, devido sua extensão de aproximadamente 900 quilômetros e desnível de quase 600 metros.

A bacia hidrográfica do rio Paranapanema tem sido estudada por diversos laboratórios de pesquisas. Entre estes, estão alguns da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como os de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas,

de Genética e Ecologia Animal, e, de Histologia e Genética (LEPIB, LAGEA e HISTOGEN - UEL), que estudaram o Médio e Baixo Paranapanema. Entre os vários projetos envolvidos denota-se o de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) vinculado a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, intitulado “Desenvolvimento e aplicação de método inovador para avaliação de áreas principais de recrutamento das porções média e baixa do rio Paranapanema, como mecanismo de otimização dos programas de conservação e recuperação do estoque pesqueiro”. O qual surgiu devido a necessidade de obter ferramentas modernas e precisas, com aplicação direta que ampliassem o conhecimento da história natural da ictiofauna da bacia do rio Paranapanema. Foi um estudo inovador de ictioplâncton que analisou a ecologia e genética dos peixes, seu recrutamento e apontou áreas prioritárias para manutenção da ictiofauna. No entanto durante o P&D não foi diagnosticado a situação ambiental das áreas ao entorno dos pontos de coleta, contexto onde o presente trabalho está inserido.

Conhecer o uso do solo do entorno dos pontos de coleta e o grau de preservação das áreas de preservação permanente dos rios acrescenta conhecimento da situação ambiental de áreas de recrutamento de peixes. O uso de técnicas de sensoriamento remoto aliadas ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), são ferramentas eficazes na detecção de alterações na cobertura do solo (BASEGGIO; CARAMORI; SORIANI, 2006), assim como em estudos das áreas de preservação permanentes – APP dos rios (CORRÊA et al., 1996; SILVA et al., 2007; SAITO, 2009; PERINI et al., 2011), reforçando a proposta de estudo com a utilização dessas técnicas na pesquisa.

Com o objetivo de diagnosticar a situação ambiental de trechos do rio Paranapanema e de suas áreas de preservação permanente, estudadas no projeto de P&D, e sua influência no recrutamento da ictiofauna. Embora a bacia hidrográfica do rio Paranapanema tenha sido amplamente estudada por diferentes instituições e áreas do conhecimento, o estudo e o entendimento de como as condições ambientais das margens dos rios podem influenciar no recrutamento da ictiofauna configura-se como inédito nesta bacia e sua compreensão permite uma visão abrangente da situação da porção baixa e média do rio, com foco na conservação da diversidade biológica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Paranapanema, um dos maiores afluentes da margem esquerda do rio Paraná. Nasce na Serra de Paranapiacaba, no município de Capão Bonito - SP, percorre aproximadamente de 930 quilômetros pelo interior do continente para o oeste e deságua no rio Paraná. Seus principais tributários são os rios Itararé, Pardo, Tibagi e Pirapó. A partir da foz do rio Itararé percorre 330 km, que compõe a divisa entre os estados de São Paulo e Paraná (MAACK, 2012).

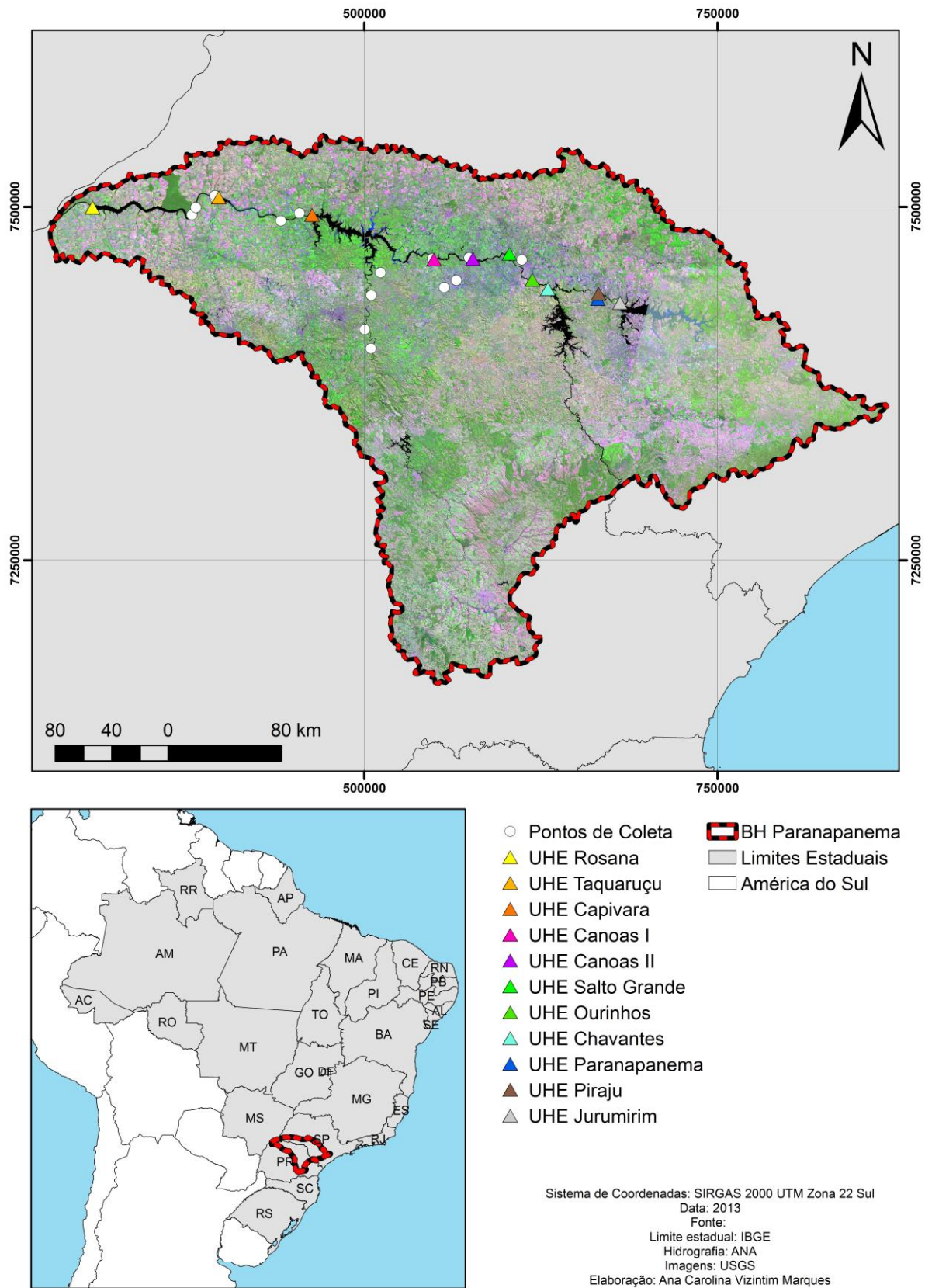
Por apresentar desnível aproximado de 600 metros no percurso e características geomorfológicas favoráveis, o rio Paranapanema tem sido explorado para produção de energia hidrelétrica desde 1936 e seu leito foi transformado em um sistema de reservatórios em cascata. Atualmente possui 11 usinas hidrelétricas em operação, UHE Paranapanema (1936), UHE Lucas Nogueira Garcez - Salto Grande (1958), UHE Armando Avellanal Laydner - Jurumirim (1962), UHE Chavantes (1971), UHE Escola Mackenzie - Capivara (1978), UHE Rosana (1986), UHE Escola Politécnica - Taquaruçu (1989), UHE Canoas I (1999), UHE Canoas II (1999), UHE Piraju (2002) e UHE Ourinhos (2005) (DUKE ENERGY, 2008). Os reservatórios das UHE Jurumirim, Chavantes e Capivara são considerados de acumulação por apresentarem maior profundidade, grandes áreas alagadas e variação de nível da água acentuado, a renovação completa da água nesses reservatórios é lenta e pode levar mais de 300 dias. As demais UHEs apresentam áreas alagadas menores e com profundidade moderada, a renovação de suas águas podem levar de alguns dias até poucas semanas, conforme o reservatório, e são categorizadas como reservatórios fio d'água (DUKE ENERGY, 2008). A operação dessas também variam, de 31 MW (UHE Paranapanema) a 619 MW (UHE Capivara) (CTG Brasil, 2018).

Para facilitar sua localização usando uma padronização, divide-se o rio Paranapanema em três trechos, alto, médio e baixo. O Alto Paranapanema possui 180 km de extensão das nascentes até a confluência do rio Apiaí-Guaçu, o médio percorre 328 km a partir desta confluência até Salto Grande e o baixo com extensão de 421 km de Salto Grande até a foz. (SAMPAIO, 1944).

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema a bacia corresponde a 1,2% do território nacional, possui 106,5 mil quilômetros quadrados e abrange 247 municípios. Destes, 115 estão localizados no estado de São Paulo, os quais compreendem as sedes municipais Itapetininga, Ourinhos, Assis e Presidente Prudente e 132 no Estado do Paraná, como Londrina, Maringá e Ponta Grossa. Cerca de 2,3% da população brasileira está concentrada nessa bacia (cinco milhões de habitantes). Por ser responsável por quase 2% do PIB nacional tem grande importância no contexto socioeconômico do país (ANA, 2016).

Neste estudo foi considerado a área da bacia do rio Paranapanema estabelecida no Decreto sem número de 5 de junho de 2012, porém não foi considerado a bacia do rio Santo Anastácio. A área considerada compreende 101,8 km², abarcando cerca de 1,2% do território nacional e 240 municípios integralmente ou parcialmente, sendo 108 no território paulista e 132 no paranaense. Delimitou-se como área de estudo o Médio e Baixo Paranapanema, onde estão localizados 16 pontos de coleta amostrados no projeto de P&D. Pontos denominados de Lagoa I, Lagoa II, rio Pirapozinho e rio Pirapó estão sobre influência da Usina Hidrelétrica de Rosana; rio Anhumas e reservatório de Taquaruçu, UHE Taquaruçu; rio Tibagi, rio Congonhas, rio Apertados, rio Taquara, rio Laranjinha e rio Cinzas – jusante e montante, Usina Hidrelétrica de Capivara; Canoas I, reservatório de Canoas I; Canoas II, UHE Canoas II; e, rio Pardo reservatório de Santo Grande. Cinco deles estão localizados no rio Paranapanema, Lagoa I e II, Reservatório de Taquaruçu, Canoas I e II; sete são afluentes desse rio, rio Pirapozinho, Pirapó, Anhumas, Tibagi, Cinzas – jusante e montante e rio Pardo; e, quatro são subafluentes, rio Congonhas, Apertados, Taquara e Laranjinha (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Paranapanema e pontos de coleta – São Paulo-Paraná/BR



Fonte: ANA (2010), IBGE (2015), USGS (2013), a autora.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1 Mapeamento do Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema

Para o mapeamento do uso solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema foram utilizadas imagens do sensor OLI/Landsat-8 do ano de 2013 de resolução espacial de 30 metros. Optou-se principalmente por imagens do período de inverno devido a menor cobertura de nuvens. Foram necessários 12 cenas orbita/ponto para abranger a área de estudo, que estão identificadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Cenas orbita/ponto utilizadas no mapeamento do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema

Cenas	Orbita	Ponto
1	222	75
2	221	75
3	220	76
4	221	76
5	222	76
6	223	75
7	223	76
8	222	77
9	221	77
10	220	77
11	221	78
12	219	77

Fonte: United States Geological Survey - <http://earthexplorer.usgs.gov/>

As imagens foram adquiridas no site USGS - United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos) <http://earthexplorer.usgs.gov/>, o processamento das imagens foi executado pelo *software* ArcGis 10.5 da ESRI (licença ArcGIS trial). Foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6 para elaboração do mosaico e a classificação foi elaborada pelo método não-supervisionado com o algoritmo k-médias (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2007).

A análise classificação não-supervisionada foi escolhida, pois neste tipo de classificação o analista tem pouco contato com o processo, não definindo amostras de treinamento, a homogeneidade das classes não é preocupante, as áreas escolhidas devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidade sejam incluídas (DPI-INPE, 2006). Foram geradas 25

classes (conjuntos homogêneos de pixels) para cada órbita/ponto, essas classes foram posteriormente interpretadas e associadas em classes de uso do solo (Tabela 2). Na interpretação das classes foram consideradas:

Tabela 2 – Classes de uso do solo e descrição utilizadas no mapeamento do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema – São Paulo-Paraná/BR

Classes de uso do solo	Descrição
Agricultura	terras cultivadas ou em descanso por qualquer tipo de cultura permanente ou temporária
Pastagem	áreas de pasto limpo, com cobertura vegetal de gramíneas para consumo pelo gado e áreas com vegetação de capoeira
Agricultura e/ou pastagem	normalmente áreas de uso misto e de difícil definição e/ou identificação
Formações florestais	áreas cobertas por vegetação de estrato arbóreo com alta diversidade de espécies
Reflorestamento	áreas cobertas por vegetação plantada com homogeneidade de espécies
Vegetação rasteira	áreas cobertas por vegetação de estrato rasteiro, não associadas a atividade econômica
Áreas não vegetadas	locais com solos expostos, podendo ser áreas de agricultura que estavam sendo preparadas ou até mesmo com afloramento de rochas
Água	rios, lagos, lagoas e tanques de piscicultura
Áreas úmidas	áreas alagadas, principalmente próximas a rios
Infraestrutura urbana	uso diversificado e intenso com finalidade de servir ao ser humano, construções próximos a áreas de represamento também foram consideradas

Fonte: a autora.

Dados auxiliares como série temporal de índice de vegetação (LAPIG) e imagens de melhor resolução espacial do aplicativo Google Earth foram utilizadas para auxiliar na determinação dessas classes. Como pós-classificação foi aplicado um filtro de maioria 3x3 para redução de pixels espúrios na classificação (RODRIGUES; RODRIGUES; TAGLIARINI, 2016), melhorando a qualidade do mapa.

2.2.2 Mapeamento do Uso do Solo do Entorno dos 16 Pontos de Coleta

Após a análise da bacia, foram elaborados mapas de uso do solo mais refinados e próximos da realidade, das áreas ao entorno dos 16 pontos de coleta. Por meio da ferramenta *buffer*, que gera um polígono em torno de um elemento, seja pontos, linhas ou polígonos, a partir de uma determinada distância

(GISDictionary, 2014), foram criados um raio de 10 quilômetros para cada ponto, a definição deste raio deveu-se ao fato de que este é suficiente para compreender as implicações no ambiente amostrado.

O mapeamento dessas áreas foi elaborado a partir da classificação não-supervisionada realizada para a bacia hidrográfica do rio Paranapanema. Objetivando refinar o primeiro mapeamento, foi executado um novo, utilizando imagens de satélite existentes no banco de dados do *software* ArcGis 10.5, de resolução espacial de até 2,5 metros, permitindo que a classe agricultura e/ou pastagem, de difícil diferenciação, fosse separada em agricultura ou pastagem. Devido a escala deste mapeamento ser mais detalhada que o da bacia hidrográfica e, ao fato de haver imagens com melhor resolução espacial a escolha entre agricultura ou pastagem se tornou mais segura e próxima da realidade.

2.2.3 Mapeamento da Cobertura Vegetal das Áreas de Preservação Permanente dos Rios dos Pontos de Coleta

Após o mapeamento do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta, optou-se pela elaboração de mapas de cobertura vegetal das áreas de preservação permanente dos rios, objetivando comparar a conservação das APPs e os dados amostrados, com um maior nível de refinamento escalar.

O mapeamento dos rios foi realizado por método de interpretação visual. Os rios foram vetorizados, representados em polígonos, a partir das imagens de satélite contidas na base de dados do *software* ArcGis 10.5. Cinco trechos do rio Paranapanema foram vetorizados (Lagoa I, Lagoa II, reservatório de Taquaruçu, Canoas I e Canoas II), sete afluentes do rio Paranapanema (rios Pirapozinho, Pirapó, Anhumas, Tibagi, Cinzas – jusante, Cinzas – montante, Pardo), três afluentes do rio Tibagi (rios Congonhas, Apertados, Taquara) e um afluente do rio das Cinzas (rio Laranjinha).

Após esta etapa, esses foram classificados ao longo de sua extensão segundo suas larguras de até 30 metros, 50 metros, 100 metros, 200 metros e 500 metros conforme legislação do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). A partir dessa classificação foram definidas as áreas de preservação permanentes por meio da ferramenta *buffer*.

O mapeamento da cobertura vegetal das APPs foi realizado pelo método de interpretação visual e como resultado obteve-se a porcentagem dos estratos vegetais estabelecidos: arbóreo, arbustivo e rasteiro. A opção dos estratos foi considerada, pois o grau de conservação da vegetação tem papel importante na composição taxonômica e funcional da ictiofauna (CASATTI et al., 2012).

2.2.4 Recrutamento de Peixes

Esta etapa teve como objetivo utilizar os dados secundários obtidos anteriormente no P&D, levantados por meio de consulta de cinco dissertações, publicações e livro elaborados antes e durante o P&D, as quais fizeram levantamento das espécies encontradas em 16 pontos ao longo do Médio e Baixo Paranapanema, durante três ciclos reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 (Tabela 3):

Tabela 3 – Base de dados consultada para levantamento das espécies encontradas nos pontos de coleta do Médio e Baixo Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil

Título	Referência	Tipo
Recrutamento de peixes em diferentes biótopos da bacia do Baixo rio Paranapanema, Brasil	GARCIA (2014)	Dissertação de mestrado
Reservatórios e afluentes, diferentes biótopos e as relações entre a ocorrência e distribuição de ictioplâncton e juvenis em um rio fragmentado na bacia do Alto rio Paraná, Brasil	COSTA (2014)	Dissertação de mestrado
A importância de diferentes biótopos para o desenvolvimento inicial dos peixes em três reservatórios do rio Paranapanema, bacia do Alto rio Paraná-Brasil	LEME (2015)	Dissertação de mestrado
DNA barcoding of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics as a tool for ecological monitoring	FRANTINE-SILVA et al. (2015)	Artigo científico
Afluentes são eficientes no recrutamento de espécies de peixes migradores no sistema em cascata da bacia do Médio Paranapanema?	PINE (2016)	Dissertação de mestrado
Recrutamento de peixes nos reservatórios do Baixo rio Paranapanema	MIRANDA (2016)	Dissertação de mestrado
Ovos, larvas e juvenis dos peixes da bacia do rio Paranapanema uma avaliação para a conservação	ORSI et al. (2016)	Livro
DNA barcoding as a useful tool for identifying non-native species of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics	ALMEIDA et al. (2017)	Artigo científico

ORG: a autora.

As amostragens de ovos, larvas e juvenis ocorreram em três ciclos reprodutivos, o primeiro ciclo foi de setembro de 2012 a abril de 2013, o segundo de setembro de 2013 a abril de 2014 e o último de setembro de 2014 a abril de 2015 (COSTA, 2014; GARCIA, 2014; FRANTINE-SILVA et al., 2015; LEME, 2015; MIRANDA, 2016; ORSI et al., 2016; PINE, 2016; ALMEIDA et al., 2017). Estes ciclos foram determinados por serem o período reprodutivo de grande parte das espécies de peixes da bacia do Alto rio Paraná (VAZZOLER, 1996). Foram realizadas coletas diurnas e noturnas, com uso de redes de plâncton cônicas de malha 0,5 mm, redes de arrasto e peneiras, os espécimes foram anestesiados por choque térmico e fixados em formalina 4%, tamponada com carbonato de cálcio (registro no Comitê de Ética nº 29790.2012.39). Em laboratório os ovos, larvas e juvenis foram separados de outros organismos e detritos e identificadas até o menor nível taxonômico possível de acordo com chave taxonômica de Nakatani et al. (2001) e Graça e Pavanelli (2007) (COSTA, 2014; GARCIA, 2014; LEME, 2015; MIRANDA, 2016; PINE, 2016; ORSI et al., 2016). Algumas amostras foram preservadas em álcool 70%, separados em laboratório por meio de estereomicroscópio e a extração de DNA foi realizada de acordo com Frantine-Silva et al. (2015) (ALMEIDA et al., 2017).

2.2.5 Análise de Dados

2.2.5.1 Uso do solo

O mapeamento das classes de uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta permitiu calcular a área ocupada por cada classe utilizando o próprio *software* ArcGis.

2.2.5.2 Recrutamento de Peixes

Apenas os ovos, larvas e juvenis identificados até espécies foram considerados na análise de dados: riqueza, abundância, equabilidade, diversidade beta, similaridade de Jaccard e Bray-Curtis. Todas as análises foram elaboradas no *software* RStudio versão 3.4.2 (RSTUDIO, 2017).

As diferenças de riqueza e equabilidade entre os pontos de coleta foram comparadas por meio do plot de Whittaker, o qual ordena as espécies das mais comuns para as mais raras no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas a abundância das espécies, o qual é uma alternativa para os índices de diversidade

que podem ser de difícil interpretação (MAGURRAN, 2011), restritos a comparações e seu resultado pode ser o mesmo para combinações diferentes de riqueza e equabilidade (MELO, 2008). As demais análises utilizaram as funções do pacote *vegan* disponível no *software* R (OKSANEN et al., 2017).

Para o cálculo de diversidade beta foi utilizado o índice de Whittaker (β_w), calculado a partir da equação: $\beta_w = S/\bar{\alpha}$, na qual S é o número total de espécies registradas e α diversidade média das amostras (MAGURRAN, 2011), pois seu valor varia de zero a um, sendo que o valor zero refere-se a áreas que compartilham todas espécies e o valor um, não há espécies em comum entre as áreas.

A similaridade das espécies de peixes entre os pontos de coleta foi calculada por meio do coeficiente de Jaccard e a quantidade relativa por meio de Bray-Curtis, na construção dos dendogramas foi utilizado a função *hclust* com método de ligação.

2.2.5.3 Associação entre o uso do solo e o recrutamento de peixes

Os mapeamentos serviram de base para a correlação entre a situação ambiental do entorno dos 16 pontos de coleta e os dados de recrutamento. Inicialmente os dados de abundância de espécies foram submetidos a transformação de Hellinger, que consiste em extrair a raiz quadrada da proporção entre a abundância relativa das espécies sobre a total de cada unidade amostral, transformação utilizada devido à grande quantidade de zeros dos dados (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001). Com os dados transformados foi aplicado a análise de redundância canônica (RDA), que combina regressões e análise de componentes principais (PCA) buscando encontrar o quanto da composição e abundância das espécies na comunidade está relacionado com as variáveis ambientais (LEGENDRE; LEGENDRE, 2000). Para testar a significância dos eixos da RDA foi utilizado análise de variância ANOVA. Nessa análise as espécies com abundância menor ou igual a dez foram removidas para uma melhor compreensão dos resultados apresentados no gráfico.

3 RESULTADOS

3.1 USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA

O mapeamento do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Paranapanema realizado para o ano de 2013, por meio das imagens orbitais (Figura 2), indicou que as atividades mais expressivas foram pastagem, agricultura, uso misto e formações florestais, os quais apresentaram nítido zoneamento, associado as características do relevo e solo.

As classes pastagem e agricultura somaram 66% do uso do solo da bacia hidrográfica, demonstrando o intenso uso do solo. Considerando que as culturas foram em sua maioria temporárias (ANA, 2016) significa que o solo sempre esteve sendo manipulado, o que facilita ocorrer o transporte de sedimentos para os rios, por meio de processos erosivos.

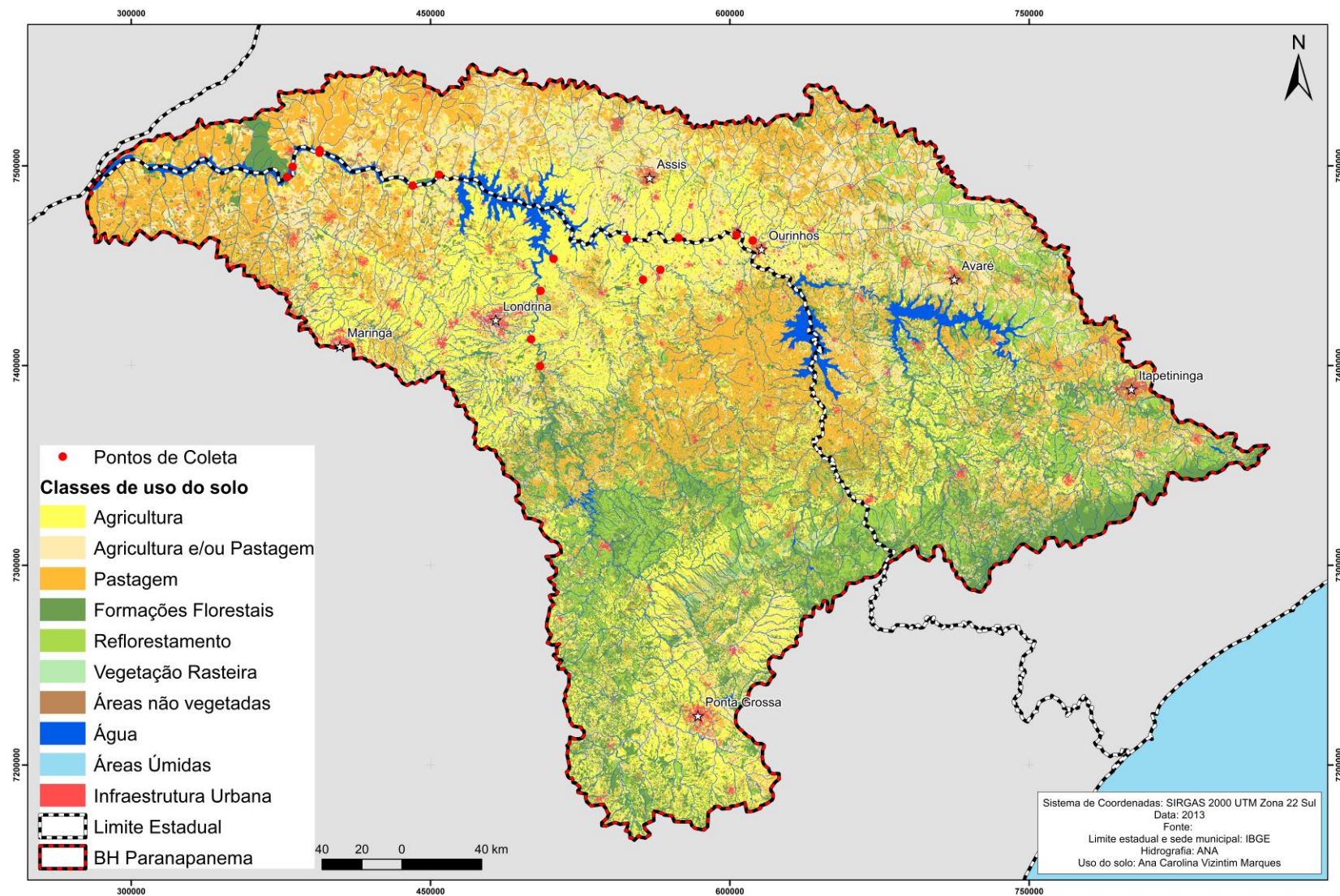
As áreas de pastagem estiveram predominantemente concentradas na região oeste e central da bacia, e, representaram 24% da área total, enquanto que as áreas agrícolas com 22% ocuparam as regiões centro-oeste e sul da bacia. O cultivo da cana-de-açúcar, soja e milho os mais representativos, enquanto a cana apesar do seu ciclo de cultivo ser curto não intercala com outras culturas, as culturas soja e milho podem ser intercaladas; o cultivo de citros e café ainda podem ser encontrados, com citros concentrando-se no estado de São Paulo e, o café no Paraná (ANA, 2016). Estas classes de uso apareceram também ambas associadas, somando 20%, e, denominada de pastagem/agricultura.

As formações florestais ocuparam 21% da área total, que incluem parques estaduais, APPs e fragmentos de mata isolados. Os Parques Estaduais Morro do Diabo - PEMD, Intervalles e Carlos Botelho foram os fragmentos contínuos com porte significativo (Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 1993), de 33.000 a 41.000 hectares. Parques de menor dimensão de 74 a 3.800 ha, mas ainda importantes, foram os Parque Estadual de Vila Velha, Parque Estadual do Cerrado, Parque Estadual Mata São Francisco, Parque Estadual do Guartelá, Parque Estadual da Mata dos Godoy, Parque Estadual Ibicatu e Parque Estadual de Iporã.

Outras classes de uso do solo menos representativas foram: reflorestamento, água, infraestrutura urbana, vegetação rasteira, áreas não vegetadas e áreas úmidas, que juntas somaram 13%. O reflorestamento ocupou 7%

do território e esteve associado a extração de madeira, em parte concentrados no médio curso do rio Tibagi, proximidades de Itapetininga e Avaré. Na bacia os principais produtos de seu cultivo são: carvão vegetal, resina, lenha e madeira em tora, essa para a produção de papel e celulose (ANA, 2016). A classe água representou 2% do uso da bacia, os rios Paranapanema, Tibagi, Itararé e Taquari são os corpos de água mais expressivos. As áreas relacionadas a infraestrutura urbana ocuparam cerca de 1% da área total da bacia hidrográfica, distribuídas por toda a bacia, sendo os municípios de Londrina, Ponta Grossa e Maringá no Estado do Paraná, e, Assis, Ourinhos, Avaré e Itapetininga em São Paulo os com população maior que 80 mil habitantes (IBGE, 2011). A classe vegetação rasteira foi distinta da classe pastagem, pois nessa não foi possível associar prática de atividade econômica, ocupando próximo a 1% do total mapeado, percentual semelhante das classes de áreas não vegetadas e úmidas (Tabela 4).

Figura 2 - Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil



Fonte: a autora. **Fonte dos dados:** base cartográfica (IBGE, 2015); hidrografia (ANA, 2010).

Tabela 4 - Uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil

Classe	Área km²
Agricultura	21.940,86
Agricultura ou Pastagem	20.761,69
Pastagem	24.721,17
Formações Florestais	21.581,91
Reflorestamento	6.917,68
Vegetação Rasteira	1.279,66
Áreas não vegetadas	1.061,45
Água	2.041,52
Áreas Úmidas	8,75
Infraestrutura Urbana	1.521,09
Total	101.835,79

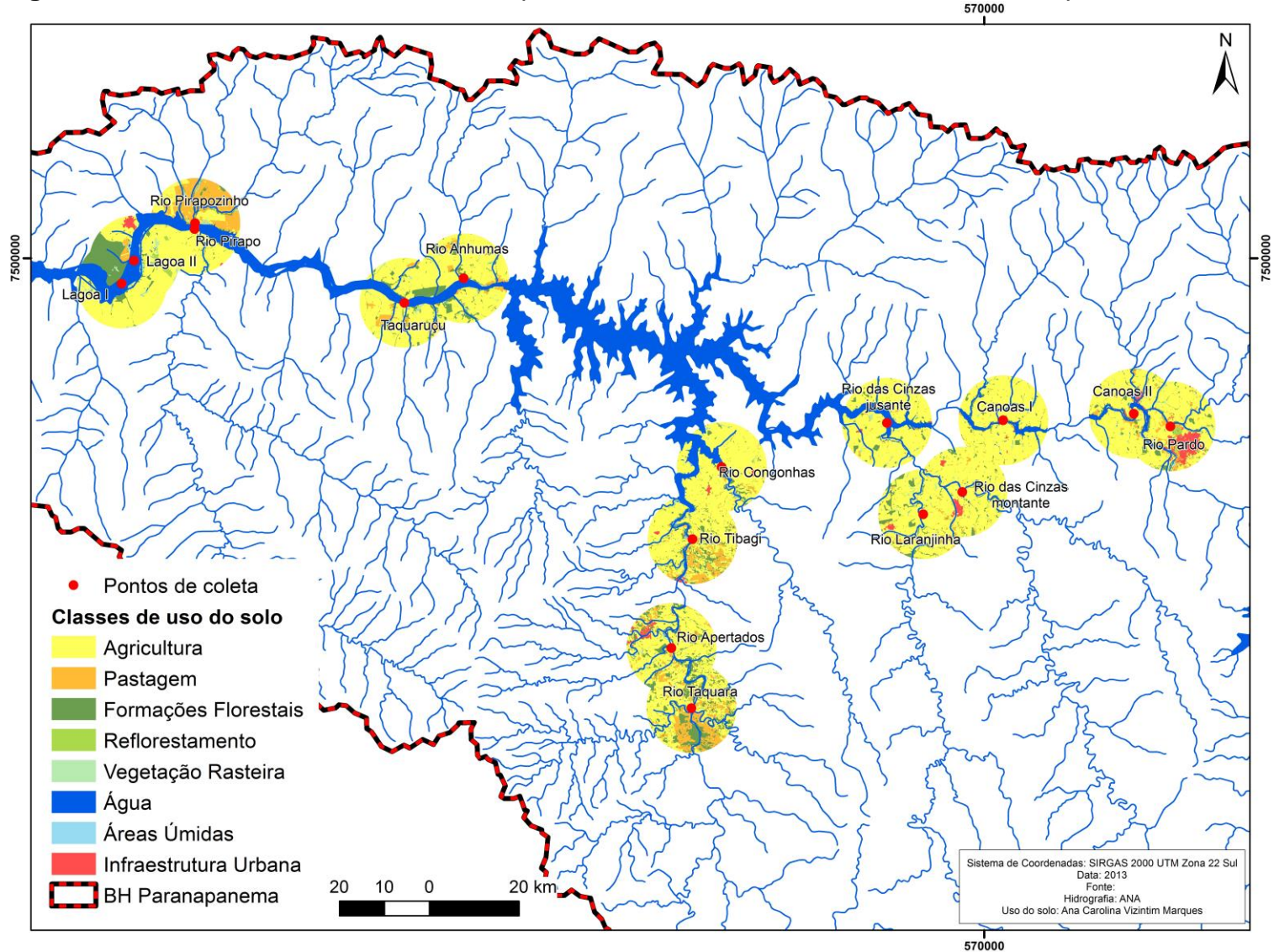
Fonte: a autora.

3.2 USO DO SOLO DO ENTORNO DOS 16 PONTOS DE COLETA E DAS APPs DOS RIOS

Neste item são apresentados os resultados do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta realizados nos rios da bacia do Paranapanema (Figura 3a, Tabela 5). É apresentado também o mapeamento da vegetação das margens dos rios onde estão localizados os pontos de coleta (Tabela 6).

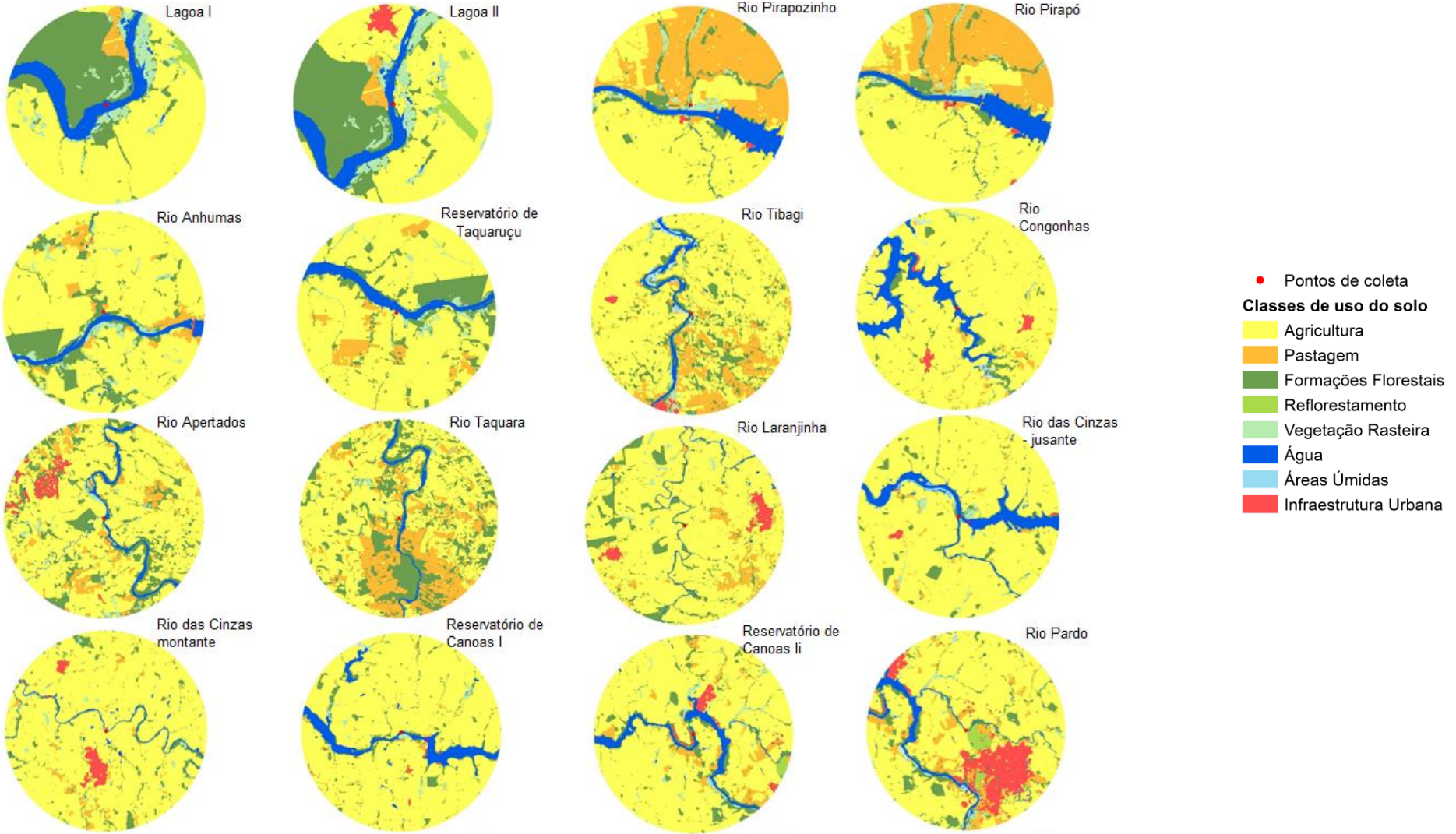
Os pontos estão localizados no médio e baixo Paranapanema, onde houve o predomínio de agricultura em todos os locais. As formações florestais estiveram presente em nove pontos como a segunda classe em importância, no entanto pouco significativa em termos de área ocupada, exceção ao Parque Estadual Morro do Diabo. A pastagem foi a segunda classe de maior representatividade em três pontos, com importante área ocupada no rio Pirapozinho e Pirapó.

Figura 3a - Uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil



Fonte: a autora.

Figura 3b – Ampliação do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil



Fonte: a autora.

Tabela 5 – Área em km² e porcentagem do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil: L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo

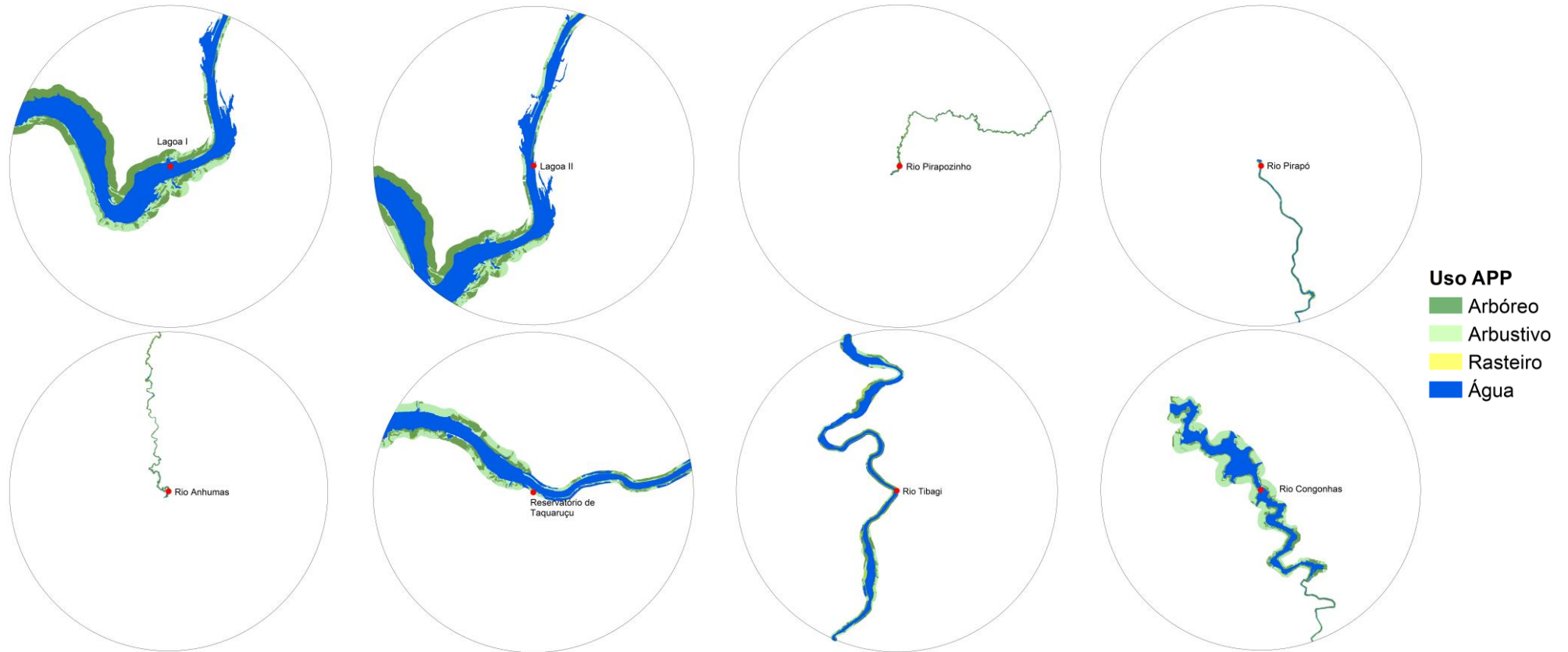
Classe/área	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD
Agricultura	165,4	152,4	153,8	169,4	231,2	228,4	215,8	258,5	216,9	167,0	254,8	263,2	274,1	270,0	244,7	207,8
Pastagem	6,8	6,9	106,6	91,3	15,9	18,2	41,4	7,6	24,4	66,4	16,5	4,8	9,2	4,1	19,7	26,0
Formações Florestais	85,0	85,6	22,0	20,8	45,0	43,1	38,4	15,1	50,9	72,3	29,7	16,3	17,1	16,2	22,4	25,6
Reflorestamento	3,8	7,6													1,7	5,4
Vegetação Rasteira	22,3	25,1	8,3	7,8	10,2	7,7	3,3	1,3	5,6	1,6	2,8	5,0	2,3	2,2	5,0	3,9
Áreas não vegetadas		0,1					0,1			6,7						
Água	31,1	30,8	22,5	23,4	11,7	16,8	9,6	25,1	8,5	0,1	3,0	22,2	4,6	20,2	15,4	11,8
Áreas Úmidas			0,1	0,1	0,0		3,3	3,0				1,5		0,8	0,6	1,2
Infraestrutura Urbana		5,8	0,8	1,0	0,2		2,6	3,5	7,9		7,2	1,1	6,9	0,7	4,7	32,5
Classe/%	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD
Agricultura	52,6	48,5	49	53,9	73,6	72,7	68,6	82,3	69	53,1	81,1	83,8	87,2	85,9	77,9	66,1
Pastagem	2,2	2,2	33,9	29,1	5,1	5,8	13,2	2,4	7,8	21,1	5,3	1,5	2,9	1,3	6,3	8,3
Formações Florestais	27	27,2	7	6,6	14,3	13,7	12,2	4,8	16,2	23	9,5	5,2	5,4	5,1	7,1	8,1
Reflorestamento	1,2	2,4													0,5	1,7
Vegetação Rasteira	7,1	8	2,7	2,5	3,2	2,5	1,1	0,4	1,8	0,5	0,9	1,6	0,7	0,7	1,6	1,2
Áreas não vegetadas			7,2													
Água	9,9	9,8		7,4	3,7	5,3	3,1	8	2,7	2,1	1	7,1	1,5	6,4	4,9	3,7
Áreas Úmidas							1	1				0,5		0,3	0,2	0,4
Infraestrutura Urbana		1,8	0,2	0,3	0,1		0,8	1,1	2,5		2,3		2,2	0,2	1,5	10,4

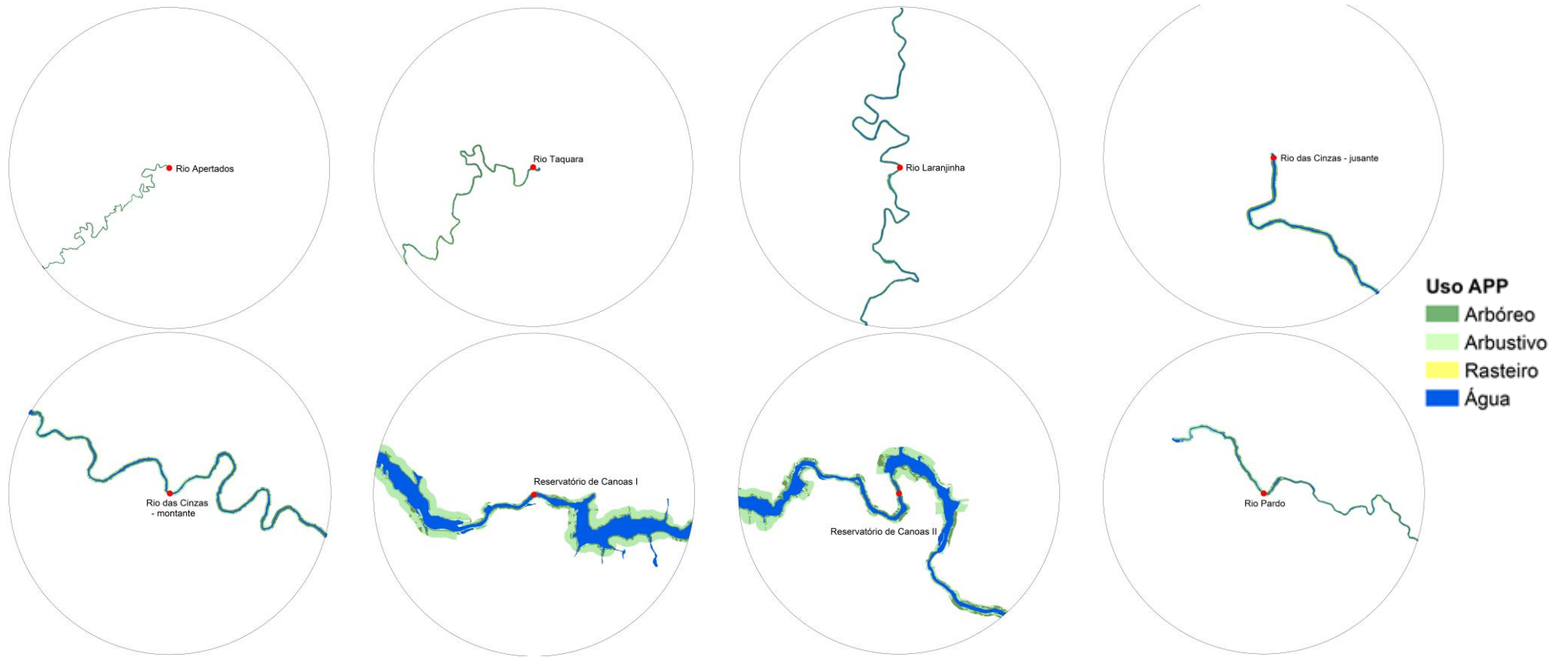
Fonte: a autora.

O uso do solo das áreas do entorno dos 16 pontos de coleta, apresentou a mesma tendência do realizado para a área total da bacia. Embora os métodos e a resolução das imagens orbitais tenham sido diferentes, deve ser enfatizado que o mapeamento dos 16 pontos foi mais preciso em termos de área ocupada por cada classe.

As condições de preservação nas APPs dos rios, denotou intensa alteração, com ambientes bastantes diversificados, pois nenhuma apresentou toda a área coberta por estrato arbóreo. Embora presente em todas as áreas estudadas, em quatro delas não chegou a 50% (TU, CG, C1 e C2), sendo que em CG e C1 foram pouco significativas. As APPs do PZ e AN apresentaram cobertura vegetal arbórea superior a 80%. Nos rios mais estreitos a presença de cobertura vegetal por estrato arbóreo foi mais abundante, e nos mais largos houve predomínio de agricultura, devido a sua pouca declividade (Tabela 6).

Figura 4 - Cobertura vegetal das APPs dos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil





Fonte: a autora.

Tabela 6 – Percentual de área da cobertura vegetal nas APP dos rios nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil: L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo

Classe	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD
Arbóreo	62	60	91	69	83	41	58	29	69	74	81	52	54	20	33	51
Arbustivo	0	0	4	6	2	0	10	0	1	9	1	9	1	0	0	3
Rasteiro	38	40	5	25	15	59	32	71	30	17	18	39	45	80	67	46

Fonte: a autora.

3.2.1 Lagoa I

A área definida como Lagoa I está localizada na porção baixa do rio Paranapanema, margem direita, no município de Teodoro Sampaio – SP. O uso do solo do entorno do ponto Lagoa I foi predominantemente de agricultura, ocupando cerca de 52,6% da área, seguido de formações florestais com destaque para o Parque Estadual Morro do Diabo, que juntamente com fragmentos de mata de tamanho variado, mas predominantemente pequeno (até 2 hectares) e, as APPs foram responsáveis por 27% dessa ocupação. Outras classes significativas foram: água e vegetação rasteira que ocuparam preferencialmente as proximidades do rio Paranapanema.

A largura do rio Paranapanema neste trecho variou entre 300 a 1.700 metros, o comprimento calculado foi de 27,2 quilômetros. A área delimitada como APP deste ponto foi composta por 62% de estrato arbóreo, lagoas marginais, áreas alagadas e agricultura. As margens apresentaram características bem distintas, a margem direita foi composta em grande parte pelo Parque Estadual Morro do Diabo e a margem esquerda por alguns fragmentos de mata, totalizando 40% da área. Foram identificadas lagoas marginais formadas artificialmente, a partir de cavas para retirada de material para fabricação de cerâmica.

3.2.2 Lagoa II

A área Lagoa II está localizada próxima a Lagoa I, margem esquerda do rio Paranapanema, no município de Paranapoema - PR, sobrepondo-se em 64% do território. A área foi predominantemente agrícola cerca de 48,5%, seguido de

formações florestais com 27,2%, água (9,8%), vegetação rasteira (8%), reflorestamento (2,4%), pastagem (2,2%) e infraestrutura urbana (1,8%).

A largura do rio Paranapanema neste trecho variou entre 300 a 1.700 metros, o comprimento calculado foi de 30,6 quilômetros. A área de APP – Lagoa II foi composta por aproximadamente 60% de mata, o fragmento de maior representatividade foi Parque Estadual Morro do Diabo na margem direita. O local apresentou áreas alagadas, lagoas marginais e em alguns pontos presença de agricultura.

3.2.3 Rio Pirapozinho

A área definida como rio Pirapozinho, está localizada no raio de 10.000 metros a partir da foz do rio Pirapozinho, ponto de coleta a 4,4 quilômetros do reservatório de Taquaruçu. Este rio está localizado na margem direita do rio Paranapanema, faz divisa entre os municípios de Mirante do Paranapanema - SP e Sandovalina - SP. Seu entorno foi composto por 48,9% de agricultura, a qual esteve concentrada ao sul do ponto de coleta e pastagem 33,9% principalmente ao norte do ponto de referência. A classe água compôs 7,2% do território, formações florestais 7% e vegetação rasteira 2,7%, as demais classes foram pouco representativas.

Neste trecho o rio Pirapozinho possui largura que variou de oito a 80 metros, o comprimento medido foi de 23,4 quilômetros, a área de preservação permanente apresentou 91% de sua área coberta por mata, sendo o rio mais preservado quando comparado aos demais pontos amostrados. O estrato rasteiro ocupou 5%, sendo alguns locais ocupados por agricultura e 4% de estrato arbustivo. Grande parte das áreas de APP mostraram-se preservadas.

3.2.4 Rio Pirapó

O ponto de coleta - rio Pirapó (margem esquerda) está localizado na foz do rio, entre os municípios de Jardim Olinda – PR e Itaguajé – PR, a 3,2 quilômetros do reservatório de Taquaruçu. A área deste segmento sobrepôs cerca de 90% da área do rio Pirapozinho, portanto o uso do solo destes locais foram semelhantes. Sendo predominantemente agrícola (53,9%), seguido de pastagem (29,1%), água (7,4%), formações florestais (6,6%) e vegetação rasteira (2,5%).

A largura do rio Pirapó neste trecho variou entre 35 a 150 metros e o comprimento medido foi de 13 quilômetros. Aproximadamente 69% da área de APP – rio Pirapó esteve coberta por estrato arbóreo, 25% rasteiro e 6% estrato arbustivo. Nas áreas ocupadas por estrato rasteiro embora houvesse a presença de agricultura, grande parte foram nitidamente isoladas, por carregadores, das áreas de plantio e destinadas a preservação.

3.2.5 Rio Anhumas

O ponto de coleta no rio Anhumas está localizando na foz do rio Paranapanema, que divide os municípios de Nanduba - SP e Taciba – SP, a 10,3 quilômetros da UHE Capivara. A área ao entorno foi predominantemente agrícola (73,6%), com formações florestais que ocuparam 14,3% do território, a Mata do Mosquito foi responsável por grande parte desse percentual, a pastagem ocupou 5,1%, água 3,7%, vegetação rasteira 3,2% e infraestrutura urbana 0,1% devido a estrutura da hidrelétrica de UHE Capivara ser muito próxima a foz.

A largura do rio Anhumas neste trecho variou de cinco a 80 metros, em seu percurso foi possível visualizar algumas pequenas quedas de água. O comprimento medido foi de 20,4 quilômetros. Sendo o segundo trecho do rio mais preservado quando comparado aos demais pontos amostrados, as áreas mais preservadas concentraram-se próximas ao ponto de coleta e no final do segmento observado, o estrato foi composto por 83% arbóreo, 15% rasteiro e 2% arbustivo. Nas áreas de APP quase não houve a presença de agricultura.

3.2.6 Reservatório de Taquaruçu

O ponto denominado Reservatório de Taquaruçu está localizado no rio Paranapanema a aproximadamente 53 quilômetros da UHE Taquaruçu. O uso do solo deste segmento foi predominantemente de agricultura ocupando cerca de 72,7%, seguido de formações florestais, a Mata do Mosquito foi responsável pela maior parte desse percentual (13,7%), pastagem (5,8%), água (5,3%) e vegetação rasteira (2,5%), houve ainda a presença de lagoas marginais.

A largura do rio Paranapanema neste trecho variou de 300 a 1.100 metros e o comprimento calculado foi de 21 quilômetros. O estrato predominante na

APP – reservatório de Taquaruçu foi o rasteiro 59%, a falta de preservação foi observada principalmente nos locais onde a largura do rio foi maior do que 600 metros e conseqüentemente onde a faixa de preservação deveria ser de 500 metros, no entanto esteve ocupada por cultivo.

3.2.7 Rio Tibagi

O ponto de coleta denominado rio Tibagi está localizado no município de Jataizinho, no percurso do rio Tibagi. No seu entorno a classe predominante de uso do solo foi agricultura em 68,6% do território, as áreas de pastagem dominaram 13,2% e as formações florestais 12,2%, o rio Tibagi e algumas porções de água ocuparam 3,1%, vegetação rasteira 1,1%, áreas úmidas 1% e infraestrutura urbana 0,8%, área urbana de Jataizinho.

O comprimento do rio Tibagi calculado foi de 31,1 quilômetros e a largura deste trecho variou entre 90 a 540 metros. A área de APP – rio Tibagi foi composta por cerca de 58% de estrato arbóreo, 32% de estrato rasteiro, 10% de estrato arbustivo e o restante foi composto por área úmidas.

3.2.8 Rio Congonhas

O ponto – rio Congonhas está localizando entre os municípios de Rancho Alegre – PR e Sertaneja – PR. O uso do solo foi predominantemente agrícola, cerca de 82,3% do território; a classe água ocupou 8% sendo o rio Congonhas e o rio Tibagi os responsáveis por essa ocupação; as demais classes presentes nesta área foram: formações florestais (4,8%), pastagem (2,4%), infraestrutura urbana (1,1%), áreas úmidas (1%) e vegetação rasteira (0,4%).

O rio Congonhas possui grande oscilação em sua largura, principalmente próximo a sua foz, variou de 20 a 1800 metros. Devido a presença de macrófitas aquáticas, a vetorização do rio foi dificultada, o comprimento medido foi de 28 quilômetros. A largura da área de APP conseqüentemente também variou, o estrato predominante foi o rasteiro, 71%, com presença de cultivo, sendo a segunda APP menos preservada dos 16 pontos estudados.

3.2.9 Rio Apertados

O rio Apertados é um tributário do rio Tibagi, o ponto de coleta está localizado na foz do rio no município de Londrina – PR. Seu entorno foi predominantemente agrícola (69%), seguido de formações florestais que ocuparam cerca de 16,2% do território, as áreas de pastagem representaram 7,8%, água 2,7%, infraestrutura urbana 2,5% e vegetação rasteira 2,8%.

O rio Apertados é o mais estreito dentre os rios estudados, largura com cerca de 10 metros, e o comprimento calculado foi de 22 quilômetros. A área de APP esteve ocupada por estrato arbóreo em 69%, estrato rasteiro em 30% e 1% estrato arbustivo.

3.2.10 Rio Taquara

O rio Taquara é um tributário do rio Tibagi, o ponto de coleta está localizado na foz do rio no município de Londrina – PR. O uso do solo ao redor foi predominantemente de agricultura, ocupando cerca de 53,1%, seguido de formações florestais com 23%, com fragmentos dispersos e de tamanho variado, e pastagem com 21,1%, outras classes significativas foram água e vegetação rasteira.

O comprimento do rio Taquara calculado foi de 22,7 quilômetros, sua área de preservação permanente foi composta por 74% de estrato arbóreo, 17% rasteiro e 9% arbustivo.

3.2.11 Rio Laranjinha

A área definida como rio Laranjinha, tributário do rio das Cinzas, engloba a foz do rio Laranjinha, o redor do rio ao longo dos seus primeiros 39 quilômetros e parte dos municípios paranaenses Santa Mariana e Bandeirantes. A área foi 81,1% agrícola, com 9,5% de formações florestais, 5,3% de pastagem, 2,3% infraestrutura urbana, 1% de água e 0,9% de vegetação rasteira.

A APP - rio Laranjinha esteve composta por 81% de estrato arbóreo, a largura do rio variou entre 35 a 115 metros e o comprimento calculado foi de 39,4 quilômetros.

3.2.12 Rio das Cinzas – jusante

O rio das Cinzas é um tributário do rio Paranapanema, o ponto de coleta está localizado na foz do rio, que faz divisa dos municípios Santa Mariana – PR e Itambaracá– PR a 1,1 quilômetros da UHE Canoas I. O uso do solo do entorno foi predominantemente agrícola cobrindo 83,8% da área, a classe água ocupou 7,1% do território e as formações florestais 5,2%, as demais classes foram pouco significativas.

A largura do rio das Cinzas - jusante neste trecho variou entre 80 a 190 metros e o comprimento calculado foi de 14,6 quilômetros. A APP foi composta por 52% de estrato arbóreo, 39% rasteiro e 9% arbustivo.

3.2.13 Rio das Cinzas – montante

O ponto de coleta rio das Cinzas - montante está localizado a 33 quilômetros de distância do ponto rio das Cinzas – jusante, neste local o rio faz divisa dos municípios Bandeirantes – PR e Andirá– PR. Cerca de 87,2% do uso do solo ao entorno da área foi de agricultura, 5,4% de formações florestais, 2,9% pastagem, 2,2% de infraestrutura urbana, sendo estas as mais significativas.

O comprimento do rio das Cinzas - montante calculado foi de 35,5 quilômetros, no ponto de coleta a largura do rio foi de 70 metros. O estrato arbóreo cobriu 54% da área de APP, estrato rasteiro 45% e estrato arbustivo 1%.

3.2.14 Reservatório de Canoas I

O ponto – Canoas I está localizando no rio Paranapanema a 2,7 km da UHE Canoas II, entre os municípios de Palmital – SP e Andirá – PR. O uso do solo foi predominantemente agrícola, cerca de 85,9% do território; a classe água ocupou 6,4%, as demais classes presentes nesta área foram: formações florestais (5,1%), pastagem (1,3%), vegetação rasteira (0,7%), áreas úmidas (0,3%) e infraestrutura urbana (0,2%).

A largura do rio Paranapanema neste trecho variou entre 170 a 1.400 metros e o comprimento calculado foi de 24,3 quilômetros. O estrato predominante na APP – Canoas I foi o rasteiro 80%, ocupado por agricultura, principalmente nos locais onde a largura do rio foi maior que 600 metros e a faixa de

preservação deveria ser de 500 metros, APP que se mostrou menos preservada dos 16 pontos estudados.

3.2.15 Reservatório de Canoas II

O ponto de coleta Canoas II está localizado a aproximadamente 38 quilômetros de distância do ponto Canoas I e a 1,4 km da UHE Salto Grande, abarca principalmente os municípios de Cambará – PR e Salto Grande – SP. O uso do solo da área foi composto por cerca de 78% de agricultura, 7,1% de formações florestais, 6,3% de pastagem, 4,9% de água, 1,6% de vegetação rasteira, 1,5% de infraestrutura urbana, 0,5% de reflorestamento e 0,2% de áreas úmidas. A classe de uso do solo infraestrutura urbana foi representada principalmente pelo município de Salto Grande – SP e alguns fragmentos próximos ao rio Paranapanema.

O comprimento do rio Paranapanema calculado neste trecho foi de 32,2 km, a largura variou de 100 a 1.000 metros. O estrato predominante na APP – reservatório Canoas II foi o rasteiro 67%, a falta de preservação foi intensificada nos locais onde a largura do rio e a área de preservação permanente foram maiores.

3.2.16 Rio Pardo

O rio Pardo é um tributário do rio Paranapanema, o ponto de coleta está localizado a 8,6 quilômetros da foz do rio Pardo no município de Ourinhos – SP e a 13 km da UHE Salto Grande. Seu entorno foi predominantemente agrícola (66,1%), seguido de infraestrutura urbana que ocupou cerca de 10,4%, pastagens representou 8,3%, formações florestais 8,1%, áreas de água 3,7%, reflorestamento 1,7%, vegetação rasteira 1,2% e áreas úmidas 0,4%.

O comprimento do rio Pardo analisado foi de 23,2 quilômetros, sua largura variou de 15 a 90 metros no trecho. A área de preservação permanente foi composta por 51% de estrato arbóreo, 46% rasteiro e 3% arbustivo.

3.3 RECRUTAMENTO DE PEIXES

Durante a coleta dos três ciclos reprodutivos foram identificadas sete ordens, 26 famílias e 93 espécies (Tabela 7). As ordens de maior riqueza foram Characiformes representando 46,2%, Siluriformes com 30,1%, e Perciformes com 11,8%. Com relação a abundância, houve predomínio de Characiformes (2560 espécimes), seguida por Perciformes (1796) e Siluriformes (1155). As ordens Gymnotiformes, Cyprinodontiformes, Synbranchiformes e Pleuronectiformes representaram 11,8% da riqueza e 1,3% da abundância das espécies.

Foram amostrados um total de 747 ovos (13,4% do material amostrado), 2141 larvas e 2694 juvenis (38,4% e 48,3%, respectivamente). O maior número de ovos coletados foi no rio Cinzas – montante (157) e Canoas I (141). Apenas em quatro áreas não foram observadas a ocorrência de ovos, Lagoa II, rio Apertados, rio Cinzas – jusante e rio Pardo. A maior captura de larvas ocorreu na Lagoa I (921) devido à grande incidência de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel 1840) e de juvenis no rio Taquara (735).

Tabela 7 – Ovos, larvas e juvenis coletados nas 16 pontos de coleta no Médio e Baixo Paranapanema, estado de São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo

TÁXONS	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD	TOTAL
Characiformes																	
Anostomidae																	
<i>Leporinus amblyrhynchus</i> Garavello & Britski, 1987										13	1	2					16
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch 1974) ^M	1			1			19			12			32	27	15		107
<i>Leporinus octofasciatus</i> Steindachner 1915						2	2	2					8	66	14		94
<i>Leporinus paranensis</i> Garavello & Britski 1987														5	1		6
<i>Megaleporinus macrocephalus</i> (Garavello & Britski 1988)													4				4
<i>Megaleporinus obtusidens</i> (Valenciennes 1837) ^M				1									1	3	3		8
<i>Megaleporinus piavussu</i> (Britski, Birindelli & Garavello 2012)				11				1					1	3	2		18
<i>Schizodon intermedius</i> Garavello & Britski 1990			6	17						2							25
<i>Schizodon nasutus</i> Kner 1858	3	2		2			8	23	1		1		4	23	2		69
Acestrorhynchidae																	
<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken 1875)							1			14				1			16
Bryconidae																	
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes 1850 ^M					8												8
Characidae																	
<i>Aphyocharax dentatus</i> Eigenmann & Kennedy 1903*		5		3	2									3			13
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken 1875)	6	29				3	117	158			4	6	1				324
<i>Astyanax bockmanni</i> Vari & Castro 2007						19	39		36	173							267
<i>Bryconamericus</i> cf. <i>exodon</i> Eigenmann 1907	1																1
<i>Bryconamericus iheringii</i> (Boulenger, 1887)	3					7	22		26	173			108			5	344
<i>Galeocharax gulo</i> (Cope 1870)		4								1	2		1		7		15
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis 1911							1							1			2
<i>Hypessobrycon eques</i> (Steindachner 1882)*		39					2							5			46

TÁXONS	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD	TOTAL
<i>Moenkhausia intermedia</i> (Eigenmann 1908)		39												10	7		56
<i>Oligosarcus paranensis</i> Menezes & Géry 1983								2									2
<i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann 1908)	3	30	5	3	2	118	32	1	33	4	33		85	1		21	371
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt 1867						1	90	4	88	29	10		10			3	235
<i>Roeboides descalvadensis</i> Fowler 1932		2															2
<i>Serrapinus notomelas</i> (Eigenmann 1915)		5					3	1		4				3			16
Crenuchidae																	
<i>Characidium</i> aff. <i>zebra</i> Eigenmann 1909										20							20
Cynodontidae																	
<i>Rhaphiodon vulpinus</i> Spix & Agassiz 1829			3	3													6
Curimatidae																	
<i>Cyphocharax modestus</i> (Fernández-Yépez 1948)													1				1
<i>Cyphocharax nagelii</i> (Steindachner 1881)											1				1		2
<i>Steindachnerina insculpta</i> (Fernández-Yépez 1948)												1					1
Erythinidae																	
<i>Hoplias intermedius</i> (Günter 1864)*						5		1									6
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	8	7		18	7			2		16	1	4	2	5	1		71
Parodontidae																	
<i>Apareiodon affinis</i> (Steindachner 1879)	6	10				27	6		4	88		1	2		1	47	192
<i>Apareiodon ibitiensis</i> Amaral Campos 1944										8	1		1				10
<i>Apareiodon piracicabae</i> (Eigenmann 1907)					1			8		12							21
Prochilodontidae																	
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes 1837) ^M													18				18
Serrasalmidae																	
<i>Metynnis maculatus</i> (Kner 1858)	2																2
<i>Myloplus tiete</i> (Eigenmann e Norris 1900)						1										2	3
<i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holmberg 1887) ^M								1					16				17
<i>Serrasalmus maculatus</i> Kner 1858		3						6			1				1		11

TÁXONS	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD	TOTAL
<i>Serrasalmus marginatus</i> Valenciennes 1837*	7	2	40	6	12	2	2										71
Triporthidae																	
<i>Triporthes angulatus</i> (Spix & Agassiz 1829)*								3									3
<i>Triporthes nematurus</i> (Kner 1858)							6	26				7			1		40
Cyprinodontiformes																	
Poeciliidae																	
<i>Phalloceros caudimaculatus</i> (Hensel 1868)									2								2
<i>Phalloceros harpagos</i> Lucinda, 2008					1		2				1					1	5
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859														5			5
Gymnotiformes																	
Apteronotidae																	
<i>Apteronotus</i> cf. <i>caudimaculosus</i> de Santana, 2003						2											2
Gymnotidae																	
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758								1									1
<i>Gymnotus omarorum</i> Richer-de-Forges, Crampton & Albert 2009		2															2
Rhamphichthyidae																	
<i>Rhamphichthys hahni</i> (Meinken 1937)					1												1
Sternopygidae																	
<i>Eigenmannia trilineata</i> López & Castello 1966		1						3						1			5
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)					5	2											7
Synbranchiformes																	
Synbranchidae																	
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795		14			17		1					2	2				36
Perciformes																	
Cichlidae																	
<i>Astronotus crassipinnis</i> (Heckel 1840)								1									1
<i>Astronotus ocellatus</i> (Agassiz 1831)															1		1
<i>Cichla kelberi</i> Kullander & Ferreira, 2006*		3						24						2			29

TÁXONS	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD	TOTAL
<i>Cichlasoma paranaense</i> Kullander 1982										106				1			107
<i>Crenicichla britskii</i> Kullander 1982					1	7											8
<i>Crenicichla haroldoi</i> Luengo & Britski 1974								2									2
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard 1824)	2	4				228				133	6			1		1	375
<i>Laetacara araguaiae</i> Ottoni & Costa 2009		2															2
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)*						3		7				2	13				25
<i>Satanoperca pappaterra</i> (Heckel 1840)	3																3
Sciaenidae																	
<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel 1840)*	939	64	11	7		21	10						1	111	79		1243
Pleuronectiformes																	
Achiridae																	
<i>Catathyridium jenynsii</i> (Günther 1862)*	1	4															5
Siluriformes																	
Auchenipteridae																	
<i>Auchenipterus osteomystax</i> (Miranda Ribeiro 1918)*	1	2	116	32	35	8											194
<i>Tatia neivai</i> (Ihering 1930)	1		33	2	53	2	35	5	5	7	3		6	3	16	4	175
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus 1766)*	3					2											5
Caliichthyidae																	
<i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns 1842)							2										2
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	1							1									2
Cetopsidae																	
<i>Cetopsis gobioides</i> Kner 1858										1			8		1		10
Heptapteridae																	
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i> Schubart & Gomes 1959								2			3		1				6
<i>Imparfinis borodini</i> Mees & Cala 1989							1										1
<i>Imparfinis mirini</i> Haseman 1911																5	5
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824)					26									8			34
Loricariidae																	

TÁXONS	L1	L2	PZ	PR	AN	TU	TB	CG	AP	TQ	LJ	CJ	CM	C1	C2	PD	TOTAL
<i>Curculionichthys insperatus</i> (Britski & Garavello 2003)															1	1	
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering 1911)						12	18		19	1	9		1				60
<i>Hypostomus iheringii</i> (Regan 1908)											2						2
<i>Hypostomus nigromaculatus</i> (Schubart 1964)						13					10						23
<i>Hypostomus paulinus</i> (Ihering 1905)						1											1
<i>Hypostomus regani</i> (Ihering, 1905)							1	3									21
<i>Hypostomus strigaticeps</i> (Regan 1908)						20		1									4
<i>Loricariichthys platymetopon</i> Isbrücker & Nijssen 1979*		2			3	4					1				1		11
<i>Pterygoplichthys ambrosettii</i> (Holmberg 1893)*							1	2	1				4				8
<i>Rineloricaria pentamaculata</i> Langeani & de Araujo 1994									1								1
Pimelodidae																	
<i>Iheringichthys labrosus</i> (Lütken 1874)				3	1		8	4			8		12	11	5	2	54
<i>Megalonema platanum</i> (Günther 1880) ^M										3	4						7
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède 1803 ^M	2			2			27			1			74	98	96		300
<i>Pimelodus microstoma</i> Steindachner, 1877 ^M							11	2		120	30		21	4	5		193
<i>Pinirampus pirinampu</i> (Spix & Agassiz 1829) ^M	1						8			1			1				11
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz 1829) ^M	1	1											5				7
<i>Sorubim lima</i> (Spix & Agassiz 1829) ^{*M}													13	1	1		15
<i>Steindachneridion scriptum</i> (Miranda Ribeiro 1918) ^M													2				2
TOTAL	1423	668	216	300	163	527	684	670	264	1271	145	50	520	1066	420	125	8512

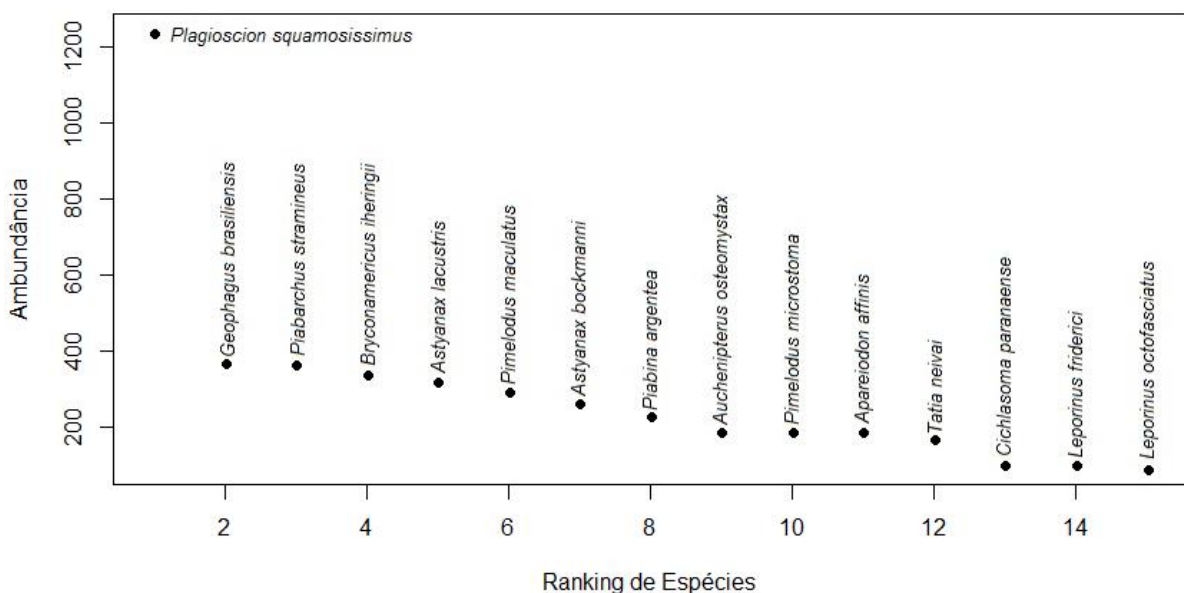
* Espécies consideradas não nativas da bacia do rio Paranapanema

^M Espécies migradoras

Fonte: a autora.

A espécie mais abundante foi *Plagioscion squamosissimus*, representando 22,27% do total coletado, seguida por *Geophagus brasiliensis*, *Piabarchus stramineus*, *Bryconamericus iheringii* e *Astyanax lacustris* (Figura 5). Enquanto estas cinco representaram 47,6% da abundância total, três espécies apresentaram apenas um indivíduo, *Rhamphichthys hahni*, *Rineloricaria pentamaculata* e *Steindachnerina insculpta*.

Figura 5 – Ranking de abundâncias das 15 espécies mais coletadas nas 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema durante três ciclos reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015

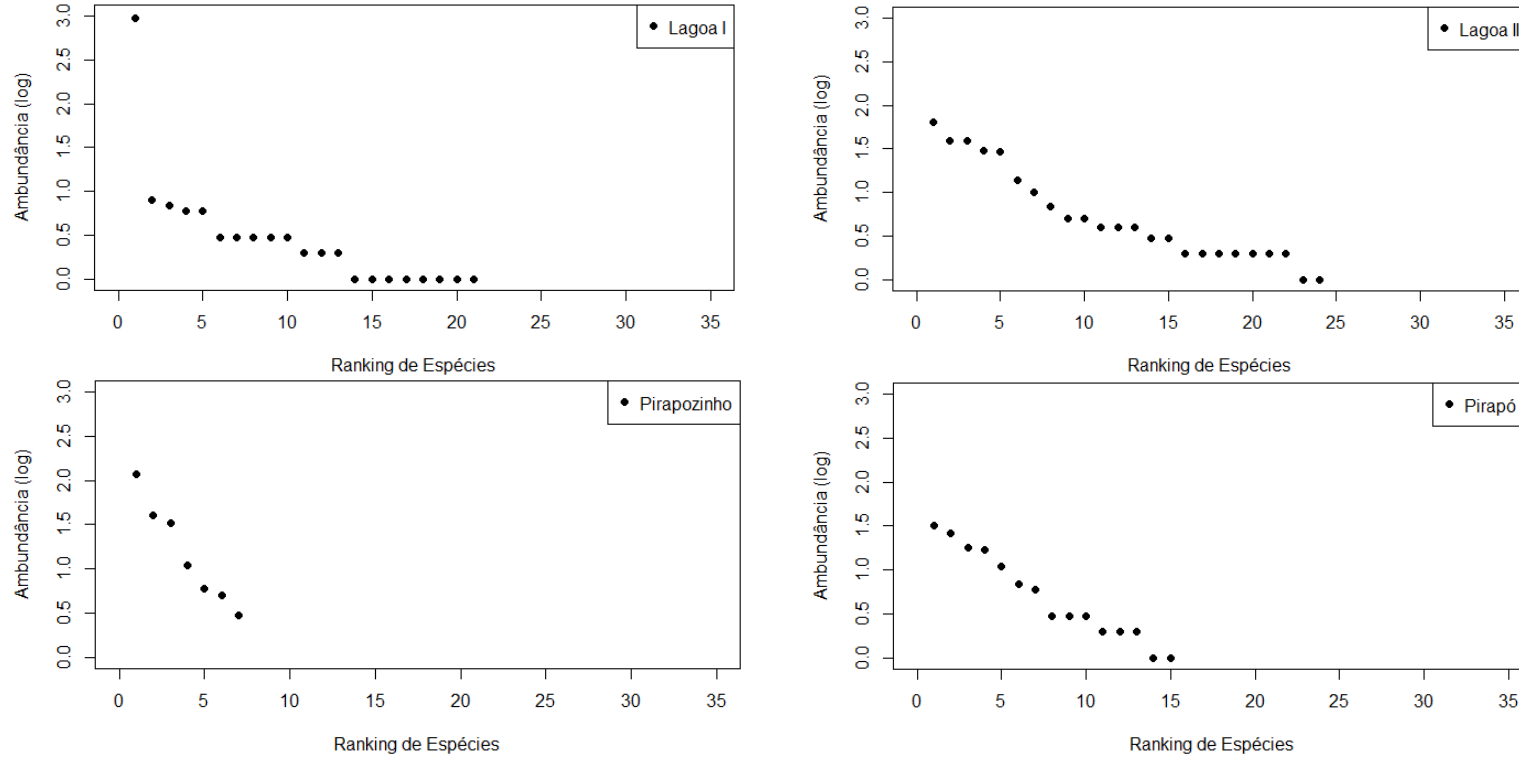


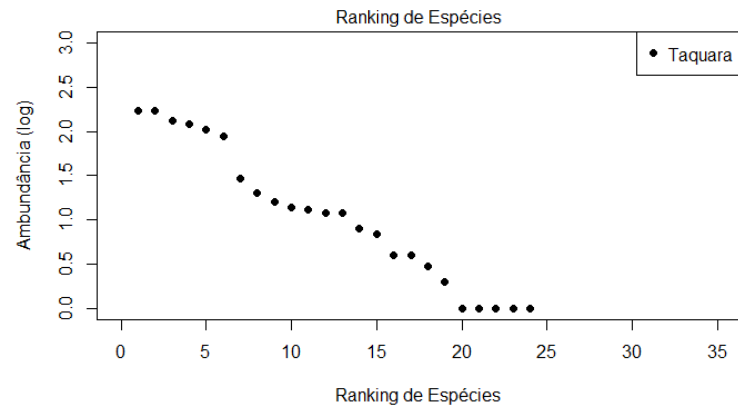
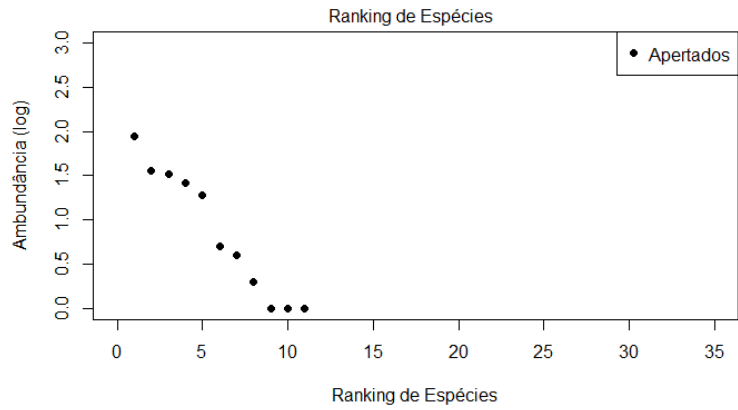
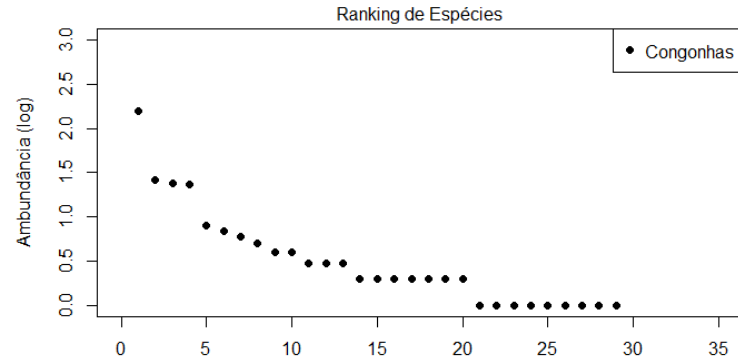
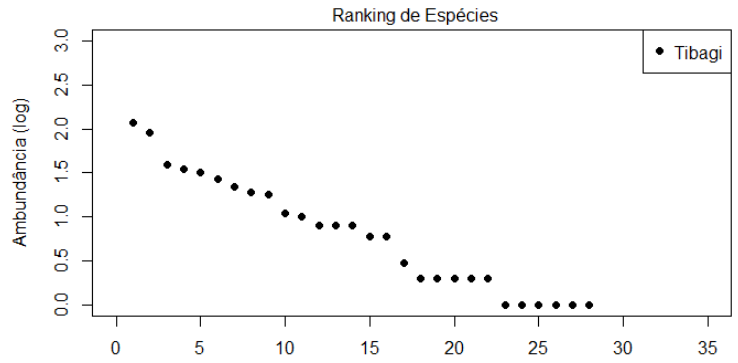
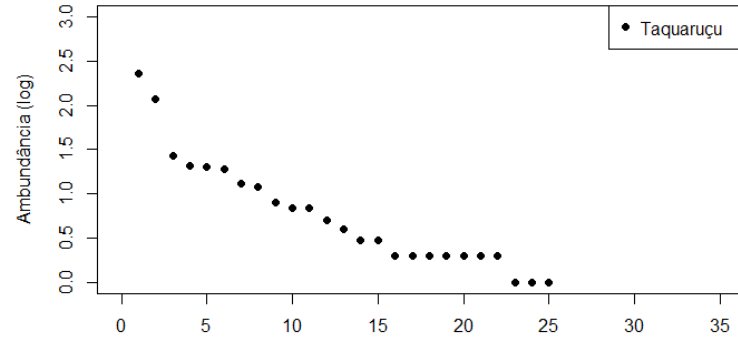
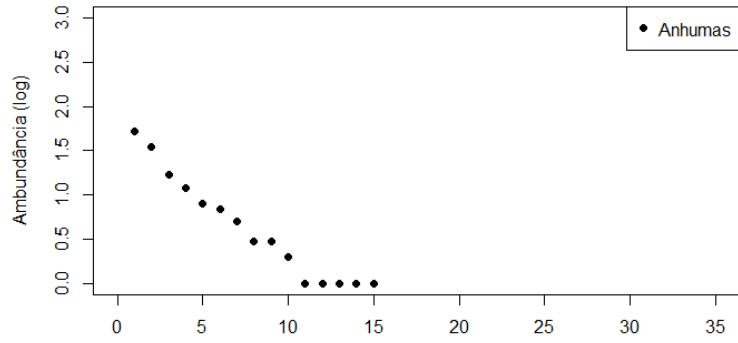
Fonte: a autora

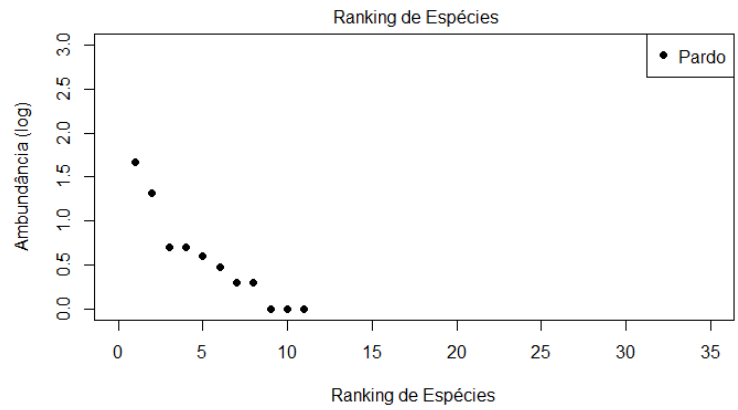
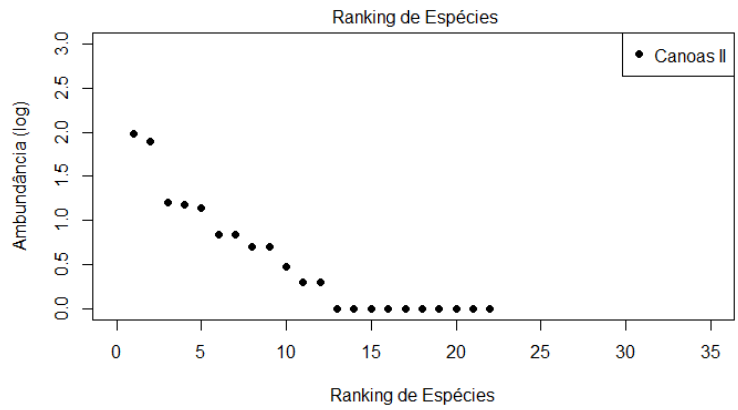
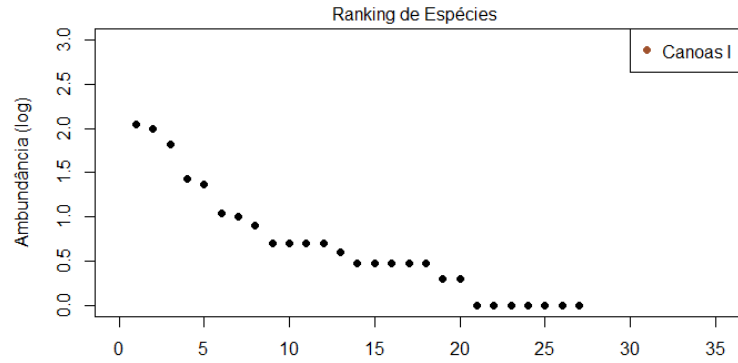
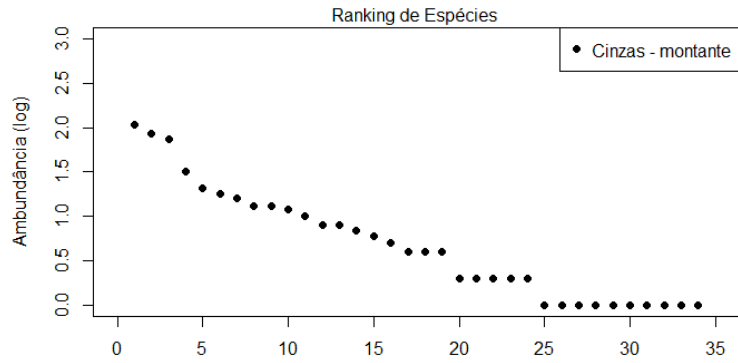
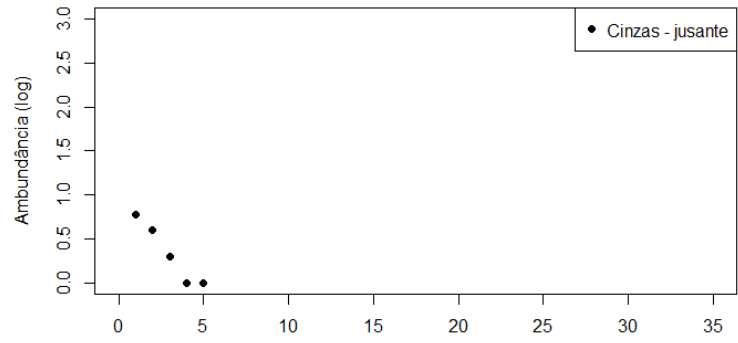
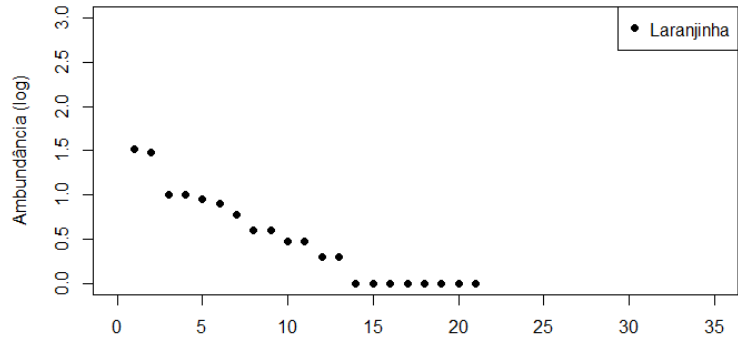
O ponto de coleta que apresentou maior número de espécies foi o rio das Cinzas – montante com 34, seguido do rio Congonhas com 30, enquanto rio Cinzas – jusante apresentou a menor riqueza, cinco espécies. A maior abundância ocorreu na Lagoa I (995) sendo *P. squamosissimus* a espécie mais representativa. O rio Taquara apresentou maior equabilidade, 24 espécies e 942 registros (Figura 6).

Comparando o número de espécies encontradas nos pontos a variação foi de 5 a 34 espécies (Figura 7), enquanto que a abundância foi de 14 a 995 (Figura 8), o que demonstra uma grande amplitude e também a heterogeneidade dos ambientes.

Figura 6 – Plot de Whittaker das 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015







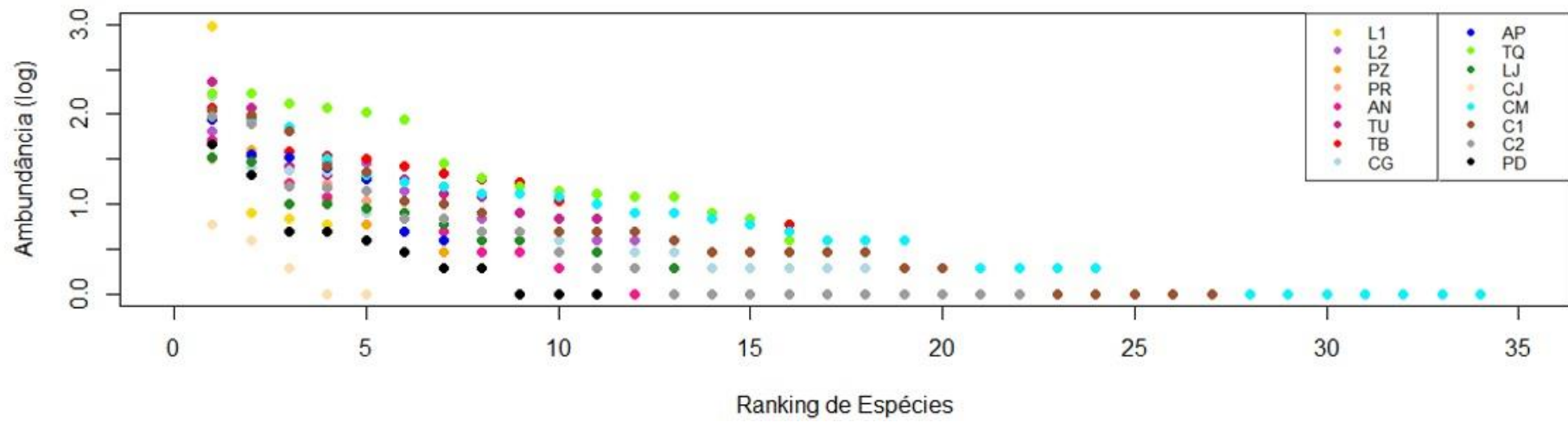
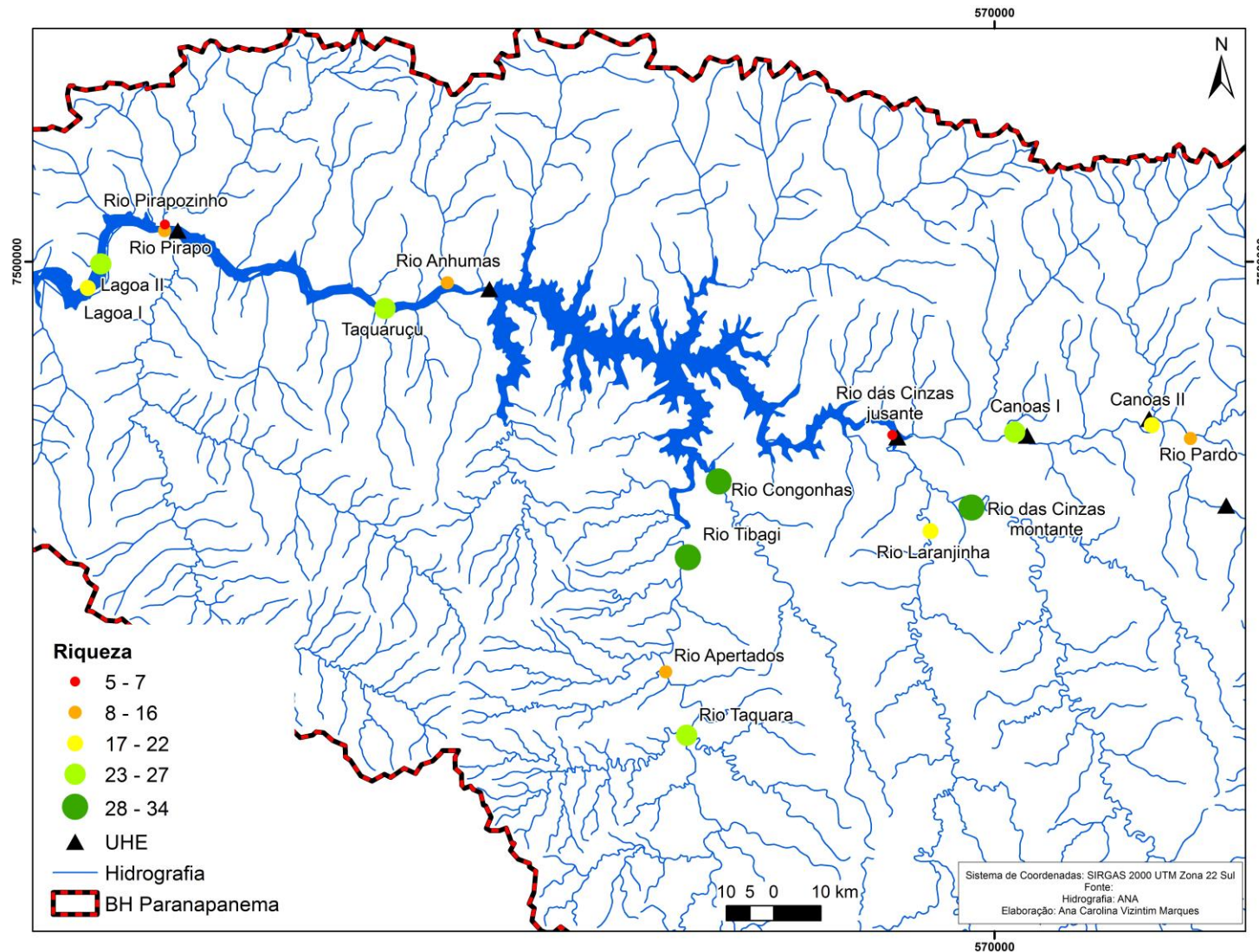
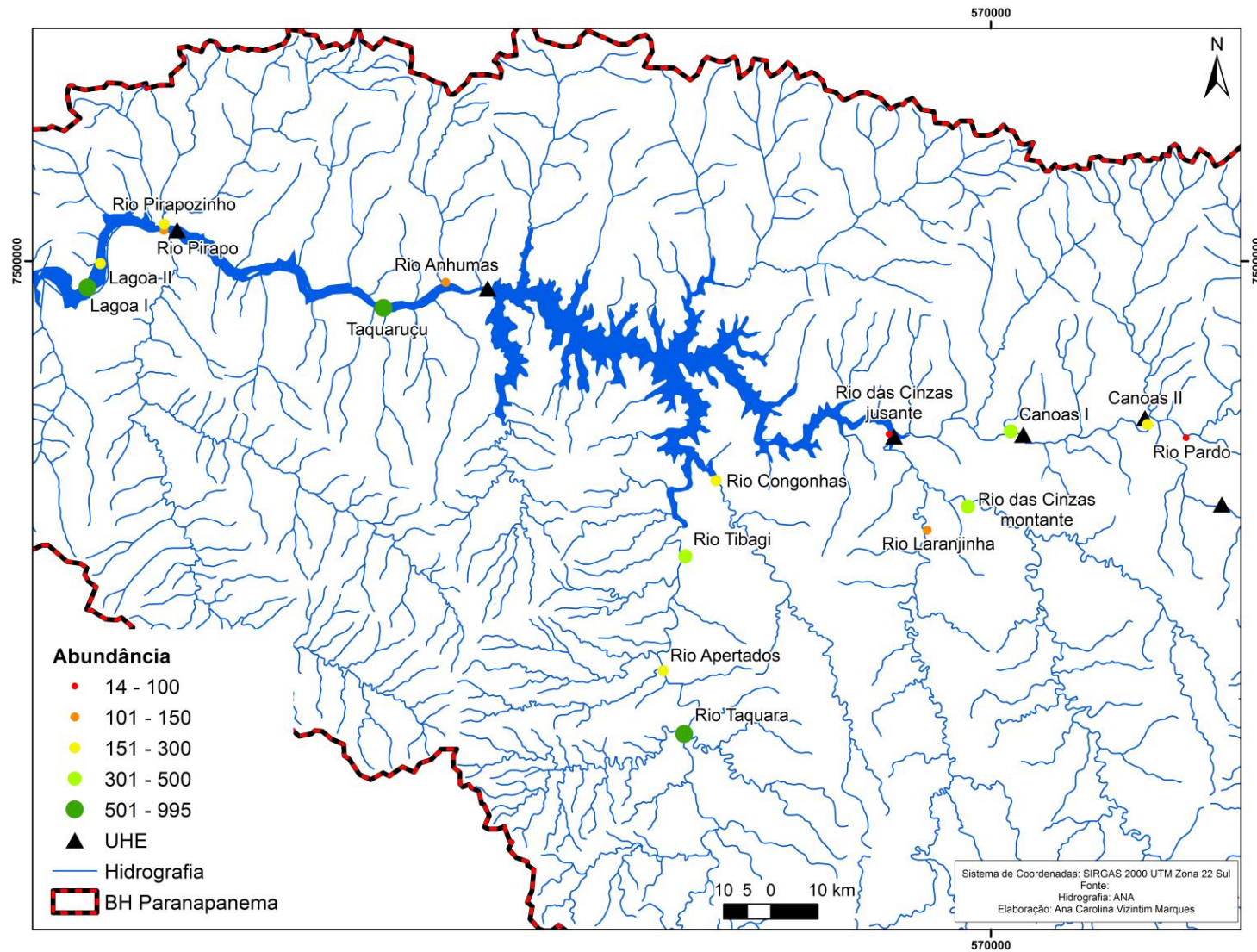


Figura 7 – Riqueza de espécies coletadas nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil



Fonte: a autora.

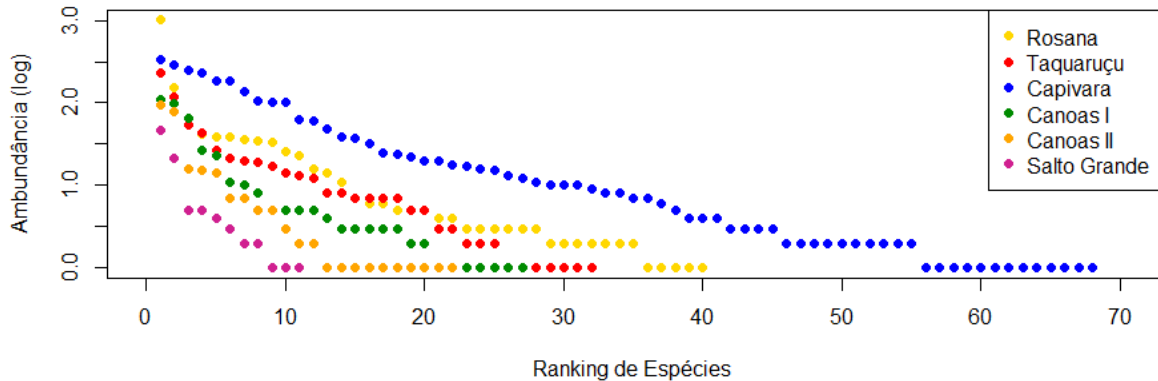
Figura 8 – Abundância de espécie coletadas nos 16 pontos de coleta no Médio e Baixo rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil



Fonte: a autora

Ao serem comparados os reservatórios, UHE Capivara apresentou maior riqueza e equabilidade, enquanto na UHE Rosana, de menor abundância, a espécie *P. squamosissimus* foi a mais significativa (Figura 9).

Figura 9 – Diagrama de Whittaker para os reservatórios amostrados durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil

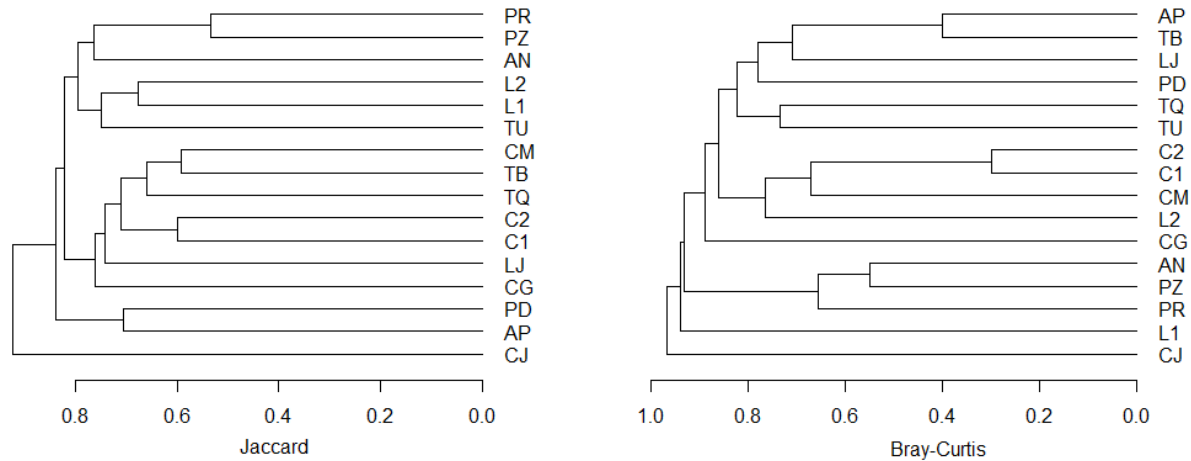


Fonte: a autora

No intuito de comparar a variação na composição de espécies entre as áreas foi calculado a diversidade beta. O rio Cinzas – montante (34 espécies) e Tibagi (28 espécies) apresentaram menor valor (0,419), portanto são os que compartilham mais espécies entre si, 18 espécies. Enquanto que rio Pirapozinho (7 espécies) e rio Cinzas – jusante (5 espécies) apresentaram maior valor (1) não compartilham nenhuma espécie.

O dendograma de similaridade de Jaccard apontou a similaridade entre os trechos rio Pirapó e Pirapozinho, todas as sete espécies presentes no rio Pirapozinho apareceram também no rio Pirapó; rio Cinzas – montante e Tibagi com 18 espécies compartilhadas; e, Canoas I e II, 14 espécies semelhantes. O cluster de quantidades relativas de Bray-Curtis agrupou Canoas I e II como sendo os mais semelhantes em relação a estrutura, composição e abundância da comunidade, compartilharam 14 espécies, seguido de rio Apertados e Tibagi com nove espécies compartilhadas (Figura 10).

Figura 10 – Dendrograma de similaridade de Jaccard e Bray-Curtis para a composição de espécies durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 das 16 áreas amostradas na porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo



Fonte: a autora.

A maior abundância de ovos foi localizada no rio das Cinzas – montante, enquanto que o maior número de larvas ocorreu na Lagoa I devido a dominância de 96% de *P. squamosissimus* nesse ponto de coleta. No rio Taquara, além de apresentar maior equabilidade, foram amostrados 119 ovos e o maior registro de juvenis (735).

3.4 ASSOCIAÇÃO ENTRE O USO DO SOLO E O RECRUTAMENTO DE PEIXES

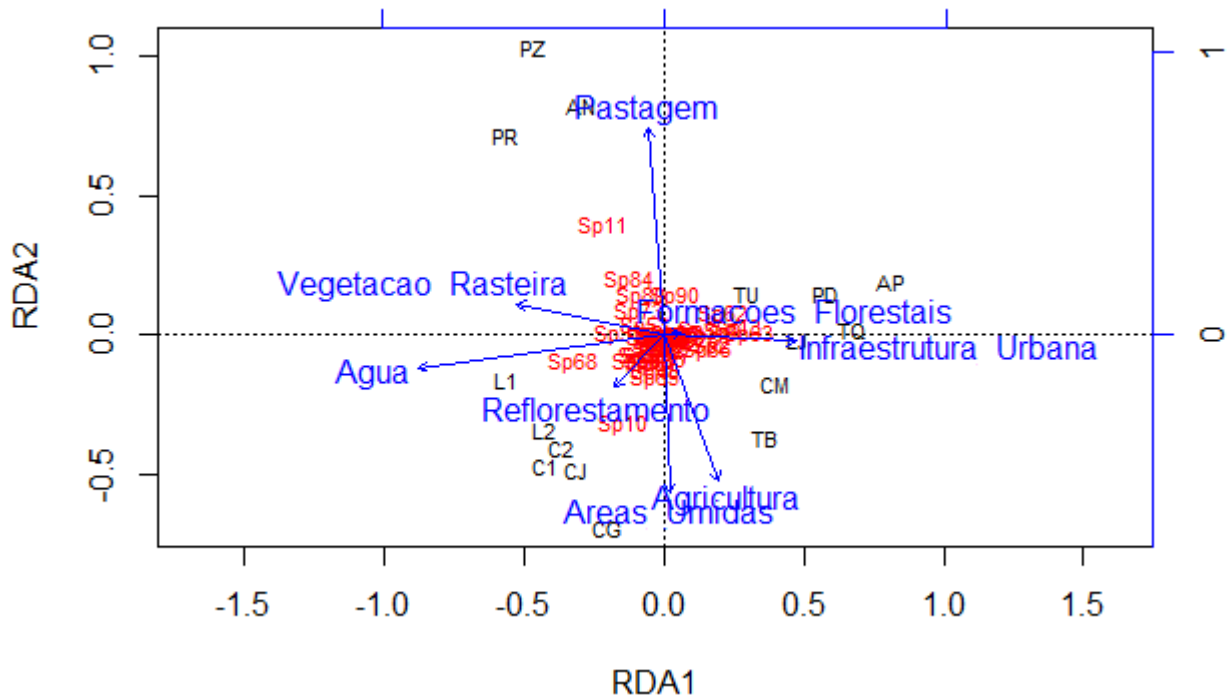
Na análise de redundância (RDA), sem considerar as variáveis ambientais, os eixos 1 e 2 explicaram 18,9 e 33% da variação total, respectivamente. Ao serem adicionadas as variáveis ambientais – área de cada classe do uso do solo, os eixos 1 e 2 explicaram 49,5% sendo o primeiro eixo responsável por explicar 28,4% da relação entre as espécies e o uso do solo (Figura 11). Além disso, ele foi positivamente correlacionado com a variável agricultura (0,19) e negativamente correlacionado com água (-0,87), vegetação rasteira (-0,52) e reflorestamento (-0,17). O segundo eixo, explicou 21,1% da variação dos dados e esteve fortemente

relacionado com a variável pastagem (0,73) (Tabela 8). A análise de variância (ANOVA) mostrou que os eixos canônicos foram significativos ($P=0,001$; 999 permutações aleatórias).

A RDA mostrou que *Auchenipterus osteomystax* (Sp11), *Serrasalmus marginatus* (Sp84), *Schizodon intermedius* (Sp80) e *Rhamdia quelen* (Sp73) estiveram relacionadas positivamente com pastagem e vegetação rasteira, enquanto que *Tatia neivai* (Sp90) apenas com pastagem. *Plagioscion squamosissimus* (Sp 68) foi associada com a água e com o ponto Lagoa I, local onde ocorreu sua maior abundância e *Astyanax lacustris* (Sp10) relacionada ao reflorestamento, principalmente no ponto Lagoa II. As demais espécies não apresentaram nenhuma associação significativa com o uso do solo do entorno dos seus pontos de coleta, pois ficaram aglomeradas em torno do centro do gráfico (Figura 11).

Os pontos de coleta distribuíram-se de acordo com as variáveis medidas, porém não foi possível detectar relação direta entre a composição de espécies com os locais, sugerindo que as assembleias de peixes nesses pontos de coleta foram bastante homogêneas e não apresentaram um padrão claro de similaridade.

Figura 11 – Análise de redundância (RDA) entre a distribuição das espécies coletadas durante três ciclo reprodutivos de setembro de 2012 a abril de 2015 e o uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta da porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, L1 – Lagoa I; L2 – Lagoa II; PZ – rio Pirapozinho; PR – rio Pirapó; AN – rio Anhumas; TU – Reservatório de Taquaruçu; TB – rio Tibagi; CG – rio Congonhas; AP – rio Apertados; TQ – rio Taquara; LJ – rio Laranjinha; CJ – rio das Cinzas - jusante; CM – rio das Cinzas - montante; C1 – Reservatório de Canoas I; C2 – Reservatório de Canoas II; PD – rio Pardo



Fonte: a autora.

Tabela 8 – Efeito das variáveis ambientais do uso do solo do entorno dos 16 pontos de coleta da porção médio-baixa da bacia do rio Paranapanema – São Paulo/Paraná, Brasil, na RDA

Classes do uso do solo	RDA 1	RDA 2
Agricultura	0.19341	-0.51063
Pastagem	-0.05716	0.73555
Formações Florestais	0.05961	0.01028
Reflorestamento	-0.17592	-0.18338
Vegetação Rasteira	-0.52086	0.11023
Água	-0.87110	-0.11397
Áreas Úmidas	0.02163	-0.55792
Infraestrutura Urbana	0.46458	-0.02048

Fonte: a autora.

4 DISCUSSÃO

O mapeamento do uso do solo realizado para a bacia evidenciou o predomínio de agricultura, pastagem e uso misto, e, também diversidade de ambientes, tanto com relação as práticas agrícolas quanto de conservação das áreas de preservação permanente. Dentre as práticas agrícolas, as culturas temporárias foram predominantes e o manejo intenso dessas áreas pode acarretar no transporte de sedimentos para os rios, influenciando a dinâmica hidrológica destes. Embora a legislação ambiental preconiza que as APPs dos rios sejam preservadas, em quatro trechos analisados a vegetação arbórea foi muito pouco presente. Outro impacto antrópico evidente foi a retirada da vegetação nativa quase por completo, pouco existe da vegetação primária, as matas existentes estão concentradas em áreas de parques, principalmente os estaduais.

A ocorrência de onze hidrelétricas no rio Paranapanema alterou suas características, tanto no formato de seu curso, quanto do percurso, transformando ambientais outrora lótico em lênticos (AGOSTINHO et al. 2008), influenciando a comunidade de peixes. Estes podem ser bons indicadores dos impactos antrópicos, por integrarem vários níveis tróficos, estarem presentes em comunidades aquáticas de diferentes tamanhos, terem ciclo de vida relativamente longo, serem facilmente coletados e identificados, por serem amostrados todo o ano e possuírem valor cultural e social (KARR, 1981). Um exemplo são os ambientes represados, nos primeiros anos após a instalação de uma hidrelétrica é comum o aumento da riqueza de espécie, mas que diminui com o passar dos anos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

O estudo realizado mostrou que as ordens Characiformes e Siluriformes são as que apresentaram maior riqueza de espécies, predominância comum em bacias das regiões neotropicais (ALLAN, FLECKER, 1993). O número de espécies de Characiformes é influenciado negativamente pela redução da cobertura vegetal e o aumento da turbidez, enquanto que o de Siluriformes é afetado pela sedimentação e baixa concentração de oxigênio dissolvido (PINTO; ARAÚJO, 2007).

Após as construções de reservatórios a composição da ictiofauna passa de espécies residentes, migradores e de grande porte para residentes de pequeno porte, esse impacto antrópico ainda favorece as espécies invasoras, interfere na dinâmica hídrica, modifica as características limnológicas, o curso dos

rios e amplia os impactos ambientais (AGOSTINHO et al., 2008; HOEINGHAUS et al., 2009). Estas mudanças que são potencializadas em represamento em cascata (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007), como é o caso do rio Paranapanema.

Com o enchimento da usina de Itaipu houve a inundação dos Saltos de Sete Quedas e espécies que ocorriam na bacia do Baixo rio Paraná colonizaram o Alto Paraná (JÚLIO JÚNIOR et al., 2009; ORTEGA et al., 2014) e hoje são encontradas no rio Paranapanema. Das 14 espécies não nativas coletadas no presente estudo oito ocorreram por este motivo: piquira, *Aphyocharax dentatus*, o palmitinho, *Auchenipterus osteomystax*, o linguado, *Catathyridium jenynsii*, o cascudo-chinelo, *Loricariichthys platymetopon*, o cascudo, *Pterygoplichthys ambrosettii*, a piranha, *Serrasalmus marginatus*, o bico-de-pato, *Sorubim lima* e o cangati, *Trachelyopterus galeatus*. Enquanto que o tucunaré, *Cichla kelberi*, foi introduzida para pesca esportiva, o mato-grosso, *Hyphessobrycon eques* pela soltura deliberada por aquaristas, a tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* por escapes de estações de piscicultura, enquanto que a sardela, *Triportheus angulatus* e a corvina, *Plagioscion squamosissimus* pelas Centrais Energéticas do Estado de São Paulo (CESP) para povoamento dos reservatórios (GARCIA et al., 2017). A espécie *P. squamosissimus*, mais abundante neste estudo e presente em nove dos 16 pontos de coleta, é nativa da bacia Amazônica, são competitivas e possui plasticidade alimentar (CASTRO; PIÓRSKI, 1998), baixa especificidade ambiental (FREIRE; AGOSTINHO, 2000) e pode atuar na composição da estrutura da ictiofauna nativa, características que favorecem seu estabelecimento (ORSI, 2010). Sua ausência foi constatada nos rios Congonhas, Taquara e Anhumas, por serem mais distantes do reservatório, possuírem características lóticicas e por preservarem suas características limnológicas (GARCIA, 2014; LEME, 2015; MIRANDA, 2016). Nos rios Laranjinha e Pardo por serem ambientes complexos também com características lóticicas (PINE, 2016) e ainda no rio Apertados. A introdução dessa e de outras espécies não nativas causam homogeneização dos habitat diminuindo a diversidade local (BRITTON; ORSI, 2012) e podem se tornar invasoras, alterando ainda mais a estrutura da comunidade por exclusão competitiva, alteração de habitat, de dominância e equabilidade (PELICICE; AGOSTINHO, 2009).

Outra causa da homogeneização do ambiente e da fauna íctica é a degradação da vegetação ripária dos rios (CASATTI, 2010) o que corrobora com os resultados obtidos. Foi constatado que os rios Laranjinha, Taquara e Apertados

apresentaram suas APPs com cobertura vegetal por estrato arbóreo significativa (81, 74 e 69, respectivamente) e apenas um ou nenhum registro de espécie não nativas (Tabela 7), o que demonstra a importância da preservação dessas áreas para controle de espécies invasoras.

A diversidade de peixes, principalmente de espécies migradoras, depende da integridade dos ecótonos terra-água (AGOSTINHO et al., 2004) e, a redução de espécies sensíveis e aumento das tolerantes em ambientes lóticos está atrelada ao grau de urbanização do seu entorno (HELMS; FEMINELLA; PAN, 2005; CUNICO; AGOSTINHO; LATINI, 2006). Foram coletadas 12 espécies migradoras (Tabela 7), sendo três espécies encontradas em sete dos 16 pontos de coleta, *Leporinus friderici*, *Pimelodus micróstoma* e *Pimelodus maculatus*, áreas de desova e crescimento são essenciais para o recrutamento dessas espécies, no entanto as barragens promovem separação desses habitat (GARCIA, 2014), ação que aliada a exploração dos habitat, degradação da vegetação ripária, perda na qualidade da água e introdução de espécies não nativas contribuem para o desaparecimento de espécies migradoras (AGOSTINHO; GOMES, 2005). Três espécies de migradoras de longa distância foram coletadas, alguns ovos e larvas de *Pseudoplatystoma corruscans* na Lagoa I, Lagoa II e rio Cinzas – montante, *Piaractus mesopotamicus* no rio Congonhas e rio Cinzas – montante e *Salminus hilarii* no rio Anhumas, embora estas tenham sido coletadas em menor quantidade, durante seu ciclo de vida utilizam diferentes habitat. Portanto, para sua conservação é necessário preservar grandes trechos de rios, e afluentes, garantindo assim, a proteção de grande parte da diversidade da ictiofauna (AGOSTINHO et al., 2007).

A relação entre a fauna de peixes e vegetação das APPs dos rios tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores. Grown et al. (2003) compararam dois tipos de vegetação ripária, flora complexa com predomínio de estrato arbóreo e arbustivo com estrato rasteiro, neste apresentou maior riqueza e abundância o que pode estar associado a presença de macrófitas aquáticas próximas das áreas de gramíneas. Casatti, Ferreira e Carvalho (2009) comparando ambientes com e sem gramíneas, identificaram que aqueles sem mata ripária a fauna íctica apresentou mais homogeneidade devido à menor diversidade de espécies, com predomínio de uma espécie exótica invasora e generalista, evidenciando que ambientes desmatados podem contribuir para a simplificação do habitat e também da ictiofauna em escala regional, sobretudo aqueles que tiveram

recente mudança de uso do solo e foram substituídos por grama. No entanto, a substituição de mata nativa por pastagem é menos perturbadora em ambientes aquáticos do ponto de vista químico, pois nesses ambientes não há adubação e aplicação de pesticidas (FERREIRA; CASATTI, 2006) como é o caso da agricultura. Casatti et al. (2012) compararam a composição taxonômica e funcional de peixes com ambientes de florestas, arbustos e gramíneas, e relataram que a composição da comunidade refletiu a perda progressiva da conservação da vegetação ciliar; espécies tolerantes e oportunistas foram substituindo espécies sensíveis e especialistas conforme o gradiente de degradação da vegetação nas APPs. Os estudos mencionados foram realizados em trechos de rios com uso de solo homogêneo e estrato vegetal diferenciado, permitindo comparação direta, diferentemente do trabalho apresentado que foi realizado em uma bacia de grande porte (101.835 km²) com uso do solo diversificado e que utilizou para o mapeamento imagens orbitais. Daga et al. (2014) enfatizam a importância da análise em diferentes escalas espacial na compreensão do processo de homogeneização nas assembleias de peixes, o que realça a importância deste trabalho.

Dentre as principais correlações encontradas *Auchenipterus osteomystax* e *Serrasalmus marginatus*, estiveram relacionadas a pastagem e vegetação rasteira, sendo principalmente registradas nos rios Anhumas, Pirapó e Pirapozinho, estes possuem preferência por rios e águas lânticas (SANTOS; JEGÚ; MÉRONA, 1984; AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007), não são nativas da região, mas adaptaram-se aos ambientes e utilizam desses tributários para sua reprodução. *Tatia neivai*, conhecida como bagrinho ou bocudinho, foi registrada em 14 dos 16 pontos de coleta, portanto, ampla distribuição espacial na bacia e apresentou relação com o uso pastagem, o que pode estar associado à sua dieta de origem terrestre, composta por matéria vegetal e fragmentos de insetos registrado por Casatti, Langeani e Casto (2001) no PEMD.

Um aumento gradual de espécies ao longo do gradiente longitudinal é esperado em riachos (FERREIRA; CASATTI, 2006), o que não ocorreu nos pontos de coleta do rio Cinzas, pois o ponto a montante apresentou a maior riqueza (34 espécies) e o ponto a jusante a menor (5 espécies). O uso do solo do entorno e da APP desses pontos em relação a porcentagem de formações florestais e estrato arbóreo foram bem próximos, não permitindo fazer então uma correlação direta entre a presença de mata e a riqueza de espécie, com os tipos de dados obtidos. O rio

Congonhas apresentou o segundo maior número de espécies (29) e o pior percentual de formações florestais em torno do ponto de coleta (4,8%) e a segundo pior porcentagem em extrato arbóreo na APP (29%). A riqueza de espécies pode estar associada a presença de macrófitas aquáticas (GROWNS et al., 2003) que servem de abrigo para as de pequeno porte, pois fornecem alimento e abrigo (ODUM, 1988; CARVALHO et al., 2005).

Os pontos de coleta rio Tibagi e Cinzas – montante compartilharam 18 espécies e apresentaram suas APPs com pouco mais de 50% coberta por estrato arbóreo, já o reservatório Canoas I e rio Congonhas foram os que apresentaram suas APPs com maiores percentuais de estrato rasteiro e compartilharam 11 espécies, resultados que corroboram com o estudo de Casatti, Ferreira e Carvalho (2009) onde os riachos sem vegetação marginal apresentaram homogeneização íctica.

Os pontos de coleta estão localizados em biótopos diferentes, no leito principal, afluentes e subafluentes, e ainda próximos a barragens, condições que têm influência direta na riqueza e diversidade das espécies e compará-las exige certa complexidade. A análise da bacia hidrográfica é importante considerando que essa é uma unidade natural de paisagem, e que a dinâmica que a envolve é de suma importância para a qualidade da água e vida aquática. Com as técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto mapeamentos de uso do solo são bastante comuns e sua acurácia, depende da resolução destas. A busca da correlação uso do solo e recrutamento de peixes utilizando imagens orbitais na bacia do rio Paranapanema é inédita, portanto é necessário e importante o aperfeiçoamento e desenvolvimento de metodologias para resultados de maior correlação.

5 CONCLUSÃO

- O mapeamento do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Paranapanema permitiu um diagnóstico no contexto regional, e de identificar o uso predominante, sua distribuição espacial, a dispersão e ou concentração de cada uso investigado.
- O mapeamento das áreas do entorno dos 16 pontos de coleta, apresentou a mesma tendência do realizado para a área total da bacia. Embora os métodos e a resolução das imagens orbitais tenham sido diferentes.
- As condições de preservação nas APPs dos rios, denotou intensa alteração, pois nenhuma apresentou toda a área coberta por estrato arbóreo. Nos rios mais estreitos a presença de cobertura vegetal por estrato arbóreo é mais abundante, e nos mais largos há predomínio de agricultura, devido a sua pouca declividade.
- Foi constatado que em APPs com maiores coberturas de estrato arbóreo ocorreram poucos registros de espécies não nativas, evidenciando a importância da preservação dessas áreas para controle de espécies invasoras.
- A avaliação do conjunto dos pontos analisados, permitiu constatar que houve uma heterogeneidade de ambientes (biótopos diferentes, lóticos, lênticos ou semi-lênticos, próximos ou distantes de barragens; APPs com ou desprovidas de matas; e, amplitude de riqueza e de abundância de espécie), porém quando os pontos foram avaliados individualmente, verificou-se um padrão de simplificação e homogeneização da ictiofauna. O que pode estar atrelado a vários fatores como: degradação dos ambientes, comprometimento da vegetação de estrato arbóreo principalmente nas APPs, fragmentação dos rios por barramentos e introdução de espécies não nativas invasoras. Todas estas condições apontam para a necessidade de monitoramento visando sua conservação e recuperação da fauna íctica nativa.
- Nesta pesquisa muito embora a correlação uso do solo e recrutamento de peixes não tenha sido absoluta, ou seja, não foi possível estabelecer que determinadas espécies somente ocorrem em determinados usos, a correlação foi constatada. Esta afirmação tem como base o processo de transformação

antrópica ocorrido na área e suas consequências. Essa correlação deve ser investigada com diferentes abordagens e metodologias, principalmente quando se avalia grandes áreas e de uso do solo diversificado, para que esta complexa relação possa ser melhor compreendida.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do Alto rio Paraná: avaliação e perspectivas. In: NOGUEIRA, Marcos Gomes; HENRY Raquel; JORCIN, Adriana. **Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistema em casata**. São Carlos: Editora Rima, 2005. p. 23-55.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. G.; PELICICE, F. M. **Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, I. S.; JULIO JUNIOR, H. F. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil. In: CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (Ed.) **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**, Canada: World Fisheries Trust, p. 19-98. 2003.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; VERÍSSIMO, S.; OKADA, E. K. Food regime dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. v. 14, p. 11-19, 2004.
- ALLAN, J. D.; FLECKER, A. S. Biodiversity Conservation in Running Water. **Bioscience**, v. 43, n. 1, p. 32-43, 1993.
- ALMEIDA, F. S.; FRANTINE-SILVA, W.; LIMA, S. C.; GARCIA, D. A. Z.; ORSI, M. L. DNA barcoding as a useful tool for identifying non-native species of freshwater ichthyoplankton in the neotropics. **Hydrobiologia**, Published online: 24 november 2017.
- ANA – Agência Nacional das Águas. 2016. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema.
- BASEGGIO, J.; CARAMORI, T. B. de A.; SORIANI, R. R. SIG para mapeamento do uso do solo, com ênfase nas áreas de cobertura vegetal nativa e recursos hídricos, Alto Coxim, MS. In: I SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, Campo Grande, Brasil. **Anais**. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006, p. 312-320.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em julho de 2016.
- BRITTON, J. R.; ORSI, M. L. Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paraná Basin, **Rev. Fish Biol. Fisheries**, v. 22, p. 555-565, 2012.

CARVALHO, E. D.; MARCUS, L. R.; FORESTI, F.; SILVA, V. F. B. Fish assemblage attributes in a small oxbow lake (Upper Paraná River Basin, São Paulo State, Brazil): species composition, diversity and ontogenetic stage. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 17, n. 1, p. 45-56, 2005.

CASATTI, L. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, n.10, v.4, p. 31-34, out, 2010.

CASATTI, L.; FERREIRA, C. de P.; CARVALHO, F. R. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. **Hydrobiologia**, v. 632, p. 273 – 283, 2009.

CASATTI, L.; LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C. Peixes de riachos do Parque Estadual Morro do Diabo, Bacia do Alto Rio Paraná, SP. **Biota Neotropica**, v. 1, n.1, p. 1-15, 2001.

CASATTI, L.; TERESA, F. B.; GONÇALVES-SOUZA, T.; BESSA, E.; MANZOTTI, A. R.; GONÇALVES, C. da S.; ZENI, J. de O. From Forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v.10, n.1, p. 205-214, mar 2012.

CASTRO, A. C. L.; PIORSKI, N. M. Curva de maturação, fator de condição e índice hepatossomático de *Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) no reservatório de Barra Bonita–SP (OSTEICHTHYES, SCIAENIDAE). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 11, n. 1, 1998.

CORRÊA, T.; COSTA, da C.; SOUZA, M. G. de; BRITES, R. S. Delimitação e Caracterização de Áreas de Preservação Permanente, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996. Salvador - BA. **Anais**. INPE, 1996, p. 121-127.

COSTA, A. D. A. 2014. **Reservatórios e afluentes, diferentes biótopos e as relações entre a ocorrência e distribuição de ictioplâncton e juvenis em um rio fragmentado na bacia do Alto rio Paraná, Brasil**. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

CTG Brasil, Energia Hidrelétrica. Disponível em: <<http://ctgbr.com.br/portfolio-item/energia-hidreletrica/>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

CUNICO, A. M.; AGOSTINHO, A. A.; LATINI J. D. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1101-1110, dezembro 2006.

DAGA, V. S.; FELIPE, S; PADIAL, A. A.; ABILHOA, V.; GUBIANI, É. G.; VITULE, J. R. S. Homogenization dynamics of the fish assemblages in Neotropical reservoirs: comparing the roles of introduced species and their vectors. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 327-347, 2014.

DAGA, V. S.; GOGOLA, T. M.; SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; BAUMGARTNER, D.; PIANA, P. A.; GUBIANI, É. A.; DELARIVA, R. L. Fish larvae

assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Paraná River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, London, v. 7, n. 3, p. 429-438, sept 2009.

DPI-INPE, 2006. **Tutorial de Geoprocessamento**: Classificação de Imagens. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 7 mai. 2016.

DUKE ENERGY. **Peixes do rio Paranapanema**. São Paulo, Horizonte Geográfico. p. 120, 2008.

FAUSCH, K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. **American Fisheries Society Symposium**, v. 8, p. 123 – 144, 1990.

FERREIRA, C. de P.; CASATTI, L. Influência da estrutura do habitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 642 – 651, 2006.

FRANTINE-SILVA, W.; SOFIA, S. H.; ORSI, S. H.; ALMEIDA, F. S. DNA barcoding of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics as a tool for ecological monitoring. **Molecular Ecology Resources**. v. 15, n. 5, p. 1226-1237, set 2015.

FREIRE, A. G.; AGOSTINHO, A. A. Distribuição espaço temporal de 8 espécies dominantes da ictiofauna da bacia do Alto rio Paraná. **Acta Limnologica**. v. 12, p. 105 – 120, 2000.

GARCIA, D. A. Z.; BRITTON, J. R.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; ORSI M. L. Introductions of non-native fishes into a heavily modified river: rates, patterns and management issues in the Paranapanema River (Upper Paraná ecoregion, Brazil). **Biol Invasions**, nov 2017.

GARCIA, D. A. Z. 2014. **Recrutamento de peixes em diferentes biótopos da bacia do Baixo rio Paranapanema, Brasil**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

GISDictionary, 2014. Disponível em:< <https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary>>. Acesso em: 5 mai. 2016.

GRAÇA, W. J. da; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do Alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007.

GROWNS, I.; GEHRKE, P. C.; ASTLES, K. L.; POLLARD, D. A. A comparison of fish assemblages associates with different riparian vegetation types in the Hawkesbury-Nepean River system. **Fisheries Management and Ecology**, v. 10, p. 209 – 220, 2003.

HELMS, B.; FEMINELLA J. W.; PAN, S. Detection of biotic responses to urbanization using fish assemblages from small streams of western Georgia, USA. **Urban Ecosystems**, v. 8, p. 39-57, 2005.

HOEINGHAUS, D. J.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M.; OKADA, E. K.; LATINI, J. D.; KASHIWAKI, E. A. L.; WINEMILLER, K. Effects on river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. **Conservation Biology**, v. 23, n. 5, p. 1222-1231, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

INVENTÁRIO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instituto Florestal, Governo do Estado de São Paulo e Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 1993.

JÚLIO JÚNIOR, H. F.; DEI TÓS, C.; AGOSTINHO, A. A.; PAVANELLI, C. S. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 4, p. 709-718, 2009.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21–26, november/december, 1981.

LAPIG, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Disponível em: <<http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>>. Acesso em: 16 jun. 2017

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E.D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, p. 271–280, 2001.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2nd English ed. Elsevier. 2000.

LEME, G. L. A. 2015. **A importância de diferentes biótopos para o desenvolvimento inicial dos peixes em três reservatórios do rio Paranapanema, bacia do Alto rio Paraná-Brasil**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons., 2007. 756 p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4 ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012. 526p.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, 2011. 261p.

MELO, A. S. O que ganhamos confundindo riqueza e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, jul/set 2008.

MIRANDA, D. C. C. 2016. **Recrutamento de peixes nos reservatórios do Baixo rio Paranapanema**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM, 2001.

NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G.; CAVICCHIOLI, M. Ecologia de ovos e larvas de peixes. In: VAZZOLER, A. E. A. D. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do Alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 281-306.

NILSSON, C.; REIDY, C. A.; DYNESIUS, M.; REVENGA, C. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. **Science**, 308: 405-408, 2005.

ODUM, E. P. **Ecologia - Trad.** Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara S. A. 434 p, 1988

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R.G.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; HENRY, M.; STEVENS, H. & WAGNER, H. 2010. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ORSI, M. L.; ALMEIDA, F. S. de A.; SWARÇA, A. C.; CLARO-GARCÍA, A.; VIANNA, N. C.; GARCIA, D. A. Z.; BIALETZKI, A. **Ovos, larvas e juvenis dos peixes da Bacia do Rio Paranapanema uma avaliação para a conservação**. Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016.

ORSI, M. L. **Estratégias reprodutivas de peixes da região média-baixa do rio Paranapanema, Reservatório de Capivara**. 2ª edição. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.

ORTEGA, J. C. G.; JÚLIO Jr., H. F.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. Fish farming as the main driver of fish introductions in Neotropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 746, p. 147-158, 2014.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. **Biological Invasions**, v.11, n.1, p.1789-801, 2009.

PERINI, I. L.; MOSCON M. A. W.; SANTÓRIO R. M.; SANTOS T. G. Com. Utilização de Delimitação Automática para Áreas de Preservação Permanente (APP) e Identificação de Uso da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Crubixá. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 2011. Curitiba-PR. **Anais**. INPE, 2011, p. 4247.

PINE, M. B. 2016. **Afluentes são eficientes no recrutamento de espécies de peixes migradores no sistema em cascata da bacia do Médio Paranapanema?** 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

PINTO, B. C. T.; ARAÚJO, F. G. Assessing of Biotic Integrity of the Fish Community in a Heavily Impacted Segment of a Tropical River in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 3, p. 489 – 502, may 2007.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; TAGLIARINI, F. de S. N. Comparação do desempenho do desempenho de sistemas de Informação Geográfica (IDRISI Selva e ArcGIS) POR MEIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM. **Periódico Eletrônico X Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, p. 265 – 280, 2016.

RSTUDIO. Disponível em: <http://rstudio.org>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SAITO, É. A. Identificação de áreas de mata ciliar em região do Pontal do Paranapanema-SP utilizando fusão de imagens CCD/CBERS-2B e HRC/CBERS-2B. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal-RN. **Anais. INPE**, 2009, p. 2889-2994.

SAMPAIO, T. Relatório sobre os estudos efetuados nos rios Itapetininga e Paranapanema. **Revista do Instituto de Geografia e Geologia**, v. 2, p. 30 – 81, 1944.

SANTOS, G. M.; JEGÚ, M.; MÉRONA, B. D. **Catálogo de peixes comerciais do baixo rio Tocantins**. Manaus: Eletronorte, 1984. 84 p.

SILVA, M. da; NALON, M. A.; KRONKA, F. J. do N.; ALVARES, C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 325–335, july/august 2007.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 3, p. 444 – 453, 2010.

TOUSSAINT, A.; BEAUCHARD, O.; OBERDORFF, T.; BROSSE, S.; VILLÉGER, S. Worldwide freshwater fish homogenization is driven by a few widespread non-native species. *Biological Invasions*, v. 18, p. 1295 – 1304, 2016.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

USGS - United States Geological Survey. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 16 jun. 2017.

VAZZOLER, A. E. A. de M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Universidade Estadual de Maringá, 1996.

ZIOBER, S. R.; BIALETZKI, A.; GOMES, L. C.; KIPPER, D. The importance of a marginal lagoon as a fish nursery in the upper Paraná River floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 369-381, 2007.