

UFRRJ
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
VETERINÁRIAS

DISSERTAÇÃO

FAUNA ENDOPARASITÁRIA DE *Metynnis lippincottianus*
(COPE, 1870) DO ALTO RIO SÃO FRANCISCO, MINAS
GERAIS, BRASIL

MARIA DE FÁTIMA CANCELLA DE ALMEIDA BERTO

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**FAUNA ENDOPARASITÁRIA DE *Metynnis lippincottianus* (COPE, 1870) DO ALTO
RIO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS, BRASIL**

MARIA DE FÁTIMA CANCELLA DE ALMEIDA BERTO

Sob a orientação da Professora
Dra Marília de Carvalho Brasil Sato

e Co-orientação da Professora
Dra Cassandra de Moraes Monteiro

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**,
no Programa de Pós-Graduação em Ciências
Veterinárias.

Seropédica, RJ
Janeiro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A447f Almeida-Berto, Maria de Fátima Cancellata de, 1980-
Fauna Endoparasitária de *Metynnis lippincottianus*
(Cope, 1870) do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais,
Brasil / Maria de Fátima Cancellata de Almeida-Berto. -
2018.
57 f.: il.

Orientadora: Marília de Carvalho Brasil-Sato.
Coorientadora: Cassandra de Moraes Monteiro.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, 2018.

1. *Metynnis lippincottianus*. 2. Nematoda. 3.
Platyhelminthes. I. Brasil-Sato, Marília de Carvalho,
1964-, orient. II. Monteiro, Cassandra de Moraes,
1980-, coorient. III Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências
Veterinárias. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

MARIA DE FÁTIMA CANCELLA DE ALMEIDA BERTO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/01/2018

marilia sato

Prof. Dra Marília de Carvalho Brasil Sato – UFRRJ
(Orientadora)

Michelle Daniele dos Santos-Clapp

Prof. Dra Michelle Daniele dos Santos-Clapp – FFP/UERJ

Simone Chincz Cohen

Prof. Dra Simone Chincz Cohen – IOC

Prof. Dr Bruno Pereira Berto – UFRRJ

Prof. Dr Hécio Resende Borba – UFRRJ

DEDICATÓRIA

A Deus, o Senhor e Autor da minha vida, que me fortalece e me direciona no caminho que for da Sua Vontade.

Ao meu marido, Bruno, fundamental em minha vida, por todo o seu amor, cumplicidade, dedicação e por fazer com que eu acreditasse em mim mesma, sempre me apoiando em tudo.

Ao meu filho Pedro, por todo esse tempo em que ficou integralmente na escola para que eu pudesse cumprir todas as atividades do mestrado, e por todo o seu carinho e amor.

A minha mãe Irenice e em memória ao meu pai Victorino, pelo amor, apoio, confiança e pelos ensinamentos que levarei por toda a vida.

Aos meus sogros Benedito e Lucia, por toda ajuda, prestabilidade, direcionamento e orações.

Aos meus cunhados Sergio e Fátima Regina, pelo incentivo e apoio. E aos meus sobrinhos Daniel e Matheus pelos momentos de descontração que passamos juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a formulação e conclusão deste trabalho.

Em especial, a minha querida orientadora Dra Marília de Carvalho Brasil Sato do Laboratório de Biologia e Ecologia Parasitária (LABEPAR), Departamento de Biologia Animal (DPA), UFRRJ, pela amizade, confiança, orientação e, sobretudo, pela oportunidade e privilégio de adquirir uma porção de seu vasto conhecimento. PALAVRAS NÃO CONSEGUIRÃO TRADUZIR A MINHA ETERNA GRATIDÃO POR VOCÊ!!! MUITO OBRIGADA MINHA QUERIDA ORIENTADORA E AMIGA MARILIA!!!

À Dra Cassandra de Moraes Monteiro, pelo auxílio técnico e científico e pelas recomendações e sugestões. MUITO OBRIGADA!!!

Ao Dr Yoshimi Sato, por todo apoio logístico, fundamental para esta pesquisa, e também por compartilhar do seu conhecimento. MUITO OBRIGADA POR TODO O SEU APOIO E CONFIANÇA DE QUE NÓS CONSEGUIRÍAMOS!!!

À Ingrid Yumi Brasil Sato, por ter dividido a sua mãe comigo num momento importante para você, que está iniciando uma carreira profissional. QUE BOM QUE DEU TUDO CERTO!!! MUITO OBRIGADA!!!

À toda a equipe da Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CIRPA/CODEVASF), pelo suporte oferecido na realização desta pesquisa. SUPORTE FUNDAMENTAL PARA A PESQUISA!!! MUITO OBRIGADA!!!

Ao curador da Coleção Helmintológica do Instituto Oswaldo Cruz (CHIOC), Dr Marcelo Knoff, pela gentileza no atendimento ao depósito dos espécimes de parasitos do peixe deste trabalho. MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!!!

À colega do laboratório, mestrandia Rayane Duarte pela sua amizade e pela convivência no laboratório me apoiando e acessorando em todos os momentos em que estivemos juntas. À colega de Iniciação Científica Caroline Ferreira Calvário, pelo seu companheirismo e apoio naqueles meus momentos de preocupação. VOCÊS FORAM, SÃO E SERÃO PARTE DA MINHA FAMÍLIA SEMPRE!!! MUITO OBRIGADA POR TUDO!!!

À professora Dra Michelle Daniele dos Santos-Clapp, fonte inspiradora para todas nós, que com muita garra e dedicação, hoje faz parte do corpo docente desta Universidade. Agradeço por participar da minha banca, colaborando imensamente para o aperfeiçoamento desse trabalho. Agradeço também por participar indiretamente deste trabalho com os resultados das suas publicações. SUA DISSERTAÇÃO E TESE ME FIZERAM ACREDITAR QUE EU TAMBÉM IRIA CONSEGUIR!!! MUITO OBRIGADA!!!

À professora Dra Simone Chincz Cohen do Instituto Oswaldo Cruz (IOC) que gentilmente atendeu ao nosso convite e nos cedeu parte de seu precioso tempo e conhecimento para analisar este trabalho e dividir comigo este momento tão importante e esperado. Pra mim é motivo de muita honra e alegria tê-la como membro da minha banca examinadora. Suas considerações serão muito importantes para o aperfeiçoamento deste trabalho. MUITO OBRIGADA!!!

Ao professor Dr. Hélcio Resende Borba que vem acompanhando a trajetória da nossa família há bastante tempo. Obrigada pelos momentos em que dividimos as alegrias e as tristezas, pelos seus conselhos e por todo o seu carinho. OBRIGADA QUERIDO PROFESSOR!!!

À professora Dra. Viviane Moreira de Lima por me ouvir nos meus momentos de preocupações e sempre me passar calma e esperança. DEU CERTO!!! MUITO OBRIGADA!!!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa durante todo o período do mestrado. MUITO OBRIGADA!!!

Ao meu único e eterno amor, Bruno Pereira Berto por sempre ter me incentivado a crescer profissionalmente me estimulando a fazer o mestrado; por toda a paciência, carinho, amor, dedicação e proteção; por sempre acreditar na minha capacidade; por estar do meu lado nas alegrias e nas tristezas, na saúde e na doença; por ser um pai maravilhoso para o nosso filho e um excelente marido. MUITO OBRIGADA MEU AMOR!!! SEM VOCÊ EU NÃO TERIA CONSEGUIDO!!! TE AMAREI ETERNAMENTE!!!

BIOGRAFIA

MARIA DE FÁTIMA CANCELLA DE ALMEIDA BERTO, filha de Victorino Bernardo Maltez de Almeida e Irenice Cancellata de Almeida, brasileira, nasceu em 31 de agosto de 1980, no município do Rio de Janeiro, RJ.

Estudou a educação infantil até o segundo ano do ensino Médio no Colégio Nossa Senhora da Piedade. Formou-se no Ensino Médio em 1999 pelo Colégio e Curso Miguel Couto. No ano seguinte, ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Estácio de Sá (UNESA), Vargem Pequena, RJ. Transferiu-se para o curso de Medicina Veterinária da Universidade Castelo Branco, Penha, RJ. Foi estagiária do Controle de Qualidade do Grupo Pão de Açúcar. Formou-se Bacharel em Medicina Veterinária no ano de 2006.

Após graduar-se, ingressou no curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Celso Lisboa, Sampaio, Rio de Janeiro. Foi estagiária do Colégio Estadual Presidente Dutra em Seropédica. No ano de 2012, licenciou-se em Ciências e Biologia. Em Julho de 2016, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias da UFRRJ, a fim de se titular Mestre em Ciências.

Ele (Jesus) disse: "Lancem a rede do lado direito do barco e vocês encontrarão". Eles a lançaram e não conseguiam recolher a rede, tal era a quantidade de peixes.

João 21:6, Bíblia Sagrada

RESUMO

ALMEIDA-BERTO, Maria de Fátima Cancellata. **Fauna Endoparasitária de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.** 2018. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Metynnis lippincottianus (Cope, 1870) é um peixe de água doce comumente conhecido como “pacu” ou “pacu-marreca”, pelágico, atinge o comprimento total de 20 cm e maturação sexual em torno de 10 cm. O pacu se alimenta de vegetais aquáticos, frutas, sementes, algas fitoplanctônicas, artrópodes e detritos. Este peixe é originária da bacia do rio Amazonas e dos rios do nordeste da Guiana Francesa. Esse trabalho teve como objetivos: identificar as espécies da fauna endoparasitária de *Metynnis lippincottianus* do alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil; registrar os parâmetros parasitários e os sítios de infecção de cada parasito; prover os dados morfométricos e morfológicos das espécies de parasitos; identificar possíveis correlações entre os parâmetros parasitários, o comprimento total e o sexo dos hospedeiros; investigar interações ecológicas dos hospedeiros baseando-se na interpretação de possíveis ciclos biológicos dos parasitos; comparar a fauna encontrada com os registros desses parasitos em hospedeiros nativos do sistema hídrico e em outros hospedeiros de outras localidades, para avaliar uma possível especificidade entre parasito e hospedeiro e contribuir com a indicação de espécies de parasitos que, acompanhando a espécie de peixe hospedeira, possa ter sido simultaneamente introduzida na comunidade biótica do sistema hídrico do Alto Rio São Francisco. Em junho e outubro de 2016, um total de 67 representantes de peixes da espécie *Metynnis lippincottianus* foram coletados pelos pescadores locais na foz do Borrachudo, à montante da barragem de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Município de Três Marias, Estado de Minas Gerais, Brasil, e foram examinados no Laboratório de Biologia e Ecologia Parasitária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Os endoparasitos coletados foram estudados conforme metodologia utilizada em Ictioparasitologia. Dos 67 peixes analisados, 63 encontravam-se parasitados, tendo sido encontradas cinco espécies de parasitos. Entre os Platyhelminthes, no intestino posterior do peixe foi encontrado um representante de Digenea, *Dadayius* sp. e larvas plerocercoides (Eucestoda, Proteocephalidae) na cavidade peritoneal, aderidas na superfície do estômago e intestinos do hospedeiro. Entre os Nematoda foram encontrados *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 no estômago e no intestino anterior do hospedeiro, *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, 1934 no estômago do peixe, e *Spinoxyuris* sp. no intestino posterior do hospedeiro. Na análise dos índices parasitários em relação ao tamanho dos peixes machos e fêmeas isoladamente, a intensidade e a abundância de *Spinoxyuris* sp. foram mais elevadas apenas nos peixes machos menores. Os resultados apresentados constituíram registros inéditos de parasitos em *Metynnis lippincottianus* no Rio São Francisco. Em relação à fauna parasitária registrada em espécies congêneras de outras bacias, a presença das larvas plerocercoides e do nematoide *Spinitectus rodolphiheringi* caracterizam novos achados e ampliam a composição da fauna parasitária conhecida de *Metynnis* spp.. Além disso, *Dadayius* sp. e *Spinoxyuris* sp. são parasitos registrados pela primeira vez na bacia do São Francisco. *Metynnis lippincottianus*, peixe de recente introdução na bacia do São Francisco, adquiriu parasitos e está atuando como hospedeiro paratênico, intermediário e definitivo dessas espécies de helmintos.

Palavras chave: *Metynnis lippincottianus*, Nematoda, Platyhelminthes.

ABSTRACT

ALMEIDA-BERTO, Maria de Fátima Cancelli. **Endoparasitic fauna of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) from the Upper São Francisco River, Minas Gerais, Brazil.** 2018. 57p. Dissertation (Master of Science). Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Metynnis lippincottianus (Cope, 1870) is a freshwater fish commonly known as ‘pacu’ or ‘pacu-marreca’, pelagic, reaches the total length of 20 cm and sexual maturation around 10 cm. The pacu feed on aquatic vegetables, fruits, seeds, phytoplanktonic algae, arthropods and debris. This fish originates from the Amazon River basin and northeast rivers of the French Guiana. The current work aimed: identify the species of the endoparasitary fauna of *Metynnis lippincottianus* of the upper São Francisco River, Minas Gerais, Brazil; record the parasite parameters and the infection sites of each parasite; provide the morphometric and morphological data of the parasite species; identify possible correlations between parasite parameters, total length and host sex; investigate ecological interactions of the hosts based on the interpretation of possible biological cycles of the parasites; and compare the fauna found with the records of these parasites in native hosts of the water system and in other hosts of other localities, to evaluate a possible parasite and host specificity and to contribute to the identification of parasite species that could be simultaneously introduced into the biotic community of the upper São Francisco River system. In June and October 2016, a total of 67 specimens of *Metynnis lippincottianus* were collected by local fishermen at the mouth of Borrachudo, upstream of the Três Marias dam, Alto Rio São Francisco, Três Marias Municipality, State of Minas Gerais, Brazil, and examined at the Laboratório de Biologia e Ecologia Parasitária of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. The collected endoparasites were studied according to the methodology used in Ichthyocoasitology. Of the 67 fish analyzed, 63 were parasitized, and five species of parasites were found. Among the Platyhelminthes, in the posterior gut of the fish was found a specimen of Digenea, *Dadayius* sp. and plerocercoid larvae (Eucestoda, Proteocephalidae) in the peritoneal cavity, adhered to the surface of the stomach and intestines of the host. Among the Nematoda were found *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 in the stomach and the anterior intestine of the host, *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, and *Spinoxyuris* sp. in the host's posterior intestine. In the analysis of the parasite indices in relation to the size of the male and female fish, the intensity and abundance of *Spinoxyuris* sp. were higher only in the smaller male fish. These parasites in *Metynnis lippincottianus* in the São Francisco River are unrecorded in the scientific literature. The presence of plerocercoid larvae and the *Spinitectus rodolphiheringi* nematode characterize new findings and increase the composition of the known parasitic fauna of *Metynnis* spp. in relation to the parasitic fauna recorded in congeneric species of other basins. In addition, *Dadayius* sp. and *Spinoxyuris* sp. are parasites registered for the first time in the São Francisco basin. *Metynnis lippincottianus*, fish of recent introduction in the São Francisco basin, has acquired parasites and is acting as a paratenic, intermediate and definitive host of these species of helminths.

Keywords: Palavras chave: *Metynnis lippincottianus*, Nematoda, Platyhelminthes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Prevalência (P%); intensidade média (IM); abundância média (AM); amplitude de infecção (A); com os correspondentes desvios padrão (DP) e sítios de infecção (SI): E = estômago; IA = intestino anterior; IM = intestino médio; IP = intestino posterior; número de depósito (CHIOC = Coleção Helminológica do Instituto Oswaldo Cruz) dos endoparasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	33
Tabela 2. Índice de dispersão e teste estatístico <i>d</i> dos endoparasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	34
Tabela 3. Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) com respectivos números de hospedeiros (n), médias (M), desvios padrão (DP) e amplitudes (A) dos endoparasitos por sexo de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	36
Tabela 4. Prevalência dos parasitos em relação ao sexo e ao comprimento total (CT), e em relação ao sexo nas diferentes classes de tamanhos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	38
Tabela 5. Intensidade e abundância dos parasitos em relação ao sexo e ao comprimento total (CT) de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	38
Tabela 6. Características das infracomunidades dos parasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	40
Tabela 7. Análise dos descritores parasitários das espécies co-ocorrentes em 67 espécimes de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	40
Tabela 8. Análise de Kruskal-Wallis (<i>KW</i>) e teste de comparação múltipla de Dunn para a comparação da intensidade e abundância das espécies co-ocorrentes de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa da Bacia do Rio São Francisco. Agência Nacional de Águas (ANA). Região Hidrográfica do São Francisco: Águas que contribuem para o desenvolvimento de 521 municípios, 2010. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/paginas/portais/Bacias/SaoFrancisco.aspx>>. Acesso: agosto de 2017..... 2
- Figura 2.** Reservatório de Três Marias do Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Disponível em: <<https://www.restaurantebelasaguas.com.br/>>. Acesso: agosto de 2017..... 4
- Figura 3.** Espécime adulto fêmea de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) Foto: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato..... 7
- Figura 4.** Local de coleta dos peixes: foz do Borrachudo, à montante da barragem de Três Marias (18° 12' 59" S; 45° 17' 34" O), Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (Fonte: Google Earth, agosto 2017) 11
- Figura 5.** Órgãos individualizados da necropsia de espécime adulto macho de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870). (A) olhos. (B) brânquias. (C) sistema urinário (D) coração. (E) vesícula gasosa. (F) gônadas. (G) fígado e vesícula biliar. (H) esôfago. (I) estômago. (J) intestino anterior. (K) intestino médio. (L) intestino posterior. Foto: MFC Almeida-Berto.... 13
- Figura 6.** Espécime juvenil de *Dadayius* sp. de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Espécime inteiro; (B) Extremidade Anterior; (C) Porção Mediana; (D) Extremidade Posterior. Legendas: AC – acetábulo com entalhe póstero-mediano indicado (seta); BE – bulbo esofágico ovóide – CE – ceco bilobado; ES – esôfago; VO – ventosa oral. Montagem permanente, bálsamo do Canadá, corante: Carmim acético de Mayer. Escalas: (A) 50µm; (B, C, D) 20µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato) 18
- Figura 7.** Espécimes larvais de plerocercoides de Proteocephalidae de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Massa com cistos de larvas plerocercoides; (B) Cistos de larvas de plerocercoides com ventosas indicadas (asteriscos). Legendas: CO – corpo, V – ventosa do escólice. Montagem permanente, bálsamo do Canadá, corante: Carmim de Semichon. Escalas: (A) 50 µm; (B) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato) ... 20
- Figura 8.** Espécime adulto fêmea de *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B) Porção Mediana. (C) Região pós-equatorial. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; AB – anel basal; AN – anel nervoso; CB – cápsula bucal com espiras; CC – cauda cônica; EG – esôfago glandular; EM: esôfago muscular; LV – larvas; PE – poro excretor; VU - vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; C) 50 µm; (B; D) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato) 23
- Figura 9.** Espécime adulto macho de *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B) Extremidade Posterior. Legendas: AB – anel basal; AN – anel nervoso; CB – cápsula bucal com espiras; EP – espículo; PE – poro excretor; PO – papila pós-cloacal; PR – papila pré-cloacal. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; B) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato) 24
- Figura 10.** Espécime adulto fêmea de *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, 1934 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A – B) Extremidade Anterior. (C) Porção Mediana. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; E – espinho; EG – esôfago

glandular; EM – esôfago muscular; FE – fileira de espinhos; OV – ovo; VE – vestíbulo; VU – vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; D) 50 µm; (B; C) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato)	26
Figura 11. Espécime adulto fêmea de <i>Spinoxyuris</i> sp. de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B – C) Porção Mediana. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; AN – anel nervoso; BE – bulbo esofágico; ES – esôfago; OV – ovo; PE – poro excretor; VU – vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; B; C; D) 50 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato)	28
Figura 12. Espécime adulto macho de <i>Spinoxyuris</i> sp. de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Espécime inteiro. (B) Extremidade Anterior. (C - D) Extremidade Posterior. Legendas: AS – asa caudal; AN – anel nervoso; BE – bulbo esofágico; EP – espículo; ES – esôfago; CG – cone genital; PC – papila cefálica; PO – papila pós-cloacal; PR – papila pré-cloacal; S – ‘spike’. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A) 50 µm; (B; C; C) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato)	29
Figura 13. Representação da riqueza dos filozos da fauna parasitária de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Representantes dos Filozos Platyhelminthes: <i>Dadayius</i> sp. e plerocercoides e Nematoda: <i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>inopinatus</i> Travassos, Artigas & Pereira, 1928, <i>Spinitectus rodolphihering</i> Vaz & Pereira, 1934 e <i>Spinoxyuris</i> sp.....	30
Figura 14. Representatividade percentual da prevalência dos filozos Platyhelminthes e Nematoda, parasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, MG	31
Figura 15. Representação da prevalência dos endoparasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil	31
Figura 16. Representação da intensidade média dos endoparasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil	32
Figura 17. Representação da abundância média dos endoparasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil	32

LISTA DE GÊNEROS E ESPÉCIES DE PEIXES E RESPECTIVAS AUTORIAS

Acestrorhynchus britskii Menezes, 1969
Acestrorhynchus lacustris (Lütken, 1875)
Acestrorhynchus falcirostris (Cuvier, 1819)
Acnodon Eigenmann, 1903
Acnodon oligacanthus Eigenmann, 1903
Astronotus ocellatus (Agassiz, 1831)
Astyanax altiparanae Guarutti & Britski, 2000
Astyanax bimaculatus (Linnaeus, 1758)
Astyanax fasciatus (Cuvier, 1819)
Astyanax paranae Eigenmann, 1914
Auchenipterus nuchalis (Spix & Agassiz, 1829)
Bergiaria westermanni (Reinhardt, 1874)
Brycon amazonicus (Spix & Agassiz, 1829)
Brycon cephalus (Günther, 1869)
Brycon melanopterus Cope, 1872
Brycon orthotaenia Günther, 1864
Cephalosilurus fowleri Hanseman, 1911
Cichla Schneider, 1801
Cichla kelberi Kullander & Ferreira, 2006
Cichla monoculus Spix & Agassiz, 1831
Cichlasoma bimaculatum Linnaeus, 1758
Clarias gariepinus (Burchell, 1822)
Colossoma Eigenmann, 1903
Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)
Conorhynchus conirostris (Valenciennes, 1840)
Ctenopharyngodonidella (Valenciennes, 1844)
Cyprinus carpio Linnaeus, 1758
Duopalatinus emarginatus (Valenciennes, 1840)
Franciscodoras marmoratus (Reinhardt, 1874)
Hemigrammus marginatus Ellis, 1911
Hoplerythrinus unitaeniatus Spix, 1829
Hoplias lacerdae Miranda Ribeiro, 1908
Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)
Hoplosternum littorale (Hancock, 1828)
Leporinus elongatus Valenciennes, 1850
Leporinus friderici Bloch, 1794
Leporinus lacustris Amaral Campos, 1945
Leporinus macrocephalus Garavello & Britski, 1988
Leporinus obtusidens (Valenciennes, 1837)
Leporinus piau Fowler, 1941
Leporinus reinhardti Lütken, 1875
Megapiranha paranensis Cione, Dahdul, Lundberg & Machado-Allison, 2009
Metynnis Cope, 1878
Metynnis anisurus Ahl, 1923
Metynnis argenteus Ahl, 1923
Metynnis dungerni Ahl, 1925
Metynnis goeldii Eigenmann, 1903
Metynnis guaporensis Eigenmann, 1915

Metynnis heinrothi Ahl, 1924
Metynnis hypsauchen Müller & Troschel, 1844
Metynnis lippincottianus (Cope, 1870)
Metynnis luna Cope, 1878
Metynnis maculatus (Kner, 1858)
Metynnis roosevelti Eigenmann, 1915
Metynnis seitzii Ahl, 1923
Metynnis snethlagae Ahl, 1924
Moenkhausia costae (Steindachner, 1907)
Mylesinus Cuvier & Valenciennes, 1849
Mylesinus paraschomburgkii Jégu, Santos & Ferreira, 1989
Myletes orbicularis Steindachner, 1908
Myletes lippincottianus Cope, 1870
Myleus Müller & Troschel, 1844
Myleus altipinnis (Valenciennes, 1850)
Myleus asterias (Müller & Troschel, 1844)
Myleus micans (Reinhardt, 1874)
Myleus rubripinnis (Müller & Troschel, 1844)
Myleus ternetzi (Norman, 1929)
Myleus tiete (Eigenmann & Norris, 1900)
Oreochromis Günther, 1889
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)
Orthospinus franciscensis (Eigenmann, 1914)
Pachyurus squamipennis Agassiz, 1831
Pamphorichthys hollandi (Henn, 1916)
Pimelodus pohli Ribeiro & Lucena, 2006
Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)
Plagioscion squamosissimus (Heckel, 1840)
Pristobrycon Eigenmann, 1915
Pristobrycon eigenmanni (Norman, 1929)
Pristobrycon striolatus (Steindachner, 1908)
Prochilodus argenteus Spix & Agassiz, 1829
Prochilodus costatus Valenciennes, 1850
Pseudoplatystoma corruscans (Spix & Agassiz, 1829)
Pygocentrus Müller & Troschel, 1844
Pygocentrus nattereri, Kner, 1860
Pygocentrus piraya (Cuvier, 1819)
Salminus brasiliensis (Cuvier, 1816)
Schizodon borelli (Boulenger, 1900)
Schizodon knerii (Steindachner, 1875)
Schizodon nasutus Kner, 1858
Serrasalmus Lacepède, 1803
Serrasalmus altispinis Merckx, Jégu & Santos, 2000
Serrasalmus brandtii Lütken, 1875
Serrasalmus maculatus Kner, 1858
Serrasalmus marginatus Valenciennes, 1836
Serrasalmus rhombeus (Linnaeus, 1766)
Symphysodon aequifasciatus Pellegrin, 1904
Tetragonopterus chalceus Spix & Agassiz, 1829
Tilapia Smith, 1840

Triportheus angulatus (Spix & Agassiz, 1829)

Triportheus curtus (Garman, 1890)

Triportheus guentheri (Garman, 1890)

Triportheus rotundatus (Jardine, 1841)

LISTA DE GÊNEROS E ESPÉCIES DE PARASITOS E RESPECTIVAS AUTORIAS

Austrodiplostomum compactum (Lutz, 1928)
Brasilnema Moravec, Kohn & Fernandes, 1992
Contracaecum Railliet & Henry, 1912
Cosmoxynema Travassos, 1949
Cosmoxynemoides Travassos, 1949
Dadayius Fukui, 1929
Dadayius pacuensis Thatcher, 1996
Dadayius pacupeva Lacerda, Takemoto & Pavanelli, 2003
Dadayius puruensis Lopes, Karling, Takemoto, Rossoni, Ferreira & Pavanelli, 2011
Ichthyouris (Inglis, 1962)
Myxobolus maculatus Casal, Matos & Azevedo, 2002
Myxobolus metynnis Casal, Matos & Azevedo, 2006
Parasynodontisia Moravec, Kohn & Fernandes, 1992
Procamallanus Baylis, 1923
Procamallanus (Spirocamallanus) freitasi (Moreira, Oliveira & Costa, 1991)
Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus Travassos, Artigas & Pereira, 1928
Procamallanus (Spirocamallanus) pimelodus Pinto, Fábio, Noronha & Rolas, 1974
Procamallanus (Spirocamallanus) saofranciscensis (Moreira, Oliveira & Costa 1994)
Proteocephalus macrophallus (Diesing, 1850)
Proteocephalus microscopicus Woodland, 1935
Raphidascaris (Sprentascaris) mahnerti Petter & Cassone, 1984
Spinitectus Fourment, 1883
Spinitectus agonostomi Moravec & Barus, 1971
Spinitectus asperus Travassos, Artigas & Pereira, 1928
Spinitectus carolini Holl, 1928
Spinitectus jamundensis Thatcher & Padilha, 1977
Spinitectus multipapillatus Petter, 1987
Spinitectus pachyuri Petter, 1984
Spinitectus rodolphiheringi Vaz & Pereira, 1934
Spinitectus sternopygi (Petter, 1984)
Spinitectus yorkei Travassos, Artigas & Pereira, 1928
Spinoxyuris Petter, 1994
Spinoxyuris annulata Moravec & Thatcher, 2001
Spinoxyuris oxydoras Petter, 1994
Travnema Pereira, 1938

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Caracterização da área de coleta.....	11
3.2 Coleta, identificação e classificação do hospedeiro.....	11
3.3 Necropsia dos hospedeiros.....	13
3.4 Coleta, fixação e processamento dos espécimes de parasitos.....	14
3.5 Classificação e identificação das espécies de parasitos.....	14
3.6 Morfometria e fotomicrografias.....	14
3.7 Análise estatística dos dados.....	14
3.8 Depósito dos espécimes de parasitos.....	16
4 RESULTADOS.....	17
4.1 Classificação e resenhas ecológicas e taxonômicas dos parasitos de <i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.....	17
4.2 Componentes da comunidade parasitária.....	30
4.3 Análise do sexo e comprimento total de <i>Metynnis lippincottianus</i>	35
4.4 Influência do comprimento total do hospedeiro sobre a prevalência, intensidade e abundância parasitárias.....	37
4.5 Influência do sexo do hospedeiro sobre a prevalência, intensidade e abundância parasitárias.....	37
4.6 Riqueza, Diversidade, Dominância e Equitabilidade.....	39
5 DISCUSSÃO.....	42
6 CONCLUSÕES.....	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS.....	57
Anexo A – Formulário para necropsia de peixes	
Anexo B – Artigo científico submetido “Parasitic helminths of the non-native serrasalmid fish <i>Metynnis lippincottianus</i> from the Três Marias Reservoir, southeast Brazil”	

1 INTRODUÇÃO

Em 4 de outubro de 1501, pela Igreja Católica denominado dia de São Francisco, o santo protetor dos animais, Américo Vespúcio descobriu a foz de um rio na costa do nordeste brasileiro, que foi nomeado em homenagem ao santo São Francisco (GODINHO & GODINHO, 2003).

Com 2.700km, drenando uma área de 634.000km², a Região Hidrográfica do São Francisco abrange 521 municípios em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, além do Distrito Federal. O Rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e escoar no sentido Sul-Norte pela Bahia e Pernambuco, alterando o seu curso para o Sudeste, chegando ao Oceano Atlântico na divisa entre Alagoas e Sergipe. Devido à sua extensão e aos diferentes percursos, a região está dividida em quatro unidades fisiográficas: Alto, Médio, Sub-médio e Baixo São Francisco (Figura 1) (ANA, 2017).

A região do Alto do São Francisco equivale a 19% da área da bacia e compreende da nascente até Pirapora, Minas Gerais, numa extensão de 630 km; o Médio corresponde a 55% da bacia e estende-se de Pirapora até Remanso, Bahia, com 1.090 km; o Sub-médio equivale a 24% da bacia e compreende de Remanso até a cachoeira de Paulo Afonso, Bahia, com 686 km de extensão e o Baixo do São Francisco que corresponde a 7% da bacia e se estende de Paulo Afonso até a foz, Sergipe, sendo o trecho mais curto da região, com 274 km de comprimento. As águas rápidas, frias e oxigenadas são determinadas pela região do Alto do São Francisco. Por ser rio de planalto, a região do Médio apresentará uma menor velocidade e estará mais sujeita a grandes cheias; a região do Sub-médio está praticamente barrada; e por ser trecho de planície, a região do Baixo é mais lenta e encontra-se sob influência marinha (GODINHO & GODINHO, 2003; PEREIRA *et al.*, 2007).

A vazão natural média anual do Rio São Francisco é de 2.846 metros cúbicos por segundo. A área de drenagem ocupa 8% do território nacional e sua cobertura vegetal contempla Mata Atlântica no Alto, Cerrado no Médio e Caatinga no Sub-médio e Baixo São Francisco, principalmente nas cabeceiras. A bacia concentra a maior quantidade e diversidade de peixes de água doce da região Nordeste (ANA, 2017).

Aproximadamente 70% da vazão descarregada no mar é proveniente de Minas Gerais. As maiores vazões observadas ocorrem no verão e as menores, no inverno. Na classificação mundial o Rio São Francisco é denominado o 34º rio de maior vazão e o 31º rio de maior extensão (GODINHO & GODINHO, 2003).



Figura 1. Mapa da Bacia do Rio São Francisco. Agência Nacional de Águas (ANA). Região Hidrográfica do São Francisco: Águas que contribuem para o desenvolvimento de 521 municípios, 2010. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/paginas/portais/Bacias/SaoFrancisco.aspx>>. Acesso: agosto de 2017.

O Rio São Francisco possui 36 afluentes de grande importância, dentre os quais apenas 19 são perenes destacando-se, pela margem direita, os rios Pará, Paraopeba, Velhas, Verde e Grande, e pela margem esquerda, os rios Abaeté, Paracatu, Urucuia, Pandeiros, Carinhanha, Corrente e Grande. O clima é caracterizado pela variação de temperaturas entre médias e elevadas no decorrer de quase o ano todo. A temperatura média anual varia de 18 a 27 °C com um baixo índice de nebulosidade e elevada incidência de radiação solar. Há ocorrência de duas estações bem distintas, ou seja, uma seca e outra chuvosa (PEREIRA *et al.*, 2007).

A região vivencia momentos de secas e de cheias. O semiárido é vulnerável e sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, que têm sido responsáveis pelo êxodo de parte de sua população. Por outro lado, os moradores da região metropolitana de Belo Horizonte enfrentam com frequência períodos de enchentes (ANA, 2017).

Na calha principal do rio encontram-se as principais usinas hidrelétricas. A usina de Três Marias (Figura 2), construída no terço superior do rio, enquanto as demais encontram-se no terço inferior. Esses reservatórios hidrelétricos começaram a ser construídos após a década de 1960 (GODINHO & GODINHO, 2003; AGOSTINHO *et al.* 2007).

A bacia possui um potencial hidrelétrico de aproximadamente 10.473 MW, distribuídos principalmente nas usinas Três Marias, Queimado, Itaparica, Complexo Paulo Afonso, Xingó e Sobradinho, considerado o maior lago artificial do país, com mais de 4.200 km². Os reservatórios Três Marias e Sobradinho têm a importante função na regularização das vazões do Rio São Francisco. Os reservatórios que se destacam pelo tamanho são Três Marias (1.142 km²), no Alto São Francisco, e Itaparica (828 km²), mais próximo à sua foz (AGOSTINHO *et al.* 2007; ANA, 2017).

Em relação ao número de habitantes, 50% localizam-se no Estado de Minas Gerais. Cidades e vilarejos nasceram ao longo de suas margens, sendo Juazeiro (Bahia) e Petrolina (Pernambuco), com aproximadamente 200 mil habitantes cada, os maiores conglomerados urbanos ribeirinhos. Belo Horizonte (Minas Gerais) possui cerca de 2,9 milhões de habitantes, sendo considerada a maior região metropolitana do vale (GODINHO & GODINHO, 2003).

A população que habitava na região em 2010 era de mais de 14,2 milhões de pessoas, o equivalente a 7,5% da população do país. Em função da riqueza em recursos naturais, a bacia do São Francisco abriga uma diversidade de locais históricos, culturais, sítios arqueológicos e importantes centros urbanos. Além disso, a região oferece um grande potencial para o desenvolvimento do turismo (ANA, 2017).



Figura 2. Reservatório de Três Marias do Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Disponível em: <<https://www.restaurantebelasaguas.com.br/>>. Acesso: agosto de 2017.

Historicamente, o Rio São Francisco foi uma das principais fontes de pescada para a população ribeirinha e mercados de outras regiões, auxiliando o desenvolvimento de estabelecimentos comerciais que tinham na pesca sua fonte principal ou secundária de recursos. Além disso, atraía a atenção de pescadores desportivos, pois até hoje, possui ictiofauna diversa com grande importância ambiental, social e econômica, não só para as comunidades à margem, como em todo território nacional (GODINHO & GODINHO, 2003; CAMPECHE *et al.*, 2011).

As regiões localizadas na calha do Rio São Francisco, à jusante da represa de Três Marias e seus principais afluentes, foram determinados como áreas de conservação da biodiversidade do Estado de Minas Gerais devido à riqueza de peixes, a presença de espécies endêmicas e a reprodução de peixes de piracema (GODINHO & GODINHO, 2003; GOMES *et al.*, 2005).

A fauna do Rio São Francisco é constituída por inúmeras espécies de peixes com importância ambiental, social e econômica, seja nas comunidades ribeirinhas ou em todo o território nacional. Contudo sabe-se que o estoque pesqueiro do rio, assim como em outros corpos hídricos, está em declínio devido ao aumento da pressão de captura (CAMPECHE *et al.*, 2011).

Em registros do levantamento ictiológico realizado em 19 reservatórios, situados na bacia Amazônica, São Francisco, Paraná e Leste, a fauna dominante nessas regiões é formada por espécies sedentárias, a maioria da ordem Characiformes (ARAÚJO-LIMA *et al.*, 1995).

Na bacia do Rio São Francisco foram registradas aproximadamente 158 espécies de peixes dulcícolas, sendo que novas espécies têm sido descritas com frequência. Sete espécies,

de importância para a pesca, foram consideradas como possíveis migradoras de longa distância. São elas: curimatá-pacu (*Prochilodus argenteus*), curimatá-pioa (*Prochilodus costatus*), dourado (*Salminus brasiliensis*), matrinhã (*Brycon orthotaenia*), piau-verdadeiro (*Leporinus obtusidens*), pirá (*Conorhynchus conirostris*) e surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) (ALVES & POMPEU, 2001; GODINHO & GODINHO, 2003).

Characiformes é a ordem mais abundante entre os peixes de água doce, compreendendo 23 famílias, 270 gêneros e 2.079 espécies (ESCHMEYER & FONG, 2011). Entre as famílias de Characiformes destaca-se Serrasalminidae. As espécies de peixes de Serrasalminidae são conhecidas popularmente como piranhas, pacus e tambaquis. Serrasalminidae está representada por 90 espécies válidas, sendo oito *Incertae Sedis*, distribuídas em 17 gêneros, incluindo a espécie fóssil já extinta, *Megapiranha paranensis* (PAVANELLI *et al.*, 2009; OTA, 2015).

O grupo de peixes representantes de Serrasalminidae pode ser identificado por uma combinação de caracteres como corpo comprimido e muito alto, espinhos abdominais, nadadeira dorsal com mais de 16 raios e espinho pré-dorsal anteriormente direcionado. A classificação dessa família em grupos tem sido feita de acordo com o número de fileiras e tipos de dentes pré-maxilares (OTA *et al.*, 2013).

As piranhas possuem apenas uma fileira de dentes triangulares e cortantes, podendo ser tri ou pentacuspídeos. Os pacus, o tambaqui e a pirapitinga apresentam duas fileiras de dentes pré-maxilares. Essa morfologia dos dentes parece facilitar o hábito alimentar frugívoro (OTA *et al.* 2013).

Serrasalminae é composta por 13 gêneros. Nesta subfamília, os gêneros *Acnodon*, *Colossoma*, *Metynnis*, *Myleus*, *Mylesinus*, *Piaractus*, *Pygocentrus*, *Pristobrycon* e *Serrasalmus* se destacam por possuírem registros literários do estudo de suas faunas parasitárias. Desdes gêneros, algumas espécies compõem a fauna ictiológica do Rio São Francisco. *Colossoma macropomum* conhecido popularmente como tambaqui e *Pygocentrus piraya*, piranha, são peixes endêmicos deste sistema hídrico. *Myleus altipinnis*, *M. micans*, conhecidos por pacu, e *Serrasalmus brandtii*, pirambeba, são considerados espécies nativas de peixes do Rio São Francisco (BARBOSA & SOARES 2009; BARBOSA *et al.*, 2017).

Os pacus se alimentam de frutos e sementes nas florestas alagáveis de várzea, rios de águas brancas, e de igapós, águas negras e claras. Acredita-se que tenham um papel muito importante na dispersão de sementes de diversas espécies de árvores (OTA *et al.*, 2013).

Peixes dessa família são encontrados na região Neotropical, onde predominam os ambientes dulcícolas. Apesar disso, sabe-se da presença dessas espécies em outros locais do mundo como resultado de introdução intencional ou acidental (CALETA *et al.*, 2011; OTA, 2015).

Os serrasalmídeos normalmente são habitantes de águas lentas e aparecem em lagos e nas planícies alagadas. Porém, existem diversas espécies de pacus especializadas na ocupação de ambientes de corredeiras na Amazônia (OTA *et al.*, 2013).

Metynnis é um dos gêneros mais ricos em espécies dentro de Serrasalminidae e atualmente inclui 15 espécies válidas. O gênero é amplamente distribuído na América do Sul, incluindo a bacia do rio Amazonas, rios do Nordeste do Escudo das Guianas, Orinoco, Paraguai, bacia do Paraná e São Francisco, e rios costeiros do Nordeste Brasil (ZARSKE & GÉRY, 1999; OTA *et al.*, 2016).

Conhecido popularmente como pacu, espécies do gênero *Metynnis* também são nomeadas como dólar de prata. Elas estão relacionados com piranhas e, na verdade, muitas vezes são confundidos com seus primos predatórios (FROESE, 2017; SERIOUSLY FISH, 2017).

A etimologia do nome genérico *Metynnis* é oriunda do grego (meta) que significa depois, e ynnis (-eos) que significa relha, ou seja, peixe com aparato pontiagudo (relha)

presente na sua região posterior. *Metynnis lippincottianus* (Figura 3) é considerada uma espécie ornamental e foi nomeada por Cope, autoridade do gênero, em homenagem ao amigo James S. Lippincott, o qual é autor de importantes contribuições para Meteorologia, Agricultura e outros assuntos (OTA *et al.*, 2013).

Metynnis lippincottianus é conhecido popularmente no Brasil como pacu ou ainda pacu-marreca. Peixe dulcícola, nativo da bacia do rio Amazonas e rios do nordeste do escudo da Guiana Francesa. Esse peixe é pelágico, ou seja, vive nas margens de rios e lagos (FROESE, 2017).

Alimenta-se de vegetais aquáticos, sementes e algas fitoplanctônicas, porém, ocasionalmente ingere algumas espécies de artrópodes e detritos. Considerado um peixe preferencialmente herbívoro, *M. lippincottianus* ocupa o segundo nível trófico na cadeia alimentar. Seu comprimento máximo atingido é de 20 cm e sua maturação sexual ocorre quando atinge 10 cm (HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; FROESE, 2017). O tipo de fecundação desse peixe é externa, com a fêmea liberando aproximadamente dois mil ovos, os quais eclodem em três dias, e as larvas começam a se alimentar a partir do oitavo dia (OTA, 2015). Esse peixe possui importância como peixe ornamental e na pesca extrativista (HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; FROESE, 2017). Morfologicamente, *M. lippincottianus* é caracterizada por apresentar mancha umeral pequena (menor que o diâmetro orbital) de formato circular, máculas escuras pelo corpo, 19 a 25 rastros branquiais totais, curtos, menores que a metade do filamento branquial, 80 a 86 escamas perfuradas na linha lateral, 34 a 37 raios ramificados na nadadeira anal e 40 a 44 escamas pré-dorsais. Apresenta dimorfismo sexual definido pelos machos com lobo anterior desenvolvido nos primeiros 16 raios ramificados da nadadeira anal, e fêmeas apresentando raios da nadadeira anal decrescendo gradualmente de tamanho, tornando a margem da mesma retilínea. A nadadeira anal em ambos os sexos apresenta-se alaranjada ou avermelhada em período reprodutivo (OTA *et al.*, 2013). O tipo primário de *M. lippincottianus* possui 9,5 cm de comprimento padrão e está registrado na The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, EUA, sob o número ANSP 8024 (síntipo) do Pará, Brasil (ZARSKE & GÉRY, 1999).



Figura 3. Espécime adulto fêmea de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870). Foto: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato.

As espécies consideradas sinônimas de *M. lippincottianus* são: *Myletes lippincottianus*; *Metynnis anisurus*; *Metynnis dungerni*; *Metynnis goeldii*; *Metynnis heinrothi*; *Metynnis roosevelti*; *Metynnis seitzii*; *Metynnis snethlagae*; *Myletes orbicularis* (OTA *et al.*, 2015).

Espécie introduzida significa qualquer espécie ou raça, intencional ou acidentalmente transportada e liberada pelo homem em um ambiente fora de sua área de distribuição original (VERMEIJ, 1996; WILLIAMSON & FITTER, 1996). Não há diferença entre espécies exóticas e alóctones, descartando a falsa impressão de que espécies oriundas de outros continentes ou zonas zoogeográficas (espécies exóticas) sejam mais impactantes que aquelas oriundas de outras bacias ou sub-bacias de um mesmo continente (espécies alóctones). Como exemplo pode-se caracterizar diversas espécies de carpas introduzidas em águas brasileiras, sem a existência de documentação sobre impactos relevantes, nem de que tenham formado grandes contingentes populacionais em reservatórios brasileiros (AGOSTINHO *et al.*, 2007).

Espécie estabelecida significa espécie introduzida com uma ou mais populações autossustentáveis, aptas a completar o seu ciclo de vida no novo ambiente, ou seja, reprodução e recrutamento (VERMEIJ, 1996; WILLIAMSON & FITTER, 1996).

A maioria das espécies introduzidas se misturam à fauna original nativa, sendo raros os ambientes em território brasileiro nos quais elas não estejam presentes. Podemos descrever as comunidades de peixes observadas em ambientes naturais como um misto de espécies nativas e introduzidas. Algumas espécies obtiveram tamanho sucesso no seu estabelecimento que já fazem parte do cotidiano de ribeirinhos e de outras pessoas dependentes dos recursos aquáticos (AGOSTINHO *et al.*, 2005).

As espécies não nativas são ainda mais evidentes nos reservatórios. As alterações ambientais promovidas pelos represamentos e as oscilações decorrentes dos procedimentos operacionais na barragem nos períodos subsequentes desestabilizam as comunidades do local, reduzindo a população de algumas espécies e eliminando outras, criando oportunidades para que novas espécies se estabeleçam (AGOSTINHO *et al.*, 1999).

Existem muitas situações em que as características da comunidade, do hábitat e do ecossistema receptor podem influenciar, dificultando ou facilitando, o sucesso das espécies não nativas (MOYLE & LIGHT, 1996; DAVIS *et al.*, 2005).

A ictiofauna presente em reservatórios é o resultado da seleção inicial promovida pelos impactos do represamento sobre a ictiofauna original somando as espécies que foram introduzidas e conseguiram se estabelecer. Alguns atributos reprodutivos facilitam o sucesso da invasão, como o cuidado parental, a construção de ninhos, a desova em ambientes abrigados, múltiplas desovas no ano e extensos períodos reprodutivos. Provavelmente essas características elevam a probabilidade da espécie não nativa estabelecer populações autossustentáveis, principalmente em reservatórios mais antigos. A utilização de espécies não-nativas, em projetos de piscicultura, em tanques localizados em áreas de preservação permanente, em pesque-pague ou em tanques-rede são atividades que têm promovido massivas introduções, geralmente classificadas como “acidentais” (ORSI & AGOSTINHO, 1999).

Um elevado número de espécies de peixes foram introduzidos na bacia e atualmente apresentam populações estabelecidas. A grande maioria dessas espécies apareceram ao longo da última década devido ao desenvolvimento aquícola. Foram registradas a presença de tucunaré (*Cichla* sp.), corvina (*Plagioscion squamosissimus*), carpa (*Cyprinus carpio*), bagre-africano (*Clarias gariepinus*), tambaqui, (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis* sp. e *Tilapia* sp.), entre outras (ALVES & POMPEU, 2001; GODINHO & GODINHO, 2003).

Em relação à ocorrência de introduções de espécies novas, é esperado algum tipo de impacto. Um dos resultados mais prováveis são as alterações na estrutura da comunidade de peixes refletindo diretamente nos processos do ecossistema e no sistema de pesca. Constitui-se como um fenômeno recorrente a introdução de parasitos associados à espécie introduzida ou ao meio no qual ela é transportada. De acordo com a biologia do parasito, a longo prazo ele pode promover a diminuição no recrutamento das espécies nativas, determinando a inviabilidade populacional de algumas espécies e alterando a estrutura das comunidades nativas. Os impactos ocasionados pela ocorrência de competição envolvendo espécies não-nativas e espécies nativas, podem resultar em alterações profundas nas comunidades receptoras e, a longo prazo, modificar a dinâmica do ecossistema (AGOSTINHO *et al.*, 2007).

Um meio no qual ocorre facilmente a penetração de agentes patogênicos é o ambiente aquático. Além disso, o confinamento dos peixes favorece ainda mais o parasitismo (SOUSA & ROCHA, 2005). Peixes podem ser infectados por várias espécies de parasitos, protozoários e metazoários, sendo encontrados na superfície corpórea ou nos órgãos internos (FONSECA & SILVA, 2004).

Sato & Sampaio (2006), em uma análise da composição da ictiofauna de Três Marias, Rio São Francisco, considerou que “*M. maculatus*” (referindo-se a *M. lippincottianus*), juntamente com *Ctenopharyngodonidella* sp., *C. carpio*, *C. macropomum*, *Piaractus mesopotamicus*, *Hoplosternum littorale*, *Hoplias lacerdae*, *Pamphorichthys hollandi*, *Cichla monoculus*, *Clarias gariepinus*, *Oreochromis niloticus* e *Brycon cephalus* eram exóticas na bacia. Ressaltou ainda que *M. lippincottianus* já tinha se estabelecido no reservatório, e que, apesar de capturas terem sido registradas apenas a partir de 2004, sua expansão era notável.

O hospedeiro em estudo neste presente trabalho, *M. lippincottianus*, é considerado um peixe introduzido no reservatório de Três Marias, Alto do Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil, uma vez que seus espécimes não possuem originalmente sua distribuição neste sistema

hídrico e, recentemente, têm sido encontrados de forma muito abundante pelos pescadores desta região.

Estudos registraram a fauna parasitária encontrada em espécies de *Metynnis* em várias localidades. Nesses registros, foi verificada a ocorrência dos seguintes endoparasitos: o digenético *Dadayi* *pacupeva*, encontrado em *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná e em *M. maculatus* no Alto do rio Paraná (LACERDA *et al.*, 2003; MOREIRA *et al.*, 2009; YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014); o digenético *Dadayi* *pacuensis*, encontrado no peixe *Metynnis hypsauchen* na bacia do rio Jari na Amazônia (OLIVEIRA *et al.*, 2015); metacercárias do digenea *Austrodiplostomum compactum*, encontradas em *M. maculatus* no rio Santa Bárbara, São Paulo (PAES *et al.*, 2010); os nematoides *Contracaecum* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* e *Spinoxyuris oxydoras*, encontrados em *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná e em *M. hypsauchen* na bacia do rio Jari na Amazônia (TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015); o nematoide *Raphidascaris* (*Sprentascaris*) *mahnerti*, encontrado em *M. lippincottianus* da bacia do rio Paraná (YAMADA *et al.*, 2012); um espécime de Acanthocephala, encontrado em *M. hypsauchen* da bacia do rio Jari na Amazônia (OLIVEIRA *et al.*, 2015); os mixosporídios *Myxobolus maculatus* em *M. maculatus* e *Myxobolus metynnis* em *Metynnis argenteus* no rio Amazonas (CASAL *et al.*, 2002, 2006).

Inúmeros estudos vêm sendo realizados na bacia hidrográfica do Rio São Francisco com o intuito de acompanhar as condições da região, contudo grande parte da fauna ictioparasitária deste local é desconhecida (COSTA *et al.*, 1998; BRASIL-SATO, 2003).

2 OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivos identificar os endoparasitos da fauna de *Metynnis lippincottianus* coletados no Alto Rio São Francisco à montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais, Brasil; registrar os parâmetros parasitários (prevalência, intensidade e abundância) e os sítios de infecção de cada parasito; prover os dados morfométricos e morfológicos das espécies de parasitos; identificar possíveis correlações entre os parâmetros parasitários, com o comprimento total e o sexo dos hospedeiros; investigar interações ecológicas dos hospedeiros baseando-se na interpretação de possíveis ciclos biológicos dos parasitos; comparar a fauna encontrada com os registros desses parasitos em hospedeiros nativos do mesmo sistema hídrico e em outros hospedeiros de outras localidades, obtendo com isso dados para avaliar uma possível especificidade entre parasito e hospedeiro e contribuindo também para a sinalização de espécies de parasitos que, acompanhando a espécie de peixe hospedeira, possa ter sido igualmente introduzida na comunidade biótica do sistema hídrico do Alto Rio São Francisco.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de coleta

Os peixes para esse estudo foram coletados no Alto do Rio São Francisco, à montante da Barragem de Três Marias ($18^{\circ} 12' 59''$ S, $45^{\circ} 17' 34''$ W) (Figura 4), região central do Estado de Minas Gerais, Brasil. O reservatório de Três Marias localiza-se em uma região de clima tropical de savana com inverno seco e temperatura média nesta estação superior a 18°C . A temperatura média anual é de aproximadamente 23°C . Os períodos chuvosos ocorrem de novembro a março e os períodos de estiagem vão de junho a outubro. A água fica mais clara no inverno devido a menor incidência de luz no período de seca, com isso, os valores de turbidez da água são baixos nesse período de seca em relação ao período de cheia. No período chuvoso os valores de pH são baixos, ou seja o pH da água fica ácido em função da maior atividade fotossintética. Não existe uma variação significativa entre o oxigênio dissolvido da superfície e do fundo do reservatório no inverno, porém nos meses mais quentes existe uma considerável variação do oxigênio dissolvido do fundo em relação à superfície. Durante o período chuvoso, foi verificado um aumento nas concentrações de nitrogênio orgânico total e de fósforo total, entretanto, para a dinâmica populacional do reservatório, a contribuição alóctone, é um fator importante (SAMPAIO & LÓPEZ, 2003).



Figura 4. Local de coleta dos peixes: foz do Borrachudo, à montante da barragem de Três Marias ($18^{\circ} 12' 59''$ S; $45^{\circ} 17' 34''$ O), Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (Fonte: Google Earth, agosto 2017).

3.2 Coleta, identificação e classificação do hospedeiro

Os peixes foram coletados em junho e outubro de 2016 e são provenientes da foz do Borrachudo, à montante da barragem de Três Marias ($18^{\circ} 12' 59''$ S; $45^{\circ} 17' 34''$ O), Alto Rio São Francisco, Município de Três Marias, Estado de Minas Gerais. As coletas foram realizadas com rede de espera por pescadores artesanais. Um total de 67 peixes foram examinados para investigação de endoparasitos. Fêmeas ($n = 43$; comprimento total = 9 –

19cm; média = 14,6cm peso = 23,7 – 180g; média = 99g). Machos (n = 24; comprimento total = 11 – 17cm; média = 12,8cm; peso = 35 – 147g; média = 64,4g). Os espécimes de *M. lippincottianus* coletados foram identificados e classificados segundo Ota (2015).

No Laboratório de Ictiologia da 1ª CIRPA/CODEVASF (Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Cooperativa de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba) os peixes coletados em junho de 2016 foram identificados, medidos (comprimento total e padrão), pesados, necropsiados, tiveram seus sexos identificados após o exame das gônadas, foram individualmente fixados em formalina a 3%, armazenados em frascos com roscas devidamente etiquetados e transportados para o Laboratório de Biologia e Ecologia de Parasitos (LABEPAR), Instituto de Biologia (IB), Departamento de Biologia Animal (DBA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Os peixes coletados em outubro de 2016, logo após a coleta, foram imediatamente congelados no Laboratório de Ictiologia da 1ª CIRPA/CODEVASF e transportados para o LABEPAR da UFRRJ. Esses peixes foram mantidos congelados. Anteriormente a análise, cada peixe foi descongelado gradativamente, tirando do congelador para o refrigerador na noite anterior a análise. No LABEPAR, quando devidamente descongelados, os peixes foram identificados, medidos (comprimento total e padrão), pesados (balança Kmach – Ref: KM-176), necropsiados e tiveram seus sexos identificados após o exame de gônadas.

Os dados obtidos de todos os peixes coletados foram registrados em formulários para necropsias individuais para cada espécime de peixe (Anexo) seguindo o protocolo de Amato *et al.* (1991).

3.3 Necropsia do hospedeiro

Para a investigação dos endoparasitos os peixes foram necropsiados e os órgãos individualizados em placas de Petri para serem examinados sob esteromicroscópio (Olympus, Modelo SZ40) (Figura 5). As brânquias foram removidas, fixadas e armazenadas para análise posterior. A superfície corpórea do peixe foi observada sob esteromicroscópio. O muco foi raspado e retirado de cada narina, jatos de água destilada foram injetados e esse conteúdo foi colocado em placa de Petri para ser observado sob esteromicroscópio.

Os olhos foram removidos da cavidade ocular, individualizados em placas de Petri contendo água destilada, incisados e o humor aquoso e o vítreo extravasados para serem observados sob esteromicroscópio.

Os órgãos dos sistemas digestório, excretório, circulatório e reprodutor foram isolados, individualizados em placas de Petri contendo água destilada, incisados e dissecados sob esteromicroscópio. Após esse primeiro exame, cada órgão e conteúdo foram examinados na placa de Petri e lavados em água corrente em uma peneira de malha 100 µm, para serem examinados novamente.

A água de lavagem da cavidade celomática foi examinada sob esteromicroscópio, posteriormente lavada em água corrente e o material recolhido foi novamente examinado à procura de algum parasito remanescente.

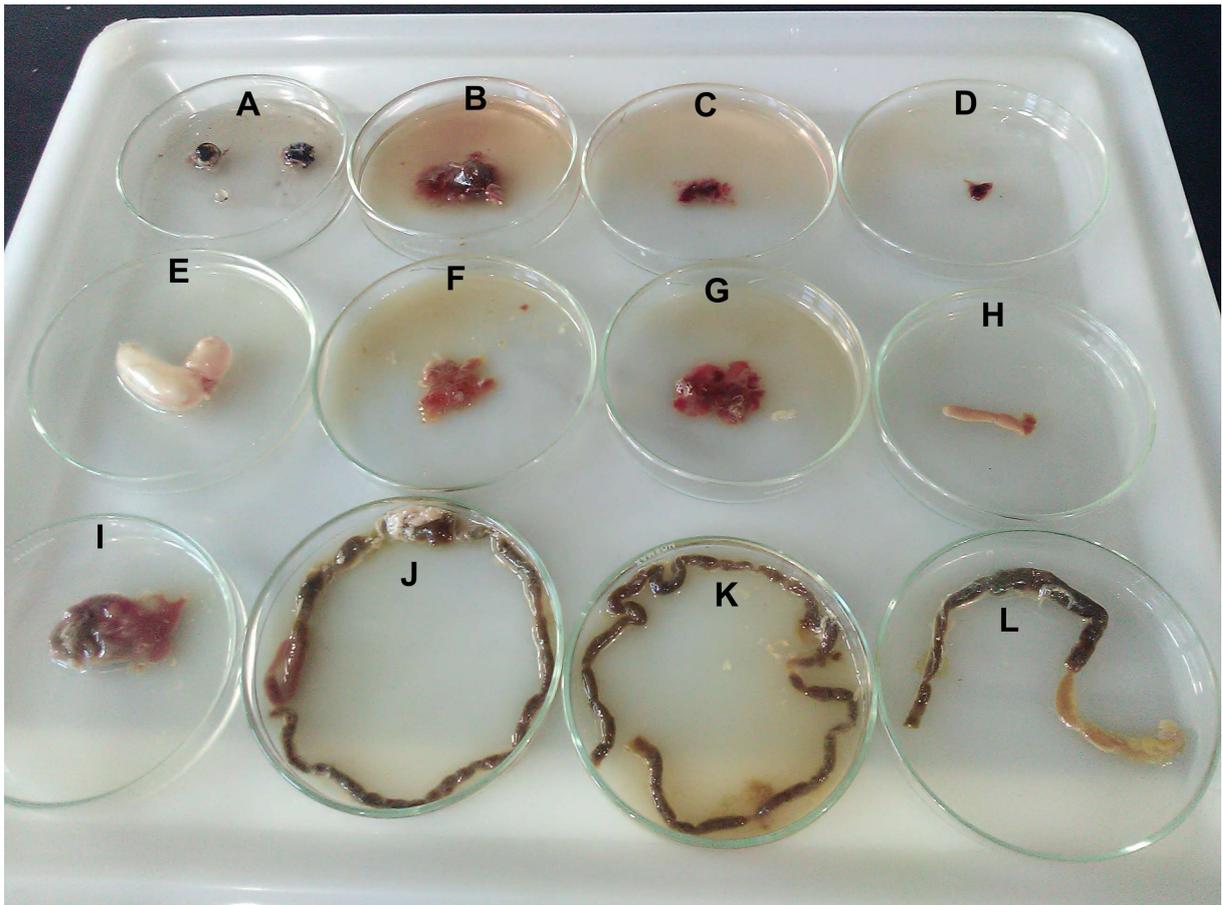


Figura 5. Órgãos individualizados da necropsia de espécime adulto macho de *Metynnís lippincottianus* (Cope, 1870). (A) olhos. (B) brânquias. (C) sistema urinário (D) coração. (E) vesícula gasosa. (F) gônadas. (G) fígado e vesícula biliar. (H) esôfago. (I) estômago. (J) intestino anterior. (K) intestino médio. (L) intestino posterior. Foto: MFC Almeida-Berto.

3.4 Coleta, fixação e processamento dos espécimes de parasitos

Espécimes de Digenea, Eucestoda, e Nematoda foram coletados, fixados e processados segundo Amato *et al.* (1991). O espécime de Digenea encontrado foi fixado em AFA (93 partes de etanol 70°GL, 5 partes de formalina comercial e 2 partes de ácido acético glacial puro) e foi mantido nesse fixador por 48 horas. Posteriormente, o espécime de Digenea foi conservado em álcool 70°GL. O espécime foi corado, por processo regressivo, com Carmim Acético e montado em lâmina permanente com bálsamo do Canadá.

Espécimes de Eucestoda e de Nematoda encontrados foram fixados em AFA e foram mantidos nesse fixador por 48 horas. Posteriormente, os espécimes de Eucestoda foram conservados em álcool 70°GL, enquanto que os espécimes de Nematoda foram conservados em álcool 70° GL, 5% glicerinado.

Os representantes de Eucestoda foram corados com Carmim de Semichon e depois foram clarificados em creosoto de Faia e montados em lâminas permanentes com bálsamo do Canadá.

Espécimes de Nematoda foram desidratados em série alcoólica, clarificados em creosoto de Faia e montados entre lâmina e lamínula com bálsamo do Canadá e outros foram montados, temporariamente em lactofenol de Amann para estudo de sua morfologia e posteriormente devolvidos ao álcool 70° GL, 5% glicerinado.

3.5 Classificação e identificação das espécies de parasitos

Os níveis mais altos de classificação (até Filo) foram utilizados de acordo com o sistema de informação da biodiversidade, “Systema Naturae 2000” (BRANDS, 1989-2007).

Digenea foi classificado de acordo com Gibson *et al.* (2002) e Jones *et al.* (2005). Larvas de Eucestoda foram classificados de acordo com Rego *et al.* (1999), Chervy (2002) e Chambrier *et al.* (2017). A classificação e identificação de Nematoda foi realizada de acordo com Moravec (1998) e artigos de relacionados.

3.6 Morfometria e fotomicrografias

As medidas e as fotomicrografias dos parasitos foram obtidas com Dino-Lite camera acoplada ao microscópio óptico de luz Olympus BX 41. As medidas foram apresentadas em micrômetros (μm), qualquer unidade métrica diferente está indicada no texto.

3.7 Análise estatística dos dados

Os testes estatísticos foram realizados segundo Zar (2000). O nível de significância considerado para os referidos testes foi $p \leq 0,05$. Os testes estatísticos foram aplicados somente para espécies de parasitos com prevalência igual ou superior a 10% de acordo com Bush *et al.* (1990). Os termos ecológicos aplicados aos dados parasitológicos foram aqueles preconizados por Bush *et al.* (1997):

- **Prevalência (P):** relação do número de hospedeiros infectados por uma determinada espécie de parasito dividido pelo número de hospedeiros examinados (expresso em percentagem).
- **Intensidade (I):** número de indivíduos de uma determinada espécie de parasito em um único hospedeiro infectado.
- **Intensidade Média (IM):** número total de espécimes de uma determinada espécie de parasito dividido pelo número de hospedeiros infectados.

- **Abundância (A):** número de indivíduos de uma determinada espécie de parasito nos hospedeiros examinados, independente de estarem ou não infectados.
- **Abundância Média (AM):** número total de espécimes de uma determinada espécie de parasito dividido pelo número total de hospedeiros examinados.

Foi verificada a normalidade dos dados através do teste Kolmogorov-Smirnov para a aplicação dos testes estatísticos.

O índice de dispersão (ID), quociente entre a variância e a abundância parasitária média, foi calculado para cada espécie de parasito com a finalidade de determinar o padrão de distribuição da infrapopulação parasitária. Porém, o grau de agregação só foi obtido através do teste estatístico *d* (LUDWING & REYNOLDS, 1988) que revelou a distribuição agregada quando o valor de ID for maior que 1, distribuição uniforme quando ID for menor que 1 e distribuição aleatória quando ID for igual a 1.

O sexo dos hospedeiros pode ser determinante na abundância dos endoparasitos. Inicialmente, foi utilizado o teste *U* de Mann-Whitney para analisar possíveis diferenças entre peixes machos e fêmeas ao tamanho corporal. A seguir, foram avaliadas através do mesmo teste as possíveis correlações do sexo dos peixes sobre a abundância e a intensidade parasitárias. Também, foi analisada a influência do sexo dos hospedeiros em relação a prevalência parasitária por intermédio do teste Qui-quadrado (χ^2) com correlação de Yates e teste exato de Fisher, com tabela de contingência 2x2.

O comprimento total pode ser determinante no tamanho e na composição das infrapopulações parasitárias. Com isso, a influência do tamanho (comprimento) dos hospedeiros em relação a intensidade e a abundância parasitárias foi analisada pelo coeficiente de correlação por postos de Spearman (r_s). A correlação do comprimento total do hospedeiro com a prevalência, também foi verificada utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (r), sendo necessário transformar as prevalências (transformação angular dos dados) e separar os hospedeiros por classes de tamanhos, estimadas pela fórmula de Sturges (STURGES, 1926).

A interação entre as espécies co-ocorrentes em hospedeiros sobre a intensidade parasitária foi testada pelo coeficiente de correlação por postos de Spearman (r_s) e sobre a abundância parasitária foi testada através do teste Tukey-Kramer de comparação múltipla (q).

A análise de Kruskal-Wallis (*KW*) e o teste de comparação múltipla de Dunn foram utilizados para verificar as diferenças nas médias das colunas de dados de intensidade e abundância das espécies co-ocorrentes.

Para descrever a diversidade de comunidades, foram escolhidos descritores baseados na abundância proporcional das espécies de acordo com as indicações de Magurran (1988). São eles:

- **Riqueza parasitária (*S*):** número de espécies encontradas em cada hospedeiro analisado.
- **Diversidade de Shannon-Wiener (*H'*):** indicado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade. É o índice mais utilizado para medir a diversidade de uma comunidade, e considera tanto a riqueza quanto a equitabilidade. Expressa o grau de incerteza que existe em se predizer a qual espécie pertence um indivíduo escolhido ao acaso em uma comunidade. Quanto maior for essa incerteza, maior será o valor do índice e maior será a diversidade da amostra. O índice de Shannon-Wiener varia entre zero e valor máximo qualquer. A diversidade será igual a zero somente quando houver uma única espécie na amostra e assumirá seu valor máximo, somente quando todas as espécies existentes na amostra apresentarem o mesmo número de

indivíduos. Os valores assumidos pelo índice de Shannon-Wiener situam-se entre 1,5 e 3,5 e raramente ultrapassam o valor de 4,5.

- **Dominância relativa média:** verifica se há ou não dominância de uma determinada espécie numa comunidade, ou seja, traduz a importância da espécie dominante no conjunto das espécies presentes. É calculado pelo número de espécimes de uma determinada espécie dividido pelo número total de espécimes de todas as espécies nas infracomunidades.
- **Dominância de Berger-Parker (D_{BP}):** permite medir a riqueza dos organismos e quantificar a biodiversidade de um habitat. Refere-se ao número de indivíduos da espécie mais abundante em relação ao número total de indivíduos de uma comunidade, isto é, considera a maior proporção da espécie com maior número de indivíduos.
- **Equitabilidade de Pielou (J):** expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundância (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. No cálculo da Equitabilidade de Pielou (J), os valores variam entre zero (equitabilidade mínima) e um (equitabilidade máxima).

Para o cálculo desses índices foi utilizado o software DivEs versão 2.0 – diversidade de espécies (RODRIGUES, 2005).

3.8 Depósito dos espécimes de parasitos

Espécimes representativos das espécies de parasitos do hospedeiro analisado foram depositados na Coleção Helmintológica do Instituto Oswaldo Cruz (CHIOC), Rio de Janeiro Brasil, cujos números serão informados no capítulo sobre resultados taxonômicos.

4 RESULTADOS

4.1 Classificação e resenhas ecológicas e taxonômicas dos endoparasitos de *Metynniss lippincottianus* (Cope 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Domínio Eukaryota Chatton, 1925
Reino Animalia Linnaeus, 1758
Filo Platyhelminthes Gegenbaur, 1859
Classe Trematoda Rudolphi, 1808
Subclasse Digenea Carus, 1863
Ordem Echinostomida LaRue, 1957
Superfamília Paramphistomatoidea Fiscoeder, 1901
Família Cladorchiidae Fiscoeder, 1901
Dadayius sp. (Figura 6)

Resenha ecológica:

Fase do ciclo de vida: juvenil
Prevalência: 1,49% (♀ = 2,33%)
Intensidade média: 1,00 (♀ = 1 ± 0)
Abundância média: 0,01 (♀ = 0,02 ± 0,15)
Local de infecção: Intestino posterior
Número de depósito: CHIOC 39001

Morfometria:

Corpo 955 x 204. Ventosa oral 165 x 90. Esôfago 191 x 25. Ceco com 33 de largura. Acetábulo 114 x 148.

Comentários:

Um espécime juvenil do Digenea *Dadayius* sp. foi encontrado no intestino posterior do peixe. Por ser um espécime juvenil, o espécime não possui estruturas maduras e bem definidas que permitam a identificação a nível específico. Sendo assim, o espécime foi identificado a nível de gênero. As principais estruturas visíveis no espécime foram: ventosa oral, esôfago com bulbo ovóide, ceco bilobado e acetábulo ventro-terminal com entalhe póstero-mediano. Na terminação do bulbo, há um espessamento do tegumento provavelmente relacionada à ventosa genital citada para os espécimes adultos. As gônadas não foram visualizadas devido ao estágio de desenvolvimento do espécime.

O digenético encontrado foi classificado como sendo representante do gênero *Dadayius* por apresentar acetábulo ventro-terminal com um “entalhe” póstero-mediano na margem interior, uma das características diagnósticas do gênero em questão (LACERDA *et al.*, 2003).

Com base no levantamento literário, o parasito *D. pacupeva* foi encontrado em *M. lippincottianus* no rio Paraná e na Amazônia Oriental (MOREIRA *et al.*, 2009; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014), e em *M. maculatus* no rio Paraná (LACERDA *et al.*, 2003); *D. pacuensis* foi encontrado em *M. hypsauchen*, *Myleus asterias*, *Myleus rubripinnis* e no rio Jari, Amazônia (OLIVEIRA *et al.*, 2015); *Dadayius puruensis* foi encontrado parasitando o peixe *Symphysodon aequifasciatus* no rio Purus, Amazonas (LOPES *et al.*, 2011).

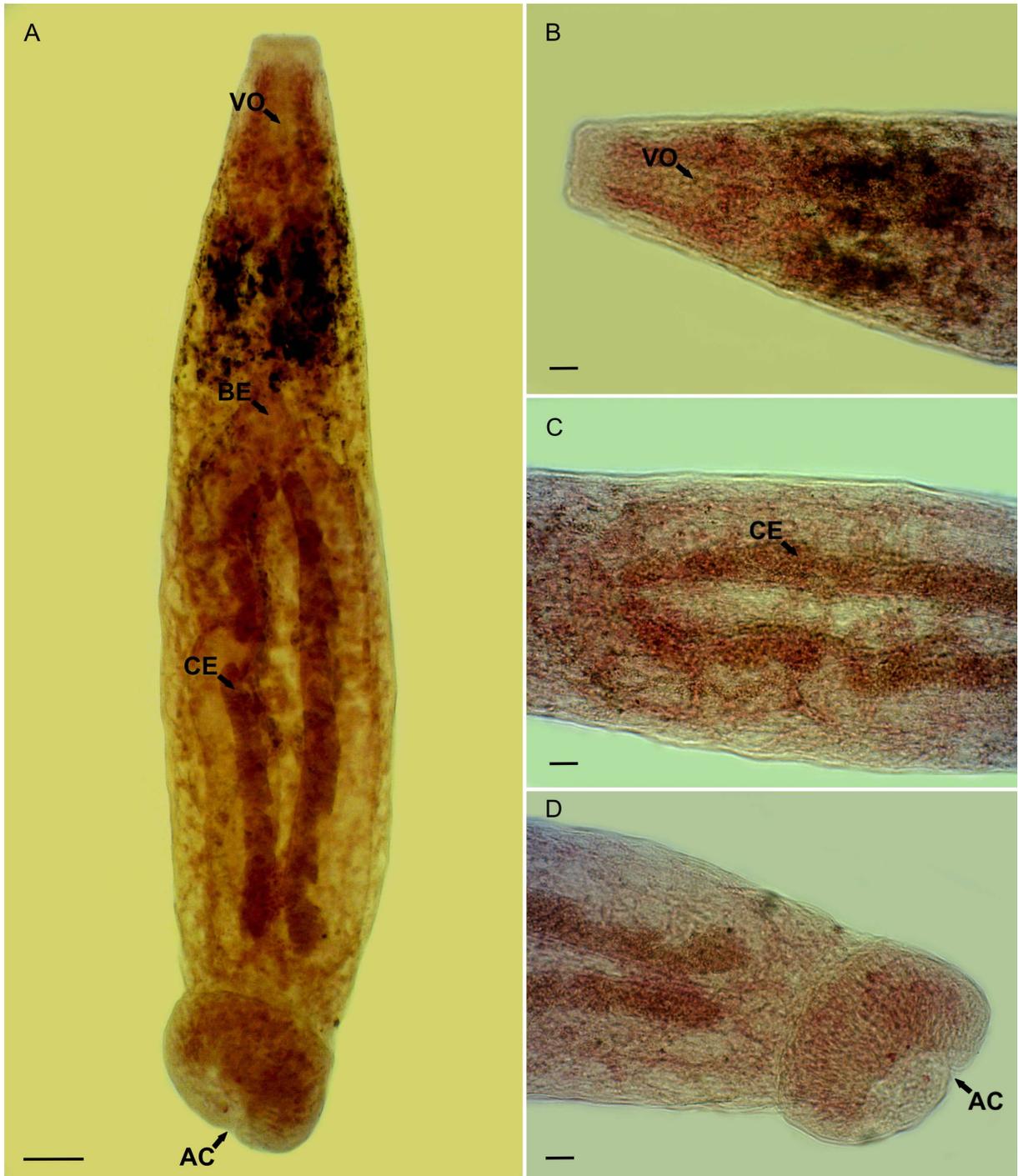


Figura 6. Espécime juvenil de *Dadayiys* sp. de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Espécime inteiro; (B) Extremidade Anterior; (C) Porção Mediana; (D) Extremidade Posterior. Legendas: AC – acetábulo com entalhe póstero-mediano indicado (seta); BE – bulbo esofágico ovóide – CE – ceco bilobado; VO – ventosa oral. Montagem permanente, bálsamo do Canadá, corante: Carmim acético de Mayer. Escalas: (A) 50 μ m; (B, C, D) 20 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

Domínio Eukaryota Chatton, 1925
Reino Animalia Linnaeus, 1758
Filo Platyhelminthes Gegenbaur, 1859
Classe Cestoda Van Beneden, 1849
Subclasse Eucestoda - Southwell, 1930
Ordem Onchoproteocephalidea Caira, Jensen, Waeschenbach, Olson & Littlewood, 2014
Família Proteocephalidae La Rue, 1911
Plerocercoides (Figura 7)

Resenha ecológica:

Fase do ciclo de vida: larva plerocercoides

Prevalência: 43,28% (♂ = 41,67%; ♀ = 44,19%)

Intensidade média: 11,66 (♂ = 12,10 ± 18,26; ♀ = 11,42 ± 15,61)

Abundância média: 5,04 (♂ = 5,04 ± 12,95; ♀ = 5,05 ± 11,72)

Local de infecção: Cavidade peritoneal (aderidos na superfície externa do estômago, intestino anterior, intestino médio e intestino posterior).

Número de depósito: CHIOC 39002 - larvas

Morfometria: (larvas plerocercoides: n=12)

Massa I (contendo seis cistos): 757x 374

Massa II (contendo 32 cistos): 993 x 667

Larvas plerocercoides: Cisto 177 x 157 (89 – 220 x 86 – 216). Ventosa I 25 x 22 (21 – 32 x 19 – 26). Ventosa II 24 x 22 (20 – 29 x 19 – 26). Ventosa III 23 x 21 (20 – 30 x 18 – 23). Ventosa IV 24 x 21 (20 – 27 x 10 – 26). Corpo 109 x 73 (90 – 128 x 52 – 88).

Comentários:

Segundo Caira *et al.* (2014), Eucestoda agrupa 17 ordens: Bothriocephalidea, Caryophyllidea, Cathetocephalidea, Cyclophyllidea, Diphyllidea, Diphyllbothriidea, Haplobothriidea, Lecanicephalidea, Litobothriidea, Nippotaeniidea, Onchoproteocephalidea n. ord., Phyllobothriidea n. ord., Rhinebothriidea, Spathebothriidea, Tetrabothriidea, Trypanorhyncha e Tetrephyllidea.

Foram registradas 13 ordens na América do Sul. Onchoproteocephalidea representa 50% da diversidade de espécies e reúne 3 famílias: Onchobothriidae, Prosobothriidae e Proteocephalidae (ALVES *et al.*, 2017).

As larvas plerocercoides, representantes de Proteocephalidae, encontrados no hospedeiro em estudo *M. lippincottianus* estavam encistadas na cavidade peritoneal (superfícies externas do estômago, intestino anterior, intestino médio e intestino posterior), formando massas com grandes quantidades de cistos agregados contendo indivíduos com quatro ventosas cada. Por se tratarem de larvas, as únicas estruturas observadas foram um pequeno corpo e as quatro ventosas na porção anterior do parasito, que dariam origem ao escólice do cestóide adulto. Proglotes não são visíveis por serem estruturas características de cestóides adultos.

No Alto do Rio São Francisco, larvas plerocercoides encistadas foram encontradas nos peixes: *Astyanax bimaculatus*, *A. fasciatus*, *Cephalosilurus fowleri*, *Duopalatinus emarginatus*, *Hemigrammus marginatus*, *L. obtusidens*, *Leporinus piau*, *Leporinus reinhardti*, *Moenkhausia costae*, *Orthospinus franciscensis*, *Pimelodus pohli*, *P. argenteus*, *P. piraya*, *Schizodon knerii*, *Tripurtheus guentheri* e *Tetragonopterus chalceus* (SANTOS, 2008; ALBUQUERQUE, 2009, 2013; MONTEIRO, 2011; MARTINS, 2012; SABAS, 2014; SANTOS-CLAPP & BRASIL-SATO, 2014). Os proteocefalídeos maduros *Proteocephalus microscopicus* e *P. macrophallus* foram encontrados no hospedeiro *Cichla kelberi*, peixe

introduzido nesse sistema hídrico em 1980 que provavelmente introduziu os parasitos proteocefalídeos nessa região (SANTOS, 2008).

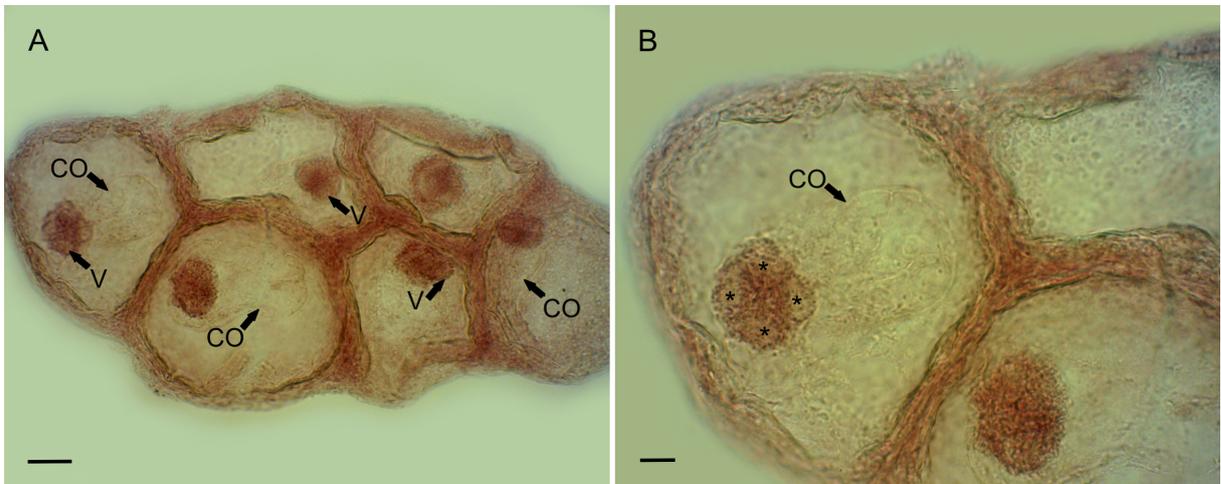


Figura 7. Espécimes larvais de plerocercoides de Proteocephalidae de *Metynnix lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **(A)** Massa com cistos de larvas plerocercoides; **(B)** Cistos de larvas de plerocercoides com ventosas indicadas (asteriscos). Legendas: CO – corpo, V – ventosa do escólice. Montagem permanente, bálsamo do Canadá, corante: Carmim de Semichon. Escalas: (A) 50 μ m; (B) 20 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

Domínio Eukaryota Chatton, 1925
Reino Animalia Linnaeus, 1758
Filo Nematoda (Rudolphi, 1808) Lankester, 1877
Classe Secernentea Von Linstow, 1905
Ordem Spirurida Chitwood, 1933
Superfamília Camallanoidea Railliet & Henry, 1915
Família Camallanidae Railliet & Henry, 1915
Subfamília Procamallaninae Yeh, 1960
Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus (Figuras 8 – 9)

Resenha ecológica:

Fases do ciclo de vida: larva e adulto

Prevalência: 29,85% (♂ = 41,67%; ♀ = 23,26%)

Intensidade média: 1,80 (♂ = 2,20 ± 1,87; ♀ = 1,40 ± 0,70)

Abundância média: 0,54 (♂ = 0,92 ± 1,61; ♀ = 0,33 ± 0,68)

Local de infecção: estômago e intestino anterior

Número de depósito: CHIOC 39004 - ♂

CHIOC 39003 - ♀

Morfometria: (♂: n=5; ♀: n=6)

Macho: Corpo 5,11mm x 252 (4,40mm – 6,40mm x 198 – 300). Cápsula bucal incluindo anel basal 96 x 77 (89 – 103 x 68 – 88). Anel basal 11 x 42 (7 – 14 x 40 – 47). 15 espiras (12 – 18). Esôfago muscular 295 x 107 (275 – 312 x 87 – 132). Esôfago glandular 463 x 114 (427 – 531 x 81 – 141). Derídios situados a 142 (124 – 160) da extremidade anterior. Anel nervoso e poro excretor situados a 211 (200 – 226) e 300 (255 – 340), respectivamente, da extremidade anterior. Quatro pares de papilas pré-cloacais e seis pares de papilas pós-cloacais. Espículos esclerotizados com 109 (74 – 126) e 105 (79 – 122) de comprimento. Cauda com 212 (182 – 234) de comprimento.

Fêmea: Corpo 10,57mm x 456 (8,40mm – 11,82mm x 413 – 509). Cápsula bucal incluindo anel basal 117 x 114 (99 – 133 x 94 – 129). Anel basal 17 x 67 (9 – 21 x 50 – 80). 15 espiras (14 – 17). Esôfago muscular 376 x 127 (351 – 412 x 108 – 148). Esôfago glandular 650 x 155 (548 – 755 x 123 – 177). Anel nervoso e poro excretor situados a 265 (207 – 387) e 340 (243 – 431), respectivamente, da extremidade anterior. Vulva pós-equatorial situada a 4,53mm (2,58mm – 6,05mm) da extremidade posterior. Cauda com 168 (125 – 208) de comprimento.

Comentários:

No presente estudo, o nematoide *P. (S.) inopinatus* foi encontrado no estômago e intestino anterior de *M. lippincottianus*.

Ambientes represados como os reservatórios e usinas hidrelétricas abrigam peixes dulcícolas predispostos a apresentarem nematoides comuns a esse tipo de ecossistema (MORAVEC, 1998). Esses parasitos ocorrem em maior abundância nesse tipo de ambiente devido à grande quantidade de copépodes, que atuam como hospedeiros intermediários no ciclo desses nematoides (FELTRAN *et al.*, 2004).

As fêmeas destes nematoides depositam ovos ou larvas de primeiro estágio no ambiente. O copépode, alimenta-se da larva que migra até a sua hemocele onde irá se desenvolver até o terceiro estágio. O estágio adulto é atingido quando o copépode é ingerido diretamente pelo hospedeiro definitivo ou se o hospedeiro paratênico (hospedeiro no qual o parasito não se desenvolve nem se reproduz) for predado pelo hospedeiro definitivo (FUJIMOTO *et al.*, 2015).

Segundo Moravec (1998), indivíduos do gênero *Procamallanus* parasitam o estômago e intestinos dos hospedeiros peixes e anfíbios. Os peixes se infectam ingerindo os hospedeiros

intermediários copépodes (microcrustáceos) contendo o terceiro estágio larval do parasito (THATCHER, 2006).

O gênero *Procamallanus* possui cinco subgêneros (*Procamallanus*, *Spirocamallanus*, *Denticamallanus*, *Punctocamallanus* e *Spirocamallanoides*), cada um com características estruturais peculiares que auxiliam na identificação e classificação desse grupo de nematoides (MORAVEC & THATCHER, 1997). Conforme Moravec e Thatcher (1997), existem 21 espécies do subgênero *Spirocamallanus* presentes na região neotropical. Esses indivíduos apresentam cápsula bucal desenvolvida com espiras esclerotizadas que funcionam como órgão de fixação no hospedeiro, e também são utilizadas para alimentação hematófaga.

Os espécimes encontrados no peixe estudado foram identificados como *P. (S.) inopinatus* por possuírem cápsula bucal bem desenvolvida com espiras e o anel basal linear, ou seja, sem a presença de dentes conspícuos. Além disso, os machos possuem dois espículos de tamanhos pouco diferenciados e bem esclerotizados e quatro pares de papilas pré-cloacais e seis pares de papilas pós-cloacais.

Segundo Santos (2007), no Brasil existe descrição de uma grande diversidade de camalanídeos. No Rio São Francisco, espécimes de *Procamallanus (Spirocamallanus)* spp. têm sido encontrados em uma grande diversidade de famílias de peixes (BRASIL-SATO, 2003, BRASIL-SATO & SANTOS, 2005). *Procamallanus (S.) inopinatus* foi encontrado em *C. kelberi*, *C. macropomum*, *L. reinhardti*, *P. piraya* e *S. brandtii* (SANTOS, 2008; SANTOS-CLAPP & BRASIL-SATO, 2014; FUJIMOTO *et al.*, 2015; SILVA, 2017); *Procamallanus (Spirocamallanus) saofranciscencis* foi encontrado em *Acestrorhynchus britskii*, *A. lacustris*, *A. fasciatus*, *Bergiaria westermanni*, *T. chalceus* e *T. guentheri* (MOREIRA, 1994; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; VIEIRA-MENEZES *et al.*, 2017; COSTA, 2015); *Procamallanus (Spirocamallanus) freitasi* e *Procamallanus (Spirocamallanus) pimelodus* foram encontrados em *D. emarginatus* e *P. pohli*, respectivamente, e uma espécie não identificada foi encontrada em *Conorhynchus conirostris* (SABAS, 2014).

Espécimes adultos de *P. inopinatus* foram encontrados em: *A. lacustris* e *Astyanax altiparanae*, no rio do Peixe, São Paulo (ABDALLAH *et al.*, 2012; CAMARGO *et al.*, 2015, 2016); *Leporinus friderici*, *Leporinus macrocephalus*, *L. obtusidens* e *S. brasiliensis* e *Schizodon nasutus*, nos rios Mogi Guaçu, Grande e Pardo, São Paulo (MESQUITA *et al.*, 2012; SILVA, 2017); *L. macrocephalus*, Cruzeiro do Sul, Acre (MARTINS *et al.*, 2017); *A. altiparanae*, *Brycon amazonicus* e *C. monoculus*, na Fazenda rio das Pedras, Campinas, São Paulo (AZEVEDO *et al.*, 2007; MULLER, 2008); *Auchenipterus nuchalis*, *Cichlasoma bimaculatum*, *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Hoplias malabaricus*, *Triportheus angulatus*, *Triportheus curtus* e *Triportheus rotundatus* na bacia Igarapé Fortaleza, Amapá (ALCÂNTARA & TAVARES-DIAS, 2015; GONÇALVES *et al.*, 2016; TAVARES-DIAS, 2017; SANTOS & TAVARES-DIAS, 2017; TAVARES-DIAS *et al.*, 2017); *Astyanax aff. paranae*, *Hoplias aff. malabaricus*, *Leporinus elongatus*, *L. friderici*, *L. obtusidens*, *Leporinus lacustris*, *Serrasalmus maculatus*, *S. marginatus* e *Schizodon borelli*, no rio Paraná (GUIDELLI *et al.*, 2006; TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2013); *Acestrorhynchus falcirostris*, *Astronotus ocellatus*, *B. amazonicus*, *Brycon melanopterus*, *C. kelberi* e *T. angulatus*, nos rios Negro, Solimões e Purus, Amazonas (ARAÚJO *et al.*, 2009; DUMBO, 2014; ATROCH, 2016; PEREIRA, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2017); *A. fasciatus* no rio Tambaqui, São Paulo (ACOSTA *et al.*, 2015); *A. lacustris* no rio Batalha, São Paulo (PEDRO *et al.*, 2016).

Procamallanus inopinatus foi encontrado nos hospedeiros *C. macropomum* em pisciculturas da região Amazônica no Amapá, rio Solimões no Amazonas, rio Amazonas no Pará e rio São Francisco em Minas Gerais (FISCHER *et al.*, 2003; FUJIMOTO *et al.*, 2015; DIAS *et al.*, 2015), *Pygocentrus nattereri* no Lago Arari, Pará, no rio Cuiabá, Mato Grosso,

no rio Negro, Mato Grosso do Sul e no Lago da Piranha, Amazonas (BARROS *et al.*, 2010; VITAL *et al.*, 2011; BENIGNO *et al.*, 2012; VICENTIN *et al.*, 2013), *Serrasalmus altispinis* em Lagos de Várzea da Amazônia Central, *S. maculatus*, *S. marginatus* e *Serrasalmus rhombeus* nos rios Paraná, rio Negro e rio Solimões, respectivamente (LIMA, 2010; TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; VICENTIN *et al.*, 2011; MOREY, 2017).

Estudos indicam a presença de *P. inopinatus* em *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná, e em *M. hypsauchen* na bacia do rio Jari, Amazônia (TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

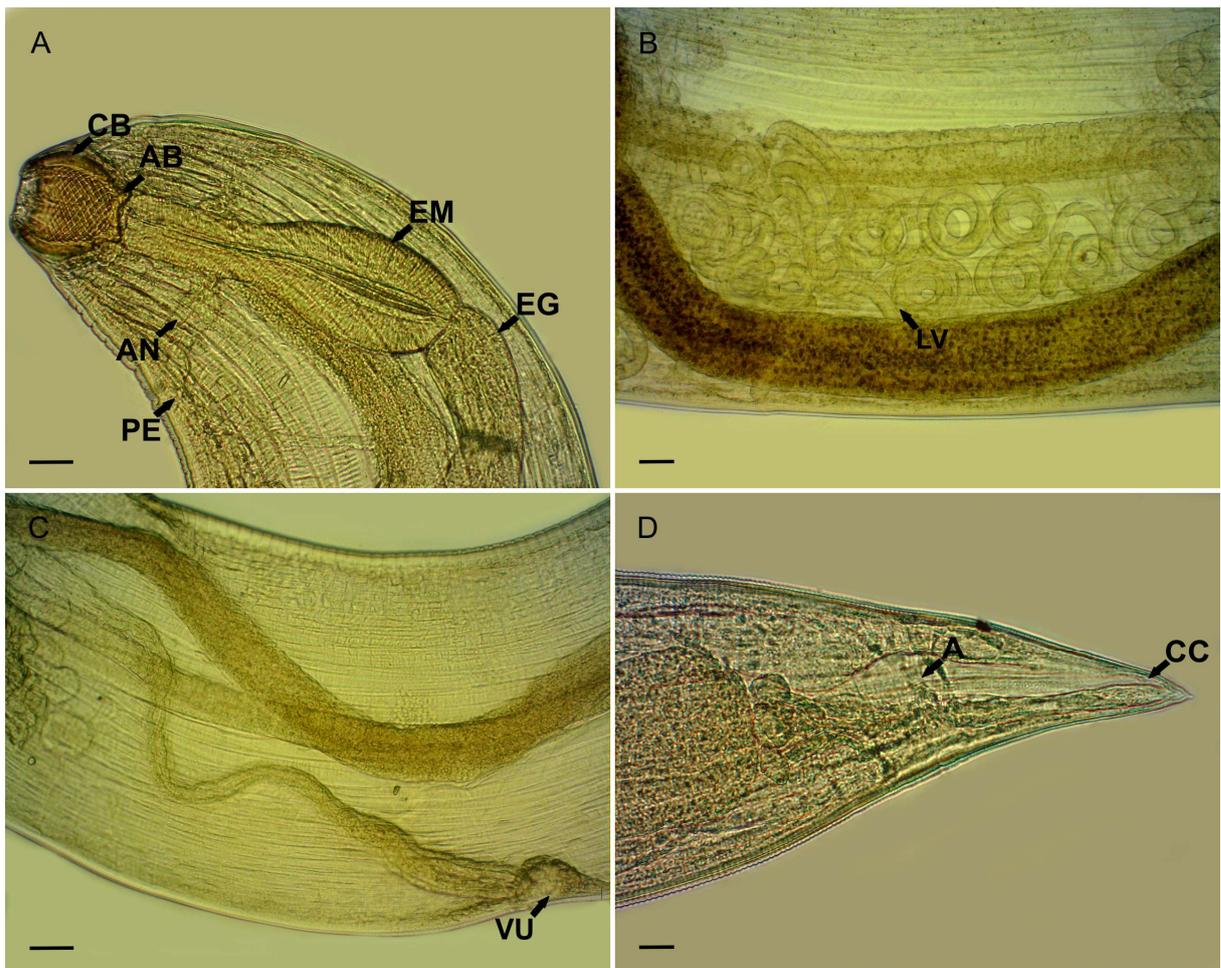


Figura 8. Espécime adulto fêmea de *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B) Porção Mediana. (C) Região Pós-equatorial. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; AB – anel basal; AN – anel nervoso; CB – cápsula bucal com espiras; CC – cauda cônica; EG – esôfago glandular; EM – esôfago muscular; LV – larva; PE – poro excretor; VU – vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; C) 50 μ m; (B; D) 20 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

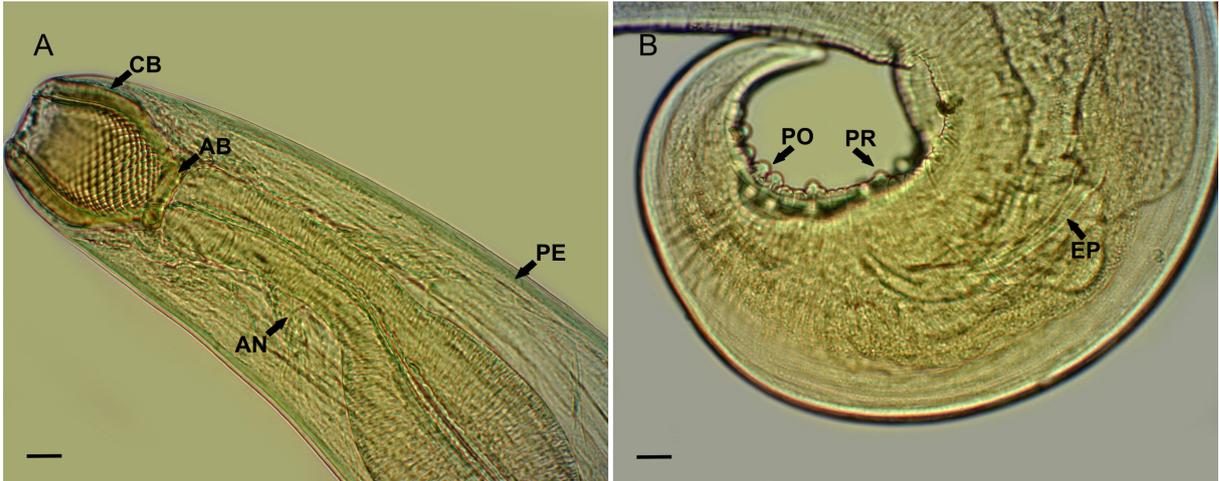


Figura 9. Espécime adulto macho de *Procamlanus (Spirocamallanus) inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B) Extremidade Posterior. Legendas: AB – anel basal; AN – anel nervoso; CB – cápsula bucal com espiras; EP – espículo; PE – poro excretor; PO – papila pós-cloacal; PR – papila pré-cloacal. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; B) 20 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

Domínio Eukaryota Chatton, 1925
Reino Animalia Linnaeus, 1758
Filo Nematoda (Rudolphi, 1808) Lankester, 1877
Classe Secernentea Von Linstow, 1905
Ordem Spirurida Chitwood, 1933
Superfamília Habronematoidea Chitwood & Wehr, 1932
Família Cystidicolidae Skrjabin, 1931
Spinitectus rodolphiheringi (Figura 10)

Resenha ecológica:

Fase do ciclo de vida: adulto

Prevalência: 2,99% (♂ = 8,33%)

Intensidade média: 1,00 (♂ = 1,00 ± 0)

Abundância média: 0,03 (♂ = 0,08 ± 0,28)

Local de infecção: Estômago

Número de depósito: CHIOC 39005 - ♀

Morfometria: (♀: n=1)

Fêmea: Corpo 5080 x 193. Vestíbulo com 50. Primeiro anel de espinhos distando 69 da extremidade anterior. Esôfago muscular e glandular 253 e 863 de comprimento, respectivamente. Anel nervoso e poro excretor situados a 119 e 160, respectivamente, da extremidade anterior. Cauda com 93 de comprimento. Vulva situada a 713 da extremidade posterior. Ovos 39 x 24. Comprimento dos espinhos anteriores 13 e posteriores 7.

Comentários:

No presente estudo duas fêmeas adultas de *S. rodolphiheringi* foram encontradas no estômago de *M. lippincottianus* do Alto Rio São Francisco. Esses espécimes encontrados foram identificados como *S. rodolphiheringi* por apresentarem duas fileiras de espinhos bem próximas uma da outra, no terço anterior do parasito. Esse achado constitui o primeiro registro desse parasito em *M. lippincottianus*.

Spinitectus spp. possuem grande distribuição e parasitam cecos pilóricos e intestino de anfíbios e peixes. Estes nematoides possuem a cutícula com anéis transversos, compostos de retroespinhos, distribuídos desde a região anterior até a região posterior do parasito. Apresentam dois pseudolábios; abertura oral alongada dorsoventralmente; vestíbulo (estoma) pouco esclerotizado, relativamente pequeno, cilíndrico e usualmente com a porção anterior formando um prostômio. Esôfago dividido em duas porções (muscular e glandular) (MORAVEC, 1998; THATCHER, 2006).

Na América do Sul ocorrem sete espécies do gênero *Spinitectus*, parasitos do sistema digestório de peixes: *Spinitectus agonostomi*, *Spinitectus carolini*, *Spinitectus multipapillatus*, *Spinitectus pachyuri*, *Spinitectus asperus* (Sinônimo júnior: *Spinitectus jamundensis*), *S. rodolphiheringi* e *Spinitectus yorkei*. As três últimas espécies citadas foram registradas no Brasil. (MORAVEC, 1998).

Spinitectus rodolphiheringi e *Spinitectus sternopygi* têm sido encontrados no Rio São Francisco nos peixes *A. fasciatus*, *Franciscodoras marmoratus*, *Pachyurus squamipennis*, *P. piraya* e *T. chalceus* (SANTOS & BRASIL-SATO, 2004; SANTOS *et al.*, 2004; SANTOS, 2008; ALBUQUERQUE, 2013; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; VIEIRA-MENEZES *et al.*, 2017).

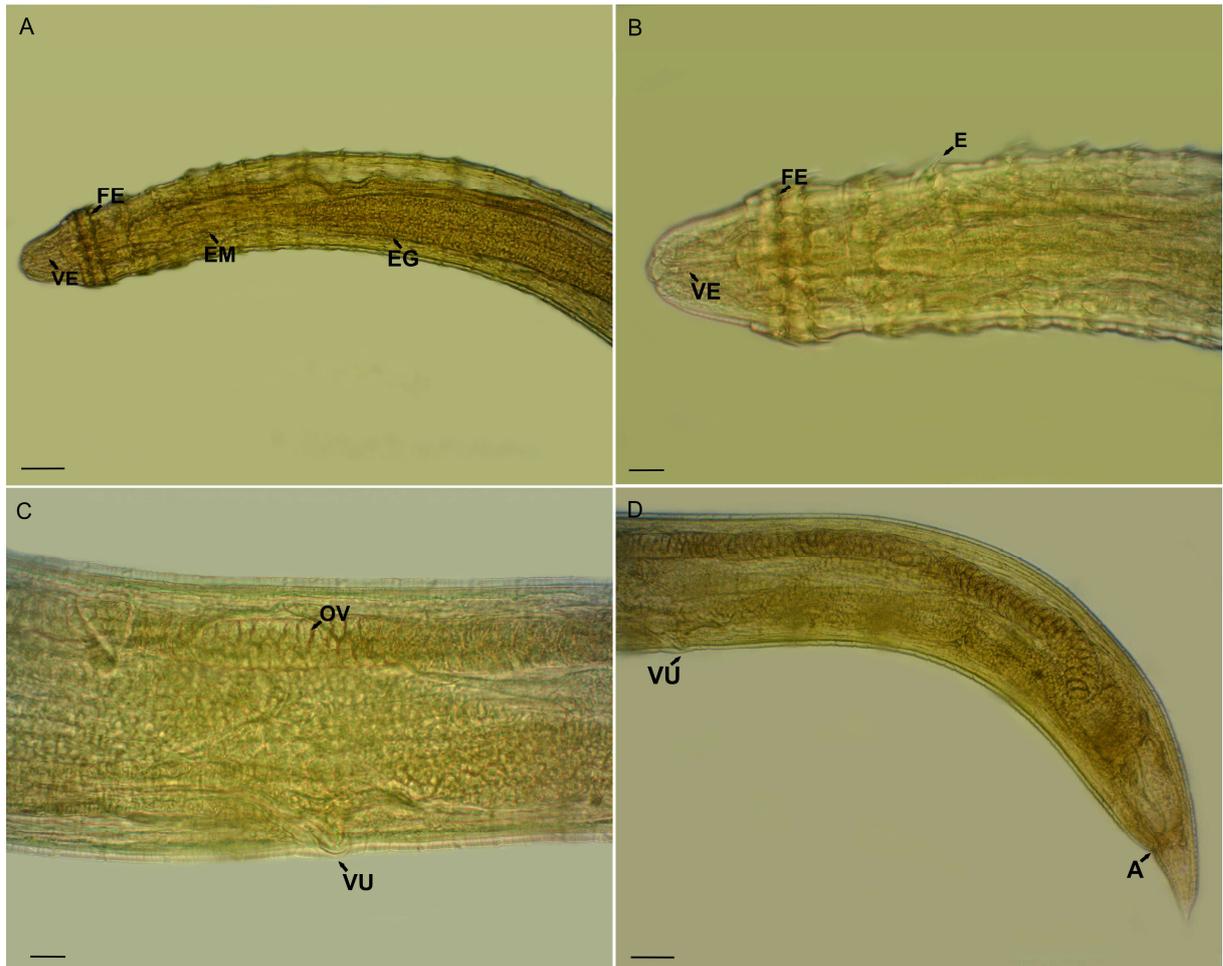


Figura 10. Espécime adulto fêmea de *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, 1934 de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A – B) Extremidade Anterior. (C) Porção Mediana. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; E – espinho; EG – esôfago glandular; EM – esôfago muscular; FE – fileira de espinhos; OV – ovo; VE – vestibulo; VU – vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; D) 50 µm; (B; C) 20 µm. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

Domínio Eukaryota Chatton, 1925
Reino Animalia Linnaeus, 1758
Filo Nematoda (Rudolphi, 1808) Lankester, 1877
Classe Secernentea Von Linstow, 1905
Ordem Oxyurida Chabaud, 1974
Superfamília Oxyuroidea Cobbold, 1864
Família Pharyngodonidae Travassos, 1919
Spinoxyuris sp. (Figuras 11 – 12)

Resenha ecológica:

Fase do ciclo de vida: larva e adulto

Prevalência: 85,07% (♂ = 87,50%; ♀ = 83,72%)

Intensidade média: 155,79 (♂ = 114,86 ± 111,30; ♀ = 179,67 ± 211,50)

Abundância média: 132,54 (♂ = 100,50 ± 110,80; ♀ = 150,42 ± 204,41)

Local de infecção: Intestino Posterior

Número de depósito: CHIOC 39006a - ♂
CHIOC 39006b - ♀

Morfometria: (♂: n=11; ♀: n=10)

Macho: Corpo 1291 x 145 (754 – 1546 x 83 – 184). Esôfago 289 (274 – 309). Anel nervoso e poro excretor situados a 189 (174 – 200) e 310 (293 – 350), respectivamente, da extremidade anterior. Altura do cone genital 27 (21 – 33). Espículo simples 69 (50 – 78) de comprimento. ‘Spike’ com 203 (197 – 210) de comprimento. Cauda 342 (298 – 380) de comprimento.

Fêmea: Corpo 2250 x 274 (1849 – 2646 x 204 – 376). Esôfago 382 (365 – 408). Anel nervoso e poro excretor situados a 168 (135 – 195) e 527 (482 – 573), respectivamente, da extremidade anterior. Vulva situada a 863 (732 – 973) da extremidade anterior. Cauda 431 (324 – 481) de comprimento. Ovos 146 x 59 (122 – 166 x 43 – 79).

Comentários:

No presente trabalho foram encontrados espécimes larvais e adultos do nematoide *Spinoxyuris* sp. no intestino posterior do hospedeiro *M. lippincottianus*.

Spinoxyuris sp. são nematoides de ciclo monoxeno, ou seja, realizam todas as fases do seu ciclo de vida em um único hospedeiro. Sendo assim, *M. lippincottianus* pode ser considerado como hospedeiro definitivo para este nematoide. Estes foram os nematoides encontrados em maior prevalência no peixe em estudo.

Os nematoides oxiuroides são parasitos intestinais de peixes pouco frequentes. Apenas alguns gêneros de faringodonídeos são encontrados em peixes de água doce e marinhos em regiões tropicais e subtropicais. Grande parte deles são parasitos de peixes neotropicais da América do Sul (MORAVEC & THATCHER, 2001).

A maioria das espécies dos gêneros *Brasilnema*, *Cosmoxynema*, *Cosmoxynemoides*, *Ichthyouris*, *Parasynodontisia* e *Travnema* foram encontrados em peixes no Brasil, enquanto apenas duas espécies de *Parasynodontisia* e *Spinoxyuris* foram registradas no Paraguai, e uma espécie de *Ichthyouris* na Guiana (MORAVEC & THATCHER, 2001).

Parasitos do gênero *Spinoxyuris* possuem cápsula bucal cercada por seis lamelas orais; quatro papilas cefálicas ovais submedianas e dois anfídios. Cavidade bucal pequena com ausência de dentes. Corpo esofágico longo e ístimo curto; bulbo com aparato esclerotizado. Presença de asa lateral terminando em espinho. Macho com cone genital desenvolvido, um par de papilas pré-anais situadas no cone genital e uma papila dupla posterior ao cone genital,

presença de asa caudal como continuação a asa lateral, espículo simples pontiagudo e gubernáculo ausente. Fêmea com vulva pré-equatorial e útero prodelfico (MORAVEC, 1998).

O parasito *S. oxydoras* foi registrado em *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná, e em *M. hypsauchen* na bacia do rio Jari na Amazônia (YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015). O nematoide *Spinoxyuris annulata* foi encontrado no serrasalmineo *Myleus ternetzi* no rio Sinnamary, Guiana Francesa (MORAVEC & THATCHER, 2001).

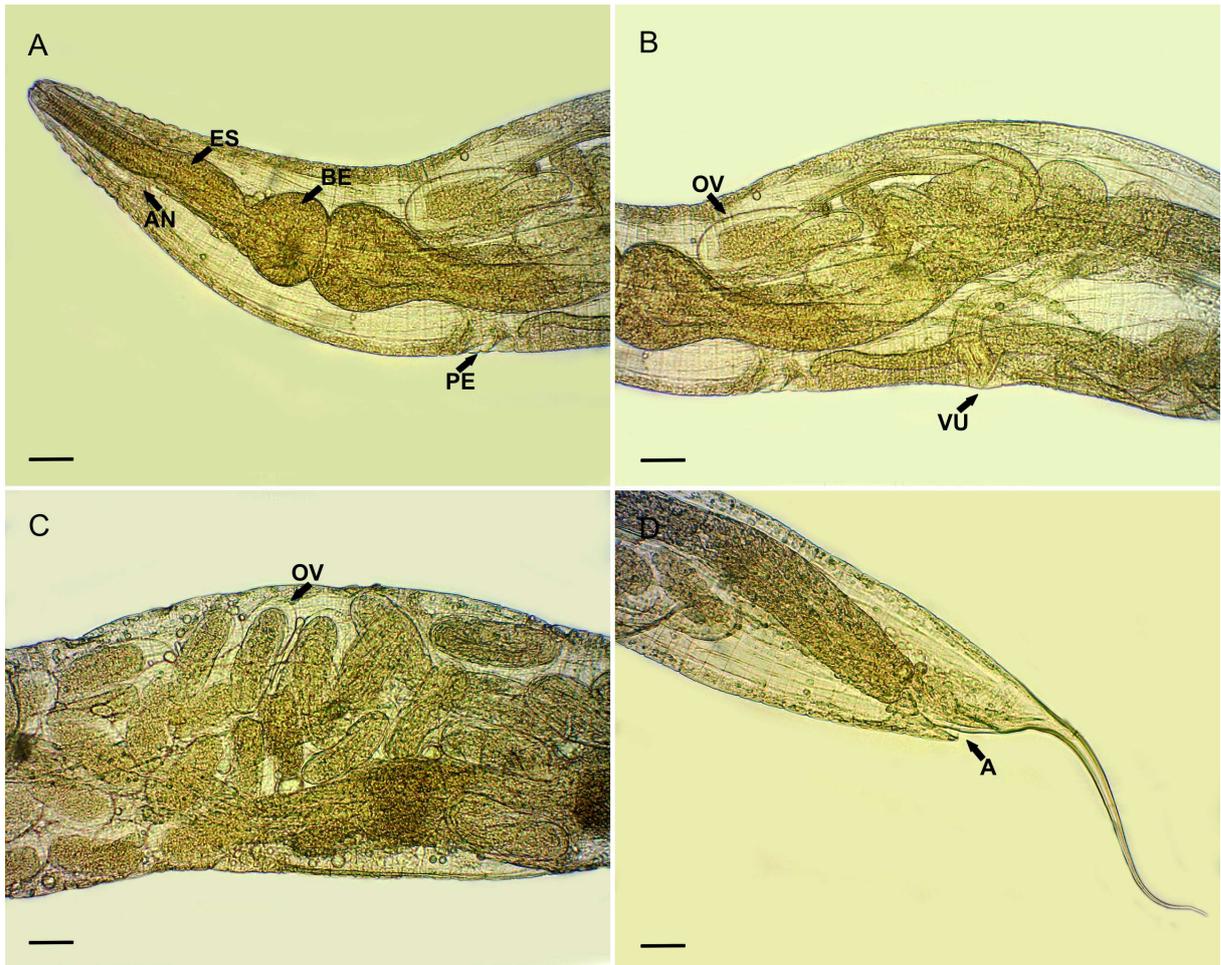


Figura 11. Espécime adulto fêmea de *Spinoxyuris* sp. de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Extremidade Anterior. (B – C) Porção Mediana. (D) Extremidade Posterior. Legendas: A – ânus; AN – ânus; BE – bulbo esofágico; ES – esôfago; OV – ovo; PE – poro excretor; VU – vulva. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A; B; C; D) 50 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

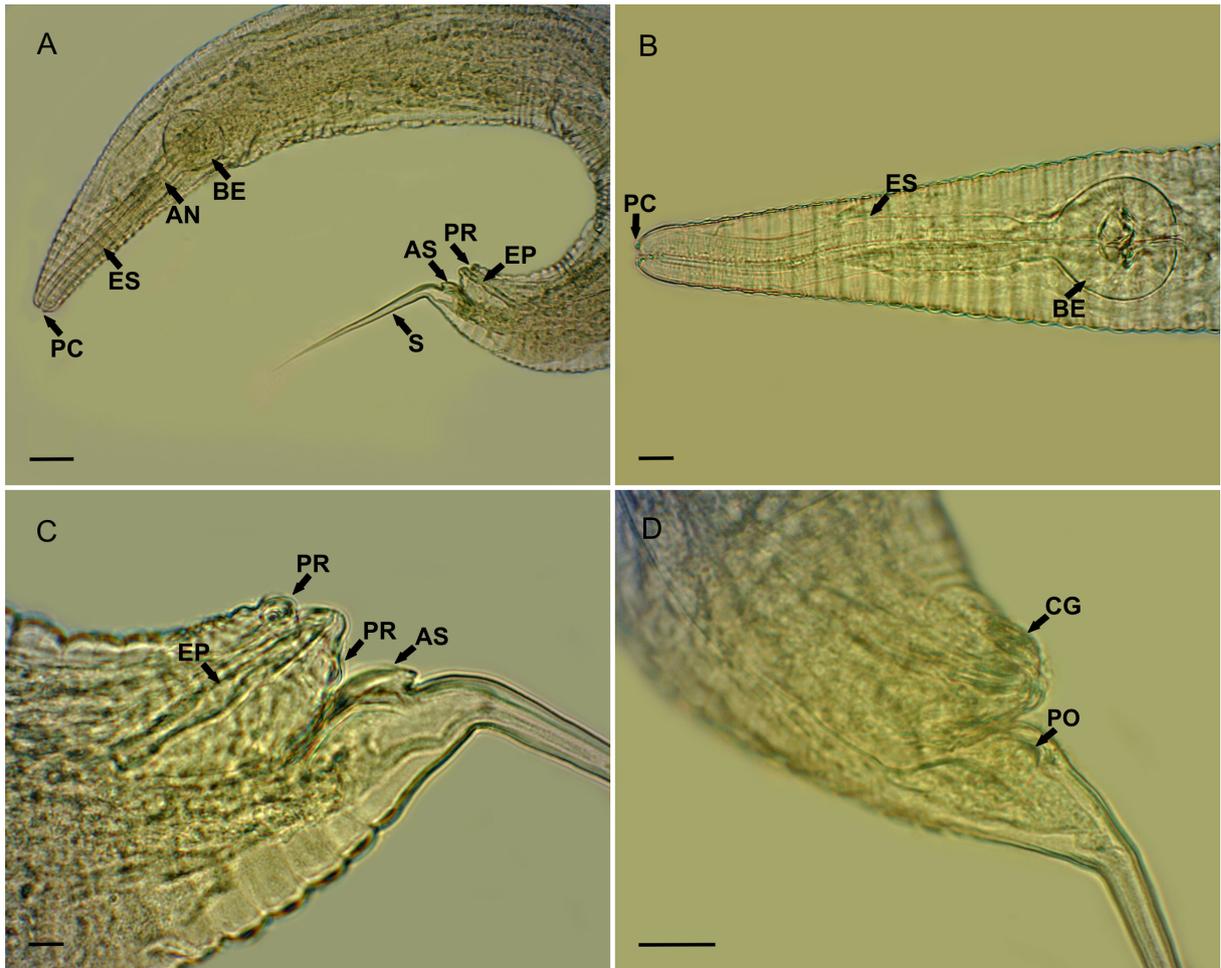


Figura 12. Espécime adulto macho de *Spinoxyuris* sp. de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) provenientes do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. (A) Espécime inteiro. (B) Extremidade Anterior. (C - D) Extremidade Posterior. Legendas: AS – asa caudal; AN – anel nervoso; BE – bulbo esofágico; EP – espículo; ES – esôfago; CG – cone genital; PC – papila cefálica; PO – papila pós-cloacal; PR – papila pré-cloacal; S – ‘spike’. Montagem temporária em lactofenol. Escalas: (A) 50 μ m; (B; C; D) 20 μ m. (Fotos: MFC Almeida-Berto, MC Brasil-Sato).

4.2 Componentes da comunidade parasitária

Foram analisados 67 peixes da espécie *M. lippincottianus*, dentre eles, 63 (94,02%) estavam parasitados com pelo menos uma espécie de parasito. Dois representantes do Filo Platyhelminthes foram encontrados *Dadayi* sp. (n=1), Digenea, e larvas de plerocercoides, Cestoda, encistadas e aglomeradas formando massas (n=338). Três representantes do Filo Nematoda foram encontrados, totalizando 8918 espécimes de parasitos coletados, que estão distribuídos entre: *P. inopinatus* (n=36), *S. rodolphiheringi* (n=2) e *Spinoxyuris* sp. (n=8880) (Figura 13). A maior representatividade na comunidade parasitária de *M. lippincottianus* foi a do grupo taxonômico Nematoda, presentes em 60 (89,55%) dos 67 hospedeiros. O grupo dos Platyhelminthes foram encontrados em 30 (44,78%) hospedeiros. (Figura 14).

A espécie mais prevalente, com maior intensidade e mais abundante na fauna de *M. lippincottianus* foi *Spinoxyuris* sp., seguida de plerocercoides, *P. inopinatus*, *S. rodolphiheringi* e *Dadayi* sp. (Figuras 15, 16 e 17), sendo que as espécies com prevalência $\geq 10\%$ foram plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp. (Tabela 1).

De acordo com o índice de dispersão e valores significativos, plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp. possuem um padrão de distribuição agregada das infrapopulações parasitárias (Tabela 2).

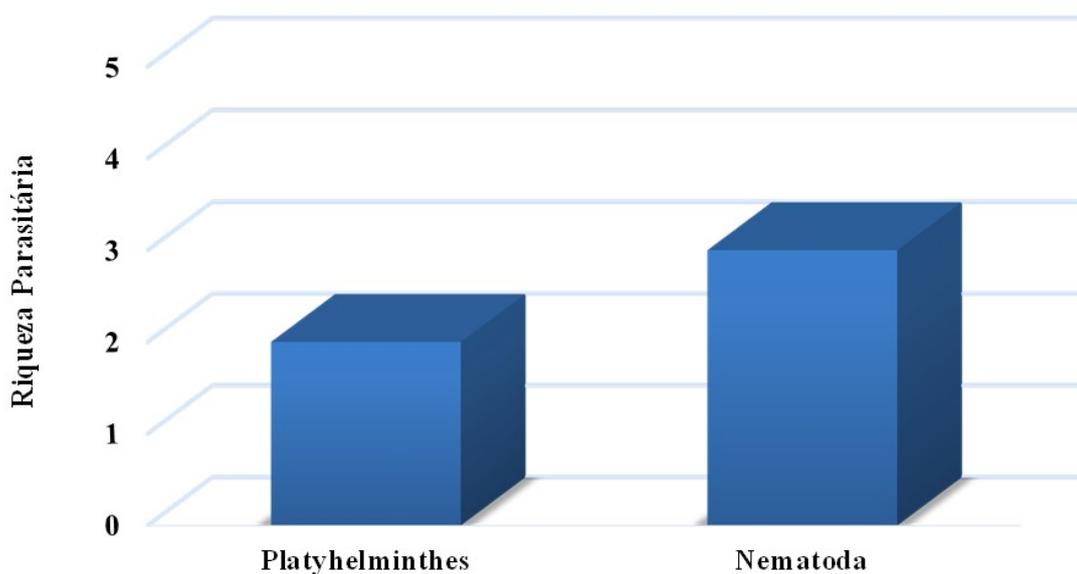


Figura 13. Representação da riqueza dos filos da fauna parasitária de *Metynnix lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Representantes dos Filos Platyhelminthes: *Dadayi* sp. e plerocercoides e Nematoda: *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928, *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, 1934 e *Spinoxyuris* sp.

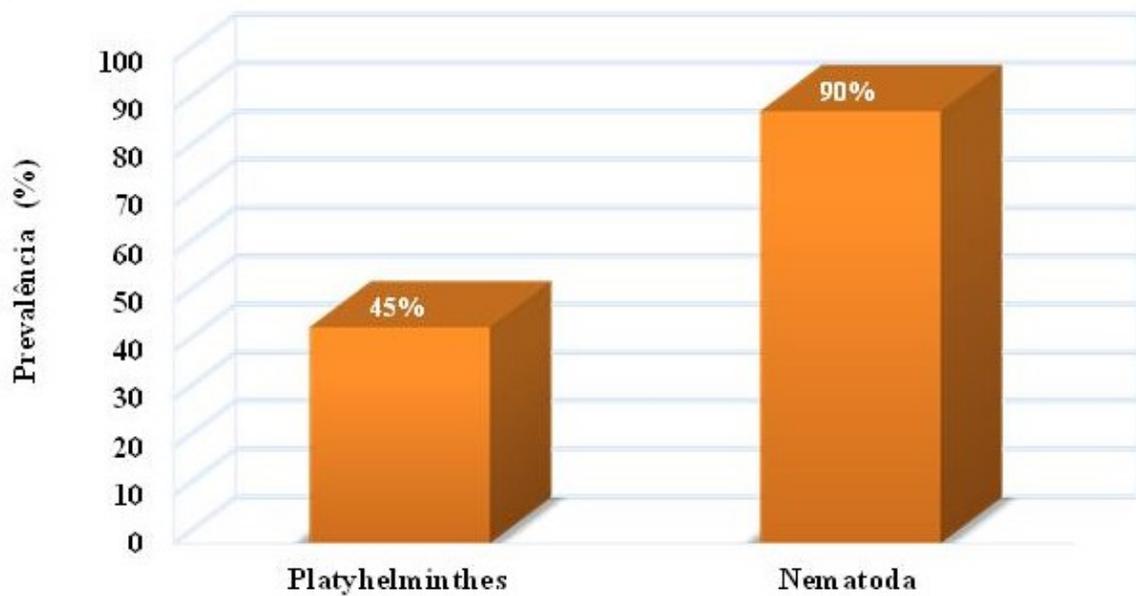


Figura 14. Representatividade percentual da prevalência dos filos Platyhelminthes e Nematoda, parasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, MG.

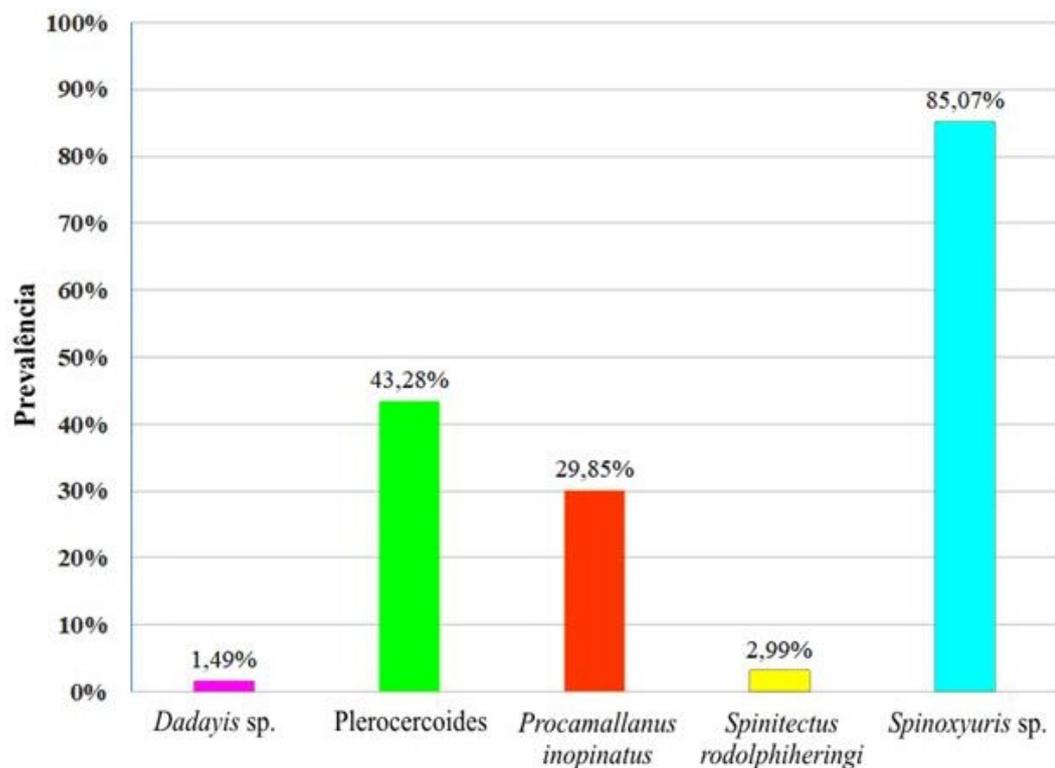


Figura 15. Representação da prevalência dos endoparasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

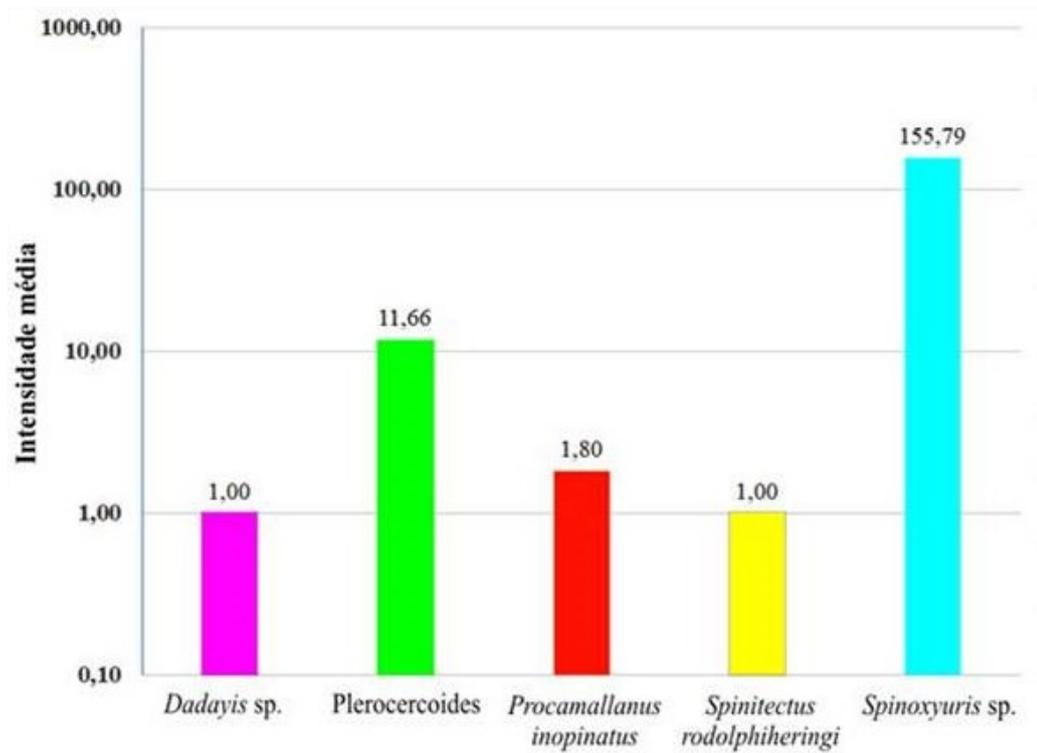


Figura 16. Representação da intensidade média dos endoparasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

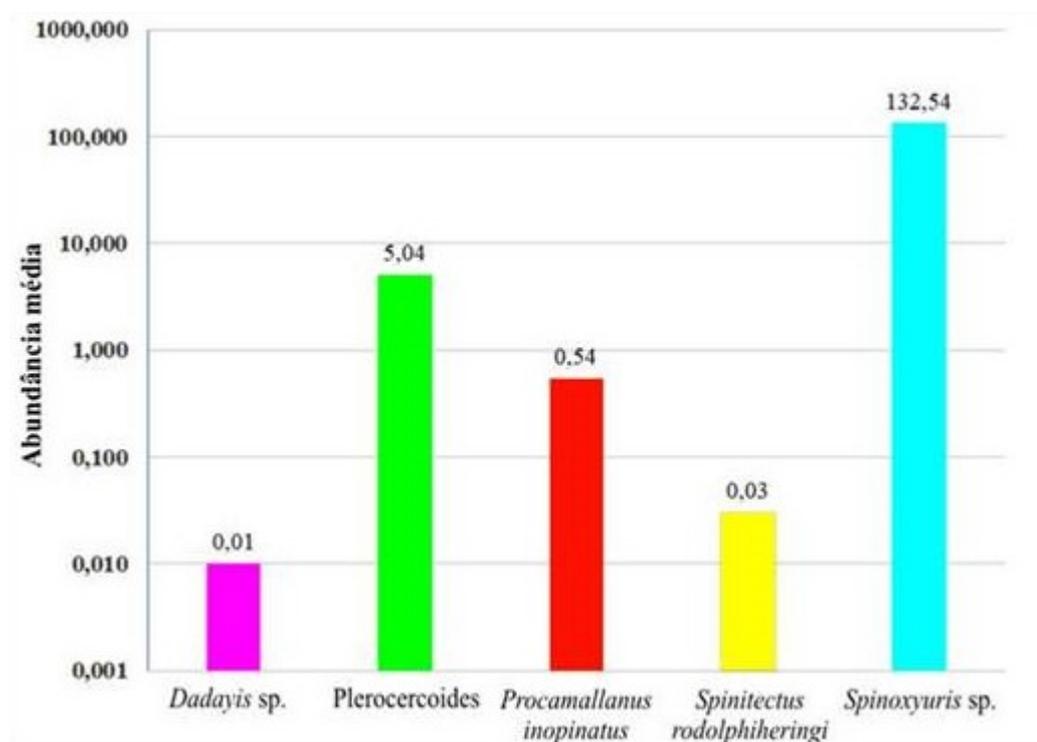


Figura 17. Representação da abundância média dos endoparasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Tabela 1. Prevalência (P%); intensidade média (IM); abundância média (AM); amplitude de infecção (A); com os correspondentes desvios padrão (DP) e sítios de infecção (SI): E = estômago; IA = intestino anterior; IM = intestino médio; IP = intestino posterior; número de depósito (CHIOC = Coleção Helminológica do Instituto Oswaldo Cruz) dos endoparasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Parasitos	P (%)	IM ± DP	AM ± DP	A	SI
Platyhelminthes					
Cladorchiidae					
<i>Dadayius</i> sp. CHIOC 39001 - juvenil	1,49%	1,00	0,01±0,12	1-1	IP
Proteocephalidae					
Plerocercoides CHIOC 39002 - larvas	43,28%	11,66 ±16,25	5,04 ±12,08	1-65	E, IA, IM, IP
Nematoda					
Camallanidae					
<i>Procallanus inopinatus</i> CHIOC 39004 - ♂ CHIOC 39003 - ♀	29,85%	1,80 ± 1,44	0,54 ± 1,13	1-7	E, IP
Cystidicolidae					
<i>Spinitectus rodolphiheringi</i> CHIOC 39005 - ♀	2,99%	1,00	0,03 ± 0,17	1-1	E
Pharingodonidae					
<i>Spinoxyuris</i> sp. CHIOC 39006a - ♂ CHIOC 39006b - ♀	85,07%	155,79 ± 182,70	132,54 ± 177,34	4-808	IP

Tabela 2. Índice de dispersão e teste estatístico *d* dos endoparasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Espécies de parasitos	Índice de dispersão		Teste estatístico <i>d</i>
	Valor	Distribuição	
Platyhelminthes			
Plerocercoides	28,91	Agregada	50,33*
Nematoda			
<i>Procamallanus (S.) inopinatus</i>	2,39	Agregada	6,31*
<i>Spinoxyuris</i> sp.	237,29	Agregada	165,53*

*valores significativos > 1,96

4.3 Análise do sexo e comprimento total de *Metynnis lippincottianus*

Foram analisados 24 machos (comprimento total = 11 – 17cm; média = 12,8cm; peso = 35 – 147g; média = 64,4g) e 43 fêmeas (comprimento total = 9 – 19cm; média = 14,6cm; peso = 23,7 – 180g; média = 99g) de *M. lippincottianus*. A análise estatística do comprimento total entre peixes machos e fêmeas revelou que existe diferença significativa no tamanho ($U' = 784,00$; $p = 0,0004$), sendo os machos menores que as fêmeas. As espécies de parasitos mais prevalentes foram plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp. em ambos os sexos de *M. lippincottianus* (Tabela 3).

Tabela 3. Prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância média (AM) com respectivos números de hospedeiros (n), médias (M), desvios padrão (DP) e amplitudes (A) dos endoparasitos por sexo de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870), do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Espécies de parasitos	P (%)		IM								AM							
	Macho	Fêmea	Macho				Fêmea				Macho				Fêmea			
			n	M	DP	A												
Platyhelminthes																		
<i>Dadayi</i> sp.	0/24 (0)	1/43 (2,33%)	0	-	-	-	1	1	0	1-1	24	-	-	-	43	0,02	0,15	0-1
<i>Plerocercoides</i>	10/24 (41,67%)	19/43 (44,19%)	10	12,10	18,26	1-62	19	11,42	15,61	1-65	24	5,04	12,95	0-62	43	5,05	11,72	0-65
Nematoda																		
<i>Procamallanus inopinatus</i>	10/24 (41,67%)	10/43 (23,26%)	10	2,20	1,87	1-3	10	1,40	0,70	1-7	24	0,92	1,61	0-7	43	0,33	0,68	0-3
<i>Spinitectus rodolphiheringi</i>	2/24 (8,33%)	0/43 (0)	2	1,00	0	1-1	0	-	-	-	24	0,08	0,28	0-1	43	-	-	-
<i>Spinioxyuris</i> sp.	21/24 (87,50%)	36/43 (83,72%)	21	114,86	111,30	7-460	36	179,67	211,50	4-808	24	100,50	110,80	0-460	43	150,42	204,41	0-808

4.4 Influência do comprimento total do hospedeiro sobre a prevalência, intensidade e abundância parasitárias

Em *M. lippincottinus* não houve correlação entre a prevalência e as classes de tamanho e nem entre a prevalência e os sexos nas diferentes classes de tamanhos do hospedeiro dos parasitos: plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp.. Não houve influência significativa do comprimento total de *M. lippincottianus* sobre a intensidade e a abundância de plerocercoides e *P. inopinatus* (Tabelas 4 e 5). Porém, a análise do comprimento total dos peixes mostrou que nos machos, houve influência significativa negativa deste parâmetro sobre a intensidade e a abundância parasitárias, respectivamente, de *Spinoxyuris* sp. ($r_s = - 0,44, p = 0,05$; $r_s = - 0,46, p = 0,02$). Portanto, a intensidade e a abundância de *Spinoxyuris* sp. foram mais elevadas em peixes machos de menor tamanho corpóreo (Tabela 5).

4.5 Influência do sexo do hospedeiro sobre a prevalência, intensidade e abundância parasitárias

Quanto ao sexo de *M. lippincottinus* não foram observadas diferenças significativas na prevalência, intensidade e abundância parasitárias de plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp. (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Prevalência dos parasitos em relação ao sexo e ao comprimento total (CT), e em relação ao sexo nas diferentes classes de tamanhos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

	Plerocercoides		<i>Procammallanus inopinatus</i>		<i>Spinoxyuris</i> sp.	
	valor	<i>p</i>	valor	<i>p</i>	valor	<i>p</i>
Prevalência x Sexo						
χ^2 Yates	$\chi^2 = 0,04$	0,84	$\chi^2 = 1,69$	0,19	$\chi^2 = 0,01$	0,95
Fisher (<i>Rr</i>)	<i>Rr</i> = 0,94	1,00	<i>Rr</i> = 1,79	0,16	<i>Rr</i> = 1,04	1,00
Prevalência x comprimento total						
Pearson (<i>r</i>)	<i>r</i> = -0,06	0,85	<i>r</i> = -0,05	0,86	<i>r</i> = -0,04	0,89
Prevalência x classe de tamanho (machos)						
Pearson (<i>r</i>)	<i>r</i> = -0,30	0,29	<i>r</i> = -0,37	0,20	<i>r</i> = -0,27	0,36
Prevalência x classe de tamanho (fêmeas)						
Pearson (<i>r</i>)	<i>r</i> = 0,14	0,62	<i>r</i> = 0,14	0,64	<i>r</i> = 0,15	0,62
Prevalência x Sexo (por classe de tamanho)						
Pearson (<i>r</i>)	<i>r</i> = 0,04	0,89	<i>r</i> = -0,16	0,59	<i>r</i> = 0,14	0,63

*Valores significativos: $p \leq 0,05$; χ^2 Yates: qui-quadrado com correção de Yates; *r*: correlação de Pearson; *Rr*: Risco relativo do teste exato de Fisher.

Tabela 5. Intensidade e abundância dos parasitos em relação ao sexo e ao comprimento total (CT) de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Parasitos	Intensidade								Abundância							
	Sexo		CT						Sexo		CT					
	<i>U'</i>	<i>p</i>	Macho		Fêmea		Total		<i>U'</i>	<i>p</i>	Macho		Fêmea		Total	
			<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>			<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>		
Platyhelminthes																
Plerocercoides	97,50	0,93	0,45	0,19	-0,27	0,26	0,002	0,99	526,50	0,89	-0,04	0,85	0,25	0,11	0,11	0,33
Nematoda																
<i>Procammallanus</i> (<i>S.</i>) <i>inopinatus</i>	62,50	0,30	0,19	0,58	0,32	0,35	-0,30	0,20	623,50	0,08	-0,16	0,45	-0,48	0,76	-0,19	0,13
<i>Spinoxyuris</i> sp.	450,00	0,24	-0,44	0,05*	0,17	0,33	0,36	0,47	568,50	0,50	-0,46	0,02*	0,17	0,29	-0,12	0,34

*Valores significativos: $p \leq 0,05$; *r_s*: correlação por postos de Spearman; *U'*: teste Mann-Whitney.

4.6 Riqueza, Diversidade, Dominância e Equitabilidade

As características das comunidades e infracomunidades relacionadas à riqueza, diversidade, dominância e equitabilidade parasitária do hospedeiro estão resumidas na Tabela 6. Foram encontrados cinco táxons. Os Nematoda apresentaram maior riqueza totalizando três espécies e os Platyhelminthes totalizaram duas espécies encontradas em *M. lippincottianus*. Houve variação elevada de espécimes por espécie nas infrapopulações parasitárias com três das cinco espécies encontradas nos hospedeiros com valores elevados e próximos de equitabilidade resultando em $H' = 3,84$ (Tabela 6).

A dominância relativa média demonstrou que *Spinoxyuris* sp. é a espécie mais dominante encontrada na comunidade parasitária do hospedeiro em estudo. Os valores similares das ocorrências nos hospedeiros em conjunto com as co-ocorrências de plerocercoides e *P. inopinatus* nos peixes parasitados, tendo ambas espécies índices parasitários menos elevados que *Spinoxyuris* sp., resultou em dominância de Berger-Parker equitativa para ambas as espécies.

Em relação a Equitabilidade de Pielou (J) os valores obtidos foram menores que 1 indicando que as espécies de parasitos não são igualmente abundantes nos hospedeiros.

Dentre os parasitos de *M. lippincottianus* foram observadas três pares de espécies co-ocorrentes. Considerando a análise dos valores de intensidade nas co-ocorrências, através do teste de correlação por postos de Spearman (r_s), não houve significância das co-ocorrências entre as espécies, ou seja, o parasitismo de cada espécie ocorreu aleatoriamente ou ao acaso. Pela análise do teste Tukey-Kramer, as correlações nos pares *P. inopinatus* versus *Spinoxyuris* sp. e *Spinoxyuris* sp. versus plerocercoides foram significativas indicando que suas respectivas abundâncias foram desproporcionais, ou seja, *Spinoxyuris* sp. foi observado em maior quantidade do que *P. inopinatus* e plerocercoides. Em contrapartida, *P. inopinatus* versus plerocercoides obtiveram valores não significantes, indicando que essas espécies foram equivalentes, ou seja, ocorreram proporcionalmente nos hospedeiros (Tabela 7).

A comparação da intensidade média e da abundância média das espécies co-ocorrentes pela análise de Kruskal-Wallis (KW) indicou variação significativa entre as respectivas médias (intensidade: $KW = 13,765$, $p = 0,0010^*$; abundância: $KW = 93,070$, $p < 0,0001^*$). Com efeito, no teste de comparação múltipla de Dunn a intensidade média e a abundância média das duas espécies que co-ocorreram com *Spinoxyuris* sp. foram significativamente menos elevadas (Tabela 8).

Tabela 6. Características das infracomunidades dos parasitos de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Características	<i>Metynnis lippincottianus</i>
Nº de hospedeiros coletados	67
Nº de hospedeiros parasitados	63
Percentual de parasitismo	94,03%
Nº total de espécimes	9257
Nº total de espécies	5
Espécies de Platyhelminthes	2
Espécies de Nematoda	3
Diversidade de Shannon-Wiener (H')	3,84
Dominância relativa média	
Plerocercoides	0,08
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0,03
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0,81
Dominância de Berger-Parker (D_{Bp})	
Plerocercoides	0,19
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0,19
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0,09
Equitabilidade de Pielou (J)	
Plerocercoides	0,81
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0,93
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0,88

Tabela 7. Análise dos descritores parasitários das espécies co-ocorrentes em 67 espécimes de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Pares de espécies	Intensidade		Abundância	
	r_s	p	q	p
Endoparasitos adultos				
<i>Procamallanus inopinatus</i> vs. <i>Spinoxyuris</i> sp.	0,27	0,29	10,53	<0,001*
Endoparasitos larvais vs. adultos				
Plerocercoides vs. <i>Procamallanus inopinatus</i>	-0,09	0,81	0,36	>0,05
Plerocercoides vs. <i>Spinoxyuris</i> sp.	-0,14	0,48	10,17	<0,001*

*Valores significativos: $p \leq 0,05$; r_s : correlação por postos de Spearman; q : teste Tukey-Kramer de comparação múltipla.

Tabela 8. Análise de Kruskal-Wallis (*KW*) e teste de comparação múltipla de Dunn para a comparação da intensidade e abundância das espécies co-ocorrentes de *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Testes/Espécies co-ocorrentes	Intensidade		Abundância	
	valor	<i>p</i>	valor	<i>p</i>
Análise de Kruskal-Wallis (<i>KW</i>)	<i>KW</i> = 13,77	0,001*	<i>KW</i> = 93,07	<0,0001*
Teste de comparação múltipla de Dunn				
Endoparasitos adultos	Dunn		Dunn	
<i>Procamallanus inopinatus</i> vs. <i>Spinoxyuris</i> sp.	-11,36	<0,01*	-86,55	<0,001*
Endoparasitos larvais vs. adultos				
Plerocercoides vs. <i>Procamallanus inopinatus</i>	-1,71	>0,05	-17,11	>0,05
Plerocercoides vs. <i>Spinoxyuris</i> sp.	9,64	<0,05*	69,43	<0,001*

*Valores significativos: $p \leq 0,05$

5 DISCUSSÃO

Um espécime de digenea, cestoides larvais e nematoides compuseram a comunidade endoparasitária de *M. lippincottianus* investigada no presente trabalho. Algumas espécies de hospedeiros abrigam muitas espécies de parasitos, enquanto outras abrigam poucas, sendo que em alguns hospedeiros a carga parasitária é maior que em outros indivíduos. A eficiência de hospedeiros disponíveis em servir para amostras de parasitos em certa localidade é bastante variável em uma população. Determinados hospedeiros são facilmente colonizados em relação a outros. A idade, o sexo, o comportamento e o sistema imunológico são características importantes determinantes na probabilidade de aquisição dos parasitos (POULIN & MORAND, 2004).

A fauna parasitária dos hospedeiros está diretamente relacionada com os seus itens da dieta alimentar e a possibilidade dos parasitos alcançarem o sistema digestório do hospedeiro, sendo estes ingeridos de forma associada ao alimento. Como a dieta de um peixe determina a composição da sua fauna endoparasitária, geralmente uma grande quantidade de cestoides indica uma dieta rica em crustáceos planctônicos, como os copépodes, já a ocorrência frequente de digenéticos indica que geralmente o hospedeiro se alimenta de moluscos (DOGIEL *et al.*, 1970). Durante o exame do conteúdo do sistema digestório de *M. lippincottianus* foram encontrados alguns pequenos crustáceos na composição dos itens alimentares do peixe. Sendo assim, a relevante presença de cestoides na fauna parasitária do hospedeiro pode estar relacionada aos itens constantemente predados na sua dieta ou preferência alimentar.

Segundo Moravec (1998), nos ambientes aquáticos, insetos aquáticos, dentre outros artrópodes, como os microcrustáceos, constituem os primeiros hospedeiros intermediários dos nematoides. Quando os peixes utilizam esses artrópodes na alimentação, podem comumente se infectar com o segundo ou terceiro estágio larval desses helmintos, portanto podendo atuar como os segundos hospedeiros intermediários ou paratênicos. As larvas desses parasitos em geral se estabelecem no celoma do hospedeiro, mas também poderão ser encontradas no sistema digestório do peixe.

Os endoparasitos encontrados em *M. lippincottianus* do reservatório de Três Marias, Alto do Rio São Francisco, foram: Digenea *Dadayi* sp., larvas plerocercoides de Proteocephalidae, e nematoides *Spinoxyuris* sp., *P. (S.) inopinatus*, *S. rodolphiheringi*.

Durante a investigação da endofauna de *M. lippincottianus* no Alto do Rio São Francisco, um espécime juvenil do Digenea *Dadayi* sp. foi encontrado no intestino posterior do peixe. Com base no levantamento literário, o parasito *D. pacupeva* foi encontrado em *M. lippincottianus* no rio Paraná e na Amazônia Oriental (MOREIRA *et al.*, 2009; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014), e em *M. maculatus* no rio Paraná (LACERDA *et al.*, 2003); *D. pacuensis* foi encontrado em *M. hypsauchen*, *M. rubripinnis* e *M. asterias* no rio Jari, Amazônia (OLIVEIRA *et al.*, 2015); *D. puruensis* foi encontrado parasitando o peixe *S. aequifasciatus* no rio Purus, Amazonas (LOPES *et al.*, 2011). Em relação aos registros literários, pode-se notar que o Digenea *Dadayi* sp. ainda não havia sido encontrado nos peixes do Rio São Francisco, além disso, a presença desse parasito nos peixes *Metynnis* spp. e *Myleus* spp. de outras localidades mostra que a ocorrência de *Dadayi* sp. em *M. lippincottianus* no Rio São Francisco pode ser uma indicação de que esse parasito tenha sido igualmente introduzido no Rio São Francisco juntamente com o seu hospedeiro. Sendo assim, a ocorrência do Digenea *Dadayi* sp. em *M. lippincottianus* nesse estudo caracterizou um registro inédito desse parasito no Alto do Rio São Francisco, ampliando sua distribuição geográfica conhecida.

As larvas plerocercoides encontrados no hospedeiro em estudo *M. lippincottianus*, estavam encistadas na cavidade peritoneal (superfícies externas do estômago, intestino anterior, intestino médio e intestino posterior). No Alto do Rio São Francisco, larvas plerocercoides encistadas já foram registradas nos peixes: *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *C. fowleri*, *D.*

emarginatus, *H. marginatus*, *L. obtusidens*, *L. piau*, *L. reinhardti*, *M. costae*, *O. franciscensis*, *P. pohli*, *P. argenteus*, *P. piraya*, *S. knerii*, *T. guentheri* e *T. chalceus* (SANTOS, 2008; ALBUQUERQUE, 2009, 2013; MONTEIRO, 2011; MARTINS, 2012; SABAS, 2014). Santos-Clapp & Brasil-Sato (2014) encontraram os proteocefalídeos maduros *Proteocephalus microscopicus* e *Proteocephalus macrophallus* no hospedeiro *C. kelberi*, peixe introduzido nesse sistema hídrico em 1980 que provavelmente introduziu os parasitos proteocefalídeos na região. Com isso, o peixe analisado nesse estudo caracteriza-se como hospedeiro paratênico, ou seja, durante o exame foram encontradas apenas as formas larvais e encistadas no celoma e nenhum outro estágio do parasito no peixe. As larvas encistadas parecem estar em latência, aguardando a ingestão por um provável hospedeiro intermediário ou definitivo, para que haja prosseguimento no desenvolvimento dos demais estágios do parasito e a continuação do ciclo. Desta forma, *M. lippincottianus* está participando da transmissão desses eucestóides para os peixes carnívoros do reservatório. As larvas plerocercóides encontradas em *M. lippincottianus* no alto Rio São Francisco constituem o primeiro registro nesse hospedeiro; caracterizando com isso que a introdução desse peixe no reservatório, fez com que o mesmo adquirisse do novo ecossistema, novos representantes na composição da sua fauna parasitária.

O nematoídeo *P. (S.) inopinatus* foi encontrado no estômago e intestino anterior de *M. lippincottianus*. A ocorrência de espécimes adultos machos e fêmeas do parasito, indica que o peixe pode ser caracterizado como um hospedeiro definitivo no ciclo de vida do nematoídeo.

Procamallanus (Spirocamallanus) spp. são frequentemente encontradas em peixes de diversas espécies. Foram registradas as ocorrências desses parasitos no Rio São Francisco: *P. inopinatus* foi encontrado em *C. kelberi*, *C. macropomum*, *L. reinhardti*, *P. piraya* e *S. brandtii* (SANTOS, 2008; SANTOS-CLAPP & BRASIL-SATO, 2014; FUJIMOTO *et al.*, 2015; SILVA, 2017); *P. saofranciscensis* foi encontrado em *A. britskii*, *A. lacustris*, *A. fasciatus*, *B. westermanni*, *T. chalceus* e *T. guentheri* (MOREIRA, 1994; COSTA, 2015; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; VIEIRA-MENEZES *et al.*, 2017); *P. freitasi* e *P. pimelodus* foram encontrados em *D. emarginatus* e *P. pohli* respectivamente, e uma espécie não identificada foi encontrada no hospedeiro *C. conirostris* (SABAS, 2014).

Além da diversidade de hospedeiros, *P. inopinatus* possui uma ampla distribuição geográfica. Estudos registraram a ocorrência deste nematoídeo em diversas localidades e diferentes hospedeiros, indicando com isso que esse parasito possui uma baixa especificidade em relação aos hospedeiros, e uma adaptação em diversos ecossistemas diferenciados. Espécimes adultos de *P. inopinatus* foram encontrados em: *A. lacustris* e *A. altiparanae*, no rio do Peixe, São Paulo, (ABDALLAH *et al.*, 2012; CAMARGO *et al.*, 2015, 2016); *L. friderici*, *L. macrocephalus*, *L. obtusidens*, *S. brasiliensis* e *S. nasutus*, nos rios Mogi Guaçu, Grande e Pardo, São Paulo (MESQUITA *et al.*, 2012; SILVA, 2017); *A. altiparanae*, *B. amazonicus* e *C. monoculus*, na Fazenda rio das Pedras, Campinas, São Paulo (AZEVEDO *et al.*, 2007; MULLER, 2008); *A. nuchalis*, *C. bimaculatum*, *H. unitaeniatus*, *H. malabaricus*, *T. angulatus*, *T. curtus* e *T. rotundatus* na bacia Igarapé Fortaleza, Amapá (ALCÂNTARA & TAVARES-DIAS, 2015; GONÇALVES *et al.*, 2016; TAVARES-DIAS, 2017; SANTOS & TAVARES-DIAS, 2017; TAVARES-DIAS *et al.*, 2017); *Astyanax* aff. *paranae*, *Hoplias* aff. *malabaricus*, *L. elongatus*, *L. friderici*, *L. obtusidens*, *L. lacustris*, *S. maculatus*, *S. marginatus* e *S. borelli*, no rio Paraná (GUIDELLI *et al.*, 2006; TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2013); *A. falcirostris*, *A. ocellatus*, *B. amazonicus*, *B. melanopterus*, *C. kelberi* e *T. angulatus*, nos rios Negro, Solimões e Purus, Amazonas (ARAÚJO *et al.*, 2009; DUMBO, 2014; ATROCH, 2016; PEREIRA, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2017); *A. fasciatus* no rio Tambaqui, São Paulo (ACOSTA *et al.*, 2015); *A. lacustris* no rio Batalha, São Paulo (PEDRO *et al.*, 2016).

Procamallanus inopinatus também tem sido registrado em algumas espécies de peixes de Serrasalminae, indicando a ocorrência frequente desse parasito em peixes da mesma subfamília de *M. lippincottianus*. Essa espécie de nematoídeo foi encontrada nos hospedeiros *C.*

macropomum em pisciculturas da região Amazônica no Amapá, rio Solimões no Amazonas, rio Amazonas no Pará e Rio São Francisco em Minas Gerais (FISCHER *et al.*, 2003; DIAS *et al.*, 2015; FUJIMOTO *et al.*, 2015;), *P. nattereri* no Lago Arari, Pará, no rio Cuiabá, Mato Grosso, no rio Negro, Mato Grosso do Sul e no Lago da Piranha, Amazonas (BARROS *et al.*, 2010; VITAL *et al.*, 2011; BENIGNO *et al.*, 2012; VICENTIN *et al.*, 2013), *S. altispinis* em Lagos de Várzea da Amazônia Central, *S. maculatus*, *S. marginatus* e *S. rhombeus* nos rios Paraná, rio Negro e rio Solimões respectivamente (LIMA, 2010; TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; VICENTIN *et al.*, 2011; MOREY, 2017).

Estudos indicam a presença de *P. inopinatus* em *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná, e em *M. hypsauchen* na bacia do rio Jari, Amazônia. (TAKEMOTO & LIZAMA, 2010; YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Com isso pode-se verificar que este parasito já é comumente encontrado no peixe em estudo e que, mesmo sendo introduzido em outra bacia, *M. lippincotiannus* manteve a ocorrência de *P. inopinatus* em sua fauna endoparasitária, uma vez que este parasito também possui registro de sua presença em outros hospedeiros do Rio São Francisco.

O nematoide *S. rodolphiheringi* foi encontrado no estômago de *M. lippincottianus* do alto Rio São Francisco. A presença de fêmeas adultas caracteriza o hospedeiro como definitivo para este parasito. *S. rodolphiheringi* (= *Spinitectus sternopygi*) têm sido encontrados no Rio São Francisco nos peixes *A. fasciatus*, *F. marmoratus*, *P. squamipennis*, *P. piraya* e *T. chalceus* (SANTOS & BRASIL-SATO, 2004; SANTOS *et al.*, 2004; SANTOS, 2008; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; VIEIRA-MENEZES *et al.*, 2017). Como não existem dados de ocorrências anteriores desse parasito em *M. lippincottianus*, pode-se pontuar que esse registro no peixe em estudo caracteriza-se por um achado inédito para esse hospedeiro. Através do levantamento literário, nota-se a presença deste nematoide em outros hospedeiros do Rio São Francisco. Sendo assim, há uma indicação de que *S. rodolphiheringi* foi possivelmente transmitido para *M. lippincottianus* através dos hospedeiros nativos desse ecossistema no qual o peixe em estudo foi inserido.

Espécimes larvais e adultos do nematoide *Spinoxyuris* sp. foram encontrados no intestino posterior do hospedeiro *M. lippincottianus* no alto Rio São Francisco. *Spinoxyuris* sp. são nematoides de ciclo monoxeno, ou seja, realizam todas as fases do seu ciclo de vida em um único hospedeiro. Sendo assim, *M. lippincottianus* pode ser considerado como hospedeiro definitivo para este nematoide. A presença do parasito *S. oxydoras* foi registrada no peixe *M. lippincottianus* nas bacias dos rios Amazonas e Paraná, e no peixe *M. hypsauchen* na bacia do rio Jari na Amazônia (YAMADA *et al.*, 2012; HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015). O nematoide *S. annulata* foi encontrado no serrasalmineo *M. ternetzi* no rio Sinnamary, da Guiana Francesa (MORAVEC & THATCHER, 2001). Com base nesses registros literários, pode-se verificar que este nematoide tem sido encontrado em peixes da bacia Amazônica e das Guianas, ou seja regiões de distribuição de *M. lippincottianus*, indicando que, a ocorrência do nematoide *Spinoxyuris* sp. no peixe em estudo, pode ter acompanhado o hospedeiro sendo transportado para o alto Rio São Francisco. Além disso, com a ausência de registros da ocorrência de *Spinoxyuris* sp. em espécies de peixes de outras subfamílias, pode-se verificar que, mesmo sendo introduzido em um novo ecossistema, *M. lippincottianus* não foi capaz de transmitir *Spinoxyuris* sp. para as diversas espécies de peixes nativas deste sistema hídrico. Sendo assim nota-se uma alta especificidade do parasito em relação ao hospedeiro, ou seja, o parasito não se adaptou a nenhum outro hospedeiro da região. Além disso, com esse achado pode-se registrar inédita a ocorrência desse nematoide na bacia do Rio São Francisco, com ampliação da sua distribuição geográfica conhecida.

Em *M. lippincottianus*, não houve correlação da prevalência entre as classes de tamanho e nem entre machos e fêmeas nas diferentes classes de tamanhos dos parasitos: plerocercoides, *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp.. Não houve influência significativa do comprimento total de *M.*

lippincottianus sobre a intensidade e a abundância de plerocercoides e *P. inopinatus*. O sexo de *M. lippincottianus* não influenciou significativamente na prevalência, na intensidade e nem na abundância parasitárias de plerocercoides e *P. inopinatus* e *Spinoxyuris* sp.. Porém, a análise do comprimento total dos peixes mostrou que nos machos, houve influência significativa negativa deste parâmetro sobre a intensidade e abundância parasitárias do nematoide *Spinoxyuris* sp.. Portanto, esses índices de *Spinoxyuris* sp. foram mais elevados em peixes machos de menor tamanho corpóreo.

De acordo com Hoshino & Tavares-Dias (2014), a condição corporal de *M. lippincottianus* da bacia Amazônica não foi afetada pela alta infecção de ectoparasitos e endoparasitos. A abundância de *S. oxydoras* foi maior em peixes com melhores condições. Os anfitriões maiores sustentam um maior grau de infecção por parasitos porque esses não são patogênicos e causam poucos danos ao hospedeiro. Por outro lado, quanto mais patogênico e abundante os parasitos, maior a redução do fator de condição dos hospedeiros, isso porque eles têm menor chance de reagir às infecções quando seu sistema imunológico não responde adequadamente para a infecção parasitária.

Na bacia do Igarapé Fortaleza, Amazônia, o comprimento total de *M. lippincottianus* mostrou uma correlação positiva com a abundância de *S. oxydoras*, indicando que os peixes de maior porte acumularam maior quantidade desses parasitos (HOSHINO & TAVARES-DIAS, 2014). Para este mesmo hospedeiro, na bacia do rio Paraná, também foi verificada uma correlação positiva entre o comprimento total do peixe e a abundância de *S. oxydoras* (YAMADA *et al.*, 2012).

Segundo Yamada *et al.* (2012) peixes debilitados por falta de comida, estress elevado ou mudanças hormonais, apresentam maior abundância parasitária. Neste estudo, foi verificada uma correlação negativa com a intensidade e abundância de *Spinoxyuris* sp. em relação ao comprimento total de peixes machos. Tais diferenças podem ter sido causadas por particularidades dos ecossistemas e/ou variações no tamanho e na idade dos hospedeiros que foram examinados nesses estudos.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo forneceu dados sobre a taxonomia da comunidade parasitária do peixe *M. lippincottianus*, introduzido no reservatório de Três Marias, alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil, cujo estudo é inédito neste sistema hídrico.

A espécie de *Spinoxyuris*, parasito monoxeno, teve uma elevada expressão no hospedeiro além da elevada especificidade evidenciada pela história de parasitismo entre faringodonídeos de espécies de *Metynnis*. Além disso, é inédita a ocorrência deste nematoídeo na bacia do Rio São Francisco.

Os parasitos heteroxenos apresentaram índices menos elevados no peixe. No presente estudo, o Digenea *Dadayius* sp. é considerado registro inédito desse parasito no Alto Rio São Francisco. Como esse parasito possui registros em espécies de serrasalmíneos de outras localidades, conclui-se que o Digenea tenha sido introduzido no rio juntamente com o seu hospedeiro.

As larvas plerocercóides de Proteocephalidae e o Nematoda *Spinitectus rodolphiheringi* encontrados neste trabalho são registros inéditos desses parasitos em *Metynnis lippincottinaus*. Em registros científicos, esses parasitos foram encontrados em outros hospedeiros do Alto Rio São Francisco, com isso, conclui-se que o parasito tenha sido transmitido para *Metynnis lippincottianus* através dos hospedeiros nativos desse ecossistema no qual o peixe foi inserido.

O Nematoda *Procamallanus* (S.) *inopinatus* encontrado no presente estudo manteve a sua ocorrência na fauna parasitária de *Metynnis lippincottinaus*, uma vez que este parasito já possui registro em espécies de *Metynnis* de outras localidades e em outros peixes do Alto Rio São Francisco.

Os parasitos de ciclo direto tiveram elevada expressão no hospedeiro além da elevada especificidade evidenciada pela história de parasitismo entre faringodonídeos de *Metynnis*. Os parasitos de ciclo indireto, com hospedeiros intermediários e que envolvem a predação destes, tiveram índices menos elevados e entre eles aqueles que vem sendo registrados em outros peixes da bacia, indicando a existência e manutenção do ciclo desses parasitos, bem como a ampliação de novo hospedeiro definitivo no caso dos parasitos adultos e de hospedeiro intermediário e/ou paratênico no caso das larvas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K.; CARVALHO, E. D.; SILVA, R. J. (2012). New hosts and distribution records for nematode parasites of freshwater fishes from São Paulo State, Brazil. *Neotropical Helminthology*, v. 6, n. 1, p. 43-57, 2012.

ACOSTA, A. A.; QUEIROZ, J.; BRANDÃO, H.; SILVA, R. J. D. Helminth fauna of *Astyanax fasciatus* Cuvier, 1819, in two distinct sites of the Taquari River, São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 1, p. 242-250, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Região Hidrográfica do São Francisco**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/Bacias/SaoFrancisco.aspx>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em Reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 502p.

AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E.; BINI, L. M.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; SUZUKI, H. I. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: International Institute of Ecology; Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers; Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, 1999. p. 227-265.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. Introdução de espécies de peixes em águas continentais brasileiras: uma síntese. In: ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J. R.; RIETZLER, A. C. (Org.). **Espécies invasoras em águas doces: estudos de caso e propostas de manejo**. São Carlos: Ed. da Universidade Federal de São Carlos, 2005. Cap.2, p. 13-24.

ALBUQUERQUE, M. C. **Biodiversidade das comunidades endoparasitárias de peixes forrageiros do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Brasil**. 2013. 339f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ALBUQUERQUE, M. C. **Taxonomia e aspectos ecológicos da fauna parasitária de *Triporthes guentheri* (Garman, 1890) e *Tetragonopterus chalceus* Spix & Agassiz, 1829 do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, MG, Brasil**. 2009. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ALBUQUERQUE, M. C.; SANTOS-CLAPP, M. D.; BRASIL-SATO, M. C. Endoparasites of two species of forage fish from the Três Marias reservoir, Brazil: new host records and ecological indices. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 38, n. 3, p. 139-145, 2016.

ALCÂNTARA, N. M.; TAVARES-DIAS, M. Structure of the parasites communities in two Erythrinidae fish from Amazon river system (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 24, n. 2, p. 183-190, 2015.

ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. **Peixes do Rio das Velhas: passado e presente**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2001. 194p.

ALVES, P. V.; CHAMBRIER, A.; SCHOLZ, T.; LUQUE, J. L. Annotated checklist of fish cestodes from South America. *ZooKeys*, v. 650, p.1-205, 2017.

AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. **Protocolos para laboratório: coleta e processamento de parasitos do pescado**. Seropédica: Imprensa Universitária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 81p.

ARAÚJO, C. S. O.; BARROS, M. C.; GOMES, A. L. S.; VARELLA, A. M. B.; VIANA, G. M.; SILVA, N. P.; FRAGA, E. C.; ANDRADE, S. M. S. Parasitas de populações naturais e artificiais de tucunaré (*Cichla* spp.). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 18, n. 1, p. 34-38, 2009.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; AGOSTINHO, A. A.; FABRÉ, N. N. Trophic aspects of fish communities in brazilian rivers and reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Ed.). **Limnology in Brazil**. São Paulo: ABC/SBL, 1995. p.105-136.

ATROCH, F. M. P. B. **Metazoários parasitos de *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831) e *Astronotus crassipinnis* (Heckel, 1840) (Perciformes: Cichlidae) em lagos de várzea na Amazônia, Amazonas, Brasil**. 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

AZEVEDO, G. B.; MADI, R.R.; UETA, M.T. Metazoários parasitas de *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) na Fazenda Rio das Pedras, Campinas, SP, Brasil. *Bioikos*, v. 21, n. 2, p. 89-96, 2007.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 4, n. 1, p. 155-172, 2009.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C.; CINTRA, I. H. A.; HERMANN, M.; ARAÚJO, A. R. R. Perfil da ictiofauna da Bacia do Rio São Francisco/Profile of the fish fauna of the São Francisco river basin. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 5, n. 1, p. 70-90, 2017.

BARROS, L. A.; MATEUS, L. A.; BRAUM, D. T.; BONALDO, J. Aspectos ecológicos de endoparasitos de piranha vermelha (*Pygocentrus nattereri* Kner, 1860) proveniente do Rio Cuiabá. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 1, p. 228-231, 2010.

BENIGNO, R. N. M.; CLEMENTE, S. C. D. S.; MATOS, E. R.; PINTO, R. M.; GOMES, D. C.; KNOFF, M. Nematodes in *Hopleryttrinus unitaeniatus*, *Hoplías malabaricus* and *Pygocentrus nattereri* (pisces characiformes) in Marajó Island, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 21, n. 2, p. 165-170, 2012.

BRANDS, S. J. (Comp.). **Systema Nature 2000: The Taxonomicon**. Universal Taxonomic Services, Amsterdam, The Netherlands. 1989-2007. Disponível em: <<http://sn2000.taxonomy.nl/>>. Acesso em abril de 2017.

BRASIL-SATO, M. C. Parasitos de peixes da Bacia do São Francisco. In: GODINHO, H.P.; GODINHO, A.L. (org.) **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. Cap. 9, p. 149-165.

BRASIL-SATO, M. C.; SANTOS, M. D. Helmitos de *Myleus micans* (Lütken, 1875) (Characiformes: Serrasalminae) do Rio São Francisco, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 12, n. 2, p. 131-134, 2003.

BRASIL-SATO, M. C.; SANTOS, M. D. Metazoan parasites of *Conorhynchos conirostris* (Valenciennes, 1840) an endemic siluriform fish of the São Francisco basin, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 14, n. 4, p. 160-166, 2005.

BUSH, A. O.; HOLMES, J. C. Intestinal helminthes of lesser scaup ducks: a interactive community. *Canadian Journal of Zoology*, v.64, n.1, p.142-152, 1986.

BUSH, A. O.; FERNÁNDEZ, J. C.; ESCH, G, W; SEED, R. J. **Parasitism. The diversity and ecology of animal parasites**. Cambridge University Press, 1990. 566p.

BUSH, A. O.; LAFFERTY, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology*, v.83, n.4, p.575-583, 1997.

CAIRA, J. N.; JENSEN, K.; WAESCHENBACH, A.; OLSON, P. D.; LITTLEWOOD, D. T. J. Orders out of chaos—molecular phylogenetics reveals the complexity of shark and stingray tapeworm relationships. *International Journal for Parasitology*, v. 44, n. 1, p. 55-73, 2014.

ĆALETA, M.; TUTMAN, P.; BUJ, I.; ZANELLA, D.; MUSTAFIĆ, P.; MARČIĆ, Z.; DULČIĆ, J. How was a Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrassalmidae) introduced in the Croatian freshwater? *Cybium*, v. 35, n. 3, p. 259-261, 2011.

CAMARGO, A. D. A.; NEGRELLI, D. C.; PEDRO, N. H. O.; AZEVEDO, R. K. D.; SILVA, R. J. D.; ABDALLAH, V. D. Metazoan parasite of lambari *Astyanax altiparanae*, collected from the Peixe river, São Paulo, southeast of Brazil. *Ciência Rural*, v. 46, n. 5, p. 876-880, 2016.

CAMARGO, A. D. A.; PEDRO, N. H. O.; PELEGRINI, L. S.; AZEVEDO, R. K.; SILVA, R. J.; ABDALLAH, V. D. Parasites of *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes: Acestrorhynchidae) collected from the Peixe River, southeast Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 37, n. 2, p. 231, 2015.

CAMPECHE, D. F. B.; BALZANA, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; BARBALHO, M. R. S.; REIS, F. J. S.; MELO, J. F. B. **Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo**. 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54780/1/SDC244.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CASAL G.; MATOS, E.; AZEVEDO, C. Ultrastructural data on the spore of *Myxobolus maculates* (Teleostei). *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 51, p. 107-111, 2002.

CASAL, G., MATOS, E.; AZEVEDO, C. A new Myxozoan parasite from the Amazonian fish *Metynnus argenteus* (Teleostei, Characidae): light and electron microscope observations. *Journal of Parasitology*, v. 92, n. 4, p. 817-821, 2006.

CHERVY, L. The terminology of larval cestodes or metacestodes. *Systematic Parasitology*, v. 52, n. 1, p. 1-33, 2002.

COSTA, C. M. R.; HERMANN, G.; MARTINS, C. S.; LINS, L. V.; LAMAS, I. R. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversistas, 1998. 94p.

COSTA, D. P. C. **Composição e estrutura da fauna endoparasitária de peixes eritrínídeos (Actinopterygii, Characiformes) do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil**. 2015. 96f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DAVIS, M. A.; THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Invasibility: the local mechanism driving community assembly and species diversity. *Ecography*, v. 28, n. 5, p. 696-704, 2005.

DIAS, M. K. R.; NEVES, L. R.; MARINHO, R. D. G. B.; PINHEIRO, D. A.; TAVARES-DIAS, M. Parasitism in tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*, Characidae) farmed in the Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 2, p. 231-238, 2015.

DOGIEL, V. A.; PETRUSHEVSKI, G. K.; POLYANSKI, Y. I. **Parasitology of fish**. Surrey: Tropical Fish Hobbyist Publications, 1970. 384p.

DUMBO, J. C. **Espécies de metazoários parasitos de *Acestrorhynchus falcirostris* (Cuvier, 1819) (Characiformes: Acestrorhynchidae) de lagos de várzea da Amazônia Central**. 2014. 134f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. Species by family/subfamily. **Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo**. 2011. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

FELTRAN, R. B.; JUNIOR, O. M.; PINESE, J. F.; TAKEMOTO, R. M. Prevalência, abundância, intensidade e amplitude de infecção de nematóides intestinais em *Leporinus friderici* (Bloch, 1974) e *L. obtusidens* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Anostomidae), na represa de Nova Ponte (Perdizes, MG). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 6, n. 2, p. 169-179, 2004.

FISCHER, C.; MALTA, J. C. D. O.; VARELLA, A. M. B. The fauna of parasites of the tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) from middle Solimões River and lower Amazonas River and their potential as biological indicators. *Acta amazônica*, v. 33, n. 4, p. 651-662, 2003.

FONSECA, M. G.; SILVA, R. J. Occurrence of *Rondoni rondoni* Travassos, 1920 (Nematoda; Atractidae) in the pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) celomatic cavity. *Anais da Reunião Anual do Instituto Biológico – São Paulo*, n. 17, 2004. 71p.

FROESE, R; PAULY, D. **FishBase**. *Metynnis lippincottianus*. Disponível em: <<http://www.fishbase.org/summary/Metynnis-lippincottianus.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

FUJIMOTO, R. Y.; ISHIKAWA, M. K.; IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O.; BENAVIDES, M. V.; HIDE, D. M. V.; SILVA, R. V. B.; SANTOS, B. J.; PAIXÃO, P. E. G.; JUNIOR, E. C. C.; CHAGAS, E. C.; DOMPIERI, M. H. G. Doenças parasitárias e manejo profilático de tambaquis (*Colossoma macropomum*) na região do Baixo São Francisco. In: **Embrapa Tabuleiros Costeiros –Documentos**. Aracajú, Sergipe, 2015. 42p.

GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. **Keys to the Trematoda**. Wallingford: CAB International and The Natural History Museum, 2002, v. 1, 521p.

GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. Breve visão do São Francisco. p. 15-24. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Eds.) **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 458p.

GOMES, A. P. C.; CARVALHO, M. M.; AR CURI, N.; ARAÚJO, J. G. F.; POZZA, A. A. A.; POZZA, H. E. P.; CARVALHO, J. C. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 94 p.

GONÇALVES, R. A.; OLIVEIRA, M. S. B.; NEVES, L. R.; TAVARES-DIAS, M. Seasonal pattern in parasite infracommunities of *Hoplerythrinus unitaeniatus* and *Hoplias malabaricus* (Actinopterygii: Erythrinidae) from the Brazilian Amazon. *Acta parasitologica*, v. 61, n. 1, p. 119-129, 2016.

GUIDELLI, G.; TAVECHIO, W. L. G.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Fauna parasitária de *Leporinus lacustris* e *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae) da planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, n. 3, p. 281-290, 2006.

HOSHINO, M. D. F. G.; TAVARES-DIAS, M. Ecologia parasitária de *Metynnis lippincottianus* (Characiformes: Serrasalminidae) da região da Amazônia oriental, Macapá, Estado do Amapá, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 36, n. 2, p. 249-255, 2014.

JONES, A.; BRAY, R. A.; GIBSON, D. I. **Keys to the Trematoda**. London: CAB International and The Natural History Museum, 2005, v. 2, 745p.

LACERDA, A. C. F.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. A new species of *Dadayi* Fukui, 1929 (Digenea: Cladorchiidae), parasite of the intestinal tract of *Metynnis maculatus* (Kner, 1858) (Characidae) from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, v. 25, n. 2, p. 283-285, 2003.

LIMA, M. A. D. **A fauna de parasitas de *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1776) (Characiformes: Characidae) de lagos de várzea da Amazônia central**. 2010. 43f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior (Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, Amazonas.

LOPES, L.; KARLING, L.; TAKEMOTO, R.; ROSSONI, F.; FERREIRA, E.; PAVANELLI, G. A new species of *Dadayi* Fukui, 1929 (Digenea: Cladorchiidae), parasite of *Symphysodon aequifasciatus* Pellegrin, 1904 (Perciformes: Cichlidae) from the Purus River, Amazon, Brazil. *Helminthologia*, v. 48, n. 3, p. 200-202, 2011.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical Ecology: a primer on Methods and Computing**. New York: Wiley-Interscience Publications, 1988. 377p.

MARTINS, A. N. **Comunidades parasitárias de quatro espécies de peixes anostomídeos do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais**. 2012. 216f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MARTINS, W. M. D. O.; JUSTO, M. C.; CARDENAS, M. Q.; COHEN, S. C. Metazoan parasite communities of *Leporinus macrocephalus* (Characiformes: Anostomidae) in cultivation systems in the western Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 47, n. 4, p. 301-310, 2017.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. New Jersey: Princenton University Press, 1988. 179p.

MENEZES, F. G. V. **Helmintofauna de *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) (Actinopterygii: Characidae) do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil**. 2013. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária – Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MESQUITA, R. L. B.; SANTOS, S. M. C.; CECCARELLI, P. S.; LUQUE, J. L. Metazoários endoparasitos de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Characiformes: Characidae) do Rio Mogi Guaçu, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 14 (1, 2 e 3), p. 95-102, 2012.

MONTEIRO, C. M. **Avaliação da fauna parasitária de *Prochilodus argenteus* Spix & Agassiz, curimatã-pacu (Actinopterygii: Prochilodontidae) do Alto do São Francisco, Minas Gerais, Brasil**. 2011. 243f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. Praha: Academia, 1998. 464p.

MORAVEC, F.; THATCHER, V. E. *Procamallanus* (*Denticamallanus* subgen. n.) *dentatus* sp. nov. (Nematoda: Camallanidae) from the characid fish, *Bryconops alburnoides*, in the Brazilian Amazon. *Parasite*, v. 4, n. 1, p. 239-243, 1997.

MORAVEC, F.; THATCHER, V. E. New oxyuroid nematodes of the genera *Ichthyouris* and *Spinoxyuris* from South American freshwater fishes. *Folia Parasitologica*, v. 48, n. 4, p. 311-320, 2001.

MOREIRA, N. I. B. **Alguns nematódeos parasitos de peixes na represa de Três Marias, Bacia do Rio São Francisco, Minas Gerais**. 1994. 102f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOREIRA, A. C.; OLIVEIRA, T. T. S.; MOREY, G. A. M.; MALTA, J. C. O. Metazoários parasitas de *Tripotheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) do lago Catalão, Rio Solimões, Amazonas, Brasil. *Folia Amazônica*, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2017.

MOREIRA, L.; TAKEMOTO, R. M.; YAMADA, F.; CESCHINI, T.; PAVANELLI, G. C. Ecological aspects of metazoan endoparasites of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) (Characidae) from Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Helminthologia*, v.46, n.4, p.214-219, 2009.

MOREY, G. A. M. **Diversidade dos metazoários parasitos de peixes carnívoros: *Serrasalmus altispinis* (Merckx, Jégu e Santos, 2000); *Rhaphiodon vulpinus* (Spix & Spix, 1829), e *Acestrorhynchus falcatus* (Bloch, 1794) de lagos de várzea da Amazônia.** 2017. 249f. Tese (Doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazônia.

MOYLE, P. B.; LIGHT, T. Biological invasions of freshwater: empirical rules and assembly theory. *Biological Conservation*, v. 78, p. 149-161, 1996.

MÜLLER, M. I. **Fauna helmintologica das especies amazonicas de peixes (*Cichla monoculus* e *Brycon amazonicus*) introduzidas nas lagoas da Fazenda Rio das Pedras, Campinas, SP.** 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, Campinas, São Paulo.

OLIVEIRA, M. S. B.; GONÇALVES, R. A.; NEVES, L. R.; TAVARES-DIAS, M. Parasitic endohelminths of *Metynnis hypsauchen* (Characidae) from Jari River Basin, Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology*, v. 9, n. 2, p. 235-242, 2015.

ORSI, M. L.; AGOSTINHO, A. A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em Rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, n. 2, p. 557-560, 1999.

OTA, R. P.; RÖPKE, C. P.; ZUANON, J.; JÉGU, M. Serrasalmidae. In: QUEIROZ, L. J.; TORRENTE-VILARA, G.; OHARA, W. M.; PIRES, T. H. S.; ZUANON, J.; DÓRIA, C. R. C. (Orgs.). **Peixes do Rio Madeira.** São Paulo, Santo Antônio Energia, 2013. p.15-47.

OTA, R. P. **Revisão taxonômica e filogenia morfológica de *Metynnis* Cope, 1878 (Characiformes: Serrasalmidae).** 2015. 500f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

OTA, R. P.; PY-DANIEL, L. H. R.; JÉGU, M. A new Silver Dollar species of *Metynnis* Cope, 1878 (Characiformes: Serrasalmidae) from Northwestern Brazil and Southern Venezuela. *Neotropical Ichthyology*, v. 14, n. 4, 2016.

PAES, K. V. J., CARVALHO, E. D., SILVA, R. J. Infection by *Austrodiplostomum compactum* metacercariae in fish from the Nova Avanhandava reservoir, Tietê river, São Paulo State, Brazil. *Acta Scientiarum*, v.32, n.3, p.273-278, 2010.

PAVANELLI, C. S.; OTA, R. P.; PETRY, P. New species of *Metynnis* Cope, 1878 (Characiformes: Characidae) from the Rio Paraguay basin, Mato Grosso State, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 7, n. 2, p. 141-146, 2009.

PEDRO, N. H. O.; PELLEGRINI, L. S.; AZEVEDO, R. K.; ABDALLAH, V. D. Biodiversity of metazoan parasites in *Acestrorhynchus lacustris* (Lütken, 1875) (Characiformes:

Acestrorhynchidae) from the Batalha River, São Paulo State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 11, n. 4, p. 336-344, 2016.

PEREIRA, S. L. A. **Composição e estrutura das comunidades parasitárias de matrinxã, *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829), dos Rios Juruá e Purus, Amazonas, Brasil.** 2015. 85f. Tese (Doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior), Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazônia.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 6, p. 615-622, 2007.

POULIN, R.; MORAND, S. **Parasite Biodiversity.** Washington: Smithsonian Books, 2004. 216p.

REGO A. A.; CHUBB J. C.; PAVANELLI G. C. Cestodes in South American freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, p. 299–367, 1999.

RIBEIRO, T. S.; UEDA, B. H.; PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M. Endoparasite fauna of *Brycon amazonicus* and *B. melanopterus* (Characidae, Bryconinae) from Negro and Solimões rivers, Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 1, p. 107-110, 2016.

RIBEIRO, T. S.; GHISI, N. C.; PRIOLI, A. J.; OLIVEIRA, E. C.; TAKEMOTO, R. M. Diversity of Nematodes of red-tail-lambari *Astyanax* aff. *paranae* (Teleostei: Characidae) from polluted sites of a tropical river system. *Neotropical Helminthology*, v. 7, n. 2, p. 271-281, 2013.

RODRIGUES, W. C. 2005. **DivEs – Diversidade de Espécies** – Guia do Usuário. Seropédica: Entomologistas do Brasil. 9p. Disponível em: <http://www.ebras.bio.br/dives/>.

SABAS, C. S. S. **Comunidades parasitárias de quatro espécies de peixes siluriformes do Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.** 2014. 145f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária – Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SAMPAIO, E. V.; LÓPEZ, C. M. Limnologia física, química e biológica da represa de Três Marias e do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Eds.) **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais.** Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 71-92.

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*, v. 23, n. 3, p. 367-374, 2014.

SANTOS, M. D. **Camalanídeos parasitos de peixes de água doce do Brasil.** 2007. 51p. Qualificação (Doutorado) - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SANTOS, M. D. **Comunidades parasitárias de três espécies de peixes carnívoros do Reservatório de Três Marias, Alto Rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil.** 2008. 186f.

Tese (Doutorado em Ciências), Área de Concentração: Parasitologia Veterinária - Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SANTOS, M. D.; BRASIL-SATO, M. C. Parasitos metazoários de *Franciscodoras marmoratus* (Reinhard, 1874), “serrudo” (Siluriformes: Doradidae) do Rio São Francisco, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 13, n. 1, p. 18-22, 2004.

SANTOS, P. H. N.; TAVARES-DIAS, M. First study on communities of parasites in *Triportheus rotundatus*, a Characidae fish from the Amazon River system (Brazil). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 26, n. 1, p. 28-33, 2017.

SANTOS, M. D.; FARIA, M. S.; KNUPP, A. M.; BRASIL-SATO, M. C. Parasitofauna da corvina *Pachyurus squamipennis* Agassiz, 1831 (Sciaenidae) da Bacia do Rio São Francisco, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA. Brasília, DF. Anais. Brasília: Universidade de Brasília, 2004. 464p.

SATO, Y.; SAMPAIO, E.V. **A ictiofauna do Reservatório de Três Marias, rio São Francisco, Minas Gerais.** (Convênio 8713 FUNDEP-UFMG Parques Aquícolas, SECTES-MG N° 025/2005, Processo: 00350.000278/2005-20) – Belo Horizonte: FUNDEP-UFMG/ SECTES-MG, 2006. 66p.

SERIOUSLY FISH. *Metynnis lippincottianus*. Disponível em: <<http://www.seriouslyfish.com/species/metynnis-lippincottianus>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SILVA, A. C. D. **Composição e variação espacial na estrutura das comunidades parasitárias de peixes da família anostomidae das Bacias Hidrográficas dos Rios Grande e São Francisco.** 2017. 101f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária), Área de Concentração: Patologia Animal – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

SOUSA, V. F.; ROCHA, C. A. M. Estudo da ocorrência de parasitas em peixes teleósteos de água doce da Amazônia. *Anais da Reunião Annual da SBPC – Fortaleza*, n. 57, 2005. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/#>. Acesso em: outubro de 2017.

STURGES, H. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, v. 21, n. 1, p. 65-66, 1926.

TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. Helminth fauna of fishes from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Neotropical Helminthology*, v. 4, n. 1, p. 5-8, 2010.

TAVARES-DIAS, M. Community of protozoans and metazoans parasitizing *Auchenipterus nuchalis* (Auchenipteridae), a catfish from the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 39, n. 1, p. 123, 2017.

TAVARES-DIAS, M.; GONÇALVES, R. A.; OLIVEIRA, M. S. B.; NEVES, L. R. Ecological aspects of the parasites in *Cichlasoma bimaculatum* (Cichlidae), ornamental fish from the Brazilian Amazon. *Acta Biológica Colombiana*, v. 22, n. 2, p.175-180, 2017.

THATCHER, V. E. **Aquatic Biodiversity in Latin America.** 2 ed. Moscow: Pensoft, 2006. 509p.

VERMEIJ, G. J. An agenda for invasion biology. *Biological Conservation*, v. 78, p. 3-9, 1996.

VICENTIN, W.; VIEIRA, K. R. I.; TAVARES, L. E. R.; COSTA, F. E. D. S.; TAKEMOTO, R. M.; PAIVA, F. Metazoan endoparasites of *Pygocentrus nattereri* (Characiformes: Serrasalminae) in the Negro River, Pantanal, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 22, n. 3, p. 331-338, 2013.

VICENTIN, W.; VIEIRA, K. R. I.; COSTA, F. E. D. S.; TAKEMOTO, R. M.; TAVARES, L. E. R.; PAIVA, F. Metazoan endoparasites of *Serrasalmus marginatus* (Characiformes: Serrasalminae) in the Negro River, Pantanal, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 20, n. 1, p. 61-63, 2011.

VIEIRA-MENEZES, F. G.; COSTA, D. P. C.; BRASIL-SATO, M. C. Nematodes of *Astyanax fasciatus* (Actinopterygii: Characidae) and their parasitic indices in the São Francisco river, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 26, n. 1, p. 10-16, 2017.

VITAL, J. F.; VARELLA, A. M. B.; PORTO, D. B.; MALTA, J. C. D. O. Sazonalidade da fauna de metazoários de *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) no lago Piranha (Amazonas, Brasil), e a avaliação de seu potencial como indicadora da saúde do ambiente. *Biota Neotropica*, v. 11, n. 1, p. 199-204, 2011.

WILLIAMSON, M. H.; FITTER, A. The characters of successful invaders. *Biological Conservation*, v. 78, p. 163-170, 1996.

YAMADA, F. H.; AQUINO MOREIRA, L. H., CESCHINI, T. L., LIZAMA, M. D. L. A. P., TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. (2012). Parasitism associated with length and gonadal maturity stage of the freshwater fish *Metynnis lippincottianus* (Characidae). *Neotropical Helminthology*, v. 6, n. 2, p. 247-253, 2012.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 3th. ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, 2000. 659p.

ZARSKÉ, A.; GÉRY, J. Revision der neotropischen Gattung *Metynnis* Cope, 1878. Evaluation der Typusexemplare der nominellen Arten (Teleostei: Characiformes: Serrasalminidae). *Zoologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden*, v. 50, n. 13, p. 169-216, 1999.

ANEXOS

ANEXO A – Formulário para necropsia de peixes

FORMULÁRIO PARA NECROPSIA DE PEIXES

Nome genérico

Nome específico

Nome vulgar

Sexo

HOSPEDEIRO

Data da coleta:
Local de coleta:
Armazenagem: () sim () não Refrigerador: Congelador
Data do exame: / / Fator de condição:
Peso: g Comprimento total: cm Comprimento padrão: cm
Modo de captura:

Superfície do corpo:

Boca:

Opérculos:

Narinas:

Brânquias:

Olhos:

Esôfago:

Estômago:

Cecos intestinais:

Intestino anterior-1º 1/3:

Intestino médio-2º 1/3:

Intestino posterior-3º 1/3:

Reto:

Rins:

Fígado:

Vesícula biliar:

Ovários:

Coração:

Bexiga urinária:

Vesícula gasosa:

Cavidade celomática:

Musculatura:

Nadadeiras:

ANEXO B – Artigo científico submetido “Parasitic helminths of the non-native serrasalmid fish *Metynnis lippincottianus* from the Três Marias Reservoir, southeast Brazil”

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária



Parasitic helminths of the non-native serrasalmid fish *Metynnis lippincottianus* from the Três Marias Reservoir, southeast Brazil

Journal:	<i>Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária</i>
Manuscript ID	RBPV-2018-0013
Manuscript Type:	Full Article
Keyword:	allochthonous fish, <i>Dadayi</i> , non-native fish, parasite of serrasalmid fish, <i>Spinoxyris</i>

SCHOLARONE™
Manuscripts

View Only

FULL ARTICLE**Parasitic helminths of the non-native serrasalmid fish *Metynnis lippincottianus* from the Três Marias Reservoir, southeast Brazil**

Os helmintos parasitos do peixe serrasalmídeo não-nativo *Metynnis lippincottianus* do Reservatório de Três Marias, sudeste do Brasil

RUNNING TITLE: **Parasitic helminths of *Metynnis lippincottianus***

Abstract

Metynnis lippincottianus is a freshwater serrasalmid native to the Guiana Basin and Amazon Basin and recently introduced into the São Francisco River in Brazil. This study aimed to determine which helminths parasitize *M. lippincottianus* from the Três Marias Reservoir, Upper São Francisco River, Minas Gerais, southeast Brazil; 63 out of 67 specimens examined were parasitized. A total of 9,257 helminths representing five species were found in 67 necropsied fish including: *Dadayius* sp. [prevalence (P) = 1.49%; average abundance (A) = 0.01±0.12]; proteocephalid plerocercoids (P = 43.28%, A = 5.04±12.08); *Procamallanus inopinatus* (P = 29.85%, A = 0.54±1.13); *Spinitectus rodolphiheringi* (P = 2.99%, A = 0.03±0.17); *Spinoxyuris* sp. (P = 85.07%, A = 132.54±177.34). Our findings show that *M. lippincottianus* represents an additional host to these helminths infecting fish native to the São Francisco River, and highlight the fact that *Dadayius* sp. and *Spinoxyuris* sp., which are typically found in native *Metynnis* spp., can also parasitize the non-native serrasalmid *M. lippincottianus*. The results of this survey demonstrate that these helminth species have thrived in this freshwater ecosystem, and show that the geographic range of both the parasite and the host species are expanding to the upper São Francisco River.

Keywords: allochthonous fish, *Dadayius*, non-native fish, parasites of serrasalmid fish, *Spinoxyuris*

Resumo

Metynnis lippincottianus é uma espécie de peixe serrasalmídeo de água doce nativa da Bacia da Guiana (Guiana) e da Bacia Amazônica que foi recentemente introduzida no rio São Francisco, Brasil. O presente estudo objetivou determinar quais espécies de helmintos

1
2
3 parasitam *M. lippincottianus* do Reservatório de Três Marias, alto rio São Francisco, Minas
4 Gerais, sudeste do Brasil; 63 dos 67 espécimes de peixes examinados estavam parasitados.
5
6 Um total de 9.257 helmintos representando cinco espécies foi encontrado em 67 peixes
7 necropsiados incluindo: *Dadayius* sp. [(prevalência (P) = 1,49%; abundância média (A) =
8 0,01 ± 0,12)]; plerocercoides proteocefalídeos (P = 43,28%, A = 5,04 ± 12,08);
9
10 *Procamallanus inopinatus* (P = 29,85%, A = 0,54 ± 1,13); *Spinitectus rodolphiheringi* (P =
11 2,99%, A = 0,03 ± 0,17); *Spinoxyuris* sp. (P = 85,07%, A = 132,54 ± 177,34). Nossos
12 resultados mostram que *M. lippincottianus* representa um hospedeiro adicional para esses
13 helmintos que infectam peixes nativos do rio São Francisco e destaca o fato de que *Dadayius*
14 sp. e *Spinoxyuris* sp., normalmente encontradas em *Metynnis* spp. nativos, podem também
15 parasitar o serrasalmídeo não-nativo *M. lippincottianus*. Os resultados dessa pesquisa
16 demonstram que essas espécies de helmintos se estabeleceram neste ecossistema de água doce
17 e ambas espécies de parasitos e de hospedeiro estão expandindo sua distribuição geográfica
18 para o alto rio São Francisco.
19

20
21
22 **Palavras-chave:** peixes alóctones, *Dadayius*, peixe não-nativo, parasitos de peixe
23 serrasalmídeo, *Spinoxyuris*
24

25 Introduction

26
27
28
29
30
31
32
33
34 The natural distribution of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) (common name in
35 Brazil: “pacu” or “pacu-marreca”) include the Amazon River Basin and the Guiana Shield in
36 the northeast of the continent (FROEZE; PAULY, 2017). This serrasalmid fish has expanded
37 its geographic range to other South American watersheds (OTA et al., 2016). Fishing of *M.*
38 *lippincottianus* has been reported since 2004 at the Três Marias Reservoir, upper São
39 Francisco River Basin, State of Minas Gerais (MG), southeast Brazil (SATO; SAMPAIO,
40 2006; OTA et al., 2016) as well as in the middle (LUZ et al., 2009) and lower São Francisco
41 River (ASSIS et al., 2017). Most of the allochthonous fish species that occur in Brazilian
42 aquatic ecosystems were introduced via anthropogenic action such as fish farming, pest
43 control, and fishkeeping, and resulted in the inadvertent, accidental introduction of parasites
44 in these freshwater environments (AGOSTINHO et al., 2005). To our knowledge this is the
45 first study to document the helminth species that parasitize *M. lippincottianus* since it was
46 introduced into the upper São Francisco River. Based on a thorough literature review of the
47 parasitic fauna of *M. lippincottianus* and related species and according to information about
48 the parasitic fauna of fish from the upper São Francisco area published previously by other
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 authors, we could infer which species of parasites infecting the “pacu” may represent new
4 potential threats to endemic and native fish in this particular region where both the parasite
5 and the fish hosts are expanding their geographic range.
6
7

8 9 **Materials and Methods**

10
11
12 A total of 67 specimens of the serrasalmid *M. lippincottianus* were purchased from
13 artisanal fishermen at the Três Marias Reservoir, upstream of the Três Marias Dam (18° 12'
14 59" S; 45° 17' 34" O), upper São Francisco River in June 2016 (43 “pacus”) and in October
15 2016 (24 “pacus”). The gender of each fish was recorded, and samples of the digestive system
16 organs were sent to the Laboratory of Biology and Ecology of Parasites (LABEPAR) at the
17 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) in the city of Seropédica, State of Rio
18 de Janeiro (RJ), southeast Brazil, for parasitological analysis (species identification).
19 Helminths were collected at necropsy. Permanent mounts were prepared according to
20 standard procedures of fish parasitology (AMATO et al., 1991), and specimens were
21 examined by light microscopy (Olympus BX 40). Plerocercoid larvae
22 (Onchoproteocephalidea, Proteocephalidae, Platyhelminthes) (Chervy, 2002, Caira et al.,
23 2014) and the juvenile Digenea (Cladorchiidae) (Jones, 2001, Gibson et al., 2002), were fixed
24 in AFA (93 parts of ethanol 70° GL, 5 parts of commercial formalin, and 2 parts of glacial
25 acetic acid). Plerocercoids were stained with Semichon carmine, and digenean parasites were
26 stained with Mayer acetic carmine. Specimens were mounted on microscopic glass slides
27 (permanent preparations). Nematodes, Camallanidae and Cystidicolidae (Moravec, 1998) and
28 Pharyngodonidae (Moravec, 1998, Moravec and Thatcher, 2001), were cleared in Amann
29 lactophenol as temporary preparations or mounted in Canada balsam as permanent
30 preparations. Unmounted specimens of plerocercoids and nematodes were stored in ethanol
31 70° GL and 5% glycerinated ethanol 70° GL, respectively. Parasites were identified, and
32 representative specimens of each species were deposited in the helminth collection of the
33 Instituto Oswaldo Cruz (CHIOC) in Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Parasite indexes, prevalence
34 (P), mean intensity (MI), and mean abundance (A) were determined according to the
35 guidelines published by Bush et al. (1997). The Dispersion index (DI) was used to detect the
36 distribution pattern of the parasite infracommunities in the hosts from each infracommunity,
37 and DI significance was tested using the statistic *d* according to Rózsa et al. (2000) and
38 Ludwig & Reynolds (1988), respectively. The G-test (log-likelihood ratio test) and the Mann-
39 Whitney *U*'test were used to determine the effects of the host's gender on the prevalence and
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 abundance of each parasite species, respectively. The Pearson's r (Pearson's correlation
4 coefficient) was applied to assess the possible correlation between the total host length
5 divided into classes (STURGES, 1926) and the prevalence (arcsine transformation) of parasite
6 infection. This test was also used to determine the possible correlation between the parasite
7 abundance and host length. The Kruskal-Wallis test was used to assess the variation of
8 parasite abundance and the total length of the fish host (ZAR, 2000). The Chi-squared test (χ^2)
9 was used to determine the occurrence of associations between species of parasites, and the
10 Spearman's rank correlation coefficient (r_s) and Tukey-Kramer method (q) were applied to
11 assess correlations between the intensity of parasite infection and abundance of parasite
12 species that were associated to each other, respectively (Ludwig & Reynolds, 1988); The
13 Shannon-Wiener index (H') was used to determine community diversity. Species richness,
14 Berger-Parker dominance index, Simpsons' Index, and Pielou evenness index were calculated
15 for each parasite infracommunity using the DE3 Ecological software DivEs – “Diversidade de
16 Espécies (Species Diversity)”, version 3.0 (RODRIGUES, 2005). Statistical test results were
17 considered significant at $p \leq 0.05$, and these tests were performed only for those parasite
18 species with prevalence over 10%.

31 Results

32
33
34 Parasitological analysis (species identification) was performed in samples from 67
35 specimens of *M. lippincottianus*, 24 males (total length: 12.8 ± 1.74 ; 11.0 – 17.0 cm) and 43
36 females (total length: 14.5 ± 2.14 ; 9.0 – 19.0 cm). A total of 63 specimens (94.02%) were
37 infected with one or more parasite species. The parasitic fauna of *M. lippincottianus* was
38 comprised of five taxa and two species of Platyhelminthes which included: a juvenile
39 specimen of Digenea, *Dadayius* sp., Cladorchiidae, CHIOC 39001, and plerocercoid larvae of
40 an unidentified species of Cestoda, Proteocephalidae, CHIOC 39002; and three species of
41 Nematoda: *Procamallanus inopinatus* Travassos, Artigas & Pereira, 1928, Camallanidae,
42 CHIOC 39004 (male), 39003 (female); *Spinitectus rodolphiheringi* Vaz & Pereira, 1934,
43 Cystidicolidae, CHIOC 39005 (female); and 1 unidentified species of the nematode genus
44 *Spinioxyuris* Petter, 1994, Pharyngodonidae, CHIOC 39006a (male), 39006b (female). A total
45 of 9,257 parasite specimens were found in the 67 necropsied fish, with 9,254 helminth
46 specimens belonging to three species with a prevalence greater than 10% (Table 1) and with
47 an aggregate pattern of distribution in the infracommunities: plerocercoids ($P = 43.28\%$; $DI =$
48 28.91 , $d = 50.33$); *P. inopinatus* ($P = 29.80\%$; $DI = 2.39$, $d = 6.31$) and *Spinioxyuris* sp. ($P =$
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 85.00%; $DI = 237.28$, $d = 165.53$). Besides the high prevalence of *Spinoxyuris* sp., this
4 parasite also had the highest intensity and average abundance in the community (Table 1).
5

6 The prevalence, intensity and abundance of this parasite species were not influenced
7 by gender or total length of the hosts (Tables 2 and 3).
8

9 The high prevalence of *Spinoxyuris* sp. and plerocercoids resulted in a large number of
10 fish parasitized by both helminthes (26 records), and some individuals from the fish
11 population studied were infected by both *Spinoxyuris* sp. and *P. inopinatus* (17 records),
12 whose co-occurrence in the same fish host was statistically significant, with exception to the
13 pair plerocercoids and *P. inopinatus* (nine records). Differences in parasitism intensity among
14 species from each infracommunity reflect the high number of specimens in the
15 infrapopulations of *Spinoxyuris* sp. in comparison with plerocercoids and *P. inopinatus*
16 infrapopulations (Table 4).
17

18 The specific features and findings in each parasite infracommunity are shown in Table
19 5. As expected, there was a significant relative dominance of *Spinoxyuris* sp. on other species
20 in the infracommunities. Although the intensity and abundance values in the
21 infracommunities were higher for *Spinoxyuris* sp., *P. inopinatus* was more evenly distributed
22 in the infracommunities.
23

24 The value of community diversity ($H' = 3.84$) reflects the presence of
25 infracommunities formed by one dominant species and a well-distributed number of
26 specimens among their infrapopulations (Table 5).
27

28 Discussion

29 A juvenile specimen of *Dadayius* sp. was found in the small intestine of a *M.*
30 *lippincottianus*. Juvenile forms of *Dadayius* sp. mature within the “pacu” which is the
31 definitive host of this helminth. We suggest that infection occurred by ingestion of food
32 contaminated with encysted metacercariae, possibly an aquatic plant or other substrate.
33 Probably this is not an incidental finding but a sign that digenean parasites are thriving in a
34 new ecosystem in which gastropods play a role in the transmission of this parasite to fish. In
35 the present study, 4 species of *Dadayius* Fukui, 1929 that were found in the fish examined are
36 valid species; two of which were reported in *M. lippincottianus* or related species or in a
37 phylogenetically close characid from South America: *Dadayius marenzelleri* (Daday, 1970)
38 was reported in the doradid *Oxydoras kneri* (Bleeker, 1862) from Paraguay by Daday (1970);
39 There are reports of *Dadayius pacuensis* Thatcher, Sey & Jégu, 1996 infecting the serrasalmid
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 *Myloplus rubripinnis* (Müller & Troschel, 1844) and *Myloplus asterias* (Müller & Troschel,
4 1844) (current name: *M. rubripinnis*), respectively (Froeze and Pauly, 2017), from the Jatapu
5 River, Brazilian Amazon, and Guaporé River, State of Rondonia, Brazil (Thatcher et al.,
6 1996), and infecting the serrasalmid *Metynnis hypsauchen* Müller & Troschel at the Jari
7 River, Brazilian Amazon (Oliveira et al., 2015); *Dadayius pacupeva* Lacerda, Takemoto &
8 Pavanelli, 2003 was found in the serrasalmid *Metynnis maculatus* (Kner, 1858) from the
9 Upper Paraná River, Brazil, by Lacerda et al. (2003), in *M. lippincottianus* at the Paraná
10 River, Brazil, by Moreira et al. (2009), and in the same host species from Igarapé da
11 Fortaleza, a tributary of the Amazon River, Brazilian Amazon, Brazil, by Hoshino and
12 Tavares-Dias (2014). The fourth species, *Dadayius puruensis* Lopes, Karling, Takemoto,
13 Rossoni, Ferreira & Pavanelli, 2011, was documented in fish of the Order Perciformes and is
14 representative of Cichlidae, *Symphysodon aequifasciatus* Pellegrin, 1904 in the lower Rio
15 Purus, Brazilian Amazon (LOPES et al., 2011). The finding of mature specimens of *Dadayius*
16 in the definitive host *Metynnis* spp in South America with prevalence varying from 61 to
17 100% and high intensity and abundance (MOREIRA et al., 2009; HOSHINO; TAVARES-
18 DIAS, 2014; OLIVEIRA et al., 2015) suggest the occurrence of a host-parasite coevolution
19 between *Dadayius* sp. and *M. lippincottianus* at the São Francisco River in combination with
20 other local factors including the presence of an intermediate host.
21

22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32 In our study, necropsy findings included the presence of plerocercoids forming small
33 masses within the peritoneal cavity and attached to the mesentery of the affected fish. In the
34 São Francisco River Basin, several species of fish are parasitized by these plerocercoid larvae
35 (BRASIL-SATO, 2003; SABAS, 2014; ALBUQUERQUE et al., 2016; DUARTE et al.,
36 2016; VIEIRA-MENEZES et al., 2017); Based on these results, we suggest that *M.*
37 *lippincottianus* harbors generalist plerocercoids. This finding expands the list of hosts of these
38 cestodes. The development of these plerocercoids inside their definitive fish host perpetuate
39 the life cycles of the parasite at the São Francisco Basin. To the best of the authors'
40 knowledge, this is the first report of a plerocercoid in *Metynnis* Cope.
41

42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
Procamallanus inopinatus is a generalist parasite that has been found in a number of
fish species from the São Francisco River Basin (BRASIL-SATO, 2003, SANTOS-CLAPP;
BRASIL-SATO, 2014) and in several freshwater ecosystems as well (MORAVEC, 1998).
This helminth species parasitizes *M. maculatus* from the Paraná River, *M. lippincottianus*
from the Paraná River and a tributary of the Amazon River Basin (MOREIRA et al., 2009;
HOSHINO; TAVARES-DIAS, 2014), and *M. hypsauchen* from the Jari River, Brazilian
Amazon (OLIVEIRA et al., 2015). Both *P. inopinatus* and *S. rodolphiheringi* belong to the

1
2
3 helminth community of native fish from the upper São Francisco River. *Procamallanus*
4 *inopinatus* showed an interspecific relationship in parasite infracommunities. There are
5 reports of coinfection with *P. inopinatus* and plerocercoids or coinfection with *P. inopinatus*
6 and *Spinoxyuris* sp. which mean intensity of infection and average abundance are both high.
7
8 There is a significant positive covariation of the abundance between these helminths.
9

10
11 *Spinitectus rodolphiheringi* is part of the parasite fauna of fish from São Francisco,
12 and occurs in the doradid *Franciscodoras marmoratus* (Reinhard, 1874) (SANTOS;
13 BRASIL-SATO, 2004) and in the characids *Tetragonopterus chalceus* Spix & Agassiz, 1829
14 and *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) (ALBUQUERQUE et al., 2016; VIEIRA-MENEZES
15 et al., 2017, respectively). Their parasitic indexes were low in the parasite communities
16 studied.
17

18
19 *Spinoxyuris oxydoras* was found in *O. kneri* (Doradidae) from the Parana River,
20 Paraguay by Petter (1994) and was also detected in the serrasalmid *M. lippincottianus* from
21 the Parana River Basin, Brazil (MOREIRA et al., 2009) and Amazon River, Brazil
22 (HOSHINO; TAVARES-DIAS, 2014) and in the *M. hypsauchen* from the Jari River,
23 Brazilian Amazon (OLIVEIRA et al., 2015). *Spinoxyuris annulata* Moravec & Thatcher, 2001
24 was documented in the serrasalmid *Myleus ternetzi* (Norman, 1929) at the Sinnamary River of
25 the French Guyana (MORAVEC; THATCHER, 2001). Oxyurid nematodes have a
26 homoxenous, direct life cycle (MORAVEC; THATCHER, 2001; MORAVEC;
27 LAOPRASERT, 2008) in which all developmental stages of the parasite occur in the same
28 host. In the present study, larval and adult specimens of *Spinoxyuris* sp. were found in the
29 posterior intestine of the fish host. The occurrence of *S. oxydoras* in doradids and serrasalmids
30 from South America with significant parasitic indexes show that there is a strong parasite-host
31 association possibly due to the direct life cycle of this helminth. These findings show that
32 *Spinoxyuris* sp. has thrived in fish from the São Francisco Basin where it will eventually
33 infect other hosts including serrasalmids or doradids in the basin.
34

35
36 In our survey, five species of helminths were present in “pacus” from the Paraná
37 River, Brazil (MOREIRA et al., 2009), Brazilian Amazon Basin (HOSHINO; TAVARES-
38 DIAS, 2014, OLIVEIRA et al., 2015), and São Francisco River. Endoparasitic indexes were
39 not influenced by gender or total body length of the “pacus”. According to Moreira et al.
40 (2009), Hoshino and Tavares-Dias (2014) and Oliveira et al. (2015), prevalence and
41 abundance of helminth infection in fish, mainly *Dadayius* spp. and *S. oxydoras* infections, is
42 influenced to some degree by the host’s body size. *Dadayius* sp. was found in “pacus” from
43 the São Francisco River. *Procamallanus inopinatus* showed lower parasite indexes, and
44

1
2
3 *Spinoxyuris* sp. had higher infection rates compared to *M. lippincottinaus* from the Paraná
4 River, Brazil (MOREIRA et al., 2009) and from the tributary of the Amazon River
5 (HOSHINO; TAVARES-DIAS, 2014), and to *M. hypsauchen* from the Jari River Basin,
6 Brazilian Amazon (OLIVEIRA et al., 2015). No *Contracaecum* sp. larvae were found in the
7 present survey. *Contracaecum* sp. larval stages have been reported in “pacus” from Paraná
8 River and Amazonian Basins (MOREIRA et al., 2009; HOSHINO; TAVARES-DIAS, 2014;
9 OLIVEIRA et al., 2015). Adult specimens of *Raphidascaris mahnerti* and were not detected
10 in “pacus”. Adult specimens of *Raphidascaris mahnerti* (Petter & Cassone, 1984) have been
11 found in “pacus” from Parana River (MOREIRA et al., 2009), and acanthocephalan
12 specimens have been detected in “pacus” from the Amazonian Basin (OLIVEIRA et al.,
13 2015). However, an unclassified species of larval cestode (plerocercoid stage) and the
14 nematode *S. rodolphiheringi* were found in “pacus” in our study. In addition, five species of
15 helminth parasites were seen in *M. lippincottinaus* which is a non-native fish species from the
16 Três Marias Reservoir, upper São Francisco River. These represent new findings that add to
17 the current body of knowledge in the growing field of fish parasitology. The presence of
18 plerocercoid larvae and *S. rodolphiheringi* in the necropsied fish from our survey expand the
19 list of fish in the Basin that harbor a variety of parasites. *Spinoxyuris* sp. is a dominant species
20 that had the highest parasite indexes in the helminth fauna of *M. lippincottianus*, and was
21 higher than in the related species *S. oxydoras* from the other basins.

22
23 In the present study, the generalist species *P. inopinatus*, the rare *Dadayius* sp., and
24 the dominant species *Spinoxyuris* sp. were detected in the fish population examined. These are
25 commonly reported as part of the parasite fauna of *Metynnis* spp. from other basins. They
26 have a more specific relationship with serrasalmid fish, and are reported for the first time at
27 the São Francisco Basin probably because they followed the expansion of geographic range of
28 the fish host. Our results suggest that, since at least 2004, the non-native “pacu” *M.*
29 *lippincottianus*, has been parasitized by helminth species with direct and indirect life cycles.
30 Two of these species have not been found in native fish from the upper São Francisco River.
31 We report for the first time that helminths from the parasite community of native fish at the
32 São Francisco River Basin are also capable of thriving in the potential host “pacu”. These
33 include an undetermined species of cestode, *P. inopinatus*, and *S. rodolphiheringi*. These
34 results also highlight the fact that *Dadayius* sp. and *Spinoxyuris* sp. occur in the non-native
35 “pacus” as well as in a number of related species of the native *Metynnis* in other basins. The
36 results of our survey show that both *Dadayius* sp. and *Spinoxyuris* have thrived in this water
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 reservoir, and demonstrates that the geographic range of both the helminths and the fish host
4 *M. lippincottianus* are expanding to the upper São Francisco River.
5
6

7 8 **Acknowledgements**

9
10 We would like to thank Dr Yoshimi Sato from the Integrated Center for Fisheries
11 Resources and Aquaculture in Três Marias, MG, Brazil, for providing us his laboratory
12 facilities and literature for this research, and Dr Marcelo Knoff, CHIOC curator, for specimen
13 deposition at his institution's collection.
14
15
16
17

18 19 **References**

- 20
21
22 Agostinho AA, Pelicice FM, Júlio Júnior HF. Introdução de espécies de peixes em águas
23 continentais brasileiras: uma síntese. In: *Espécies invasoras em águas doces: estudos de caso*
24 *e propostas de manejo*. Edited by O. Rocha, E. L. G. Espíndola, N. Fenerich-verani, J. R.
25 Verani and A. C. Rietzler. São Carlos: Ed. da Universidade Federal de São Carlos, 2005: 3-
26 24.
27
28 Albuquerque MC, Santos-Clapp, MD, Brasil-Sato, MC. Endoparasites of two species of
29 forage fish from the Três Marias reservoir, Brazil: new host records and ecological indices.
30 *Rev Bras Med Vet* 2016; 38(Suppl.3):139-145.
31
32 Amato JFR, Boeger WA, Amato SB. *Protocolos para laboratório: coleta e processamento de*
33 *parasitos do pescado*. Seropédica: Imprensa Universitária; 1991.
34
35 Assis DAS, Dias-Filho VA, Magalhães ALB, Brito MFG. Establishment of the non-native
36 fish *Metynnis lippincottianus* (Cope 1870) (Characiformes: Serrasalminidae) in lower São
37 Francisco River, northeastern Brazil. *Stud Neotrop Fauna Environ* 2017; 52(3): 228-238.
38 <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2017.1348057>
39
40 Brasil-Sato MC. Parasitos de peixes da Bacia do São Francisco. In: *Águas, peixes e*
41 *pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Edited by H. P. Godinho and A. L. Godinho.
42 Belo Horizonte: PUC Minas; 2003: 149-165.
43
44 Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms:
45 Margolis et al. revisited. *J Parasitol* 1997; 83(4): 575-583. <http://dx.doi.org/10.2307/3284227>
46
47 Caira JN, Jensen K, Waeschenbach A, Olson PD, Littlewood DTJ. Orders out of chaos—
48 molecular phylogenetics reveals the complexity of shark and stingray tapeworm relationships.
49 *Int J Parasitol* 2014; 44(1): 55-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.10.004>
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Chervy L. The terminology of larval cestodes or metacestodes. *Syst Parasitol* 2002; 52(1): 1-
4 33. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015086301717>
5
6 Duarte R, Santos-Clapp, MD, Brasil-Sato, MC. Endohelminths of *Salminus hilarii*
7 Valenciennes (Actinopterygii: Bryconidae) e seus índices parasitários no rio São Francisco,
8 Brasil. *Rev Bras Med Vet* 2016; 38(Suppl.3):151-156.
9
10 Froese R. FishBase. *Metynnis lippincottianus*. [cited 2017 July 15]. Available from:
11 <http://www.fishbase.org/summary/Metynnis-lippincottianus.html>
12
13 Gibson DI, Jones A, Bray RA. *Keys to the Trematoda*. Wallingford: CAB International and
14 The Natural History Museum; 2002.
15
16 Hoshino MDFG, Tavares-Dias M. Ecologia parasitária de *Metynnis lippincottianus*
17 (Characiformes: Serrasalminidae) da região da Amazônia oriental, Macapá, Estado do Amapá,
18 Brasil. *Acta Sci Biol Sci* 2017; 36(2): 249-255.
19
20 Jones A. Family Cladorchiidae Fischeoeder, 1901. In: *Keys to the Trematoda*. Edited by A.
21 Jones, R. A. Bray and D. I. Gibson. London: CABI Publishing and The Natural History
22 Museum; 2001: 257-318.
23
24 Lacerda ACF, Takemoto RM, Pavanelli GC. A new species of *Dadayius* Fukui, 1929
25 (Digenea: Cladorchiidae), parasite of the intestinal tract of *Metynnis maculatus* (Kner, 1858)
26 (Characidae) from the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Sci* 2003; 25(2): 283-285.
27
28 Lopes L, Karling L, Takemoto R, Rossoni F, Ferreira E, Pavanelli G. A new species of
29 *Dadayius Fukui*, 1929 (Digenea: Cladorchiidae), parasite of *Symphysodon aequifasciatus*
30 Pellegrin, 1904 (Perciformes: Cichlidae) from the Purus River, Amazon, Brazil.
31 *Helminthologia* 2011; 48(3): 200-202. <http://dx.doi.org/10.2478/s11687-011-0029-z>
32
33 Ludwig JA, Reynolds JF. *Statistical Ecology: a primer on Methods and Computing*. New
34 York: Wiley-Interscience Publications; 1988.
35
36 Luz SCS, El-Deir ACA, França EJ, Severi W. Estrutura da assembléia de peixes de uma lagoa
37 marginal desconectada do rio, no submédio Rio São Francisco, Pernambuco. *Biota Neotrop*
38 2009; 9(3): 117-129.
39
40 Moravec F. *Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region*. Praha: Academia;
41 1998.
42
43 Moravec F, Thatcher VE. New oxyuroid nematodes of the genera *Ichthyouris* and *Spinoxyuris*
44 from South American freshwater fishes. *Folia Parasitol* 2001; 48(4): 311-320.
45
46 Moravec F, Laoprasert T. Redescription of *Ichthyouris bursata* Moravec & Prouza, 1995
47 (Nematoda: Pharyngodonidae), a parasite of wild and aquarium-reared discus *Symphysodon*
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 spp. (Osteichthyes). *Syst Parasitol* 2008; 71: 137. [http://dx.doi.org/10.1007/s11230-008-](http://dx.doi.org/10.1007/s11230-008-9144-8)
4 9144-8
5
6 Moreira L, Takemoto R, Yamada F, Ceschini T, Pavanelli G. Ecological aspects of metazoan
7 endoparasites of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) (Characidae) from Upper Paraná
8 River floodplain, Brazil. *Helminthologia* 2009; 46(4): 214-219.
9
10 <http://dx.doi.org/10.2478/s11687-009-0040-9>
11
12 Oliveira MSB, Gonçalves RA, Neves LR, Tavares-Dias M. Parasitic endohelminths of
13 *Metynnis hypsauchen* (Characidae) from Jari River Basin, Brazilian Amazon. *Neotrop*
14 *Helminthol* 2015; 9(2): 235-242.
15
16 Ota RP, Py-Daniel LHR, Jégu M. A new Silver Dollar species of *Metynnis* Cope, 1878
17 (Characiformes: Serrasalminidae) from Northwestern Brazil and Southern Venezuela. *Neotrop*
18 *Ichthyol* 2016; 14(4): e160023. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20160023>
19
20 Petter AJ. Nematode parasites of paraguayan fishes. 7. Oxyuroidea-Spinoxyuris-Oxydoras
21 gen. n., sp. n. *Rev Suisse Zool* 1994; 101(3): 761-769.
22
23 Rodrigues WC. DivEs – Diversidade de Espécies – Guia do Usuário. [cited 2017 July 10].
24 Available from: <http://www.ebras.bio.br/dives>
25
26 Rózsa L, Reiczigel J, Majoros G. Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitol* 2000;
27 86: 228-232. [http://dx.doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:QPISOH\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:QPISOH]2.0.CO;2)
28
29 Sabas CSS. *Comunidades parasitárias de quatro espécies de peixes siluriformes do Alto Rio*
30 *São Francisco, Minas Gerais, Brasil*. 2014. 145f. Tese (Doutorado em Ciências), Área de
31 Concentração: Parasitologia Veterinária – Instituto de Veterinária, Universidade Federal
32 Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
33
34 Santos MD, Brasil-Sato MC. Parasitos metazoários de *Franciscodoras marmoratus*
35 (Reinhard, 1874), “serrudo” (Siluriformes: Doradidae) do Rio São Francisco, Brasil. *Rev Bras*
36 *Parasitol Vet* 2004; 13(1): 18-22.
37
38 Sato Y, Sampaio EV. Estudo técnico-científico visando a delimitação de parques aquícolas
39 nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias – MG. A ictiofauna do
40 Reservatório de Três Marias, Rio São Francisco, Minas Gerais. 66 pp. relatório de ictiologia
41 (Três Marias). CONVÊNIO 8713 FUNDEP-UFMG Parques Aquícolas SECTES-MG N°
42 025/2005. Proponente: Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior de
43 Minas Gerais. Belo Horizonte (MG). Entidade gestora: Fundação de Desenvolvimento da
44 Pesquisa da UFMG – FUNDEP NAU – Núcleo de Apoio ao Usuário. Gerente responsável:
45 Wagner Mendes. Coordenador Científico (Executor): Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho
46 2006. [cited 2017 July 10]. Available from: <http://www.fundep.ufmg.br>
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Santos-Clapp MD, Brasil-Sato MC. Parasite Community of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in the Três Marias Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2014; 23(3): 367-374. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014059>

Sturges, H. The choice of a class interval. *J Am Stat Assoc* 1926; 21(1); 65-66.

Thatcher VE, Sey O, Jegu M. New Amphistome (Trematoda) genera and species from amazonian serrasalmid fishes, *Myleus (Myloplus)*. *Acta Zool Acad Sci Hung* 1996; 422: 261-270.

Vieira-Menezes FG, Costa DPC, Brasil-Sato MC. Nematodes of *Astyanax fasciatus* (Actinopterygii: Characidae) and their parasitic indices in the São Francisco River, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2017; 26(1): 10-16. <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-29612016074>

Zar JH. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.; 2000.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Table 1. Prevalence (P%); mean intensity (MI); average abundance (A); collection number (CHIOC = Coleção Helminológica do Instituto Oswaldo Cruz; Oswald Cruz Institute Helminthology Collection); range of infection (R) with corresponding standard deviations (SD) and sites of infection (SI): S = stomach; AI = anterior intestine; I = medium intestine; PI = posterior intestine; helminths of *Metynnis lippincottianus* (Cope 1870) from the Três Marias Reservoir, upper São Francisco River, State of Minas Gerais, southeast Brazil.

Parasites	P (%)	MI ± SD	A ± SD	R	SI
Platyhelminthes					
Cladorchiidae					
<i>Dadayius</i> sp. CHIOC 39001 – juvenile specimen	1.49%	1.00	0.01±0.12	1	PI
Proteocephalidae					
Plerocercoides CHIOC 39002 – larvae	43.28%	11.66 ±16.25	5.04 ±12.08	1-65	S, AI, I, PI
Nematoda					
Camallanidae					
<i>Procamallanus inopinatus</i> CHIOC 39004 – male specimen CHIOC 39003 – female specimen	29.85%	1.80 ± 1.44	0.54 ± 1.13	1-7	S, PI
Cystidicolidae					
<i>Spinitectus rodolphiheringi</i> CHIOC 39005 - female specimen	2.99%	1.00	0.03 ± 0.17	1	S
Pharingodonidae					
<i>Spinoxyuris</i> sp. CHIOC 39006a – male specimen CHIOC 39006b – female specimen	85.07%	155.79 ± 182.70	132.54 ± 177.34	4-808	PI

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Table 2. Prevalence of parasites according to gender and fish size classes, *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870), Três Marias Reservoir, upper São Francisco River, State of Minas Gerais, southeast Brazil.

	Plerocercoids		<i>Procamallanus inopinatus</i>		<i>Spinoxyuris</i> sp.	
	value	<i>p</i>	value	<i>p</i>	value	<i>p</i>
Prevalence x Gender						
χ^2 Yates	0.04	0.84	1.69	0.19	0.01	0.95
Fisher (<i>Rr</i>)	0.94	1.00	1.79	0.16	1.04	1.00
Prevalence x Size classes (total length)						
Pearson (<i>r</i>)	-0.06	0.85	-0.05	0.86	-0.04	0.89
Prevalence x Gender x Size classes (total length)						
Pearson (<i>r</i>)	0.04	0.89	-0.16	0.59	0.14	0.63

Significant values: $p \leq 0.05$; χ^2 Yates: chi-square with Yates correction; *r*: Pearson's correlation; *Rr*: Fisher's exact test relative risk

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Table 3. Intensity and abundance of endoparasites according to gender and total length of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) from the Três Marias Reservoir, upper São Francisco River, State of Minas Gerais, southeast Brazil.

Parasitos	Intensity				Abundance			
	Gender		Total Length		Gender		Total Length	
	<i>U'</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>U'</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>
Platyhelminthes	97.50	0.93	0.002	0.99	526.50	0.89	0.11	0.33
Plerocercoides								
Nematoda	62.50	0.30	-0.30	0.20	623.50	0.08	-0.19	0.13
<i>Procamallanus inopinatus</i>	450.00	0.24	0.36	0.47	568.50	0.50	-0.12	0.34
<i>Spinoxyuris</i> sp.								

Significant values: $p \leq 0.05$; r_s : Spearman's rank correlation coefficient; U' : Mann-Whitney U test.

Table 4. Analysis of parasite descriptors of helminth coinfections in 67 specimens of *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) from the Três Marias Reservoir, upper Rio São Francisco, State of Minas Gerais, southeast Brazil.

Pair of species	Prevalence		Intensity		Abundance	
	χ^2	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>p</i>
Endoparasite adults						
<i>Procamallanus inopinatus</i> - <i>Spinoxyuris</i> sp.	17.01	<0.0001*	0.27	0.29	10.53	<0.001*
Endoparasite larvae and adults						
Plerocercoides - <i>Procamallanus inopinatus</i>	0.48	0.47	-0.09	0.81	0.36	>0.05
Plerocercoides - <i>Spinoxyuris</i> sp.	14.88	0.0001*	-0.14	0.48	10.17	<0.001*

Significant values: $p \leq 0.05$; χ^2 : chi-square; Spearman's rank correlation coefficient; *q*: Tukey-Kramer multiple comparisons test.

Table 5. Specific features and findings in the parasite infracommunities from *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) at the Três Marias Reservoir, upper São Francisco River, State of Minas Gerais, southeast Brazil.

Findings	<i>Metynnis lippincottianus</i>
Number of specimens collected	67
Number of parasitized specimens	63
Percentage of parasitism	94.03%
Total number of specimens	9,257
Total number of species	5
Platyhelminthes Species	2
Nematoda Species	3
Diversity of Shannon-Wiener	3.84
Mean Relative Dominance	
Plerocercoids	0.08
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0.03
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0.81
Berger-Parker Dominance Index	
Plerocercoids	0.19
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0.19
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0.09
Simpson's Index	
Plerocercoids	0.10
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0.05
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0.04
Pielou Evenness Index	
Plerocercoids	0.81
<i>Procamallanus inopinatus</i>	0.93
<i>Spinoxyuris</i> sp.	0.88