



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

MICHELLE KALINKA CARNIEL GONÇALVES

**TAXONOMIA E ECOLOGIA DE PARASITOS METAZOÁRIOS DE *Metynnis cf.*
lippincottianus DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL**

Maringá, PR

2015

MICHELLE KALINKA CARNIEL GONÇALVES

TAXONOMIA E ECOLOGIA DE PARASITOS METAZOÁRIOS DE *Metynnis cf. lippincottianus* DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Biologia das Interações Orgânicas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto

Maringá, PR

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

G635t Gonçalves, Michelle Kalinka Carniel
Taxonomia e ecologia de parasitos metazoários de
Metynnis cf. lippincottianus de reservatórios em
cascata da região neotropical / Michelle Kalinka
Carniel Gonçalves. -- Maringá, 2015.
81 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Departamento
de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia
Comparada, 2015.

1. Parasitos metazoários. 2. *Metynnis*
lippincottianus. 3. Monogenea. 4. Taxonomia. I.
Takemoto, Ricardo Massato, orient. II. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Biológicas.
Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação
em Biologia Comparada. III. Título.

CDD 21.ed. 571.999

ECSL

FOLHA DE APROVAÇÃO

MICHELLE KALINKA CARNIEL GONÇALVES

TAXONOMIA E ECOLOGIA DE PARASITOS METAZOÁRIOS DE *Metynnis cf. lippincottianus* DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Biologia das Interações Orgânicas.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Ricardo Massato Takemoto
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Rubens Riscalá Madi
Universidade Tiradentes, Aracaju, SE

Profa. Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS

Profa. Dra. Marion Haruko Machado
Universidade Estadual de Maringá

Dra. Sybelle Bellay
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 26-08-2015

Local de defesa: Anfiteatro Prof. Keshiyu Nakatani – Bloco G90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIA

Aos professores que são meus exemplos de força e determinação.

Meus pais, Ademir e Cledir.

AGRADECIMENTOS

Diante do término desta tese, não posso deixar de registrar meus agradecimentos a Deus e a todos aqueles que contribuíram para que este doutorado fosse possível.

Em especial agradeço ao meu orientador Dr. Ricardo Massato Takemoto que me mostrou esse mundo tão encantador da ictioparasitologia. Obrigada pelos ensinamentos, pela orientação nos trabalhos, paciência nas correções, dicas nos desenhos, confiança e amizade durante esses anos todos de convivência.

Ao Professor Dr. Gilberto Cezar Pavanelli, que, ao me abrir as portas do laboratório de Ictioparasitologia, me deu novamente a oportunidade de continuar meus estudos e conhecer uma área pela qual eu me identifiquei. Obrigada professor por acreditar que eu seria capaz de chegar até aqui.

Aos meus padrinhos amigos Letícia e Igor por todos os momentos divididos de alegria, palavras de motivação, auxílio no inglês, cuidado com o Chico. Obrigada pela amizade tão sincera de vocês.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Ictioparasitologia do Nupélia: Mary, Eliane, Nathy, Du Ana Paula, Geza, Fábio, Pri, Fabrício (o pescador), Antonio, Rodrigo, Flávia, Thamy e Bruno, por sempre compartilhar comigo os ensinamentos de vocês e por tornarem os dias de trabalho sempre tão divertidos.

Aos amigos do “café bombom”, Eloiza, Guilherme e Janaína por tantas mensagens divertidas, desabafos, palavras de conforto, carinho e força.

A Dra. Sybelle Bellay por me ajudar e atender prontamente todas as minhas dúvidas, compartilhando comigo todo seu conhecimento sobre os parasitos de peixes e palavras motivadoras.

À Estela, secretária, e a Dra. Rosilaine Carrenho, coordenadora, pela atenção dedicada aos assuntos burocráticos durante o curso.

À coordenadora da Biblioteca Setorial do Nupélia Maria Salette Ribelatto Arita e ao bibliotecário João Fábio Hildebrandt, por disponibilizarem sempre prontamente os trabalhos solicitados.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Bolsa de Doutorado.

Aos meus pais Ademir e Cledir, pelo amor incondicional, pela força nos momentos de desânimo, por cuidarem das crianças e (muito, muito) de mim e por acreditarem que eu seria capaz de concluir este trabalho. Amo vocês.

As minhas irmãs, Najila e Joana, por serem minhas “ermãs” que me animam e me dão forças para continuar em todos os momentos da minha vida.

Ao meu marido, Alexander Gonçalves, pelo amor e companheirismo de todas as horas. Se não fosse com você ao meu lado, seria muito mais difícil chegar até aqui.

Aos meus filhos, Gustavo e Francisco e a minha afilhada Giovana, significado do amor que eu tenho pela vida. Que em todos os momentos me mostram, com palavras e gestos, que a vida é mais leve e mais bonita do que conseguimos perceber.

A todos o meu profundo agradecimento.

“DESISTIR...

EU JÁ PENSEI SERIAMENTE NISSO,
MAS NUNCA ME LEVEI REALMENTE A SÉRIO,
É QUE TEM MAIS CHÃO NOS MEUS OLHOS
DO QUE CANSAÇO NAS MINHAS PERNAS,
MAIS ESPERANÇA NOS MEUS PASSOS
DO QUE TRISTEZA NOS MEUS OMBROS,
MAIS ESTRADA NO MEU CORAÇÃO
DO QUE MEDO NA MINHA CABEÇA.”

CORA CORALINA

TAXONOMIA E ECOLOGIA DE PARASITOS METAZOÁRIOS DE *Metynnis cf. lippincottianus* DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL

RESUMO

A construção de reservatórios transforma o ambiente lótico em lêntico, alterando desta forma as condições físicas, químicas e biológicas deste rio. Diversos grupos de organismos são estudados com a finalidade de avaliar e minimizar os impactos causados por estas grandes construções. Quanto ao grupo dos parasitos de peixes, são encontrados na literatura trabalhos que analisam os parasitos em reservatórios isolados, no entanto pouco se sabe sobre o impacto destes empreendimentos sobre a fauna parasitária. O objetivo desta tese foi o de conhecer e verificar como se comportam os parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados no rio Tietê e verificar como estes parasitos se organizam em cada um dos ambientes de coleta, considerando que cada reservatório possui características limnológicas e biológicas diferentes. Entre os parasitos coletados foram encontradas quatro espécies de monogenéticos novas para a ciência, descritas como *Anacanthorus n. sp.1*, *Anacanthorus n. sp.2*, *Notozothecium n. sp.1* e *Notozothecium n. sp.2*. Também foram coletados Nematoda *Spinoxyuris oxydoras* e *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* e Digenea *Ascocotyle sp.* Pode-se verificar que a abundância e a riqueza de parasitos aumentou em função da distância do reservatório de Barra Bonita, o ponto de maior poluição do rio Tietê, refletindo desta forma as condições ambientais dos locais de coleta. Quanto a organização da comunidade de parasitos, observou-se que eles seguem o padrão de organização segregado entre os reservatórios. Por ser um peixe de hábito sedentário, *M. cf. lippincottianus* se apresentou como uma espécie de hospedeiro com potencial para estudos de parasitos bioindicadores. Considerando a existência de reservatórios como componentes indissociáveis da paisagem brasileira, este estudo contribuiu com importantes dados disponibilizados para a ciência a respeito da fauna parasitária de peixes de reservatórios em cascata de região neotropical.

Palavras-chave: *Metynnis cf. lippincottianus*, modelo nulo, barragem, hidrelétrica, Nematoda, Digenea, Monogenea

TAXONOMY AND ECOLOGY OF PARASITES *Metynnis cf. lippincottianus* OF RESERVOIRS OF CASCADE REGION NEOTROPICAL

ABSTRACT

The construction of reservoirs turns the lotic environment in still water, thereby altering the physical, chemical and biological conditions of the river. Several groups of organisms are studied in order to assess and minimize the impacts caused by these great buildings. As for the group of parasites of fish are found in the literature that analyze the parasites in isolated reservoirs, however little is known about the impact of these developments on the parasitic fauna. The objective of this thesis was to know how to behave parasites *Metynnis cf. lippincottianus* collected in the Tiete River and see how these parasites are organized in each of the collection environments, considering that each tank has different limnological and biological characteristics. Among the parasites collected were found four species new to science monogeneans described as *Anacanthorus* n. sp.1, *Anacanthorus* n. sp.2, *Notozothecium* n. sp.1 and *Notozothecium* n. sp.2. They were also collected Nematoda *Spinoxyuris oxydoras* and *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* and Digenea *Ascocotyle* sp. It can be seen that the abundance and richness of parasites increased depending on the distance from the point of greater pollution of the river Tiete, reflecting this way the environmental conditions of the collection sites. As the organization of the parasite community, it was observed that they follow a pattern of segregated organization. For being a fish sedentary, *M. cf. lippincottianus* performed as a host species with potential for parasites biomarkers studies. Considering the existence of reservoirs as inseparable components of the Brazilian landscape, this study contributed important data available to science about the parasitic fauna reservoirs of fish cascading Neotropics.

Keywords: *Metynnis cf. lippincottianus*, null model, dam, hydropower, Nematoda, Digenea, Monogenea

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
REFERÊNCIAS	11
1 REVISÃO	12
REFERÊNCIAS	20
2 TAXONOMIA - NOVAS ESPÉCIES DE MONOGENEA PARASITOS DE BRÂNQUIAS DE <i>Metynnis cf. lippincottianus</i> COPE, 1870 (CHARACIDAE: SERRASALMIDAE) DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL	
RESUMO	26
ABSTRACT	27
2.1 INTRODUÇÃO	28
2.2 METODOLOGIA	28
2.3 RESULTADOS	29
2.3.1 <i>ANACANTHORUS N. SP.1</i>	29
2.3.2 <i>ANACANTHORUS N. SP.2</i>	32
2.3.3 <i>NOTOZOTHECIUM N. SP.1</i>	35
2.3.4 <i>NOTOZOTHECIUM N. SP.2</i>	38
2.4 DISCUSSÃO	41
REFERÊNCIAS	43
3. ECOLOGIA - ESTRUTURA DA COMUNIDADE E RELAÇÃO PARASITO- HOSPEDEIRO DE METAZOÁRIOS DE <i>Metynnis cf. lippincottianus</i> DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL	
RESUMO	46
ABSTRACT	47
3.1 INTRODUÇÃO	48
3.2 METODOLOGIA	49
3.2.1 AMOSTRAGEM	49
3.3 RESULTADOS	55
3.4 DISCUSSÃO	66
REFERÊNCIAS	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

INTRODUÇÃO

Resultantes da opção brasileira para a geração de energia elétrica, os reservatórios aparecem como parte indissociável da paisagem principalmente dos grandes rios. A construção de reservatórios, isolados ou em cascata, alteram a continuidade do rio e afetam todos os processos químicos, físicos e biológicos do sistema aquático. Ainda que os benefícios trazidos por estas grandes obras da engenharia para a população e para a economia do país sejam inegáveis, observam-se na mesma proporção os impactos negativos causados principalmente ao meio ambiente (AGOSTINHO, GOMES e PELICICE, 2007).

Como forma de minimizar os problemas causados ao ambiente, as concessionárias que detém o direito de explorar o rio, obedecendo normas legais, elaboram estudos de impacto ambiental com a finalidade de propor ações mitigadoras destes efeitos. No entanto, tais relatórios são, na maioria das vezes, elaborados sem seguir critérios rígidos e, desta maneira, propõe medidas ineficazes de recuperação ambiental (MPF, 2004).

Os parasitos de peixes são frequentemente negligenciados nos estudos de processos dos ecossistemas, biodiversidade e impactos ambientais (MARCOGLIESE, 2003), como o caso da construção de reservatórios. Por serem transmitidos, na maioria das vezes, por via trófica, os parasitos de peixes são capazes de fornecer informações adicionais da qualidade da água e das comunidades aquáticas envolvidas em seus mais diversos ciclos de vida (HORWITZ e WILCOX, 2005; MARCOGLIESE, 2005). Além disto, o sistema parasito- hospedeiro constitui um modelo para o estudo e a compreensão dos processos que estruturam as comunidades de forma geral, uma vez que elas possuem o nicho espacial limitado ao corpo do hospedeiro e cada hospedeiro abriga uma réplica dessas comunidades (GOTELLI e ROHDE, 2002; BELLAY, 2009).

O presente estudo analisou a fauna parasitária de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios em cascata do rio Tietê com a finalidade de conhecer e verificar como os parasitos metazoários se organizam e se comportam em ambientes represados e disponibilizar para a ciência informações sobre a estruturação e a composição da fauna de parasitos deste peixe em ambientes com diferentes condições limnológicas.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501 p.

BELLAY, S. **Taxonomia e ecologia dos parasitos branquiais de *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1837 (Characiformes: Serrasalminae) da planície de inundação do alto rio Paraná, PR/MS, Brasil**. 2009. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - PEA. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2009.

GOTELLI, N. J.; ROHDE, K. Co-occurrence of ectoparasites of marine fishes: a null model Analysis. **Ecology Letters**, v. 5, p. 86- 94, 2002.

HORWITZ, P.; WILCOX, B. A. Parasites, ecosystems and sustainability: an ecological and complex systems perspective. **International Journal for Parasitology**, v. 35, pp. 725- 732, 2005.

MPF – Ministério Público Federal. **Deficiências em Estudos de Impacto Ambiental: Síntese de uma experiência**. Brasília: 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, Escola Superior do Ministério Público da União, 2004.

MARCOGLIESE, D. J. Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health? **International Journal for Parasitology**, v. 35, 2005, p. 705-716.

MARCOGLIESE, D. J. Food webs and biodiversity: are parasites the missing link? **Journal of Parasitology**, v. 89, 2003, p. 106-113.

1 REVISÃO

O parasitismo é um exemplo de interação entre seres vivos, na qual existe unilateralidade de benefícios e representa uma das formas de vida de maior êxito sobre o planeta, ocorrendo praticamente em todos os níveis tróficos da cadeia alimentar (PEREZ PONCE de LÉON e PIETRO, 2001). Potencialmente, todos os organismos de vida livre são hospedeiros para parasitos e, em seu mais amplo sentido, o parasitismo é considerado o estilo de vida mais comum no planeta (MARCOGLIESE, 2005). Dentro dos limites da especificidade, todo organismo é um habitat, uma fonte de alimento e um meio eficaz para a reprodução e dispersão de parasitos. Este grupo de organismos desempenha importante papel no controle das populações e na estrutura da comunidade de seus hospedeiros, além de representar um componente importante no inventário da diversidade biológica do planeta. A presença de espécies de parasitos em um hospedeiro depende da ocorrência de um conjunto de organismos e as interações destes organismos com o ambiente. Assim, os parasitos são indicadores tanto da riqueza de espécies como da diversidade do ecossistema (SILVA- SOUZA et al., 2006).

Os peixes podem ser parasitados por numerosas espécies com características distintas. Por viverem na água, constituem um dos grupos mais parasitados do planeta uma vez que a água é o maior veículo de dispersão de organismos patogênicos. Alguns parasitos vivem em seus hospedeiros sem causar grandes prejuízos principalmente se entre ambos existir uma história evolutiva em comum. A relação entre o organismo patogênico, o hospedeiro e o ambiente é instável. Alterações ambientais que causam estresse nos hospedeiros e conseqüentemente alterações em sua homeostasia podem desencadear surtos epizooticos (PAVANELLI et al., 2008).

No Brasil existem cerca de 4040 espécies de peixes de água doce, totalizando aproximadamente 30% do número de peixes descritos para este mesmo ambiente no mundo todo (LEVÊQUE et al., 2008). Segundo Eiras et al. (2010), foram registradas cerca de 1050 espécies de parasitos em 620 diferentes hospedeiros no Brasil. Portanto, existem ainda muitos hospedeiros para serem estudados. Nas últimas décadas estudos em ictioparasitologia tem aumentado consideravelmente, disponibilizando para a ciência uma série de conhecimentos sobre a diversidade e a ecologia dos parasitos de peixes.

No Brasil já são mais de 700 artigos publicados para parasitos de peixes de água doce. O assunto que mais se destaca é a taxonomia e o grupo que possui maior número de trabalhos é a Classe Monogenea. A região mais estudada é a Amazônia e em seguida, o Paraná (PAVANELLI et al., 2013).

Uma das questões que é muito pesquisada em parasitologia é relacionada a forma de organização das comunidades parasitárias, se ela segue uma ordem formando comunidades

interativas ou apenas conglomerados de espécies e quais são os fatores que determinam estas tendências. A possibilidade de identificar, mensurar e quantificar todas as espécies de parasitos permite a ictioparasitologia realizar estudos estatísticos consistentes e a estruturar extensas bases de dados (LUQUE et al., 2013) que produzem importantes resultados no campo da ecologia.

No entanto, quando se utilizam dados observacionais os modelos nulos auxiliam de modo consistente na avaliação de teorias ecológicas (CONNOR e SIMBERLOFF, 1984). O modelo nulo é uma tentativa de gerar distribuições de valores para uma determinada variável de interesse (i.e. presença ou ausência de parasitos em um hospedeiro) na ausência de um processo causal, estipulada por uma situação controle (CONNOR e SIMBERLOFF, 1986). Para estes estudos elabora-se uma hipótese nula que assume a independência de uma determinada variável de interesse em algum processo em particular, como por exemplo a distribuição de espécies de parasitos em uma comunidade é independente da competição entre estas espécies. Esta hipótese é testada por meio do modelo nulo. A hipótese nula é testada calculando-se a probabilidade de que a variável em questão apresente um valor probabilisticamente igual ao da distribuição aleatória. Se os valores forem iguais, a hipótese nula não é rejeitada (PAES e BLINDER, 1995).

Comunidades de parasitos constituem um bom modelo para se estudar o funcionamento e a estrutura de assembleias de espécies, porque são bem delimitadas pelo corpo do hospedeiro e é possível obter réplicas destas comunidades em cada um dos hospedeiros analisados (GOTELLI e ROHDE, 2002) e desta forma os parasitos permitem explorar padrões de estrutura das comunidades em vários níveis de organização ecológica (SIMKOVÁ et al., 2001). Interações positivas, como a facilitação, permitem a coexistência de espécies e geram infracomunidades mais ricas (POULIN, 1996). Por outro lado, interações negativas, como a competição, favorecem a especificidade de nicho formando infracomunidades de maior diversidade (SCOTT- HOLLAND et al., 2006)

As análises dos aspectos biológicos, alimentares e comportamentais dos peixes, assim como das características limnológicas de onde vivem, tem se apresentado como importantes instrumentos para a compreensão do funcionamento das comunidades de parasitos (TAKEMOTO et al., 2004). A fauna parasitária dulciaquícola pode apresentar diferentes composições dependendo da espécie, da idade, do tamanho, do sexo e do nível da cadeia trófica em que o hospedeiro se encontra, além de outros fatores bióticos e abióticos (TAKEMOTO et al., 2004). A comunidade parasitária reflete as condições ecológicas do ambiente, desta forma, observa-se que ambientes ecologicamente distintos fornecem oportunidades distintas de transmissão de parasitos (WEICHMAN e JANOBY Jr., 2000). Além disso, o fato de muitos parasitos serem transmitidos troficamente os torna capazes de fornecer informações ecológicas sobre o hospedeiro e suas interações no ecossistema. Cada espécie de parasito reflete, em dado

ambiente, a presença de diferentes organismos que participam em seu ciclo de vida. Juntas, todas as espécies de parasitos em um hospedeiro indicam a ocorrência de um conjunto de organismos e suas interações no ambiente. Assim, os parasitos podem ser usados como indicadores tanto da riqueza de espécies como da diversidade do ecossistema (MARCOGLIESE, 2003; HORWITZ e WILCOX, 2005; MARCOGLIESE, 2005). Ecossistemas considerados saudáveis contêm populações equilibradas de organismos nativos com organização funcional e estrutural diversa, com muitas espécies formando a rede trófica, da qual fazem parte também os parasitos (MARCOGLIESE, 2005).

Em ambientes aquáticos, a modificação do habitat, a poluição, a introdução de espécies alóctones e de organismos patogênicos, são as principais ações antrópicas que causam impactos no ambiente e extinção de espécies. Segundo Agostinho et al. (1999), este prejuízo pode ser ainda maior, quando a introdução de espécies e organismos patogênicos ocorre em ambiente represado, uma vez que aumentam as chances desta espécie alóctone se proliferar e proliferar também sua fauna parasitária (AGOSTINHO e GOMES, 1997).

Presentes na maioria dos grandes rios brasileiros, os reservatórios das usinas hidrelétricas fazem parte da paisagem do Brasil (AGOSTINHO et al., 2007). Se por um lado a geração de energia elétrica é necessária e traz benefícios à população, por outro lado é fundamental reconhecer os efeitos negativos que os barramentos causam ao ecossistema. O setor energético investe em levantamento de dados a respeito dos reservatórios como forma de atender a exigências legais de manejo das áreas alagadas (ELETRONORTE, 2015), no entanto o que se pode observar é a grande quantidade de trabalhos que tratam de comunidades de forma isolada.

São encontrados na literatura registros de trabalhos que analisam a fauna de parasitos de peixes coletados em reservatórios no Brasil (BRANDÃO et al., 2013; ZAGO et al., 2013; ZAGO et al., 2014; SANTOS- CLAPP e BRASIL- SATO, 2014). No entanto, não foram localizados trabalhos que analisem como a comunidade parasitária se comporta e se organiza ao longo de uma cascata de reservatórios. Desconsiderar os impactos causados por estes empreendimentos nesta comunidade tão importante é negligenciar dados fundamentais para a compreensão do todo. Somente conhecendo a fauna parasitária dos peixes é possível monitorar a perda de diversidade desses microrganismos e propor técnicas de manejo, assim como ocorre em outros grupos.

Segundo o Conceito do Rio Contínuo (VANNOTE et al., 1980), o rio pode ser descrito como um gradiente espacial fluvial que está condicionado aos padrões de entrada, transporte, utilização e armazenamento da matéria orgânica. Este conceito propõe que a importância de matéria orgânica que entra na cabeceira do rio, diminui em direção a foz e deve ser utilizada pelas comunidades ao longo do rio. O aporte de matéria orgânica determina todo o comportamento das comunidades que compõe esse ecossistema que se altera gradualmente de

um sistema heterotrófico para um sistema autotrófico. As comunidades se adaptam aos habitats ao longo do curso e esta dinâmica permite, além de prever o funcionamento do rio, que o sistema fluvial permaneça em equilíbrio.

A construção de reservatórios altera a continuidade do rio, modificando as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente. Tundisi (2006) afirma que as represas artificiais constituem um componente variado na paisagem e representam uma inserção no ecossistema, alterando o regime hidrológico e a dinâmica ecológica de rios e bacias hidrográficas. Os impactos dos represamentos no ecossistema podem ser classificados em: (1) impactos de primeira ordem- consequências físicas, químicas e geomorfológicas que derivam do bloqueio do rio; (2) impactos de segunda ordem- mudanças na produtividade primária e na estrutura do trecho represado e principalmente do trecho a jusante do barramento; (3) impactos de terceira ordem- modificações nas assembleias de invertebrados e peixes decorrentes dos efeitos dos impactos de primeira e segunda ordem (WCD, 2000). O tempo que o sistema levará para restabelecer o equilíbrio é variável e depende das interações entre os fatores bióticos e abióticos do novo ambiente. Algumas repostas do ecossistema ao represamento observadas por diversos autores são alterações no funcionamento das comunidades aquáticas - fitoplâncton, zooplâncton, zoobentos, ictiofauna -, redução no número de espécies principalmente nos primeiros anos após o represamento, introdução e dispersão de espécies não nativas, mais factíveis de se estabelecer em ambientes alterados, entre outras.

As iniciativas de manejo em reservatórios resumem-se a ações que objetivam maior rendimento energético, controle de cheias com a finalidade de eliminar possíveis prejuízos ao empreendimento, e medidas que visam cumprir exigências legais para o funcionamento das usinas hidrelétricas. Essas medidas incluem relatórios e estudos de impacto ambiental que contemplam, entre outros aspectos, o conhecimento e controle dos impactos causados por estes empreendimentos na qualidade da água e de alguns componentes bióticos, principalmente algas, macrófitas e peixes. Segundo dados do Ministério Público Federal (MPF, 2004) Estudos de Impacto Ambiental (EIA) que deveriam ser elaborados com o intuito de licenciar as atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente, como por exemplo a construção de reservatórios, apresentam deficiência no que diz respeito a utilização de metodologia adequada e principalmente ao cumprimento do detalhamento de pesquisas e análises necessárias. Para que as medidas mitigadoras do impacto ambiental causado por usinas hidrelétricas sejam funcionais, é necessário que os EIA sejam feitos com mais critério e contemplem todas as comunidades biológicas envolvidas direta e indiretamente com estes grandes empreendimentos.

Os efeitos ambientais da construção de reservatórios são contraditórios. Por um lado, eles causam impactos negativos no ecossistema, principalmente os decorrentes da eutrofização dos rios represados que afeta notavelmente a flora e na fauna local. Estes impactos são observados

com maior intensidade, devido aos efeitos cumulativos, em reservatórios em cascata (NOGUEIRA et al., 2006). Por outro lado, a construção de reservatórios em série ao longo do rio proporciona a retenção de agentes poluidores. Sendacz et al. (2006) afirmam que a construção de reservatórios em cascata proporciona a diminuição dos poluentes ao longo da sequência espacial porque o reservatório a montante funciona como um quimiostato, retendo parte dos poluentes e nutrientes. O aumento do volume de água em cada barramento contribui para a diminuição da carga de materiais poluentes devido a diluição e a sedimentação. As condições limnológicas dos rios sofrem sensível melhora a medida em que se afasta da fonte poluidora devido a capacidade de depuração do sistema (MATSUMURA- TUNDISI e TUNDISI, 2005).

Conhecer a biologia e a ecologia dos componentes bióticos do sistema em questão é fundamental. É imprescindível que trabalhos relacionando diversos grupos biológicos sejam desenvolvidos com a finalidade de se conhecer e manejar o ambiente como um todo. Nesta perspectiva, os parasitos de peixes se mostram como um grupo capaz de permear a maioria dos demais grupos, uma vez que estes organismos em algum momento participam de seus ciclos de vida, quer seja como hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos, refletindo assim as condições do meio onde estão inseridos. Desta forma, estudos a respeito da fauna parasitológica de peixes coletados em reservatórios em cascata, como é o caso do rio Tietê, podem indicar desequilíbrios no meio ambiente antes mesmo que estes efeitos sejam notados no local.

O presente estudo teve como objetivos caracterizar a estrutura da comunidade de parasitos metazoários de peixes de reservatórios em cascata. Para tanto o local escolhido foi o médio e baixo rio Tietê que possui em seu curso seis reservatórios construídos em sequência. Para estas análises o hospedeiro selecionado foi *Metynnis cf. lippincottianus* por ser um peixe de pequeno porte, que não realiza grandes migrações e, portanto, reflete as condições do local onde está inserido e por ser esta uma espécie de ampla distribuição no referido rio.

Área de estudo: reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê

O presente estudo foi realizado nos reservatórios localizados no médio e baixo rio Tietê. O rio Tietê nasce a uma altitude de 1.030 metros da Serra do Mar, no município paulista de Salesópolis, a cerca de 22 km do oceano Atlântico. No entanto, subvertendo a natureza, este rio corre em direção ao interior do estado, sentido leste- oeste. Neste caminho ele atravessa a região metropolitana de São Paulo onde recebe grande quantidade de poluentes e segue seu percurso até desaguar no rio Paraná, do qual é um importante tributário, a uma distância de cerca de 1.100km. Este caminho inverso feito pelo rio Tietê tem importância histórica para o estado de São Paulo, uma vez que a partir de sua nascente os Bandeirantes, seguindo o curso do rio, foram desbravando os sertões e fundando os povoados que se tornaram as cidades ribeirinhas. No

entanto, sua importância histórica não impediu que os moradores destes locais lançassem todo tipo de dejetos no rio, tornando-o altamente poluído. Assim que deixa suas nascentes, cerca de 45km depois do Parque “Nascentes do Tietê”, o rio recebe os primeiros despejos de esgotos industriais e ao chegar à região metropolitana o rio percorre o seu trecho mais poluído, a foz do rio Tamanduateí. Desde a cidade de São Paulo até próximo à cidade de Bom Jesus do Pirapora, o rio Tietê encontra-se praticamente sem vida aquática (BORGES, 2015).

Devido ao desnível natural de aproximadamente 860m, desde as nascentes até a foz, com uma declividade de cerca de 74cm/km, seu curso natural foi modificado com a construção de reservatórios com o objetivo principal de atender a demanda de energia elétrica da região que possui a maior densidade demográfica do país. O primeiro reservatório construído foi o de Barra Bonita, localizado a 350km da cidade de São Paulo, no ano de 1963. Por ser o primeiro grande represamento de águas deste rio, Barra Bonita reflete as condições de toda a área de captação que conta com uma população de cerca de 23 milhões de habitantes na área urbanizada (região metropolitana de São Paulo, Campinas e Sorocaba) mais as regiões de cultivo intensivo, principalmente de cana de açúcar. Em sequência a este, foram construídos os reservatórios de Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos (AES TIETÊ, 2015).

O reservatório de Bariri, localizado a jusante de Barra Bonita, no médio Tietê inferior, foi construído em 1969. É o menor dos reservatórios construídos na bacia do médio e baixo Tietê, com 63 km² de área e volume máximo de 542x10⁶m³. O tempo de residência da água varia de 7 a 24 dias (CETESB, 2005). A região na qual se insere o reservatório de Bariri é destinada a atividades urbanas, industriais e agropecuária. Além da geração de energia, a água do reservatório de Bariri é destinada ao abastecimento público e industrial, irrigação e afastamento de efluentes domésticos e industriais (CETESB, 2003). Os rios Lençóis, Jaú e Bauru são tributários deste rio na altura de Bariri e carregam para dentro do sistema altas cargas de poluentes. Apesar do reservatório de Barra Bonita desempenhar um importante papel na recuperação da qualidade das águas do rio Tietê, as elevadas taxas de nutrientes na água de saída do reservatório de Barra Bonita contribuem para a deterioração da qualidade da água no reservatório de Bariri (CETESB, 2005).

O reservatório de Ibitinga, assim como o de Bariri que está a sua montante, está localizado no médio Tietê inferior. Possui uma área de 114km², volume máximo de 981x10⁶m³ e profundidade média de 8,6m. É o terceiro da sequência de reservatórios do médio e baixo rio Tietê. A barragem mede 1.490m e foi construída em 1969 com o objetivo de geração de energia. Possui 7 vertedouros de superfície e 3 de fundo. O tempo de residência varia entre 12 a 43 dias (AES TIETÊ, 2015). Na altura do reservatório de Ibitinga, desaguam dois importantes afluentes do rio Tietê, os rios Jacaré Guaçu e Jacaré Pepira. No entorno desta usina encontram-se atividades de cultura agrícola (cana de açúcar, laranja e pastagens). Além do uso principal de

geração de energia, a água da bacia é utilizada com a finalidade de recebimento de efluentes domésticos e industriais, irrigação de plantações e abastecimento público (CETESB, 2005).

O reservatório de Promissão é o segundo maior reservatório em tamanho da série de reservatórios construída no leito do médio e baixo rio Tietê. Localizado no médio Tietê inferior fica a jusante da barragem de Ibitinga. A barragem de 3.710m foi construída com a finalidade de geração de energia e entrou em operação no ano de 1975. Possui uma área de 530km² e profundidade média de 14m. Possui vertedouros tipo comporta de fundo que proporciona maior movimentação da coluna d'água. O tempo de residência da água pode variar de 124 a 458 dias (AES TIETÊ, 2015). Segundo informações da CETESB (2005), a bacia se localiza em uma área de urbanização, indústrias e agropecuária. A água deste sistema é utilizada para a navegação, recepção de efluentes domésticos e industriais e irrigação de culturas agrícolas, além de geração de energia elétrica.

O reservatório de Nova Avanhandava entrou em operação no ano de 1982. Construído na bacia do baixo Tietê, próximo a cidade de Buritama se localiza a jusante do reservatório de Promissão. Possui uma área de 210km² e a profundidade média chega a apenas 3 metros. Possui vertedouros de superfície e o tempo de residência da água varia de 32 podendo chegar a 119 dias. Além da geração de energia, este reservatório serve também a navegação, abastecimento público e industrial, recepção de efluentes domésticos e industriais e irrigação das plantações (CETESB, 2005). Na área deste reservatório de localiza uma unidade de conservação.

O último reservatório da série construída no médio e baixo Tietê é o reservatório de Três Irmãos. É o maior dos 6 reservatórios deste trecho do rio. Possui uma barragem de 3.710m de comprimento e área total de 817km². A profundidade média deste reservatório é de 17m e o tempo de residência da água varia de 166 podendo chegar a 615 dias. O reservatório de Três Irmãos possui duas eclusas que fazem parte da hidrovía Tietê – Paraná e um canal que foi construído com a finalidade de fazer a ligação entre o reservatório de Três Irmãos ao reservatório de ilha Solteira, no rio Paraná (CETESB, 2005).

O hospedeiro: *Metynnis cf. lippincottianus*

Metynnis cf. lippincottianus Cope, 1870 é um peixe da família Characidae, ordem Characiformes, conhecidos popularmente como pacu cd, peixe cd ou “cedezinho”. Nativo da América do Sul (GRAÇA e PAVANELLI, 2007, FROESE e PAULY, 2015) é encontrado em diversas bacias (VIEIRA, 2000; MAKRAKIS et al., 2007; GRAÇA e PAVANELLI, 2007). Este peixe encontra-se adaptado ao clima tropical e pode atingir até 170,2 mm de comprimento total máximo. Ocupa geralmente o segundo nível trófica na teia alimentar, possui a alimentação composta basicamente por vegetais e esporadicamente por artrópodes e outros detritos (DIAS et al., 2005). A escolha deste hospedeiro se deve ao fato de que ele é abundante em todos os

reservatórios amostrados, o que permite a comparação entre a fauna parasitária dos diferentes reservatórios, não possui o tamanho corporal muito grande, o que permite quantificar e identificar todas as espécies parasitas de cada hospedeiro analisado e também levando em consideração o fato que organismos de níveis tróficos intermediários tendem a apresentar maior riqueza parasitária (HOLMES, 1990).

O presente estudo obteve como resultado dois artigos, um deles de taxonomia, com a descrição de 4 novas espécies de monogenéticos e outro artigo sobre a ecologia e a estrutura da comunidade de parasitos metazoários deste hospedeiro, escritos sob a forma de artigo para publicação científica seguindo as normas das revistas *Acta Parasitologica* e *Parasitology Research*, respectivamente.

Referências

- AES TIETÊ. **Usinas e Eclusas**. 2015. Disponível em: <http://www.aestiete.com.br/geracao/Paginas/nossas-usinas.aspx#conteudo>. Acesso em: 20/08/2015.
- AGOSTINHO, A. A. et al. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501 p.
- AGOSTINHO, A. A. et al. Patterns of colonization in neotropical reservoir, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (eds.) **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Brazilian Academic of Science and Backhuys, 1999. 592p.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o Reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.) **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997, p.381.
- BORGES, J. **História do rio**. Disponível em: <http://www.riotiete.com.br/historia.html>. Acesso em: 29/07/2015.
- BRANDÃO, H. et al. Occurrence of *Braga cigarra* (Cymothoidae) parasitizing *Galeocharax knerii* (Characidae) from affluents of Jurumirim reservoir, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**. 2013. 22 (2): 292-296.
- BRITTO, S. G. C; SIROL, R. N. Transposição de peixes como forma de manejo: as escadas do complexo Canoas, médio Paranapanema, bacia do Alto Paraná. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Eds). **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: Rima, 2005.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental). Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002. Cetesb, São Paulo. **Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. 2003, 269 pp.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental). Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2004. Cetesb, São Paulo. **Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. 2005, 267 pp.

CONNOR, E. F.; SIMBERLOFF, D. Interspecific competition and species co- occurrence patterns on islands: null models and the evaluation of evidence. **Oikos**, 1984. 41: 455- 465.

CONNOR, E. F.; SIMBERLOFF, D. Competition, scientific methods, and null models in ecology. **American Scientist**, 1986. 74: 155- 162.

DIAS, A.C.M.I. et al. Estudo da dieta natural de espécies de peixes no Reservatório de Ribeirão das Lajes, RJ. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Universidade Estadual de Maringá, 2005. 27(4): 355-364.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010.

ELETRONORTE. **Ações ambientais em usinas hidrelétricas**. 2015. Disponível em: <http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/pilares/meioAmbiente/acoesAmbientais/usinaHidreletrica.html>. Acesso em: 10/11/2015.

GOTELLI, N. J.; ROHDE, K. Co-occurrence of ectoparasites of marine fishes: a null model analysis. **Ecology Letters**. 2002. 5: 86- 94.

GRAÇA, W.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. 1^a. ed., Eduem, Maringá, 2007. 241 pp.

HOLMES, J. C. Competition, contacts, and other factors restricting niches of parasitic helminths. **Annales Parasitologie Humaine Comparée**. 1990. 65: 69-72.

HORWITZ, P.; WILCOX, B. A. Parasites, ecosystems and sustainability: an ecological and complex systems perspective. **International Journal for Parasitology**. 2005. 35 (7): 725- 732.

LEVÊQUE, C., et al. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. **Hydrobiologia**. 2008. 595: 545-567.

LUQUE, J. L. et al. Aspectos ecológicos. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (Orgs.) **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. 2013. 67- 84.

MAKRAKIS, S. et al. The Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. **Neotropical Ichthyology**. 2007. 5 (2): 185- 195.

MARCOGLIESE, D.J. Food webs and biodiversity: are parasites the missing link? **Journal of Parasitology**. 2003. 89 (6): 106-113.

MARCOGLIESE, D. J. Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health? **International Journal for Parasitology**, 2005. 35: 705-716.

MARCOLIN, N. Rotas de eletricidade. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo. 2005. 118: 8-9.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, JG. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). **Hydrobiologia**. 2005. 542: 367- 378.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; LUZIA, A. P.; TUNDISI, J. G. Estado trófico dos reservatórios em cascata do médio e baixo Tietê (SP) e manejo para controle da eutrofização. In: TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, C. S. (Eds.) **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. 532p.

MPF – Ministério Público Federal. **Deficiências em Estudos de Impacto Ambiental: Síntese de uma experiência**. Brasília: 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, Escola Superior do Ministério Público da União. 2004.

NOGUEIRA, M.G.et al. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos) - um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (eds). **Ecologia de Reservatórios: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: Rima, 2006, p. 83-125.

NOGUEIRA, MG. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**. 2000. 431: 115-128.

PAES, E. T.; BLINDER, P. B. Modelos nulos e processos de aleatorização: algumas aplicações em ecologia de comunidades. In: PERES- NETO, P. R.; et al. (eds.) **Tópicos em tratamento de dados biológicos**. 1995. 2: 119- 139.

PAVANELLI, G. C. et al. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. 3. ed. Maringá: Eduem. 2008. 311p.

PAVANELLI, G. C. et al. Estado da arte dos parasitos de peixes de água doce do Brasil. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. 2013. pp. 11- 16.

PERES PONCE DE LEÓN, G. P.; PIETRO, L. G. Los parasitos em el contexto de la biodiversidad y la conservación. CONABIO. **Biodiversitas**. 2001. 34: 11-15.

POULIN, R. Richness, nestedness, and randomness in parasite infracommunity structure. **Oecologia**. 1996. 105: 545–551.

SANTOS-CLAPP, M. D.; BRASIL-SATO, M. C. Parasite community of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in the Três Marias Reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**. 2014. 23 (3): 367-374.

SCOTT- HOLLAND et al. Distribution of an asymmetrical copepod, *Hatschekia plectropomi*, on the gills of *Plectropomus leopardus*. **Journal of Fish Biology**. 2006. 68: 222–235.

SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. 2006. 66 (1B): 337-350.

SILVA-SOUZA, A. T., et al. Parasitas de peixes como indicadores de estresse ambiental e eutrofização. In: TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T.; GALLI, C. S. (org.). **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. 1. Ed., São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 2006. 1: 373-386.

SIMKOVÁ, A. et al. Order and disorder in ectoparasite communities: the case of congeneric gill monogeneans (*Dactylogyrus* spp.). **International Journal for Parasitology**. 2001. 31: 1205–1210.

TAKEMOTO, R. M., et al. Parasitos de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela Editora, 2004.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (orgs.). **Ecologia de reservatórios**. 2ª. ed. Rima: São Carlos. 2006

VANNOTE, R.L, et al. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 1980, 37: 130-137.

VIEIRA, I. Frequência, constância, riqueza e similaridade da ictiofauna da bacia do rio Curuá-Una, Amazônia. **Revista Brasileira de Zoociências**.2000. 2 (2): 51-76.

WCD - World Commission on Dams. Dams and development: A framework for decisionmaking. **The World Commission on Dams**, 2000.

WEICHMAN, M. A.; JANOBY Jr., J. A. Parasite community structure in *Pimephales promelas* (Pisces: Cyprinidae) from two converging streams. **The Journal of Parasitology**. 2000. 86 (3): 654- 656.

ZAGO AC et al. The helminth community of *Geophagus proximus* (Perciformes: Cichlidae) from a tributary of the Paraná River, Ilha Solteira Reservoir, São Paulo State, **Journal of Helminthology**, 2013. 87 (2): 203-211.

ZAGO, A.C. et al. Ectoparasites of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cage farming in a hydroelectric reservoir in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, 2014. 23: 171-178.

2 TAXONOMIA

**Novas espécies de Monogenea (Platyhelminthes) parasitos de
brânquias de *Metynnis cf. lippincottianus* Cope, 1870 (Characiformes:
Serrasalminidae) da região sudeste do Brasil**

Artigo elaborado e formatado
conforme as normas para
publicação científica no periódico
Acta Parasitologica.

Novas espécies de Monogenea (Platyhelminthes) parasitos de brânquias de *Metynnis cf. lippincottianus* Cope, 1870 (Characiformes: Serrasalminidae) da região sudeste do Brasil

RESUMO

Durante um estudo dos parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados em cinco reservatórios dispostos em cascata, localizados no médio e baixo rio Tietê, região sudeste do Brasil, espécimes de 4 novas espécies de Dactylogyridae foram coletados. As novas espécies, duas pertencentes ao gênero *Anacanthorus* e duas ao gênero *Notozothecium* foram descritas e ilustradas. *Anacanthorus n. sp.1* mais se assemelha a *A. chaunophallus* e *A. spinatus* por possuir a ponta do órgão copulatório masculino dilatada e formando estruturas irregulares, no entanto a nova espécie possui a peça acessória simples, não bifurcada como observado nas espécies congênicas semelhantes. *Anacanthorus n. sp.2* mais se assemelha a *A. beleophallus* por possuir um OCM em forma de J e uma peça acessória em forma de foice, não articulada ao OCM. A nova espécie pode ser diferenciada pela peça acessória que possui o tamanho muito próximo ao do OCM, além de apresentar uma protuberância na região central (vs. região central achatada em *A. beleophallus*) e pela ausência de uma membrana observada em *A. beleophallus*. *Notozothecium n. sp.1* mais se aproxima de *N. euzeti* por apresentar o tegumento escamado, por outro lado, o que a diferencia é a presença de barras dorsal e ventral delicadas na nova espécie e robusta em *N. euzeti*. Assim como *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.2* apresenta o corpo escamado, no entanto elas são diferentes no formato das barras. Em *Notozothecium n. sp.2* as barras são mais robustas. *Notozothecium n. sp.2* apresenta saliências nas âncoras dorsais e ventrais não existentes em *Notozothecium n. sp.1*. Os ganchos de *Notozothecium n. sp.2* apresentam a haste claramente subdividida em duas partes, característica não observada nas demais espécies do gênero. Este trabalho registra pela primeira vez o parasitismo de *Notozothecium* em *M. cf. lippincottianus* e faz um novo registro geográfico de *Anacanthorus* parasitando *Metynnis* no rio Tietê.

Palavras-chave: *Anacanthorus n. sp.1*; *Anacanthorus n. sp.2*; *Notozothecium n. sp.1*; *Notozothecium n. sp.2*, região Neotropical, rio Tietê, barragens, cascata de reservatórios, hidrelétrica, São Paulo.

**New species of Monogenea parasites of gills of *Metynnis cf. lippincottianus* Cope, 1870
(Characidae: Serrasalminae) of southeastern Brazil**

ABSTRACT

During a study of metazoan parasites of *Metynnis cf. lippincottianus* collected in five reservoirs arranged in cascade, located in the middle and lower river Tiete, specimens of four new species of Dactylogyridae were collected. The new species, two of the genus *Anacanthorus* and two to the genus *Notozothecium* been described and illustrated. *Anacanthorus* n. sp.1 most resembles *A. chaunophallus* and *A. spinatus* have the point of the male copulatory organ dilated and forming irregular structures, however the new species has a simple accessory piece, not forked as observed in similar congeneric species. *Anacanthorus* n. sp.2 more resembles *A. beleophallus* by MCO have a J-shaped accessory piece and a sickle-shaped, not articulated to the MCO. The new species can be distinguished by the accessory piece that has the closest size to the MCO, in addition to presenting a bulge in the central region (vs. flat central region *A. beleophallus*) and the absence of an observed membrane *A. beleophallus*. *Notozothecium* n. sp.1 is closest *N. euzeti* for introducing the scaled tegument on the other hand, the difference is the presence of delicate dorsal and ventral bars in the new species and robust *N. euzeti*. As *Notozothecium* n. sp.1, *Notozothecium* n. sp.2 shows the scaled body, however they are different in shape of the bars. In *Notozothecium* n. sp.2 the bars are more robust. *Notozothecium* n. sp.2 has protrusions on the dorsal and ventral anchors that do not exist in *Notozothecium* n. sp.1. The hooks of *Notozothecium* n. sp. 2 show the rod clearly divided into two parts, a feature not found in other species of the genus. This paper reports the first time the parasitism *Notozothecium* in *M. cf. lippincottianus* and make a new geographical record of *Anacanthorus* parasitizing *Metynnis* from the Tiete River, southeastern Brazil.

Keywords: *Anacanthorus* n. sp.1; *Anacanthorus* n. sp.2; *Notozothecium* n. sp.1; *Notozothecium* n. sp.2, Neotropical region, Tiete River, dams, cascading reservoirs, hydroelectric, São Paulo.

2.1 Introdução

Monogenea é o mais diverso grupo de ectoparasitos de peixes da região Neotropical (Cepeda e Luque, 2010). A maioria dos organismos deste grupo são ectoparasitos, no entanto também foram encontrados representantes parasitando bexiga urinária e natatória, estômago, cavidade visceral, glândula retal e oviduto, tanto de peixes como de outros hospedeiros menos frequentes como répteis, anfíbios, lulas, crustáceos e olhos de hipopótamo (Takemoto, et al., 2013).

Mais da metade do total de espécies de monogenéticos registrados para a América do Sul foi descrita parasitando peixes no Brasil (Cohen, Justo e Kohn, 2013). Segundo Takemoto et al. (2013), do total de espécies descritos para o Brasil, a grande maioria foi registrado em ambiente dulcícola, pertencentes principalmente a duas famílias, Dactylogyridae e Gyrodactylidae, encontradas parasitando diversas famílias de teleósteos.

Serrasalmidae é uma família de teleósteos que possui a fauna parasitária bem conhecida. Entre os parasitos monogenéticos encontrados em hospedeiros desta família, o gênero mais frequente foi *Anacanthorus* que parasita, nesta família, principalmente peixes do gênero *Serrasalmus* (Cohen, Justo e Kohn, 2013).

Metynnis cf. lippincottianus Cope, 1870 (Characidae: Serrasalmidae) é um peixe de água doce que se alimenta de vegetais e possui o comprimento total máximo de 170,2 mm (Graça e Pavanelli, 2007). Publicações recentes indicam que até o momento somente uma espécie de monogenético, *Anacanthorus jegui* Van Every e Kritsky, 1992, foi registrada parasitando este hospedeiro (Hoshino e Tavares–Dias, 2014). O presente estudo descreve quatro novas espécies de monogenéticos parasitando *M. cf. lippincottianus* coletados no rio Tietê, Estado de São Paulo, Brasil.

2.2 Metodologia

Os peixes foram adquiridos de pescadores nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê – Reservatório de Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos – São Paulo, Brasil, no período de janeiro de 2012 a outubro de 2013. Os peixes foram congelados e levados ao laboratório de Ictioparasitologia da Universidade Estadual de Maringá, onde tiveram suas brânquias removidas, colocadas em solução de formol 5% e posteriormente analisadas sob estereomicroscópio em busca de parasitos monogenéticos. Os parasitos encontrados foram coletados e montados entre lâmina e lamínula, alguns em meio Hoyer para a visualização das estruturas esclerotizadas enquanto outros foram corados com Tricrômico de Gomori para auxiliar na visualização dos órgãos internos (ver Eiras, Takemoto e Pavanelli, 2006). Todas as medidas estão em micrômetros, fora dos parênteses é apresentado

a média. Os valores de máximo e mínimo e a quantidade de espécimes medidos estão entre parênteses. A medida do corpo inclui também o haptor. A numeração dos pares de ganchos segue Mizelle (1936). Holótipo e parátipos foram depositados na Coleção Helminológica do Instituto Osvaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

2.3 Resultados

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Anacanthorinae Price, 1967

Anacanthorus Mizelle e Price, 1965

Anacanthorus n. sp.1 (Figs. 01 – 03)

Localidade tipo: rio Tietê, reservatório da Usina Hidrelétrica de Promissão (21° 17' 32.71" S; 49° 47' 41.13" O), São Paulo, Brasil.

Demais localidades: rio Tietê, reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Avanhandava (21°07'00.90"S; 50°14'51.91"O) e Três Irmãos (20°39'56.79"S; 51°26'40.61"O), São Paulo, Brasil.

Prevalência: 66,7%

Holótipo: CHIOC XXXXX

Parátipos: CHIOC XXXXX

Descrição (baseada em 20 espécimes): corpo dividido em região cefálica, tronco e haptor; 361 (315-415, n=15) comprimento, 92 (83-124, n=15) largura medida na metade do comprimento. Tegumento fino e liso. Lobos cefálicos bem desenvolvidos, órgãos da cabeça presentes e glândulas cefálicas pouco visíveis. Dois pares de olhos sendo os membros do par anterior ligeiramente menores e mais distantes. Faringe esférica; esôfago curto; cecos intestinais confluentes. Complexo copulatório composto por um órgão copulatório masculino (OCM) e peça acessória; OCM em forma de “J” com a base abrindo para a porção mediana do órgão, 85 (81-93, n=15) comprimento. Base do OCM levemente estriada; porção distal do OCM dilatada, com abertura irregular e aletas terminais. Peça acessória única, não articulada à base do OCM, 35 (33-42, n=13) comprimento. Glândulas prostáticas presentes na base do complexo copulatório. Vesícula seminal com a margem irregular, levemente visível. Gônadas em tandem, testículo alongado 85 (82-87, n=10) comprimento, posterior ao germário. Vagina e receptáculo seminal ausentes. Vitelino abundante, ausente nas áreas reprodutivas e região cefálica. Haptor composto por 7 pares de ganchos com distribuição observada para a subfamília Anacanthorinae (3 pares dorsais, 4 pares ventrais) e um par de ganchos 4A. Ganchos delicados, diferentes entre si, sendo 4 pares compostos por haste com a porção distal alongada e três pares com a porção

distal esférica, todos com o polegar saliente lâmina e ponta curvas, FH loop $\frac{1}{2}$ comprimento da haste. Âncoras dorsais e ventrais e barras ausentes. Oviduto, ootipo e ovo não observados.

Comentários: *Anacanthorus n. sp.1* apresenta o OCM em forma de “J”, uma forma bastante frequente nas espécies deste gênero. A nova espécie se assemelha a *Anacanthorus spinatus* Kritsky, Boeger e Van Every, 1992 e a *Anacanthorus chaunophallus* Kritsky, Boeger e Van Every, 1992 no que diz respeito ao formato do OCM que se dilata na porção distal. Todavia, tanto em *A. spinatus* como em *A. chaunophallus* a peça acessória é bifurcada, sendo que em *A. spinatus* os ramos terminam em estruturas semelhante a espinhos e em *A. chaunophallus* a peça acessória se bifurca formando uma lâmina. *Anacanthorus n. sp.1* possui a peça acessória simples, sem bifurcação, formando uma estrutura semelhante a uma foice. *Anacanthorus n. sp.1* também se assemelha a *A. lygophallus* Kritsky, Boeger e Van Every, 1992, quando se compara a porção distal do OCM que forma estruturas irregulares, no entanto, a peça acessória de *Anacanthorus n. sp.1* não é articulada ao OCM, como observado em *A. lygophallus*. Essas características diferenciam *Anacanthorus n. sp.1* das demais espécies do gênero, sendo por isso, apresentada como uma nova espécie.

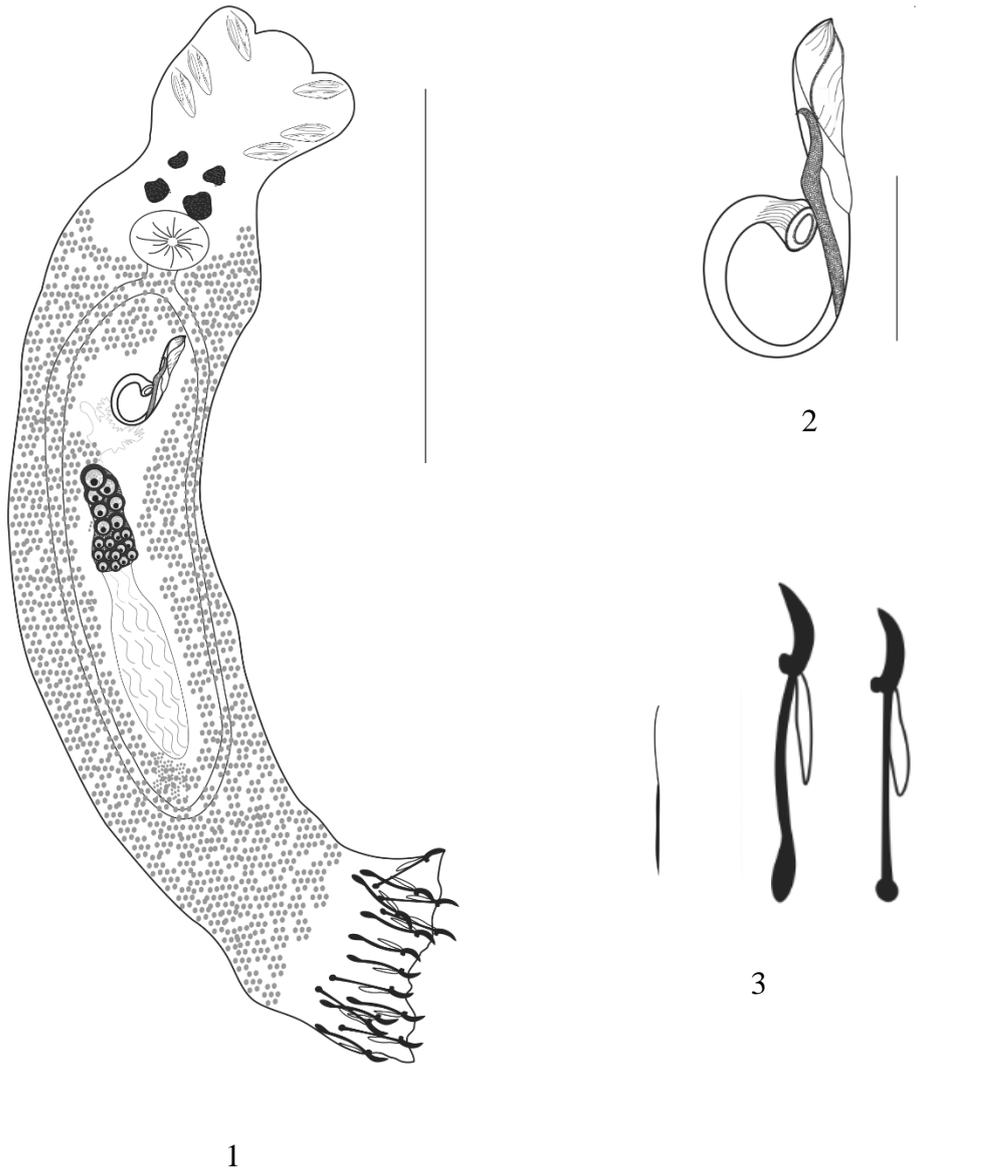


Figura 01-03. *Anacanthorus n. sp. 1.* parasito de *Metynnis cf. lippincottianus* Cope, 1870.

1. Desenho composto, vista ventral; 2. Complexo copulatório, vista ventral; 3. Ganchos 4A e demais ganchos, respectivamente. Escalas: 1 = 100 μm ; 2 = 25 μm ; 3 = 12 μm

Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Anacanthorinae Price, 1967

Anacanthorus Mizelle e Price, 1965

Anacanthorus n. sp. 2 (Figs. 04 - 06)

Localidade tipo: rio Tietê, reservatório da Usina Hidrelétrica de Promissão (21° 17' 32.71" S; 49° 47' 41.13" O), São Paulo, Brasil.

Demais localidades: rio Tietê, reservatórios das usinas hidrelétricas de Bariri (22°08'45.63"S; 48°45'06.01"O), Ibitinga (21°46'09.15"S; 49°02'30.94"O), Nova Avanhandava (21°07'00.90"S; 50°14'51.91"O), Três Irmãos (20°39'56.79"S; 51°26'40.61"O), São Paulo, Brasil.

Prevalência: 66,7%

Holótipo: CHIOC XXXXX

Parátipos: CHIOC XXXXX

Descrição (baseada em 20 espécimes): Corpo dividido em região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor, 466 (415 – 498, n=12) comprimento, 106 (83 – 124, n=12) largura medida na metade do comprimento. Tegumento liso e delicado. Lobos cefálicos pouco desenvolvidos, órgãos da cabeça presentes e pouco definidos e glândulas cefálicas não observadas. Dois pares de olhos sendo os membros do par anterior menores e mais próximos. Faringe esférica; esôfago longo; cecos intestinais confluentes. Complexo copulatório composto por um órgão copulatório masculino (OCM) em forma de “J”, com ampla abertura na base e na ponta, 48 (42 – 55) de comprimento e peça acessória 38 (30 – 47) comprimento. Peça acessória única, robusta, alongada, não articulada à base do OCM. Glândulas prostáticas presentes na base do complexo copulatório. Testículo alongado, posterior ao germário. Vagina e receptáculo seminal ausentes. Vitelino abundante, ausente na região cefálica e próximo aos órgãos reprodutivos. Haptor bilobado, composto por 7 pares de ganchos com distribuição observada para a subfamília Anacanthorinae (3 pares dorsais, 4 pares ventrais) e ganchos 4A. Ganchos semelhantes, delicados, polegar saliente, porção proximal da haste dilatada, lâmina e ponta curvas, FH loop ½ comprimento da haste. Âncoras dorsais e ventrais e barras ausentes. Oviduto, ootipo e ovo não observados.

Comentários: Assim como *Anacanthorus n. sp.*1, esta nova espécie também possui o OCM em forma de J, apesar de não apresentar a ponta do órgão dilatada como observada em *Anacanthorus n. sp.*1. *Anacanthorus n. sp.*2 se assemelha a 4 espécies congênicas: *A. beleophallus* Kritsky, Boeger e Van Every, 1992, *A. reginae* Boeger e Kritsky, 1988, *A.*

amazonicus Van Every e Kritsky, 1992 e *A. jegui* Van Every e Kritsky, 1992, no que diz respeito a forma do complexo copulatório. No entanto, *A. beleocephalus* apresenta uma membrana no OCM não observada em *Anacanthorus n. sp.2*. *Anacanthorus amazonicus* apresenta uma membrana estriada ligando a peça acessória ao OCM, característica que não foi observada na nova espécie. Tanto *A. reginae* quanto *A. jegui* apresentam duas expansões marginais na porção mediana da peça acessória, enquanto que em *Anacanthorus n. sp.2* foi observada apenas uma expansão. Até o momento o único registro de monogenético parasitando brânquias de *M. cf. lippincottianus* foi de *A. jegui* na região Leste da Amazônia (Hoshio e Tavares-Dias, 2014). No entanto, os autores não disponibilizaram ilustrações, medidas ou lâminas para a comparação dos materiais. Baseado na descrição de *A. jegui* e observando as diferenças entre esta espécie e as demais espécies do gênero, fica claro que se trata de uma espécie nova para a ciência.

Dactylogyridae Bychowsky, 1933
 Ancyrocephalinae Bychowsky, 1937
Notozothecium Boeger e Kritsky, 1988
Notozothecium n. sp.1 (Fig. 7-13)

Localidade tipo: rio Tietê, reservatório da Usina Hidrelétrica de Promissão (21° 17' 32.71" S; 49° 47' 41.13" O), São Paulo, Brasil.

Demais localidades: rio Tietê, reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Avanhandava (21°07'00.90"S; 50°14'51.91"O) e Três Irmãos (20°39'56.79"S; 51°26'40.61"O), São Paulo, Brasil.

Prevalência: 70%

Holótipo: CHIOC XXXXX

Parátipos: CHIOC XXXXX

Descrição (baseada em 20 espécimes): corpo achatado dorso-ventralmente, 337 (266 – 415, n = 15) comprimento, 83 (50 – 108, n = 15) largura medida na metade do comprimento. Tegumento escamado. Lobos cefálicos pouco definidos, órgãos de cabeça e glândulas cefálicas presentes. Dois pares de olhos presentes, sendo os olhos do par posterior maiores; faringe esférica; esôfago longo, cecos intestinais confluentes. Complexo copulatório composto por um OCM em forma de um tubo delicado, encurvado, com ½ volta no sentido anti-horário, 28 (22 – 36, n = 10) comprimento medido da ponta até o início da curva; peça acessória composta por três partes, sendo a parte proximal curta e articulada a base do OCM, a parte mediana delgada e subdividida em duas partes e a parte distal formada por três partes terminando em forma de leque. Gônadas sobrepostas, testículo oval alongado, dorsal ao germário, levemente visível ao final do germário; germário piriforme invertido, 53 (51 – 54, n = 5) comprimento, 21 (21 – 22, n = 5) largura; receptáculo seminal arredondado, levemente visível, coberto por vitelinos, vagina com abertura dextro-ventral, sobreposta ao ceco intestinal. Haptor composto por dois pares de âncoras, um ventral e um dorsal. Âncoras ventrais maiores 39 (38 – 42, n = 13) comprimento, 16 (14 – 17, n = 13) base; raiz superficial truncada, raiz profunda curta, lâmina levemente curvada e ponta curta. Âncoras dorsais 30 (25 – 34, n = 13) comprimento, 13 (10 – 11, n = 12) base; raiz superficial lisa, raiz profunda ½ do comprimento da raiz superficial, lâmina reta e ponta curta. Barra ventral delicada, com as extremidades dilatadas e achatadas e processo antero-medial longo, 51 (50 – 53, n = 10) comprimento, 10 (5 – 14, n = 10) largura; barra dorsal alongada, com as extremidades levemente dilatadas, 42 (38 – 47, n = 10) comprimento, 4 (4 – 5, n = 10) largura. Ganchos similares na forma, com polegar saliente e ponta delicada, FH loop se estendendo até 1/3 do comprimento da haste no par 1 e até ½ do comprimento da haste nos demais pares; pares 1; 16 (10 – 17, n = 10) comprimento, pares 2; 3; 4; 6 e 7; 26 (25 – 27, n = 6)

comprimento e par 5; 20 (19 – 21, n=6) comprimento. Oviduto, útero e ovo não observados, vitelino denso, ausente próximo as regiões reprodutivas.

Comentários: *Notozothecium* é um gênero de Ancyrocephalinae parasito de Characidae cujas características principais são a presença de um complexo copulatório masculino compreendendo um órgão copulatório em forma de um tubo com voltas no sentido anti-horário e peça acessória com um processo de articulação proximal, haste distal e uma placa terminal em forma de leque, vagina única sobreposta ao ceco intestinal direito e uma barra ventral com projeção antero-medial. A espécie descrita neste trabalho se assemelha a duas espécies congêneres: *N. euzeti* Kritsky, Boeger e Jégu, 1996 e *N. bethae* Kritsky, Boeger e Jégú, 1996. O tegumento da nova espécie é escamado como o observado em *N. euzeti*, no entanto tanto a barra dorsal quanto a barra ventral de *N. euzeti* são mais robustas do que as encontradas em *Notozothecium n. sp.1*. O complexo copulatório de *Notozothecium n. sp.1* também se assemelha ao complexo copulatório de *N. euzeti* e de *N. bethae*, no entanto em *Notozothecium n. sp.1* a articulação da peça acessória com o OCM não forma flanges laterais como observado nas demais espécies citadas. Esta é a décima espécie descrita para este gênero, sendo o primeiro registro para *Metinnis cf. lippincotyannus*.

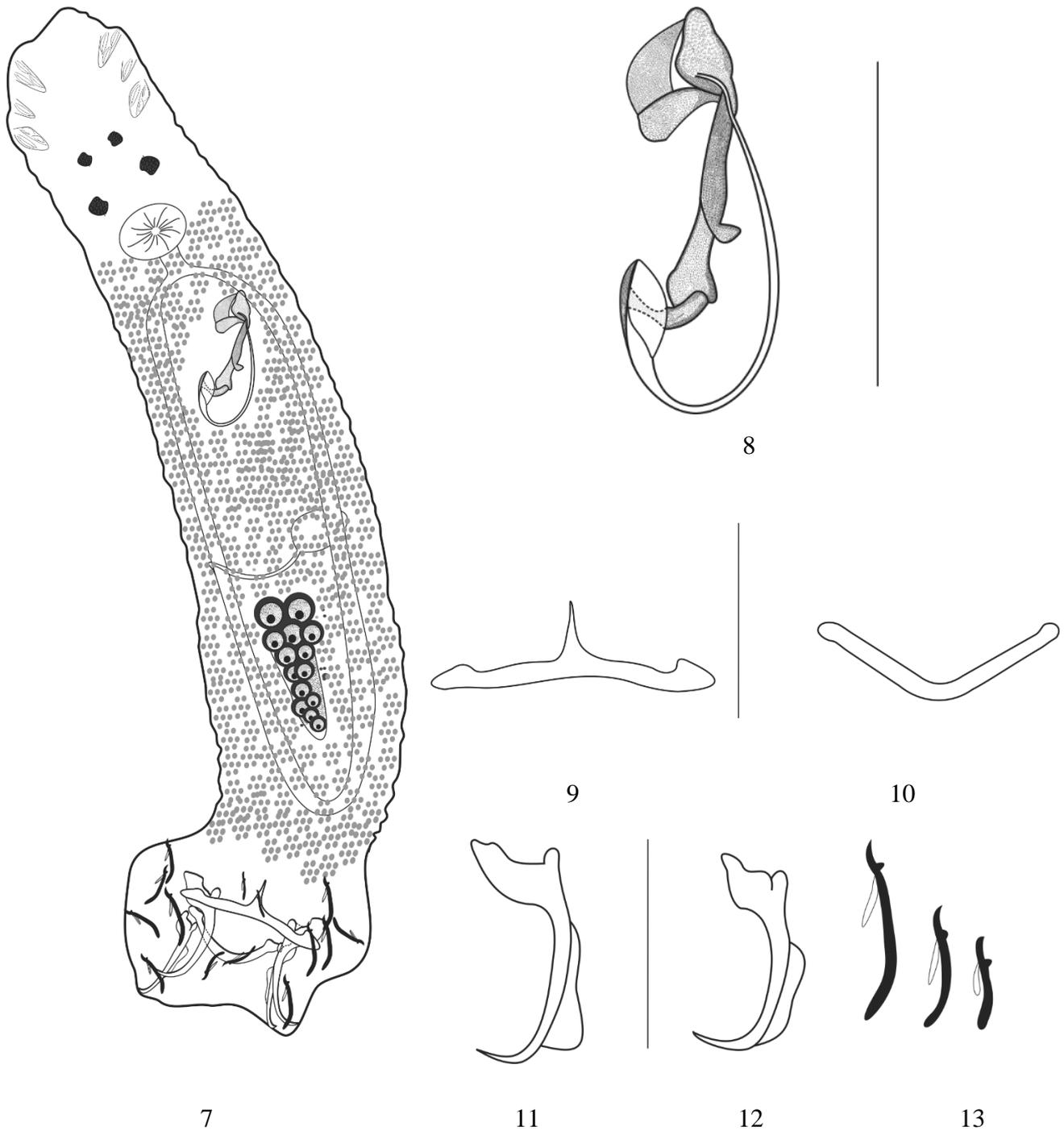


Figura 07-13. *Notozothecium n. sp. 1* parasito de *Metynnis cf. lippincottianus* Cope, 1870. 7. Desenho composto, vista ventral; 8. Complexo copulatório, vista ventral; 9. Barra ventral; 10. Barra dorsal; 11. Âncora ventral; 12. Âncora dorsal; 13. Ganchos pares 1; 2-3-4-6-7 e 5, respectivamente. Escalas: 7 = 125 μm . 8-13 = 25 μm .

Dactylogyridae Bychowsky, 1933
 Ancyrocephalinae Bychowsky, 1937
Notozothecium Boeger e Kritsky, 1988
Notozothecium n. sp.2 (Fig. 14-20)

Localidade tipo: rio Tietê, reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Avanhandava (21°07'00.90"S; 50°14'51.91"O), São Paulo, Brasil.

Demais localidades: rio Tietê, reservatórios das usinas hidrelétricas de Promissão (21° 17' 32.71" S; 49° 47' 41.13" O), Três Irmãos (20°39'56.79"S; 51°26'40.61"O), São Paulo, Brasil.

Prevalência: 30%

Holótipo: CHIOC XXXXX

Parátipos: CHIOC XXXXX

Descrição (baseada em 10 espécimes): corpo achatado dorso-ventralmente, 456 (453-458, n=8) comprimento, 83 (82-83, n=10) largura medida na metade do comprimento. Tegumento escamado, corpo dividido em cabeça, tronco, pedúnculo e haptor. Lobos cefálicos bem definidos, órgãos de cabeça presentes, sendo dois superiores e dois inferiores, glândulas cefálicas visíveis. Dois pares de olhos presentes, sendo os olhos do par anterior menores e mais próximos; faringe esférica; esôfago curto, cecos intestinais confluentes. Complexo copulatório composto por um OCM em forma de um tubo delicado, encurvado, com cerca de 1 volta no sentido anti-horário, 28 (28-29, n=8) comprimento medido da ponta até o início da curva; peça acessória composta por três partes, sendo a parte proximal sem subdivisões, curta e articulada com a base do OCM, a parte mediana sem subdivisões, curta e a parte distal subdividida em três partes que terminam em uma estrutura semelhante a uma pinça. Gônadas sobrepostas, testículo piriforme, levemente visível ao final do germário; vaso deferente fazendo uma volta no ceco intestinal esquerdo e se dilatando distalmente para formar a vesícula seminal; germário em forma de cone invertido, 70 (67-71, n=5) comprimento; receptáculo seminal alongado, levemente visível, vagina com abertura dextro-ventral, sobreposta ao ceco intestinal. Haptor composto por dois pares de âncoras, um ventral e um dorsal. Âncoras ventrais maiores 49 (47-50, n=10) comprimento; raiz superficial truncada, com uma saliência na ponta da raiz, raiz profunda curta, lâmina em curva e ponta curta. Âncoras dorsais 40 (39-42, n=10) comprimento, raiz superficial curta, raiz profunda curta, saliência na junção entre a raiz superficial e a raiz profunda, lâmina encurvada e ponta curta. Barra ventral robusta, com as extremidades dilatadas e achatadas e processo antero-medial longo, 45 (43-46, n=12) comprimento; barra dorsal com margem levemente irregular, processo medial curto, com as extremidades sem dilatação, dilatadas, 45 (44-46, n=11) comprimento. Ganchos similares na forma, com polegar saliente,

ponta delicada e haste claramente subdividida em duas partes, FH loop se estendendo até a subdivisão da haste, com exceção do par 5 que possui o FH loop se estendendo até $\frac{1}{2}$ do comprimento da haste. Ganchos par 1; 29 (28-30, n=8) comprimento; pares 2, 3, 4, 6 e 7; 42 (42-43, n=10) comprimento; par 5; 18 (17-20, n=5) comprimento. Vitelino abundante, ausente na região cefálica e próximo as regiões reprodutivas. Oviduto, útero, ovo não observados.

Comentários: a presença de uma vagina simples com uma volta no lado direito do ceco intestinal, uma barra ventral com uma projeção antero-medial e o complexo copulatório composto de um tubo com volta no sentido anti-horário e uma peça acessória composta por um processo de articulação com a base, haste distal e porção distal em forma de pinça, inclui esta espécie no gênero *Notozothecium*. A nova espécie muito se assemelha a *N. euzeti* e *N. janauachensis* Belmont-Jegú, Domingues e Martins, 2004, por apresentar o corpo escamado, no entanto *N. euzeti* apresenta a raiz superficial tanto das âncoras ventrais quanto das âncoras dorsais truncada, além de um flange lateral na base do OCM que não foi observada em *Notozothecium n. sp.2*. *Notozothecium janauachensis* não possui a placa terminal observada nas demais espécies do gênero inclusive em *Notozothecium n. sp.1* e *Notozothecium n. sp.2*. O complexo copulatório e as barras de *Notozothecium n. sp.2* se assemelham aos de *N. teinodendrum* Kritsky, Boeger e Jégu, 1996, por outro lado, as âncoras ventrais e as âncoras dorsais da nova espécie possuem saliências não observadas nas âncoras de *N. teinodendrum*. *Notozothecium n. sp.1* e *Notozothecium n. sp.2* apresentam o corpo escamado, no entanto elas são diferentes no formato das barras. Em *Notozothecium n. sp.2* as barras são mais robustas e em *Notozothecium n. sp.1* elas se apresentam mais delicadas. *Notozothecium n. sp.2* apresenta saliências nas âncoras dorsais e ventrais não existentes em *Notozothecium n. sp.1*. O complexo copulatório de *Notozothecium n. sp.2* se assemelha ao de *Notozothecium n. sp.1*, no entanto, neste último observa-se uma volta completa do OCM, não observada em *Notozothecium n. sp.2*. Por fim, os ganchos de *Notozothecium n. sp.2* são diferentes de todas as outras espécies congênicas, inclusive *Notozothecium n. sp.1*, por apresentar a haste claramente subdividida em duas partes. Por apresentar características distintas das observadas nas demais espécies do gênero, *Notozothecium n. sp.2* é apresentada como uma nova espécie.

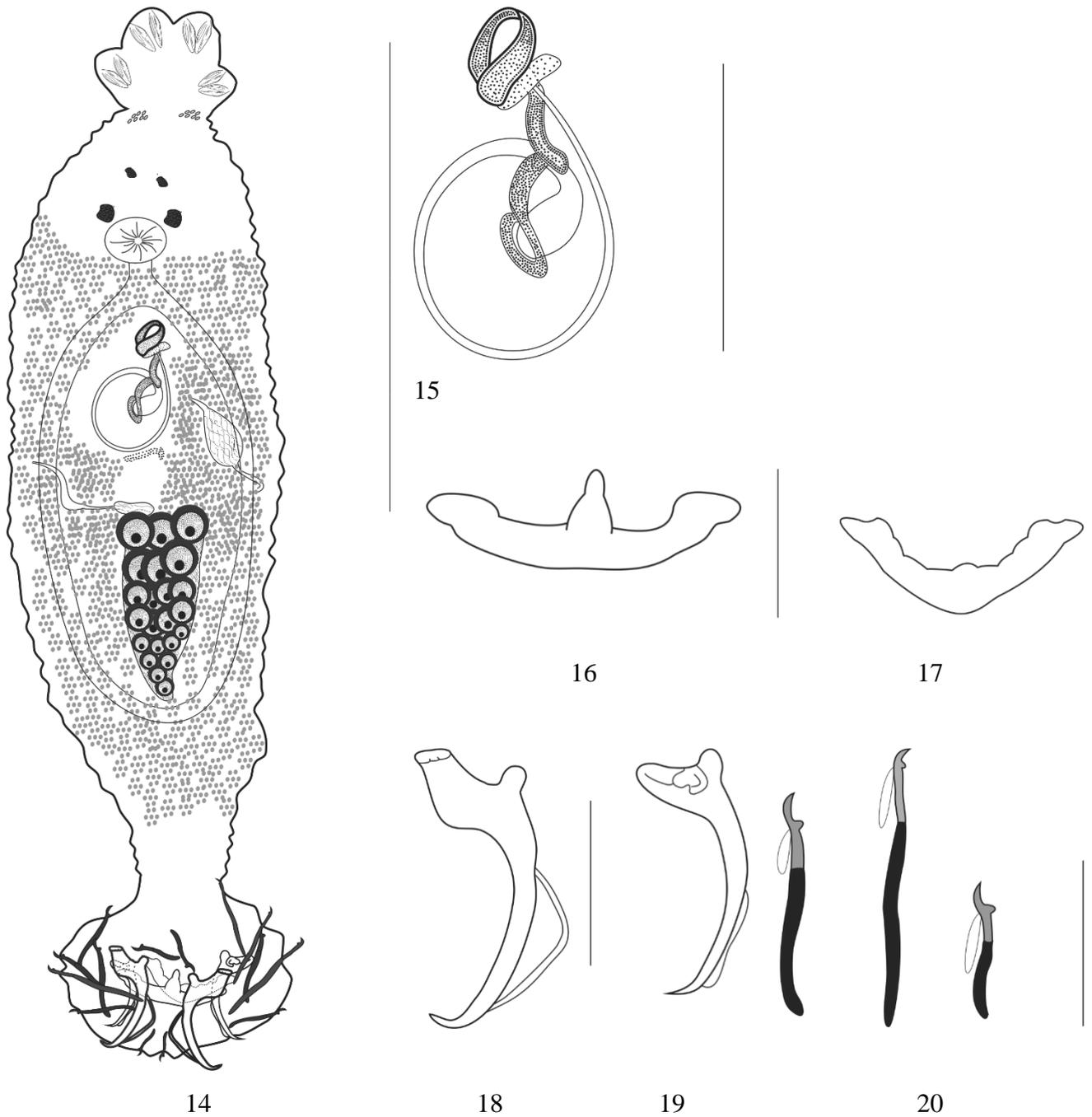


Figura 14-20. *Notozothecium n. sp.2* parasito de *Metynnix cf. lippincottianus* Cope, 1870. 14. Desenho composto, vista ventral; 15. Complexo copulatório, vista ventral; 16. Barra ventral; 17. Barra dorsal; 18. Âncora ventral; 19. Âncora dorsal; 20. Ganchos pares 1; 2-3-4-6-7 e 5, respectivamente. Escalas: 14= 125 μ m. 15-20=25 μ m.

2.4 Discussão

Os peixes da família Serrasalmidae possuem, de uma forma geral, a fauna parasitária bastante estudada. O grupo Monogenea, um dos grupos de parasitos mais estudados, apresenta 92 espécies registradas para esta família de hospedeiros, sendo que o gênero *Anacanthorus* é o que possui o maior número de espécies descritas, 32 espécies só para hospedeiros da família Serrasalmidae (Cohen, Justo e Kohn, 2013). No entanto, o gênero *Metynnis* possui a fauna parasitária pouco estudada. Entre os monogenéticos foi registrado apenas a espécie *Anacanthorus jegui* Van Every e Kritsky, 1992, em brânquias de *Metynnis lippincottianus* (Hoshio e Tavares-Dias, 2014). O presente estudo registrou quatro novas espécies parasitando brânquias de *M. cf. lippincottianus*, duas do gênero *Anacanthorus* e duas do gênero *Notozothecium*. *Anacanthorus* é um gênero que se caracteriza pela ausência de vagina e ausência de âncoras e barras no haptor. Apresenta aproximadamente 70 espécies registradas parasitando brânquias de peixes characiformes de região Neotropical (Thatcher, 2006; Monteiro, Kritsky e Brasil – Sato, 2010; Cohen, Kohn e Boeger, 2012) e foi registrado parasitando 27 espécies de peixes. Até o momento, a grande maioria das espécies descritas de *Anacanthorus* foram encontradas em peixes da bacia Amazônica, com exceção de *A. penilabiatus* encontrados em peixes de cultivo no estado de São Paulo e Ceará, e também parasitando peixes da bacia do rio São Francisco e *A. douradenses*, *A. bicuspidatus*, *A. contortus*, *A. daulometrus*, *A. parakruidenieri*, parasitando *Salminus brasiliensis* Cuvier, 1816, coletados no rio Paraná (Boeger, Husak e Martins, 1995; Monteiro, Kritsky e Brasil – Sato, 2010; Cohen, Kohn e Boeger, 2012). Este trabalho registra pela primeira vez o parasitismo de *Anacanthorus* em peixes da bacia do rio Tietê.

Notozothecium Boeger e Kritsky, 1988 foi descrito parasitando brânquias de piranha *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858 e a descrição apresentou as seguintes características: presença de uma vagina não esclerotizada única, fazendo uma volta no lado direito do ceco intestinal e com abertura destro-ventral. Posteriormente, Kritsky et al. (1996) incluiu neste gênero características como a barra ventral com projeção ântero-medial, complexo copulatório compreendendo um tubo de uma volta no sentido anti-horário e peça acessória com um processo de articulação proximal, haste distal e placa terminal em forma de leque e descreveu mais cinco espécies para este gênero: *N. bethae*, *N. euzeti*, *N. foliulum*, *N. robustum*, *N. teinodendrum*. Belmont – Jégu, et al. (2004) e Cohen e Khon (2008) descreveram *N. janauachensis* e *N. lamotheargumedoi* respectivamente, que se diferenciavam das demais espécies por não

apresentar na porção distal da peça acessória uma placa em forma de leque, característica que até então era geral para o gênero.

Até o momento haviam sido descritas 9 espécies para o gênero *Notozothecium* parasitando peixes caracíformes do gênero *Raphiodon* pertencente à família Characidae e *Mylesinus*, *Myleus*, *Acnodon*, *Colossoma*, *Pristobrycon*, *Pygocentrus* e *Serrasalmus* pertencentes a família Serrasalminidae. O presente estudo registra *Metynnis cf. lippincottianus* (Characíformes: Serrasalminidae) como um novo hospedeiro de *Notozothecium*.

2.5 Referências

Belmont- Jégu, E., Domingues, M. V., Martins, M. L. 2004. *Notozothecium janauachensis* n. sp. (Monogenoidea: Dactylogyridae) from wild and cultured tambaqui, *Colossoma macropomum* (Teleostei: Characidae: Serrasalminae) in Brazil. **Zootaxa**, 736:1-8.

Cepeda, P. B., Luque, J. L. 2010. Three new species of *Demidospermus* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Brachyplatystoma filamentosum* (Siluriformes: Pimelodidae) from the Araguaia River, Brazil. **Journal of Parasitology**, 96: 869 – 873.

Cohen, S. C., Justo, M. C. N., Kohn A. 2013. **South American Monogenoidea Parasites of Fishes, Amphibians and Reptiles**. Rio de Janeiro: Oficina de Livros, 613pp.

Cohen S. C., Kohn; A. 2008. A new species of the genus *Notozothecium* (Monogenea: Dactylogyridae), parasitizing the gills of *Raphiodon vulpinus* (Cinodontidae, Characiformes) from the Paraná River, State of Paraná, Brazil. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 79: 95S–98S.

Cohen S. C.; Kohn A., Boeger W. A. 2012. Neotropical Monogenoidea. 57. Nine new species of Dactylogyridae (Monogenoidea) from the gill of *Salminus brasiliensis* (Characidae, Characiformes) from the Paraná river, State of Paraná, Brazil. **Zootaxa**, 3149: 57 - 68

Eiras J.C., Takemoto, R. M., Pavanelli, G.C. 2006. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. 2º ed., Eduem, Maringá, 199 pp.

Graça W. J., Pavanelli C. S. 2007. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. 1ª. ed., Eduem, Maringá, 241 pp.

Hoshino M. D. F. G., Tavares – Dias M. 2014. Ecology of parasites of *Metynnis lippincottianus* (Characiformes: Serrasalmidae) from the eastern Amazon region, Macapá, State of Amapá, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 36 (2): 249-255.

Mizelle, J. D. 1936. New species of trematodes from gills of Illinois fishes. **American Midland Naturalist**, 17:785 – 806.

Monteiro C. M., Kritsky D. C., Brasil-Sato M. C. 2010. Neotropical Monogeneoidea. 56. New species of *Anacanthorus* (Dactylogyridae) from the gills of Matrinchã, *Brycon orthotaenia* (Characiformes: Characidae), in the Rio São Francisco, Brazil, **Folia Parasitologica**, 57: 164 – 168.

Pavanelli G. C., Eiras J. C., Takemoto R. M. 2008. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. 3. Ed. Maringá: Eduem. 311pp.

Takemoto R. M., Luque J. L., Bellay S., Longhini C. E. and Graça R. J. 2013. Monogenea. In: Pavanelli G. C., Takemoto R. M., Eiras J. C. (orgs.), **Parasitologia – Peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Eduem. pp. 273 – 300.

Thatcher V. E. 2006. **Aquatic biodiversity in Latin America - Biodiversidad acuática em América Latina**. 2nd ed. Sofia – Moscow: Pensoft. v.1: Amazon fish parasites.

3 ECOLOGIA

ESTRUTURA DA COMUNIDADE E ASPECTOS DA RELAÇÃO PARASITO- HOSPEDEIRO DE METAZOÁRIOS DE *METYNNIS CF. LIPPINCOTTIANUS* DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL

Artigo elaborado e formatado conforme as normas para publicação científica no periódico *Parasitology Research*.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE E RELAÇÃO PARASITO- HOSPEDEIRO DE METAZOÁRIOS DE *METYNNIS CF. LIPPINCOTTIANUS* DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DA REGIÃO NEOTROPICAL

Resumo

A construção de reservatórios em cascata altera as características do rio em termos físicos, químicos e biológicos. A intensidade dessas alterações depende de uma série de fatores, como o tempo de residência da água, a idade e o tamanho do reservatório. O monitoramento de dados bióticos e abióticos de reservatórios permitem avaliar e buscar métodos para controlar os impactos causados pelas interferências no ambiente. Os parasitos de peixes são frequentemente negligenciados nestes estudos de monitoramento, no entanto eles fornecem informações importantes sobre o hospedeiro, e além de refletir as condições do meio onde o hospedeiro vive, podem ser utilizados como indicadores de estresse ambiental. O presente estudo apresenta dados a respeito da fauna de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos cinco reservatórios em cascata do médio e baixo rio Tietê. Foram coletados parasitos de três grupos taxonômicos: Monogenea: *Anacanthorus n. sp.1*, *Anacanthorus n. sp.2*, *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.2*; Nematoda: *Spinoxyuris oxydoras* e *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* e Digenea: *Ascocotyle sp.*(metacercária). Foi verificado que os reservatórios mais próximos são mais semelhantes quanto a abundância e a riqueza de parasitos. A espécie de parasito mais abundante e dominante nos cinco reservatórios amostrados foi *S. oxydoras* e no reservatório de Promissão apresentou a maior abundância média de parasitismo. Verificou-se que a comunidade de parasitos de *M. cf. lippincottianus* se organiza de forma não aleatória, apresentando um padrão de segregação dentro do reservatório e das comunidades componentes. Padrões de abundância, riqueza e diversidade dos parasitos se apresentam de forma diferente nos cinco reservatórios amostrados, evidenciando que o ambiente tem papel fundamental na estruturação das infracomunidades de parasitos metazoários deste hospedeiro.

Palavras-chave: *Metynnis cf. lippincottianus*, Nematoda, Monogenea, Digenea, coocorrência, São Paulo, Brasil

STRUCTURE OF THE COMMUNITY AND RELATIONSHIP PARASITE- HOST OF *Metynnis cf. lippincottianus* OF RESERVOIRS OF CASCADE IN NEOTROPICAL

Abstract

The construction of cascade reservoirs alters the river characteristics in physical, chemical and biological terms. The intensity of these changes depends on a number of factors, including the age and size of the reservoir, the residence time of the water. Biotic and abiotic data of the reservoirs need to be monitored in order to control the impacts caused by such interference. Parasites of fish are often overlooked in these studies, however they provide important information not only about their host, but also reflect the conditions of the environment where the host lives, and may even be used as indicators of environmental stress. This study presents data on the metazoan parasites of wildlife *Metynnis cf. lippincottianus* collected in the five reservoirs cascade the middle and lower Tiete river. Parasites were collected from three taxonomic groups: Monogenea: *Anacanthorus* n. sp.1, *Anacanthorus* n. sp.2, *Notozothecium* n. sp.1, *Notozothecium* n. sp.2; Nematoda: *Spinoxyuris oxydoras* and *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* and Digenea: *Ascocotyle* sp. (metacercaria). We find the nearest reservoirs are more similar wealth and abundance of parasites. The species most abundant parasite in the five sampled reservoirs was *S. oxydoras* and Promissão reservoir was which showed the highest average abundance of parasitism. It has been found that parasites community *M. cf. lippincottianus* is organized not random, showing a pattern of segregation among species of parasites infracommunity and components communities. Abundance patterns, richness, diversity and co-occurrence of the parasites present themselves differently in the five sampled reservoirs, showing that the environment plays a key role in structuring infracommunities of metazoan parasites of this host.

Keywords: *Metynnis cf. lippincottianus*, Nematoda, Monogenea, Digenea, co-occurrence, São Paulo, Brazil

3. 1 Introdução

O século 20 foi o século das construções das grandes barragens. No Brasil cerca de 60% dos grandes sistemas fluviais tiveram suas águas represadas, sobretudo na região sudeste (TUNDISI, 1999; NILSSON et al., 2005; MALLIK e RICHARDSON, 2009; NOGUEIRA et al., 2010). O aumento do número de reservatórios despertou o interesse da comunidade científica acerca dos impactos e das relações biológicas dentro destes ecossistemas. Os rios quando represados são afetados de modo significativo, devido as alterações físicas e químicas nos habitats, que conduzem ao declínio da riqueza de espécies nativas, podendo auxiliar também na invasão de espécies exóticas (TEALDI et al., 2011; LI et al., 2012).

A construção de reservatórios em cascata altera ainda mais as condições naturais do rio, afetando profundamente sua estrutura ecológica (STRASKRABA, 1994). O reservatório localizado a montante interfere nas características físicas, químicas e biológicas do sistema posterior a barragem e a intensidade desta interferência depende de fatores como, por exemplo, a estratificação e o grau de trofia do reservatório a montante e a distância a que se encontram os reservatórios (BARBOSA et al., 1999). No caso específico do rio Tietê, estado de São Paulo, Brasil, a cascata de reservatórios propicia a redução de detritos provenientes principalmente da cidade de São Paulo, e a maior parte destes detritos fica retida na barragem do reservatório de Barra Bonita, o primeiro da série com 6 reservatórios (TUNDISI, 1999a). Embora existam estudos sobre as condições bióticas e abióticas da cascata de reservatórios do médio e baixo rio Tietê (TUNDISI et al., 1991; ROGGER et al., 2005; PEREIRA et al., 2002; VIDOTTO e CARVALHO, 2007; MARUYAMA et al., 2009; PETESSE e PETRERE, 2012; MINILLO, 2005; ZANATA et al., 2008), o conhecimento sobre os ictioparasitos é escasso (PAES et al., 2003; NOVAES et al., 2006) e sem comparações diretas entre os reservatórios.

A população de uma espécie de hospedeiro pode apresentar grande variabilidade em termos de riqueza e organização das infracomunidades de parasitos (POULIN, 1996). Considerando que as características do habitat do hospedeiro influenciam diretamente na composição e organização da fauna parasitária, pode-se dizer que em um rio que teve sua continuidade interrompida pela construção de reservatórios em cascata, existe a possibilidade de que os hospedeiros da mesma espécie, coletados nos diferentes reservatórios apresentem comunidades componentes próprias

Entre as diversas espécies de peixes que habitam os reservatórios do médio e baixo rio Tiete, encontra-se *Metynnis cf. lippincottianus* (Cope, 1870). Pertencente à família Characidae (subfamília Serrasalminae, ordem Characiformes), são conhecidos popularmente como "pacu cd" ou "peixe cd". Nativo da América do Sul (BOGOTÁ-GREGORY e MALDONADO-

OCAMPO, 2006), é encontrado em diversas bacias brasileiras (SILVA et al., 2007). Possui porte pequeno, podendo atingir cerca de 15 centímetros de comprimento. É uma espécie pouco explorada para o consumo humano, mas tem uma grande importância na aquariofilia devido ao seu colorido que é mais intenso em épocas reprodutivas. Alimenta-se basicamente de vegetais (algas bentônicas e fitoplancônicas) e esporadicamente por artrópodes e detritos (PEREIRA et al., 2004; DIAS, et al., 2005). Organismos de níveis tróficos intermediários como o referido peixe, apresentam, de forma geral, elevada riqueza parasitária, uma vez que os itens alimentares podem funcionar como veiculadores de várias espécies de parasitos (DOGIEL, 1961; HOLMES, 1990; GUIDELLI et al., 2003).

O objetivo do presente estudo foi caracterizar a fauna de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* dos reservatórios construídos em série no médio e baixo rio Tietê e verificar se a organização da infra comunidade de parasitos segue algum padrão ou se ela ocorre de maneira aleatória, dependente somente da presença dos parasitos e do hospedeiro. Desta forma foi possível testar a hipótese nula do modelo nulo de coocorrência que afirma que a infra comunidade de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* se organiza aleatoriamente.

3.2 Metodologia

3.2.1 Amostragem

As coletas dos peixes foram realizadas em cinco reservatórios, dispostos em cascata (Fig.1), localizados no médio e baixo rio Tietê: (1) Bariri (22°08'45,63" S; 48°45'06,01" O), (2) Ibitinga (21°46'09,15" S; 49°02'30,94" O), (3) Promissão (21° 17' 32,71" S; 49° 47' 41,13" O), (4) Nova Avanhandava (21°07'00,90" S; 50°14'51,91" O) e (5) Três Irmãos (20°39'56,79" S; 51°26'40,61" O), São Paulo, Brasil (Fig. 2). Os peixes foram adquiridos de pescadores profissionais entre os meses de janeiro de 2012 e outubro de 2013. No reservatório de Barra Bonita, apesar do esforço de coleta, não foram encontrados os hospedeiros.

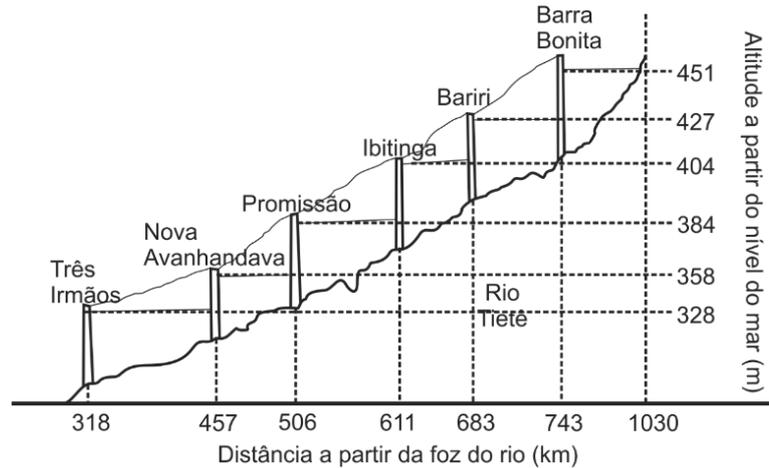


Fig.1 Diagrama evidenciando a cascata de reservatórios localizada no médio e baixo rio Tietê, São Paulo, Brasil (Modificado de Behrend et al., 2012)



Fig.2 Mapa do estado de São Paulo mostrando a localização dos reservatórios no médio e baixo rio Tietê (Adaptado de FRANÇA et al., 2007).

3.2.2 Hospedeiros

Os peixes coletados tiveram o sexo identificado, foram medidos (comprimento padrão) e pesados. A condição corporal estimada pelo fator de condição relativo (K_n), sendo esta a razão entre o peso observado e o peso previsto por uma regressão de peso/comprimento considerando todos os peixes da amostra (LE CREN, 1951).

Com a finalidade de verificar as possíveis diferenças entre o comprimento padrão dos hospedeiros dos diferentes pontos de coleta e também entre o K_n dos hospedeiros coletados nos cinco reservatórios, foi aplicado o teste Kruskal Wallis (ZAR, 2010). O teste U de Mann-

Whitney (ZAR, 2010), com aproximação normal de “Z”, foi aplicado para verificar a existência de diferenças significativas entre o Kn de peixes machos e peixes fêmeas.

3.3.3 Parasitos

A necropsia dos hospedeiros e a coleta, fixação e preservação dos parasitos seguiu os métodos apresentados por Eiras et al. (2006).

3.3.3.1 Infrapopulação e população componente

Para se obter os parâmetros das infra populações e populações componentes de parasitos foram calculados a prevalência (P), a intensidade média (IM) e a abundância média (AM) de infestação/infecção, de acordo com o proposto por Bush et al. (1997).

O coeficiente de correlação de Pearson "r" foi aplicado para detectar possíveis correlações existentes entre a prevalência parasitária e o comprimento do hospedeiro. Para este teste, os dados de prevalência passaram previamente por uma transformação angular (arco seno x) e as amostras de hospedeiros foram separadas em classes de comprimento padrão (ZAR, 2010). O teste de Kruskal- Wallis foi utilizado para comparar a abundância de cada espécie de parasito em cada um dos reservatórios amostrados. O coeficiente de correlação por postos de Spearman “rs” foi calculado para determinar se existem correlações significativas entre a abundância de parasitismo e o comprimento padrão do hospedeiro e entre a abundância de parasitos e o fator de condição (Kn) do hospedeiro. Para verificar se o sexo do hospedeiro influencia na abundância de parasitismo foi aplicado o teste U de Mann- Whitney (ZAR, 1996).

3.3.3.1 Infracomunidade e comunidade componente

Para cada reservatório a abundância e a diversidade de parasitos de cada infracomunidade (BUSH et al., 1997). A diversidade de cada infracomunidade foi calculada por meio do índice de diversidade de Brillouin (HB) (ZAR, 2010). Para a comunidade componente (ver BUSH et al., 1997) foi calculada a dominância de parasitos, estimada pelo índice de Berger-Parker (MAGURRAN, 2004), onde $d = N_{\text{máx}}/N_t$, em que: $N_{\text{máx}}$. refere-se ao número de indivíduos da espécie de parasito mais abundante e N_t representa o número total de indivíduos na amostra.

A prova não-paramétrica de Mann-Whitney (U) com aproximação normal Z foi utilizada para determinar diferenças entre o Kn de indivíduos parasitados e não parasitados (ZAR, 2010).

O coeficiente de correlação “rs” por postos de Spearman foi utilizado para avaliar possíveis correlações entre o comprimento padrão do hospedeiro e a diversidade de espécies (HB) bem como entre o fator de condição relativo e a diversidade de espécies (HB) (ZAR, 2010). Os padrões de organização das infracomunidades de parasitos foram analisados por meio do índice de coocorrência C- Score (*Checkerboard score*), um índice que mede o número médio de pares de espécies da infracomunidade com base na matriz de presença e ausência (STONE e ROBERTS, 1990). O número de unidades pares de espécies que não ocorrem (UC) é calculado pela expressão $UC = (r_i - S)(r_j - S)$, na qual S é o número de hospedeiros compartilhados, r_i e r_j são os números de hospedeiros onde as espécies de parasitos i e j ocorrem, respectivamente e o R representa o número total de espécies de parasitos na matriz. A seguinte expressão é utilizada para calcular o índice C- Score:

$$C - Score = \frac{\sum UC}{R \binom{R-1}{2}}$$

Para este trabalho foi utilizado o algoritmo SIM9 (GOTELLI, 2000). Este algoritmo mantém fixo o total registrado nas colunas e nas linhas, preservando deste modo a prevalência de cada espécie de parasito nas infracomunidades. As colunas representaram os hospedeiros e as linhas representaram as espécies de parasitos. Assim, para cada matriz em que os dados foram reordenados aleatoriamente, o C- Score foi recalculado, obtendo-se um valor médio deste índice para todas as matrizes aleatórias. A hipótese nula testada admite que o índice de coocorrência da matriz empírica (valor observado) não é significativamente diferente do valor médio dos índices de coocorrência das matrizes aleatórias (valor esperado ao acaso). Quando o valor observado é significativamente distinto do valor médio esperado ao acaso, indica um padrão de estruturação das infracomunidades de parasitos, que pode ser a segregação, quando o valor observado é maior do que o valor esperado, ou agregação, quando o valor de C- Score observado é menor do que o valor esperado (KRASNOV et al., 2006). Foram utilizados 3 tipos de matrizes, sendo elas: i) todos os peixes de todos os reservatórios; ii) peixes separados por local de coleta combinados os locais de coleta de 2 em 2; iii) peixes separados por local de coleta e sexo combinados os locais de coleta de 2 em 2. Para cada matriz analisada foram realizadas 20.000 aleatorizações utilizando o software Ecosim 7 (GOTELLI e ENTSMINGER, 2001).

A análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) foi aplicada para identificar qual espécie de parasito mais contribuiu para a dissimilaridade média entre os ambientes de coleta (CLARKE e GORLEV, 2006).

Foram construídas matrizes de distância por meio do Índice de Distância de Bray-Curtis para verificar a similaridade entre os reservatórios. Em seguida foi aplicado o teste de Mantel entre essas matrizes com a finalidade de verificar o nível de significância.

Para as análises estatísticas foram utilizados os programas R (R DEVELOPED CORE TEAM, 2008) e Past (HAMMER et al., 2001).

Os dados limnológicos foram obtidos por meio da Divisão de Qualidade de Águas e Solo da CETESB/SP. Os dados limnológicos utilizados no presente estudo foram separados por local e período de coleta dos peixes e são apresentados na tabela I.

Tabela I. Média dos principais parâmetros de qualidade de água dos reservatórios do médio e baixo rio Tietê, SP, Brasil, obtidos de acordo com a data de cada coleta. Fonte: Divisão de Qualidade de Águas e Solo da CETESB/SP

Reservatório/ Data de Coleta	Temperatura da água (°C)	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH (U.pH)	Nitrogênio Nitrato (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Bariri (10/2013)	22,0	205	5,5	7,2	0,47	-	0,309	-
Ibitinga (10/2013)	24,2	72	5,7	7,1	1,07	< 0,1	0,087	-
Promissão (10/2013)	21,1	95	7,1	7,0	1,24	< 0,1	0,083	-
Nova Avanhandava (09/2012)	26,6	161	6,6	7,7	1,09	< 0,1	0,01	4,28
Três Irmãos (03/2012)	28,6	149	6,9	8,3	0,39	< 0,1	0,01	2,94

3.3 Resultados

Foram analisados um total de 149 peixes da espécie *M. cf. lippincottianus* provenientes de 5 reservatórios localizados no médio e baixo rio Tietê: Bariri (n=30), Ibitinga (n=30), Promissão (n=30), Nova Avanhandava (n=29) e Três Irmãos (n=30). O comprimento padrão dos peixes variou de 8 a 15cm (média \pm desvio padrão = 11,25 \pm 1,24) e diferiu significativamente entre as localidades (H=10,4252; p =0,0300), sendo os maiores peixes coletados do reservatório de Ibitinga e Promissão e os menores em Nova Avanhandava. A média do peso dos peixes foi de 67,6 g.

Entre os peixes coletados 93 eram fêmeas, 53 machos e 3 não tiveram o sexo identificado. O fator de condição relativo (Kn) dos peixes variou entre 0,7 a 1,3. O teste não paramétrico U de Mann - Whitney, não apontou diferença significativa entre o fator de condição Kn de peixes fêmeas e machos tanto quando comparados nos reservatórios separadamente (Bariri: Z(U)= 0,03 p= 0,7460; Ibitinga: Z(U)= 1,24 p= 0,2100; Promissão: Z(U)= -0,85 p= 0,3801; Nova Avanhandava: Z(U)= -0,06 p= 0,9400; Três Irmãos: Z(U)= -0,31 p= 0,7500), como quando comparados entre os peixes de todos os reservatórios em conjunto (Z(U)= -0,06 p= 0,5000).

Do total de peixes analisados, 142 (95,3%) estavam parasitados por no mínimo uma espécie de endo ou ectoparasito. Ao todo, 16.842 parasitos foram coletados, pertencentes a 3 grupos taxonômicos: Monogenea, Digenea e Nematoda. Além destes grupos, no reservatório de Promissão foi coletado um parasito mixosporídeo, o qual não fez parte das análises estatísticas por não ter sido possível quantificar sua abundância. Na Tabela II está a lista dos parasitos coletados, os sítios de infestação/infecção e os valores de prevalência, intensidade média e abundância média.

O teste de correlação de Pearson não demonstrou correlação significativa entre a prevalência de parasitismo e o comprimento padrão do hospedeiro para nenhum dos reservatórios. Para os peixes coletados nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava o teste não trouxe resultado por se tratar de reservatórios com prevalência de 100% (Tabela III).

Tabela II. Parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê, SP, entre os meses de janeiro de 2012 a outubro de 2013. P (%) = Prevalência, IM = Intensidade Média e AM = Abundância média.

Reservatório	Grupo taxonômico	Parasito	Sítio de infestação/infecção	P (%)	IM	AM
Bariri	Monogenea	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	Filamento branquial	46,60	4,30	2,00
	Nematoda	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	Porção média do intestino	73,30	74,80	54,90
	Digenea	<i>Ascocotyle sp. (metacercária)</i>	Filamento branquial	6,60	7,50	0,50
Ibitinga	Monogenea	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	Filamento branquial	56,60	6,50	3,70
	Nematoda	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	Porção inicial do intestino	50,00	2,06	1,03
		<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	Porção média do intestino	2,06	60,40	52,36
Promissão	Monogenea	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	Filamento branquial	66,60	9,40	6,30
		<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	Filamento branquial	66,60	2,40	1,60
		<i>Notozothecium n. sp.1</i>	Filamento branquial	70,00	3,80	2,60
		<i>Notozothecium n. sp.2</i>	Filamento branquial	10,00	28,00	2,80
		Ancyrocephalinae Gen. sp.	Filamento branquial	3,33	2,00	0,06
	Nematoda	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	Porção inicial do intestino	83,3	3,60	3,03
		<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	Porção média do intestino	90,00	203,60	183,20
Digenea	<i>Ascocotyle sp. (metacercária)</i>	Filamento branquial	70,00	17,00	11,90	
Nova Avanhandava	Monogenea	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	Filamento branquial	53,30	1,90	1,03
		<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	Filamento branquial	53,30	3,80	2,03
		<i>Notozothecium n. sp.1</i>	Filamento branquial	43,30	3,20	1,40
		<i>Notozothecium n. sp.2</i>	Filamento branquial	30,00	3,10	0,93
	Nematoda	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	Porção inicial do intestino	83,30	3,10	2,60
		<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	Porção média do intestino	90,00	168,03	151,20
Digenea	<i>Ascocotyle sp. (metacercária)</i>	Filamento branquial	46,60	9,70	4,53	
Três Irmãos	Monogenea	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	Filamento branquial	33,3	5,00	1,60
		<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	Filamento branquial	33,3	7,40	2,50
		<i>Notozothecium n. sp.1</i>	Filamento branquial	33,3	5,20	1,70
		<i>Notozothecium n. sp.2</i>	Filamento branquial	23,3	4,30	1,00
	Nematoda	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	Porção inicial do intestino	80	4,60	3,70
		<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	Porção média do intestino	93,3	61,10	57,10
	Digenea	<i>Ascocotyle sp. (metacercária)</i>	Filamento branquial	40	10,00	4,00

Tabela III. Valores do teste de correlação de Pearson entre prevalência de parasitismo e o comprimento padrão dos hospedeiros coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê, SP.

Reservatório	r (Pearson)	P
Bariri	-0,7942	0,1085
Ibitinga	0,0995	0,9005
Promissão	-	-
Nova Avanhandava	-	-
Três Irmãos	0,0879	0,8684

Houve diferença significativa entre a abundância dos parasitos nos diferentes pontos de coleta para todas as espécies com exceção de *Anacanthorus n. sp.2*, como demonstra a Tabela IV. Bariri e Ibitinga diferiram dos demais reservatórios por não apresentar três das sete espécies encontradas nos demais pontos de coleta. São elas: *Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp. 1* e *Notozothecium n. sp.2*. A diferença entre os reservatórios foi mais expressiva quando se observam a abundância de *Spinoxyuris oxydoras*, o parasito dominante em todos os reservatórios. A maior abundância deste parasito foi observada no reservatório de Promissão, seguido de Nova Avanhandava, Três Irmãos, Bariri e Ibitinga.

Tabela IV. Valores do teste de Kruskal- Wallis comparando a abundância de cada espécie de parasito metazoário de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê, SP.

Parasito	H	P
<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	31,047	≤0,0001
<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	5,041	0,2831
<i>Notozothecium n. sp.1</i>	24,926	0,0001
<i>Notozothecium n. sp.2</i>	19,906	0,0005
<i>P. (S.) inopinatus</i>	49,615	≤ 0,0001
<i>S. oxydoras</i>	28,100	≤ 0,0001
<i>Ascocotyle sp.</i>	35,333	≤ 0,0001

Ocorreu correlação significativa entre a abundância de parasitismo e o comprimento padrão dos hospedeiros nos reservatório de Ibitinga, Nova Avanhandava e Três Irmãos, conforme demonstra a Tabela V. *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* demonstraram correlação significativa negativa entre a abundância e o comprimento padrão dos hospedeiros coletados no reservatório de Ibitinga e correlação significativa positiva nos hospedeiros coletados no reservatório de Nova Avanhandava.

Tabela V. Valores do teste de correlação de Spearman entre abundância de cada espécie de parasito e o fator de condição relativo (Kn) e entre a abundância de parasitismo e o comprimento padrão dos hospedeiros coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê, Sp.

Reservatório	Parasito	Kn		Comprimento Padrão	
		Rs	p	rs	p
Bariri	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	-0,290	0,110	0,070	0,703
	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	0,050	0,750	-0,033	0,860
	<i>Ascocotyle sp.</i>	-0,070	0,710	-0,130	0,490
Ibitinga	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	0,051	0,761	-0,077	0,680
	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,010	0,950	-0,433	0,010 (*)
	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	-0,341	0,062	-0,123	0,500
Promissão	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	0,251	0,170	-0,142	0,450
	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	-0,063	0,731	-0,154	0,410
	<i>Notozothecium n. sp.1</i>	0,390	0,021 (*)	-0,219	0,242
	<i>Notozothecium n. sp.2</i>	0,050	0,772	-0,135	0,475
	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,350	0,050 (*)	-0,227	0,220
	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	0,042	0,792	-0,080	0,650
	<i>Ascocotyle sp.</i>	-0,178	0,346	0,250	0,182
Nova	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	-0,390	0,031 (*)	-0,082	0,670
Avanhandava	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	-0,100	0,571	-0,514	0,004 (*)
	<i>Notozothecium n. sp.1</i>	0,060	0,732	-0,148	0,443
	<i>Notozothecium n. sp.2</i>	0,272	0,150	-0,325	0,080
	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,361	0,040 (*)	0,413	0,020 (*)
	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	-0,322	0,080	-0,537	0,002 (*)
	<i>Ascocotyle sp.</i>	0,292	0,120	0,205	0,285
Três Irmãos	<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	-0,563	0,001 (*)	0,066	0,726
	<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	-0,530	0,002 (*)	0,057	0,763
	<i>Notozothecium n. sp.1</i>	0,070	0,701	-0,021	0,910
	<i>Notozothecium n. sp.2</i>	-0,303	0,101	-0,409	0,021 (*)
	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	-0,031	0,870	-0,170	0,368
	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	-0,303	0,090	-0,205	0,276

Anacanthorus n. sp.2 e *S. oxydoras* apresentaram correlação negativa significativa entre a abundância e o comprimento padrão dos peixes coletados em Nova Avanhandava. *Notozothecium n. sp.2* apresentaram correlação negativa significativa entre a abundância e o comprimento padrão dos hospedeiros coletados no reservatório de Três Irmãos.

Nos peixes coletados nos reservatórios de Bariri e Ibitinga não houve correlação significativa entre o fator de condição relativo (Kn) e a abundância de parasitos. Entre os hospedeiros coletados no reservatório de Promissão houve correlação significativa positiva entre o Kn e a abundância de *Notozothecium n. sp.1* e de *P. (S.) inopinatus*. Entre os peixes coletados no reservatório de Nova Avanhandava, houve correlação positiva significativa entre o Kn e a abundância de *P. (S.) inopinatus* e correlação negativa significativa entre o fator de condição relativo (Kn) e a abundância de *Anacanthorus n. sp.1*. No reservatório de Três Irmãos, observou-se correlação negativa significativa entre o Kn dos peixes analisados e a abundância de *Anacanthorus n. sp.1* e *Anacanthorus n. sp.2*. Os valores obtidos nos testes de correlação entre o Kn dos hospedeiros e a abundância de cada espécie de parasito em cada um dos reservatórios analisados encontra-se na tabela V.

Hospedeiros machos apresentaram de forma significativa uma maior abundância de *Anacanthorus n. sp.2* do que os hospedeiros fêmeas. Para as demais espécies de parasitos não foram observadas diferenças significativas entre a abundância de parasitos de acordo com o sexo do hospedeiro (Tabela VI).

Tabela VI. Valores do teste U de Mann-Withney com aproximação normal Z, comparando a abundância de cada espécie de parasito entre hospedeiros machos e fêmeas de todos os reservatórios. (*) valor significativo.

Parasito	Z	P
<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	0,51	0,30
<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	1,69	0,04 *
<i>Notozothecium n. sp.1</i>	0,13	0,44
<i>Notozothecium n. sp.2</i>	0,79	0,21
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	0,15	0,43
<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	1,39	0,08
<i>Ascocotyle sp.</i>	1,13	0,12

A fauna de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* dos reservatórios de Promissão e Três Irmãos apresentaram a maior média do índice de diversidade, seguindo de Nova Avanhandava, Bariri e Ibitinga respectivamente (Tabela VII).

Quanto a riqueza de parasitos da comunidade componente (Tabela VII), observou-se que há diferença significativa entre a fauna parasitária dos hospedeiros dos 5 reservatórios analisados ($H=94,8714$; $p\leq 0,0001$). Bariri e Ibitinga apresentaram a menor riqueza enquanto Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos apresentaram maior riqueza.

Tabela VII. Riqueza e média do índice de diversidade de Brillouin (H_b) \pm desvio padrão (DP) das infracomunidades de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê. (N=número de amostras).

Local de coleta	N	Riqueza		Hb \pm DP
		Endoparasitos	Ectoparasitos	
Bariri	30	1	2	0,1002 \pm 0,1370
Ibitinga	30	2	1	0,2288 \pm 0,2044
Promissão	30	2	5	0,6263 \pm 0,3708
Nova Avanhandava	29	2	5	0,4239 \pm 0,3192
Três Irmãos	30	2	5	0,6236 \pm 0,3748

Em todos os reservatórios amostrados, a espécie de parasito metazoário dominante foi *S. oxydoras* (Tabela VIII).

Tabela VIII. Média do Índice de dominância de Berger-Parker das comunidades componentes de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do rio Tietê. A.T= abundância total; A.D= abundância da espécie dominante; I.D \pm DP= média do índice de dominância de Berger-Parker \pm Desvio Padrão

Local de coleta	A.T	A. D	I. D \pm DP	Espécie dominante
Bariri	1721	1646	28,6833 \pm 0,0349	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>
Ibitinga	1713	1571	15,4324 \pm 0,0068	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>
Promissão	6345	5498	33,7500 \pm 0,0296	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>
Nova Avanhandava	4913	4537	158,4839 \pm 0,0063	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>
Três Irmãos	2150	1713	43,0000 \pm 0,0233	<i>Spinoxyuris oxydoras</i>

De acordo com o teste não-paramétrico U de Mann-Whitney o fator de condição (Kn) não diferiu entre peixes parasitados e não parasitados ($Z= 0,8$; $p= 0,2100$) quando analisados todos os peixes da amostra.

A correlação entre o comprimento padrão e a diversidade de parasitos coletados ($r_s= -0,0194$; $p= 0,8144$) e entre o comprimento padrão e a riqueza de espécies de parasitos ($r_s= -0,0539$; $p= 0,5138$) não foram significativas em nenhuma das localidades amostradas.

3.3.1 Estruturação das infracomunidade de parasitos:

A hipótese nula de organização aleatória das infracomunidades de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* da cascata de reservatórios (nível total) foi rejeitada pelo índice de coocorrência C- Score (ver Tabela IX). Os valores do C- Score significativos indicam o padrão de segregação das espécies. As quatro espécies que não ocorreram no reservatório de Bariri (*Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.2* e *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus*) podem justificar o padrão segregado deste reservatório com Promissão e Nova Avanhandava. Do mesmo modo, as quatro espécies que não ocorreram no reservatório de Ibitinga (*Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.2* e *Ascocotyle sp.*) contribuíram para o padrão observado em relação aos reservatórios Promissão e Três Irmãos. Entre os reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava e Nova Avanhandava e Três Irmãos ocorreram todas as espécies, no entanto o padrão de segregação foi significativo. Nestes casos, considera-se que a forma de organização dos parasitos não é aleatória, uma vez que ao se observar cada um dos hospedeiros pode-se verificar que as espécies não coocorrem na amostra toda.

A análise do efeito do sexo sobre a estrutura da infracomunidade de todos os reservatórios demonstrou um padrão de estruturação aleatória na comunidade de parasitos dos hospedeiros machos. Quando analisado o padrão de distribuição dos parasitos entre os hospedeiros fêmeas das interações entre os reservatórios observou-se que o padrão não aleatório de organização da infracomunidade pode ser constatado nas interações entre Bariri e Promissão e Bariri e Nova Avanhandava. O reservatório de Bariri não apresentou as espécies *Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp. 2* e *P. (S.) inopinatus* que ocorreram tanto nos hospedeiros fêmea de Promissão como nos hospedeiros fêmea de Nova Avanhandava. Entre os reservatórios Ibitinga e Promissão e Ibitinga e Nova Avanhandava pode-se observar que os parasitos *Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.2* e *Ascocotyle sp.* que ocorrem tanto nos

hospedeiros fêmea de Promissão como nos hospedeiros fêmea de Nova Avanhandava, não ocorreram nos hospedeiros fêmea coletados no reservatório de Ibitinga.

Tabela IX. Valores observados e média dos valores esperados ao acaso do índice C-Score aplicado para infracomunidades de parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados entre os meses de janeiro de 2012 a outubro de 2013 nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê. (N= número de hospedeiros analisados; S= riqueza; DP= desvio padrão; * dados significativos).

Nível	N	S	C- SCORE			
			Observado	Esperado	DP	P
Total	142	7	553,9524	522,6940	6,5423	≤ 0,0001 (*)
Reservatórios						
Bariri	26	3	27,3333	27,1317	1,6161	0,6770
Ibitinga	28	3	28,3333	27,9528	0,5789	0,3360
Promissão	30	7	35,1904	34,8588	0,5881	0,2724
Nova Avanhandava	29	7	33,7142	32,2602	0,6377	0,0250 (*)
Três Irmãos	29	7	28,3333	27,0008	0,5560	0,0228 (*)
Combinações						
Bariri x Ibitinga	54	4	67,6666	69,9181	2,9342	0,2476
Bariri x Promissão	56	7	97,5714	81,3141	1,7553	≤ 0,0001 (*)
Bariri x Nova Avanhandava	55	7	66,7619	64,4512	1,7323	0,1110
Bariri x Três Irmãos	55	7	55,3809	54,9996	1,7832	0,3858
Ibitinga x Promissão	58	7	103,6667	89,4758	1,5543	≤ 0,0001 (*)
Ibitinga x Nova Avanhandava	57	7	71,1428	65,2784	1,9249	0,0078 (*)
Ibitinga x Três Irmãos	57	7	58,5714	55,0818	1,9055	0,0490 (*)
Promissão x Nova Avanhandava	59	7	145,2857	142,5070	1,1719	0,0188 (*)
Promissão x Três Irmãos	59	7	134,1905	132,3957	1,0859	0,0678
Nova Avanhandava x Três Irmãos	58	7	122,7619	118,2625	1,5544	0,0064 (*)
Sexo Macho						
Total	52	7	69,1428	68,6159	1,2592	0,3140

Continuação

Bariri x Ibitinga	17		8,5000	9,3701	0,6890	0,0686
Bariri x Promissão	18	7	7,0952	6,2697	0,4166	0,0550 (*)
Bariri x Nova Avanhandava	23	7	11,1904	11,5722	0,5193	0,2552
Bariri x Três Irmãos		7	11,9047	12,1080	0,5307	0,4100
Ibitinga x Promissão	15	7	6,2381	5,5859	0,2692	0,0226 (*)
Ibitinga x Nova Avanhandava	19	7	8,38009	8,6899	0,4606	0,2858
Ibitinga x Três Irmãos	21	7	9,9047	9,5793	0,4759	0,2366
Promissão x Nova Avanhandava	21	7	17,3333	17,1680	0,3439	0,3116
Promissão x Três Irmãos	26	7	17,1428	17,0108	0,3324	0,3312
Nova Avanhandava x Três Irmãos	27	7	25,1428	24,8861	0,5278	0,7338
Sexo Fêmea						
Total	87	7	216,1429	198,7620	3,1660	≤ 0,0001 (*)
Bariri x Ibitinga	35		26,6667	26,4005	1,4362	0,4000
Bariri x Promissão	37	7	43,2857	37,7477	0,9335	≤ 0,0001 (*)
Bariri x Nova Avanhandava	32	7	23,4761	21,4772	0,8871	0,0384 (*)
Bariri x Três Irmãos	31	7	16,2857	15,7975	0,7903	0,2412
Ibitinga x Promissão	40	7	49,9523	43,3785	0,9806	≤ 0,0001 (*)
Ibitinga x Nova Avanhandava	35	7	27,9523	24,0067	1,0025	0,0020 (*)
Ibitinga x Três Irmãos	34	7	18,0952	17,1841	0,8443	0,1400
Promissão x Nova Avanhandava	37	7	55,6667	54,6517	0,6530	0,0802
Promissão x Três Irmãos	36	7	50,2381	49,3513	0,5765	0,0748
Nova Avanhandava x Três Irmãos	31	7	37,4285	34,9223	0,7171	0,0050 (*)

Em todas as observações que demonstraram padrão de organização não aleatória, constata-se o padrão de organização segregado entre as espécies. Este resultado deve-se ao fato de que apenas 42,85% das espécies dos hospedeiros coletados tanto em Bariri quanto em Ibitinga coocorrem nos hospedeiros coletados em Promissão e Nova Avanhandava. Quando se analisam as interações entre os reservatórios, entre os hospedeiros machos apenas os coletados nos reservatórios de Bariri e Promissão e Ibitinga e Promissão obedeceram um padrão de organização não aleatório. O padrão segregado pode ser devido apenas 42,85% dos parasitos que ocorrem em Bariri e Ibitinga também ocorrem em Promissão - *Anacanthorus n. sp.2*, *Spinoxyuris oxydoras* e *Ascocotyle sp.*

Foi observada similaridade entre a abundância de parasitismo dos reservatórios mais próximos, sugerindo uma tendência a formação de um gradiente do menos abundante para o mais abundante no sentido montante para jusante do rio (teste de Mantel: $r=0,05$; $p=0,01$). Por meio da análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) pode-se identificar *S. oxydoras* como a espécie de parasito que mais contribuiu para a similaridade média entre os ambientes de coleta como demonstra a Tabela X.

Tabela X. Valores da Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) referente a abundância dos parasitos metazoários de *Metynnis cf. lippincottianus* coletados nos reservatórios das usinas hidrelétricas do médio e baixo rio Tietê, São Paulo, SP.

Táxon	Contribuição %
<i>Spinoxyuris oxydoras</i>	78,420
<i>Ascocotyle sp.</i>	6,558
<i>Anacanthorus n. sp.2</i>	4,021
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	3,670
<i>Anacanthorus n. sp.1</i>	3,191
<i>Notozothecium n. sp.1</i>	2,416
<i>Notozothecium n. sp.2</i>	1,726

3.4 Discussão

O rio Tietê, ao longo de seu trajeto, traz principalmente da cidade de São Paulo alta carga de poluentes. No entanto, a cascata de reservatórios construída no médio e baixo rio Tietê propicia a redução de detritos provenientes principalmente desta região, fazendo com que a maior parte destes detritos fique retido na barragem do reservatório de Barra Bonita, o primeiro de uma série de 6 reservatórios (TUNDISI, 1999a; STRASKRABA, 1994; BARBOSA et al., 1999). O reservatório de Barra Bonita possui grande capacidade assimilativa devido as suas características de ambiente lântico, o que representa um importante papel na recuperação das águas do rio Tietê (CETESB, 2001). Esta cascata de reservatórios faz com que ao longo do curso do rio estes locais se constituam ambientes físico, químico e biologicamente distintos.

Uma das diferenças verificadas neste estudo entre os ambientes mencionados se refere a fauna parasitária de *Metynnis cf. lippincottianus* que se apresentaram de forma distinta quanto a riqueza e abundância de parasitos metazoários. Em comparação com outros trabalhos que analisaram a fauna parasitária deste mesmo hospedeiro, observa-se que os nematoides *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* e *Spinoxyuris oxydoras* observados nos reservatórios em cascata também foram registrados na Amazônia oriental - Amapá - (HOSHINO e TAVARES- DIAS, 2014) e na planície de inundação do alto rio Paraná (MOREIRA et al., 2009). Entretanto, o monogenético *Anacanthorus jegui* e os endoparasitos *Dadayus pacupeva*, *Contracaecum sp.* e *Raphidascaaris (Sprentascaaris) mahnerti* já foram registrados para esta espécie de peixe (MOREIRA et al., 2009; HOSHINO e TAVARES- DIAS, 2014), mas não foram encontrados no presente estudo provavelmente em função das condições ambientais na cascata que podem ultrapassar os limites de tolerância para as espécies desenvolverem seus ciclos de vida.

As características próprias de cada reservatório influenciaram diretamente na riqueza e na abundância de parasitos que foi significativamente diferente entre os cinco pontos de coleta. Matsumura-Tundisi e Tundisi (2006) caracterizaram os reservatórios de Barra Bonita e Bariri como eutróficos e até mesmo hipertróficos em determinadas épocas de estiagem, o reservatório de Ibitinga como eutrófico, o de Promissão foi classificado como mesotrófico e os de Nova Avanhandava e Três Irmãos como oligomesotróficos.

Nos hospedeiros coletados no reservatório de Bariri não foi encontrado o Nematoda *P. (S.) inopinatus*. Azevedo, et al. (2006), analisando a fauna parasitária de *Geophagus brasiliensis* de dois ambientes, um tanque hipertrófico e um lago eutrófico, também registraram o parasitismo deste nematoide somente nos hospedeiros do ambiente

hipertrófico. Considerando que organismos do zooplâncton são hospedeiros intermediários destes nematoides, pode-se dizer que existe diferença na composição do zooplâncton de ambiente eutrófico e de ambiente hipertrófico.

O fato de Bariri e Ibitinga não apresentarem *Anacanthorus n. sp.1*, *Notozothecium n. sp.1* e *Notozothecium n. sp.2* fez com que eles diferissem dos demais reservatórios. Especialmente quando se tratam de parasitos monogenéticos observa-se que a presença de uma espécie de Monogenea em determinado hospedeiro se dá por inúmeros fatores, sendo o principal deles a relação entre a forma de fixação do parasito e os fatores mecânicos e químicos do hospedeiro que estimulam ou inibem esta fixação. Buchmann, (1998) afirma que as células mucosas dos hospedeiros possuem proteínas, polipeptídios e carboidratos responsáveis pelo reconhecimento do parasito, o que facilita o encontro com o hospedeiro. As brânquias, assim como outros órgãos que ficam em contato direto com a água, sofrem com as alterações físico-químicas do ambiente aquático, podendo apresentar alterações morfológicas e fisiológicas que levam a alterações histológicas. Estas alterações podem causar entre outros prejuízos, o aumento na secreção de muco que devido a um *feedback* negativo, ocasiona como consequência, a morte das células mucosas, reduzindo drasticamente, por outro lado, a produção de muco (REIS et al., 2009). Estas alterações levam a respostas defensivas crônicas que refletem na saúde do peixe e no estabelecimento dos ectoparasitos. A quantidade de muco secretado pelos hospedeiros e que serve de alimento para os monogenéticos sofre, portanto, alterações influenciadas por condições ambientais. Como foi observado, os hospedeiros coletados no reservatório de Nova Avanhandava e Três Irmãos apresentaram baixa abundância de *Notozothecium n. sp.1* e *Notozothecium n. sp.2* enquanto os hospedeiros coletados no reservatório de Promissão diferiram significativamente dos demais por apresentar a maior abundância destes parasitos o que pode indicar diferenças na composição da água dos reservatórios e/ou no comportamento dos hospedeiros. Ao observar os parâmetros limnológicos, constata-se diferenças entre os locais amostrados, principalmente no parâmetro “condutividade”. Nova Avanhandava e Três Irmãos apresentaram maior condutividade do que Promissão no período de coleta dos hospedeiros. Valores acima de 100µS/cm, como é o caso de Nova Avanhandava e Três Irmãos, indicam ambientes impactados (CETESB, 2005). Este mesmo fator se confirma ao constatar que os hospedeiros do reservatório de Promissão também apresentaram a maior abundância de *Anacanthorus n. sp.1* quando comparados aos hospedeiros coletados em Nova Avanhandava e Três Irmãos.

Os hospedeiros coletados em Bariri apresentaram a menor abundância de parasitismo por metacercárias *Ascocotyle sp.*, enquanto que os coletados no reservatório de Promissão apresentaram a maior abundância deste parasito, o que pode estar relacionado com a disponibilidade dos primeiros hospedeiros intermediários, assim como a tolerância das fases livres natantes as condições limnológicas do ambiente. Azevedo, et al. (2007), demonstraram em um estudo com *Astyanax altiparanae* que ocorreu correlação positiva entre a intensidade de infestação de metacercárias de Clinostomidae e o comprimento padrão do hospedeiro. Neste estudo verificou-se que houve diferença significativa entre o comprimento de *Metynnis cf. lippincottianus* entre os reservatórios amostrados. O reservatório de Promissão apresentou os peixes de maior comprimento, no entanto os resultados da análise não demonstraram correlação significativa entre o comprimento padrão do hospedeiro e a abundância de metacercárias, o que indica que para esta infecção, o fator comprimento padrão não parece ser o principal responsável ou a variação de tamanho dos peixes coletados não seriam significativamente distintas ao parasitismo.

Hospedeiros maiores oferecem mais espaço e abrigo, além de maior amplitude de nichos espaciais os quais os parasitos podem explorar (POULIN, 1995). Alguns estudos buscam relacionar o parasitismo com a idade do hospedeiro, trazendo respostas sobre como a comunidade parasitária se comporta durante a vida do hospedeiro. A abundância de *P. (S.) inopinatus* apresentou correlação significativa negativa em relação ao comprimento total dos hospedeiros coletados em Ibitinga e correlação significativa positiva com os hospedeiros de Nova Avanhandava. Considerando que os hospedeiros coletados em Ibitinga são significativamente maiores do que os hospedeiros coletados em Nova Avanhandava e portanto provavelmente mais velhos, esta correlação negativa pode ser explicada pelo aumento da autoimunidade do hospedeiro ao parasito ao longo do tempo ou a mudanças comportamentais e tróficas (DOGIEL et al., 1958; Holmes, 1990). Ambientes mais saudáveis oferecem melhores condições de imunidade aos peixes. Nos hospedeiros coletados em Nova Avanhandava verificou-se também a correlação significativa positiva da abundância de *S. oxydoras* em relação ao comprimento padrão dos hospedeiros. Este resultado pode indicar maior taxa de oferta de alimentos, uma vez que ao ingerir maior quantidade de zooplâncton – hospedeiros intermediários de nematoides -, os peixes estão mais expostos ao parasito. Moreira et al., (2010) também encontraram correlação significativa positiva entre o comprimento padrão do hospedeiro e a abundância de *Procamallanus (S.) inopinatus* e *Spinoxyuris oxydoras* em *M.*

lippincottianus da planície de inundação do alto rio Paraná e afirmaram que a correlação positiva entre o comprimento do hospedeiro e abundância é esperado em parasitos que causam poucos danos ao hospedeiro.

Neste estudo esperava-se encontrar nos hospedeiros com maior comprimento padrão, maior abundância de monogenéticos. No entanto, o que se observou foi que *Anacanthorus n. sp.2* de Nova Avanhandava e *Notozothecium n. sp. 2* de Três Irmãos apresentaram correlação negativa com o comprimento padrão dos hospedeiros analisados. Fatores que podem explicar esta situação são alterações fisiológicas do hospedeiro e imunidade a determinados parasitos em função da idade do peixe, conforme mencionado acima.

A ausência de diferenças significativas na abundância dos endoparasitos entre hospedeiros machos e fêmeas nos reservatórios amostrados, poderia indicar que não existem diferenças no que se refere ao habitat, comportamento, dieta e resistência fisiológica entre os indivíduos machos e fêmeas de *M. cf. lippincottianus* coletados neste estudo, assim como foi relatado por Moreira et al., (2009) em um estudo na planície de inundação do alto rio Paraná. No entanto, o fato de que o sexo do hospedeiro influenciou a abundância de *Anacanthorus n. sp.2* que parasitou maior quantidade de hospedeiros machos do que fêmeas demonstra que existem diferenças entre o comportamento e/ou a fisiologia de machos e fêmeas deste hospedeiro, indicando que estes parasitos são mais sensíveis as sutis mudanças no comportamento de machos e fêmeas de *M. cf. lippincottianus* do que as demais espécies, uma vez que mudanças fisiológicas que alteram a mucosidade do hospedeiro podem ser responsáveis por estas alterações.

Quanto o grau de higidez do peixe, mensurado pelo fator de condição, Lizama et al. (2006) afirmam que existem controvérsias sobre o efeito do parasitismo no peso de certas espécies de peixes, uma vez que peixes parasitados têm apresentado maior ou menor fator de condição relativo (Kn) em relação a peixes não parasitados. Principalmente para endoparasitos transmitidos por via trófica, o fato do Kn de peixes parasitados ser significativamente maior do que os de peixes não parasitados, pode estar relacionado ao fato de que peixes mais saudáveis consomem maiores quantidades de alimento e desta forma estão mais expostos a formas infectantes destes parasitos. Isto deve ocorrer com mais frequência em casos em que a patogenicidade do parasito é mais baixa, como observado neste estudo para *P. (S) inopinatus* e *S. oxydoras*. Por outro lado, no caso dos ectoparasitos encontrados neste estudo, *Ascocotyle sp.* e *Anacanthorus n. sp.1* do reservatório de Promissão e *Anacanthorus n. sp.1* e *Anacanthorus n. sp.2* do

reservatório de Nova Avanhandava, verificou-se a correlação negativa significativa entre a abundância de parasitismo e o Kn dos hospedeiros. Em outros termos, nestes casos o Kn do hospedeiro pode ser em função da abundância de ectoparasitos. Este fato indica que estes parasitos, por se localizarem nas brânquias, órgãos vitais dos peixes, podem ser mais patogênicos do que os endoparasitos encontrados nestes hospedeiros. A intensidade de endoparasitos coletados foi muito maior do que a intensidade de ectoparasitos e ainda assim somente representantes dos ectoparasitos apresentaram correlação negativa com o fator de condição relativo (Kn) de *M. cf. lippincottianus*. A dinâmica relação entre parasito- hospedeiro- ambiente dificulta a quantificação dos limites entre os benefícios e os prejuízos desta relação. A ausência de influência do parasitismo por *P. (S) inopinatus* e *S. oxydoras* observadas neste estudo pode indicar que os efeitos negativos no parasitismo tendem a ser diminuídos quando as populações envolvidas - parasitos e hospedeiros - estão adaptadas. No entanto, o surgimento de enfermidades em dada população é um fenômeno dinâmico e variações na ocorrência e no impacto sobre os peixes são dependentes das interações entre o hospedeiro, o patógeno e o meio ambiente (RENO, 1998; PAVANELLI et al., 2008), fatores que podem mudar a qualquer momento e nem sempre são percebidos a curto prazo.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, pode-se verificar que a comunidade componente de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* tendeu a aumentar em riqueza, diversidade e abundância ao longo da cascata de reservatórios. A diversidade de parasitos tendeu a aumentar em função da distância do ponto principal de poluição do rio estudado - reservatório de Bariri -, no entanto observou-se queda na diversidade no reservatório de Nova Avanhandava, o quinto da série de reservatórios e o que apresenta a menor profundidade média. Straskraba e Tundisi (1999) afirmaram que em reservatórios de pouca profundidade os pulsos produzidos no sistema exercem forte influência no conjunto de fatores que controlam o desenvolvimento das comunidades fitoplanctônicas. Florações de fitoplâncton são responsáveis pela redução da qualidade da água e conseqüentemente a redução da diversidade dos componentes bióticos, o que pode justificar a menor diversidade de parasitos nos hospedeiros coletados neste local. Além disto, entre os reservatórios que apresentaram a maior riqueza (Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos), o maior índice de dominância foi observado no reservatório de Nova Avanhandava o que refletiu nos menores índices de diversidade observados para este reservatório.

A tendência a formação de um gradiente de similaridade de abundância de parasitos entre os reservatórios mais próximos espacialmente pode ser explicada não exclusivamente pela diferença das características físicas de cada reservatório (tempo de instalação, tamanho do reservatório, tipo de vertedouro, distância entre os reservatórios, entre outros fatores) mas também pela distância do ponto principal de poluição que se localiza a montante do reservatório de Barra Bonita, o primeiro da série e o mais eutrofizado, segundo dados limnológicos obtidos neste estudo que corroboram com dados da literatura (MATSUMURA- TUNDISI e TUNDISI, 2006; ROCHA et al., 2006). Esta distância provoca alterações nos atributos bióticos e abióticos de cada ambiente e somando-se a isto as características particulares dos hospedeiros como comprimento padrão, sexo e fator de condição relativo, o resultado pode ser visto nas diferenças constatadas neste estudo como foram discutidas acima.

Estudo indicam que infracomunidades podem ser organizadas ao acaso a partir de espécies que estão presentes no meio ambiente (POULIN, 1996; GOTELLI e ROHDE, 2002). No entanto, observou-se que a infracomunidade de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* se organiza de forma segregada entre os reservatórios da cascata, indicando que embora presentes no mesmo rio as condições ambientais diferenciadas de cada reservatório podem influenciar na composição da parasitofauna. Da mesma forma, Bellay et al. (2012), encontraram padrão não aleatório de coocorrência de espécies parasitas de brânquias de *Serrasalmus marginatus* coletados em três subsistemas constituídos de ambientes relacionados aos três rios principais (Paraná, Ivinhema e Baía) na planície de inundação do alto rio Paraná.

Os parasitos caracterizam-se na maioria das vezes por apresentarem nichos ecológicos não saturados (POULIN, 2004), o que faz com que as interações interespecíficas sejam fracas ou inexistentes em determinadas comunidades componentes (ROHDE, 1991). Ao analisar a estrutura da comunidade de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* para cada um dos reservatórios separadamente, verificou-se a ausência de padrões de estruturação nas comunidades componentes dos reservatórios de Bariri, Ibitinga e Promissão, o que poderia ser um reflexo da ausência de competição entre as espécies de parasitos.

O padrão de segregação evidenciado entre a comunidade de parasitos dos reservatórios de Bariri e Promissão, Ibitinga e Promissão, Ibitinga e Nova Avanhandava, Ibitinga e Três Irmãos, pode ser explicado pela diferença na riqueza de espécies de parasitos. A diferença quanto a riqueza demonstra que as espécies de parasitos se

comportam de maneira diferente em cada um dos ambientes e se um dia todas estiveram presentes as alterações ambientais agirão como filtro, selecionando apenas as mais aptas. Estas espécies provavelmente estão respondendo a presença de poluentes e condições limnológicas diferentes em cada um dos reservatórios amostrados. As comunidades componentes de parasitos dos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava e Nova Avanhandava e Três Irmãos, apesar de possuírem a mesma riqueza, apresentaram padrão de segregação, o que indica que existe pouca coocorrência entre os pares de parasitos nas infracomunidades dos hospedeiros destes reservatórios.

A força com que as interações moldam os padrões de coocorrência varia de acordo com as características do táxon que está sendo estudado (TELLO et al., 2008). Além das interações interespecíficas, a abundância tanto dos parasitos como dos hospedeiros são fatores que podem influenciar fortemente a estruturação da comunidade de parasitos, como foi observado por Krasnov, et al. (2006) em pulgas parasitas de pequenos mamíferos na região leste da Eslováquia e por Bellay, et al. (2012) em piranhas *S. marginatus* da planície de inundação do alto rio Paraná. Neste estudo, assim como no estudo da planície de inundação, há outros fatores que devem ser considerados são as diferentes condições físicas, químicas e limnológicas dos ambientes de coleta.

Os resultados deste estudo demonstram que a estruturação das infracomunidades de parasitos metazoários de *M. cf. lippincottianus* é diretamente afetada por características ambientais e características específicas do hospedeiro como o sexo, o comprimento padrão e o fator de condição. Pode-se verificar que a continuidade do rio interrompida pela construção de barragens transforma este rio em uma série de ambientes com características diferentes. Reservatórios em cascata constituem bons locais de coleta para estudos de caracterização de comunidades parasitas de peixes de ambiente impactado.

3.5 Referências

AZEVEDO GB et al. (2007) Metazoans parasites of *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) at Rio das Pedras Farm, Campinas, SP, Brazil. **Bioikos**, 21 (2): 89- 96

AZEVEDO RK et al. (2006) Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do acará *Geophagus brasiliensis* (Quoy e Gaimard, 1824) (Perciformes:Cichlidae) do rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 28(4): 403-411

BARBOSA FAR et al. (1999) Ecological theory applied to reservoir zooplankton. In: Tundisi JG, Straskraba M (eds) **Theoretical reservoir ecology and its applications**. International Institute of Ecology. pp 435

BELLAY et al. (2012) Is the community of fish gill parasites structured in a Neotropical floodplain? **Acta Parasitologica**, 57 (1): 53- 60

BOGOTÁ-GREGORI JD, MALDONADO-OCAMPO JA (2006) Peces de la zona hidrogeográfica de la Amazonia, Colombia. **Biota Colombiana**, 7(1): 55-94

BUCHMANN K (1998) Binding and lethal effect of complement from *Oncorhynchus mykiss* on *Gyrodactylus derjavini* (Platyhelminthes: Monogenea). **Disease Aquatic Organisms**, 32: 195–200

BUSH AO, et al. (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. **Journal of Parasitology**, 83: 575-583.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental) (2001) Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2000. Cetesb, São Paulo, 219 pp. **Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente**.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental). 2005. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2004. Cetesb, São Paulo, 297pp. **Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente**.

CLARKE KR, GORLEY RN (2006) **Primer v6**: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

COHEN SC, et al. (2013) **South American Monogeneoidea Parasites of Fishes, Amphibians and Reptiles**. Rio de Janeiro: Oficina de Livros, 613pp.

DOGIEL VA et al. (eds.) (1958) **Parasitology of Fishes**. Leningrad University Press, 384 p.

DOGIEL VA (1961) Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: DOGIEL VA. et al. (Ed.), **Parasitology of Fishes**. London: Olivier & Boyd.

EIRAS JC, et al. (2006) **Métodos de Estudo e Técnicas Laboratoriais em Parasitologia de Peixes**. 2. ed. Maringá: EDUEM.

FRANÇA RS, et al. (2007) Species compositions of benthic molluscs in the reservoirs of Low Tietê River (São Paulo, Brazil) with an evaluation of the impact of exotic invader species. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(1): 41- 51.

GOTELLI NJ (2000) Null model analysis of species co-occurrence patterns. **Ecology**, 81: 2606–2621

GOTELLI NJ; ENTSMINGER GL (2001) **EcoSim**: Null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc.; Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.

GOTELLI NJ; ROHDE K (2002) Co-occurrence of ectoparasites of marine fishes: a null model analysis. **Ecology Letters**, 5: 86- 94.

GUIDELLI GM, et al., (2003) Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, Upper Paraná River floodplain, Brasil: specific composition and ecological aspects. **Brazilian Journal of Biology**, 63(2): 261-268.

HAMMER O, et al. (2001) **PAST**: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HOLMES, JC (1990) Competition, contacts, and other factors restricting niches of parasitic helminths. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée**, 65: 69-72.

HOSHINO MDF, TAVARES-DIAS (2014) Ecology of parasites of *Metynnis lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) from the eastern Amazon region, Macapá, State of Amapá, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 36 (2): 249-255.

KRASNOV BR et al. (2006) Are ectoparasite communities structured? Species co-occurrence, temporal variation and null models. **Journal Animal Ecology**, 75: 1330-1339.

LE CREN (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. **Journal Animal Ecology**, 20(2): 201-219.

LI, J et al. (2012) Effects of cascade hydropower dams on the structure and distribution of riparian and upland vegetation along the middle-lower Lancang-Mekong River. **Forest Ecology and Management**, 284: 251-259.

LIZAMA MAP, et al. (2006) Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, 15(3): 116-122.

LUQUE, J. L. et al. Aspectos ecológicos. In: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (Orgs.) **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. 2014. 67- 84.

MAGURRAN AE (2004) **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Publishing Company, 256p.

MALLIK AU, RICHARDSON JS (2009) Riparian vegetation change in upstream and downstream reaches of three temperate rivers dammed for hydroelectric generation in British Columbia, Canada. **Ecology Engineering**, 35(5): 810-819.

MARUYAMA LS et al., (2009) Pesca artesanal no Médio e Baixo rio Tietê, São Paulo, Brasil: Aspectos estruturais e socioeconômicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, 35(1): 61-81.

MATSUMURA-TUNDISI T; TUNDISI JG (2006) Estado trófico dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Tietê (SP) e manejo para o controle da eutrofização, pp. 141-160. In: TUNDISI JG, MATSUMURA-TUNDISI T, GALLI CS (eds.) **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. EUTROSUL – Rede Sul-Americana de eutrofização (IIE, IIEGA), 532p.

MINILLO, A. (2005) **Análise da distribuição, densidade e toxicidade de florações de cianobactérias em reservatórios do médio e baixo rio Tietê (SP) e relação com as características limnológicas do sistema**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Recuperado em 2015-08-04, de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04102005-093424/>

MOREIRA LHA, et al. (2009) Ecological aspects of metazoan endoparasites of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) (Characidae) from Upper Paraná river floodplain, Brazil. **Helminthologia** 46(4): 214-219.

MOREIRA LHA, et al. (2010) The influence of parasitism on the relative condition factor (K_n) *Metynnis lippincottianus* (Characidae) from two aquatic environments: the upper Parana river floodplain and Corvo and Guairacá rivers, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 32(1): 83-86.

NILSSON Cet al. (2005) Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. **Science** 308(5720):405–408.

NOGUEIRA MG et al. (2010) Phytoplankton assemblages in a reservoir cascade of a large tropical subtropical river, SE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 70: 781-793.

NOVAES JLC, et al. (2006) Metacercariae of *Diplostomum compactum* Lutz, 1928 (Trematoda, Diplostomidae) in the eyes of acará *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824 (Teleostei, Cichlidae) from Barra Bonita Reservoir – São Paulo, Brazil. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 58 (6): 1229-1231.

PAES JVK et al. (2003) Ocorrência de metacercária de *Diplostomum compactum* (Trematoda, Diplostomidae) parasitando *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) proveniente do reservatório de Nova Avanhandava, Buritama, São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, 70 (3) 383-387.

PAPERNA I (1995) Ultrastructure and developmental affinities of piscine coccidia. **Disease Aquatic Organisms**. 22: 67-76.

PAVANELLI GC, et al. (2008) **Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. 3ed. EDUEM: Maringá.

PAVANELLI GC; TAKEMOTO RM (2000) Aspects of the ecology of Proteocephalid cestodes parasites of *Sorubim lima* (Pimelodidae) of the upper Paraná river, Brazil: II. Interspecific associations and distribution of gastrointestinal parasites. **Revista Brasileira de Biologia**, 60 (4): 585- 590.

PEREIRA CCGF et al. (2005) Hábitos alimentícios de nueve espécies de peces Del embalse de Três Irmãos (São Paulo, Brazil). **Revista Universidad y Ciencia, México** 1: 33-38.

PEREIRA CCGF et al.(2002) Alterações tróficas nas espécies de peixes em decorrência da construção de reservatórios em cascata no médio e baixo Tietê. In: PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL CRHEA-SHA-EESC-USP. **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado**. São Carlos: RIMA. 360p.

PÉREZ PONCE de LEÓN, G., GARCÍA PIETRO, L. 2002. Los parasitos em el contexto de la biodiversidad y la conservación. CONABIO. **Biodiversitas**, 34: 11-15.

PETESSE ML, PETRERE Jr. M (2012) Tendency to homogenization in fish assemblages in the cascade reservoir system of the Tietê River Basin, Brazil. **Ecology Engineering**, 48: 109–116.

POULIN R (1995) Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates. **Ecological Monographs**, 65(3): 283-302.

POULIN, R. (1996) Richness, nestedness, and randomness in parasite infracommunity structure. **Oecologia**, 105: 545–551.

POULIN, R. (1998) **Evoluciona**ry ecology of parasites: from individuals to communities. London: Chapman & Hall, pp.

POULIN R (2004) Parasites and the neutral theory of biodiversity. **Ecography**, 27(1): 119- 123.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org>.

REIS AB et al. (2009) Alterações do epitélio branquial e das lamelas de tilápias (*Oreochromis niloticus*) causadas por mudanças do ambiente aquático em tanques de cultivo intensivo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 29(4): 303-311.

RENO PW (1998) Factors involved in the dissemination of disease in fish populations. **Journal Aquatic Animal Health**, 1 (10): 160-171.

ROCHA O et al. (2006) Cianotoxicidade em águas doces tropicais: o impacto da eutrofização. In: TUNDISI JG, MATSUMURA-TUNDISI T, GALLI CS (eds.) **Eutrofização na América do Sul**: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle, EUTROSUL – Rede Sul Americana de eutrofização, 532p.

RODGHER, S et al. (2005) Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê River (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, 65(4):697-710.

ROHDE K (1991) Intra-and interspecific interactions in low density populations in resource-rich habitats. **Oikos**, 60: 91–104.

SILVA EF, et al. (2007) Fatores que influenciam a comunidade de peixes em dois ambientes no baixo Rio das Mortes, Planície do Bananal, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(2): 482-492.

STONE L; ROBERTS A (1990) The checkerboard score and species distributions. **Oecologia**, 85: 74–79.

STRASKRABA M (1994) Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. **Water Sciences Technology**, 30(10): 289-297.

STRASKRABA M, TUNDISI JG (1999) Reservoir ecosystem functioning: theory and application. In: TUNDISI JG, STRASKRABA M. **Theoretical reservoir ecology and its applications** São Carlos: ABC, IIE, Backhuys Publishers, p. 565-597.

TEALDI S, et al. (2011) Modeling the impact of river damming on riparian vegetation. **Journal of Hydrology**, 396(3): 302-312.

TELLO JS, et al. (2008) Patterns of species co-occurrence and density compensation: a test for interspecific competition in bat ectoparasite infracommunities. **Oikos**, 117: 693-702.

THATCHER VE (2006) **Aquatic Biodiversity in Latin America: Amazon Fish Parasites**. Sofia: Pensoft, pp. 508.

TUNDISI, J.G. (1999a) Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu. FUNDICIO/FAPESP.

TUNDISI JG (1999) Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios. **Instituto Internacional de Limnologia**, São Carlos, SP.

TUNDISI JG et al., (1991) Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, 24:1489-1496.

VIDOTTO AP, CARVALHO ED (2007) Composition and structure of fish community in a stretch of the Santa Bárbara river influence by Nova Avanhandava reservoir (Iow Tietê river, São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 19: 233-245.

ZANATA LH et al. (2008) Morphological abnormalities in Cladocera (Brachiopoda) in a cascade of reservoirs in middle and lower Tietê river (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. 68 (3): 681-682.

ZAR JH. (2010) **Biostatistical Analysis**. 5rd. ed. New Jersey: Prentice-Hall.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Neste estudo foram descritas para a ciência quatro novas espécies de Monogenea.
- Os reservatórios do médio Tietê - Bariri e Ibitinga- apresentaram maior eutrofização e a fauna parasitária destes locais se apresentou com menor riqueza e menor abundância.
- Os reservatórios do baixo Tietê - Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos - apresentaram maior riqueza e maior abundância de parasitismo. A presença de parasitos de ciclo heteroxênico indica a presença de organismos como copépodes, moluscos, aves e mamíferos aquáticos, sugerindo, portanto, melhor saúde ambiental nestes locais.
- Foi observado a tendência a formação de gradiente de abundância de parasitismo crescente no sentido cabeceira - foz do rio Tietê.
- A espécie de parasito mais abundante foi o Nematoda *Spinoxyuris oxydoras*.
- Reservatórios em cascata, como os do rio Tietê, constituem bons ambientes de coleta de hospedeiros para o estudo dos parasitos de peixes de ambientes impactados pela ação humana.
- O presente estudo traz dados importantes que contribuem para o conhecimento científico sobre os parasitos de peixes de reservatórios.