GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

HELMINTOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA E ASSIS, 2010 PROVENIENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Tainá Martins de Carvalho

Orientador: Dr. Leonardo Tachibana
Co-orientadora: Dra. Maria José Tavares Ranzani-Paiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo
Abril – 2020

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

HELMINTOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA E ASSIS, 2010 PROVENIENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Tainá Martins de Carvalho

Orientador: Dr. Leonardo Tachibana
Co-orientadora: Dra. Maria José Tavares Ranzani-Paiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo
Abril - 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

C329 Carvalho, Tainá Martins de
HELMINTOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA E ASSIS, 2010 PROVENIENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ – JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

VIII, 64f.; 19fig.; 8tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.
Orientador: Leonardo Tachibana

1. Biodiversidade. 2. Parasitofauna. 3. Peixe-porquinho. 4. Tietê. 5. Jacaré-Guaçu. 6. Jacaré-Pepira.
I. Tachibana, Leonardo. II. Título.

CDD 639.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECONOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

"HELMINTOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA E ASSIS, 2010 PROVENIENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL"

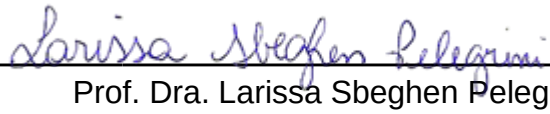
AUTORA: Tainá Martins de Carvalho

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Tachibana

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Leonardo Tachibana

Prof. Dr. Edson Aparecido Adriano



Prof. Dra. Larissa Sbeghen Pelegrini

Data da realização: 30 de abril de 2020

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Leonardo Tachibana

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo que tens permitido realizar em minha vida.

Ao meu orientador Dr. Leonardo Tachibana.

À minha co-orientadora Dra. Maria José Tavares Ranzani de Paiva (Masé), pela amizade e companheirismo. Por ter me recebido de braços abertos em São Paulo, sinto-me privilegiada em ser sua aluna.

À Profa. Dra. Vanessa Doro Abdallah Kozlowiski e ao Prof. Dr. Rodney Kozlowiski de Azevedo, pelo apoio nesse projeto. Meu eterno agradecimento.

À todos do Laboratório de Ictioparasitologia do Centro Universitário do Sagrado Coração - UNISAGRADO em Bauru - SP, pelos conhecimentos adquiridos, amizade e por cederem o laboratório para as análises.

Ao Dr. Reinaldo José da Silva, Dra. Larissa Pelegrini e a todos do Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres (LAPAS) da Unesp em Botucatu. Meu muito obrigada.

À Letícia Petesse pela ajuda nas análises estatísticas. Muito obrigada!!

Aos amigos que fiz dentro no programa: Said, Cristina, Mariana, Diego, Nicolas, Débora e Jéssica pelas conversas e risadas.

Ao Instituto de Pesca APTA-SAA.

Ao Programa de Pós-Graduação e a todos os professores que ministraram as disciplinas cursadas que contribuíram para minha formação profissional.

Ao Ocimar Pedro, secretário da Pós-Graduação, pela paciência e conselhos valiosos sobre a vida.

Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – 01898348200, pela concessão de bolsa de estudos para a realização deste mestrado.

E principalmente à minha família: Lélia (mãe), Manoel (pai), Graça (vó), Max (irmão), Cínthia (tia), Eloísa (prima), João (primo), Alceone e Adriano (tios). Vocês são o motivo de nunca desistir dos meus sonhos, vocês são o sentido da minha vida!

Aos meus amigos de toda a vida Maria e Genilson, por me aconselharem e apoiarem.

Ao Alcindo G. Pereira Junior por estar comigo em todos os momentos.

Por fim, a todos aqueles que me auxiliaram durante essa etapa de minha vida, o meu agradecimento, muito obrigada.

"...E vi que o segredo de uma vida sólida
É quebrar estatísticas, deixa o mundo girar
Já pensou se eu parasse naqueles dias de chuva
Em que a lama atrapalhava e o Sol insistia em brilhar?
A vida amedrontava mais do que a viela escura
Mas me provocar loucura é só mais uma dádiva."

Tribo da Periferia

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS i
ÍNDICE DE TABELAS iv
ÍNDICE DE FIGURAS v
RESUMO GERAL vii
GENERAL ABSTRACT viii
1 INTRODUÇÃO GERAL 1
1.1 Região da bacia do Tietê-Jacaré 1
1.2 O hospedeiro *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA e ASSIS, 2010. 3
1.3 Espécies parasitos de *Geophagus sveni* 4
1.4 Subclasse Digenea 5
1.5 Filo Nematoda 6
1.6 Importância de estudos ecológicos parasitários 7
2 OBJETIVO GERAL 8
2.1 Objetivos específicos 8
3 REFÊRENCIAS 9
CAPÍTULO ÚNICO 14
RESUMO 15
ABSTRACT 16
1 INTRODUÇÃO 17
2 MATERIAL E MÉTODOS 18
2.1 Área de estudo e coleta dos peixes 18
2.2 Coleta, processamento e identificação dos parasitos 19
2.3 Análise estatística 20
3 RESULTADOS 25
4 DISCUSSÃO 40
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Comprimento (cm) e peso médio (g) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados em rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 25
Tabela 2. Metazoários parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 provenientes da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. PE: peixes examinados; PNP: peixes não parasitados; PP: peixes parasitados; P%: prevalência em porcentagem; TPE: total de parasitos encontrados; AV: amplitude de variação; IM: intensidade média; AM: abundância média; DA%: dominância; SC: status comunitário; SI: sítio de infecção; CC: cavidade craniana; HV: humor vítreo; HA: humor aquoso; ND: nadadeira dorsal; B: brânquia; I: intestino. 29
Tabela 3. Metazoários parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 provenientes dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. PP: peixes parasitados; PC: parasitos coletados; P%: prevalência em porcentagem; SC: status comunitário; IM: intensidade média; AM: abundância média com desvio padrão; SI: sítio de infecção; CC: cavidade craniana; HV: humor vítreo; HA: humor aquoso. 30
Tabela 4. Índice de dispersão (ID) e índice de Discrepância de Poulin (D) dos metazoários parasitos (com prevalência maior que 10%) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 31
Tabela 5. Descritores ecológicos de diversidade, riqueza e equitabilidade de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 32
Tabela 6. Análises de correlação de Spearman (*rs*) entre o número de indivíduos de espécies parasitas e o comprimento e peso de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil..... 32
Tabela 7. Abundância das espécies de parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Tietê, São Paulo, Brasil.....37
Tabela 8. Dissimilaridade (Valor de R) obtidos da análise de similaridade (ANOSIM).....36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010. Imagem de OTA et al., 2018. Comprimento total 18 cm. 4

Figura 2. Mapa da localização dos rios Tietê (linha azul), Jacaré-Guaçu (linha vermelho) e Jacaré-Pepira (linha verde), local de coleta dos hospedeiros, *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010, Estado de São Paulo, Brasil. 18

Figura 3. Exemplar de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 capturado na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 19

Figura 4. Metacercária do digenético *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) encontrado na cavidade craniana e nos olhos (humor vítreo, humor aquoso) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. A: região posterior; B: região anterior. G: gônadas; OT: órgão tribocítico; GC: glândulas celulares; PV: pseudo-ventosas; VO: ventosa oral; F: faringe; E: esôfago. 26

Figura 5. Metacercária do digenético *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 parasitando as brânquias de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletado no rio Tietê, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. VO: ventosa oral; CI: cecos intestinais; VV: ventosa ventral; OT: órgão tribocítico; OeT: ovário e testículo; VG: vesícula germinal; BC: bursa copulatória. 26

Figura 6. Metacercária do digenético *Clinostomum heluans* Braun, 1899 encontrado na nadadeira dorsal de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. VO: ventosa oral; E: esôfago; GC: glândulas celulares; VV: ventosa ventral; SI: seco intestinal; SU: saco uterino; TA: testículo anterior; O: ovário; TP: testículo posterior. 27

Figura 7. Metacercária do digenético Diplostomidae gen. sp. encontrado nos olhos (humor vítreo, humor aquoso) e na cavidade encefálica de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. 27

Figura 8. *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter e Cassone, 1984 encontrado no intestino de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletado nos rios Tietê e Jacaré-Guaçu. A: cápsula bucal; B: esôfago glandular; C: espículo (macho), D: útero com ovos (fêmea). 28

Figura 9. Porcentagem dos grupos parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. 31

Figura 10. Dendograma de *Cluster* definindo o agrupamento da fauna parasitária de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, com base nos valores de abundância, São Paulo, Brasil. Rsh: *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*; D-sp: Diplostomidae gen. sp.; Ac: *Austrodiplostomum compactum*; C-h: *Clinostomum heluans*; Pm:

Posthodiplostomum macrocotyle. 33
Figura 11. Dendograma de *Cluster* definindo o agrupamento da fauna parasitológica de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 entre os rios Tietê (Ti), Jacaré-Guaçu (JG) e Jacaré-Pepira (JP), São Paulo, Brasil. 34
Figura 12. Polígonos mostrando a similaridade da fauna parasitológica de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 entre os rios Tietê (linha vermelha), Jacaré-Guaçu (linha preta) e Jacaré-Pepira (linha azul), São Paulo, Brasil. 35
Figura 13. Diagrama de Shepard mostrando a confiabilidade do teste de estresse. 35
Figura 14. Relação peso-comprimento das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 capturados em rios na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 36
Figura 15. Relação peso-comprimento linearizada das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 capturados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 37
Figura 16. Relação peso-comprimento de machos e fêmeas de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 38
Figura 17. Comparação das retas de regressão de machos e fêmeas de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 38
Figura 18. Relação peso-comprimento das populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 dos rios Jacaré-Guaçu (JG), Jacaré-Pepira (JP) e Tietê (Ti) de acordo com a abundância parasitária, São Paulo, Brasil. JG: cinza; JP: vermelho; Ti: azul. 39
Figura 19. Fator de condição relativo das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 capturados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. 39

RESUMO GERAL

HELMINTOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA e ASSIS, 2010 PROVENIENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Os parasitos podem influenciar vários aspectos da vida dos hospedeiros, por isso possuem um papel relevante na biologia desses organismos. Na comunidade ictiológica, eles contribuem para sua regulação, afetando a estrutura das comunidades de peixes, servindo como modelos de estudo da biogeografia e biodiversidade. Na biodiversidade são avaliados através de estudos quantitativos e qualitativos, de fundamental importância para o conhecimento, manejo, adequado e profilaxia em sistemas de criação. Mas, se tratando de ambientes naturais, estes estudos são relevantes para o entendimento da espécie na relação parasito-hospedeiro-ambiente. Desta forma, o objetivo principal do estudo foi caracterizar a fauna parasitológica e as relações ecológicas dos metazoários de *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA e ASSIS, 2010 provenientes da bacia do Tietê-Jacaré para assim incrementar informações sobre a biodiversidade do Estado de São Paulo. A espécie *G. sveni* é conhecida como peixe-porquinho, e por ser encontrado a partir das porções medianas da drenagem do rio Tocantins, sendo considerada uma espécie alóctone à bacia do alto rio Paraná. A separação da espécie *G. proximus* CASTELNAU, 1855 em *G. sveni* é recente. São poucos os registros parasitários feitos exclusivamente para *G. sveni*. Assim, o levantamento bibliográfico aqui incluído será baseado nos registros sobre a comunidade parasitária de *G. proximus*. Um total de 46 espécimes de *G. sveni*, foram coletados e analisados e foram encontrados 404 espécimes de parasitos, referentes a dois grupos taxonômicos: Digenea e Nematoda. Noventa e três por cento dos peixes analisados estavam parasitados por pelo menos uma das seguintes espécies de parasitos: Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum* Lutz, 1928, *Clinostomum heluans* Braun, 1899, *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois 1937, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter e Cassone, 1984. A espécie com maior prevalência foi Diplostomidae gen. sp. com 78,26%. A espécie dominante foi *A. compactum* (D=0,627). Houve correlação positiva em relação ao peso de *G. sveni* com a abundância de *R. (S) hypostomi.* A comunidade parasitária de *G. sveni* foi caracterizada pela baixa diversidade, baixa riqueza e baixa uniformidade.

Palavras-chave: Biodiversidade. Parasitofauna. Peixe-porquinho. Tietê. Jacaré-Guaçu. Jacaré-Pepira.

GENERAL ABSTRACT

HELMINTH PARASITES OF *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA AND ASSIS, 2010 FROM THE TIETÊ-JACARÉ HYDROGRAPHIC BASIN, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Parasites can influence various aspects of the host life therefore they have an important role in the biology of these organisms. In the ichthyological community, they contribute to its regulation, affecting the structure of fish communities, serving as models for the study of biogeography and biodiversity. In biodiversity they are evaluated through quantitative and qualitative studies, of fundamental importance for knowledge, management, adequate and prophylaxis in rearing systems. However, in the case of natural environments, these studies are relevant for understanding the species in the parasite-host-environment relationship. In this way, the main objective of the study was to characterize the parasitological fauna and the ecological relationships of the metazoans of *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA and ASSIS, 2010 from the Tietê-Jacaré basin in order to increase information on the biodiversity of the State of São Paulo. The species *G. sveni* is known as peixe-porquinho, and because it is found from the middle portions of the Tocantins River drainage, being considered a species non-native to the upper Paraná River basin. The separation of the species *G. proximus* CASTELNAU, 1855 in *G. sveni* is recent. There are few parasitic records made exclusively for *G. sveni*. Thus, the bibliographic survey included here will be based on the records on the parasitic community of *G. proximus.* A total of 46 specimens of *G. sveni,* were collected and analyzed and 404 specimens of parasites were found, referring to two taxonomic groups: Digenea and Nematoda. Ninety-three percent of the analyzed fish were parasitized by at least one of the following species of parasites: Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum* Lutz, 1928, *Clinostomum heluans* Braun, 1899, *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois 1937, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter and Cassone, 1984. The species with the highest prevalence was Diplostomidae gen. sp. with 78.26%. The dominant species was *A. compactum* (D = 0.627). There was a positive correlation in relation to the weight of *G. sveni* with the abundance of *R. (S) hypostomi*. The parasitic community of *G. sveni* was characterized by low diversity, low richness and low uniformity.

Keywords: Biodiversity. Parasitofauna. Peixe-porquinho. Tietê. Jacaré-Guaçu. Jacaré-Pepira.

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Estado de São Paulo as águas doces reúnem-se em quatro bacias hidrográficas principais: alto Paraná, Ribeira de Iguape, Paraíba do Sul e as Drenagens Costeiras ou Bacia Litorânea (OYAKAWA e MENEZES, 2010). A maior bacia é a do alto Paraná, apresentando o maior porte em cursos de água do Estado (LANGEANI et al., 2007).

Os rios do Estado de São Paulo abrigam uma vasta fauna ictiológica, com diversos levantamentos realizados. Essa diversidade de peixes alberga outra diversidade de organismos, cujo conhecimento vem crescendo nas últimas décadas: a fauna parasitária. Apesar de ser uma região bem estudada do ponto de vista biológico, estudos sobre a diversidade ictioparasitológica nesta região ainda estão sendo desenvolvidos.

1.1 Região da bacia do Tietê-Jacaré

No Médio Tietê, região central do Estado de São Paulo, está localizada a bacia do Tietê-Jacaré (entre 49º32" – 47º30" S e 21º37" – 22º51" W) que faz parte das 22 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRHI) (TUNDISI et al., 2008). Com área de drenagem de 11.779 km², tal bacia compreende 34 municípios, com população em torno de 1.462.855 habitantes (SCARPARE et. al., 2015; SIGRH, 2019). Quanto ao setor rural possui o maior atendimento à esta população com índice de 96,5% de consumo de água (SIGRH, 2019).

A bacia do Tietê-Jacaré está inserida numa área de 1.106 km² de transição vegetacional de Mata Atlântica e Cerrado, ocupando 9% da área da UGRHI, cercada por pasto e plantações de *Pinus*, *Eucalyptus*, cana-de-açúcar e laranja e apenas com 12% da vegetação nativa remanescente. O solo dessa região, em sua maioria, é formado por areias quartzosas profundas a moderadas e, em menores quantidades, ocorre latossolo roxo eutrófico. O clima dessa unidade de gestão, situa-se entre inverno seco (abril a setembro) e tropical úmido (outubro a março) (TUNDISI et al., 2008).

As atividades econômicas da região baseiam-se na agroindústria do açúcar, processamento cítricos e álcool. Municípios como Jaú, Bauru, São Carlos e Araraquara se destacam nos setores de bebidas, papel, mecânica e calçados (SIGRH, 2019). Essa bacia engloba três principais rios: Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, pertencendo a essa unidade três reservatórios: Bariri, Lobo e Ibitinga. Próximo aos trechos estudados há uma unidade de

conservação, chamada Área de Preservação Ambiental de Ibitinga – APA Ibitinga. Esses rios fazem parte do Sistema Aquífero Guarani (TUNDISI et al., 2008; SIGRH, 2019).

O rio Tietê é um dos maiores afluentes da bacia hidrográfica do alto rio Paraná, nascendo a altitude de 1.030 m no município paulista de Salesópolis, com distância de 22 km do oceano Atlântico e 96 km da capital. Recebe os afluentes assumindo dimensões de grande rio, cortando todo o Estado de São Paulo. Após 1.136 km incorpora-se ao rio Paraná, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul (ESQUÍCERO e ARCIFERA, 2011; DAEE, 2015).

A poluição do rio Tietê começa na cidade de Mogi das Cruzes, após 15 km de sua nascente. Lixos inorgânicos provenientes de esgotos domésticos e dejetos industriais são lançados diariamente no rio Tietê. Por isso, é considerado um rio morto, porém, essa condição muda próximo a cidade de Barra Bonita onde o rio volta a ter vida, com oxigênio, peixes e água limpa. Isso ocorre devido ao processo de autodepuração, que é um fenômeno de sucessão ecológica em que na medida em que o rio corre para o interior a qualidade da água melhora gradativamente, restabelecendo o equilíbrio no meio aquático. Esse processo é dividido em quatro zonas: decomposição, séptica, recuperação e zona limpa. (NAVEGAÇÃO FLUVIAL MÉDIO TIETÊ, 2014).

A sub-bacia do rio Jacaré-Guaçu é um dos principais afluentes da margem direita do rio Tietê e deságua no reservatório de Ibitinga a 400 m de altitude, cujas cabeceiras estão localizadas na Serra de Itaqueri (cidade de São Carlos, São Paulo) (ESQUÍCERO e ARCIFERA, 2011). É um rio de quarta ordem, com bacia hidrográfica de 4.108 km². Apresenta a menor porcentagem de degradação da cobertura vegetal e maior porcentagem de vegetação preservada (TANAKA et. al., 2015).

Segundo BERTINI et al. (2015), estudos relacionados a cobertura da vegetação em bacias hidrográficas na região central do Estado de São Paulo mostraram que a sub-bacia do Jacaré-Guaçu foi classificada como de excelente qualidade, com 100% de cobertura vegetal; 85,5% a 100% de APPs com cobertura vegetal; 42,9% de nascentes com cobertura vegetal; 100% de áreas de recarga do aquífero Guarani com cobertura vegetal; e de 0 a 16% de fragmentos florestais.

De acordo com a Lei n° 13.691 de 25 de novembro de 2005, esta sub-bacia é citada como área de uso predominantemente agrícola e está sujeita a impactos relacionados ao manejo do solo, podendo agravar a situação do aquífero Guarani, além do rio principal receber contribuição de esgoto industrial e doméstico (TANAKA et al., 2015).

A sub-bacia do Jacaré-Pepira, faz parte da Área de Proteção Ambiental de Ibitinga (APA-Ibitinga) (COMITÊ DA BACIA-HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ, 2015). Os tipos de solos

são principalmente o latossolo vermelho-amarelo (51,4%), predominam podsolo amarelo (26,8%) e solo de quartzo de areia e regolito (18,1%) (IPT, 2000). Alguns pontos localizados à jusante da sub-bacia, são considerados como águas de boa qualidade, enquadrando-se como rios de classe 2 (IPT, 2000; CONAMA, 2005).

1.2 O hospedeiro *Geophagus sveni* LUCINDA, LUCENA e ASSIS, 2010.

A família Cichlidae é um grupo de peixes muito diversificado com aproximadamente 1.700 espécies e 202 gêneros. É amplamente distribuída na América, do Sul, Central e do Norte, África, Índia e Madagascar (NELSON et al., 2016; VANHOVE et al., 2016). Estas espécies são caracterizadas por possuírem a linha lateral dividida em dois ramos (um anterior mais dorsal e o outro posterior localizado na altura do pedúnculo caudal). Os ciclídeos neotropicais podem ser reconhecidos externamente pela posse de 7-24 espinhos na barbatana dorsal, 2-12 (geralmente 3, raramente mais do que 5), espinhos da barbatana anal e uma única narina em cada lado da cabeça (KULLANDER, 2003). A boca é grande, terminal e protrátil com pré-maxilar móvel e várias séries de dentes cônicos no pré-maxilar e dentário. As espécies variam de pequeno a grande porte (KULLANDER, 2003).

Espécies da família Cichlidae apresentam comportamento parental diversificado. Algumas guardam os filhotes dentro da boca como proteção contra predadores e outros fazem ninhos. Os machos, durante o período de reprodução, apresentam padrão de colorido bastante atrativo, com cores fortes e iridescentes (KULLANDER, 2003; GRAÇA e PAVANELLI, 2007).

Conhecido como peixe-porquinho a espécie *Geophagus sveni* (Figura 1) é encontrado a partir da drenagem do rio Tocantins, sendo considerado uma espécie alóctone à bacia do alto rio Paraná (LUCINDA et al., 2010; GOIS et al., 2015). Estudos sobre padrões de cores, distribuição geográfica, juntamente com comparação genética entre espécimes da planície de inundação do alto Paraná e do rio Tocantins estão sendo realizados, para confirmar se existe mais de uma espécie com as mesmas características (OTA et al., 2018).

Figura 1. *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010. Imagem de OTA et al., 2018. Comprimento total 18 cm.

Geophagus sveni tem se tornando importante na pesca comercial e de subsistência (CESP, 2005; MARQUES et al., 2008; UEM-ITAIPU BINACIONAL, 2009). É altamente atrativo para o aquarismo, uma atividade que pode ter causado a introdução dessa espécie na bacia do alto rio Paraná (GRAÇA e PAVANELLI, 2007). Apresenta comportamento sedentário, alimentando-se de sedimentos, matéria orgânica, fragmentos de plantas, moluscos, crustáceos e outros. Pode alcançar até 20 cm de comprimento padrão (MORETTO et al., 2008; GOIS et al., 2015).

Geophagus sveni foi descrito por LUCINDA et al. (2010), na bacia do rio Tocantins, distinguindo-o de *Geophagus* cf. *proximus* descrito por GRAÇA e PAVANELLI (2007). *G. sveni* difere-se de *G.* cf. *proximus* por não apresentar uma marca pré-opercular cinza escura e quatro ou cinco faixas brancas paralelas transversais na nadadeira caudal, que podem ser quebradas em vários pontos (vs. faixas brancas paralelas completas e horizontalmente direcionadas na nadadeira caudal, em *G. proximus*) (LUCINDA et al., 2010). Ainda são escassas informações sobre sua biologia. Esse peixe possui valor econômico na região da bacia do alto rio Paraná, visto que é bastante consumido pela população e comercializado em forma de filé, porém ainda não é uma espécie de interesse para a aquicultura no Brasil.

1.3 Espécies parasitos de *Geophagus sveni*

A separação da espécie *G. proximus*, em *G. proximus* e *G. sveni* é recente. São poucos os registros parasitários feitos exclusivamente para *G. sveni*. Assim, o levantamento aqui incluído

será baseado nos registros encontrados para *G. proximus*.

Espécies de cinco taxa de parasitos são citadas para tal espécie hospedeira: Monogenoidea; Digenea; Nematoda; Cestoidea e Crustacea (BELLAY et al., 2009; ZICA et al., 2011; ZAGO et al., 2013).

Duas espécies de Monogenoidea são citadas: *Sciadicleithrum kritskyi* Bellay, Takemoto, Yamada & Pavanelli, 2009; *Sciadicleithrum paranaensis* Bellay, Takemoto, Yamada & Pavanelli, 2009 (BELLAY et al., 2009).

Três espécies de Digenea são citados: *Austrodiplostomun compactum* (Lutz, 1928); *Clinostomum heluans* Braun, 1899 (ZAGO et al., 2013); *Clinostomum* sp. (metacercária) (ZAGO et al., 2013).

Três espécies de Nematoda: *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter e Cassone, 1984 (ZAGO et al., 2013); *Raphidascaris* sp. (larva) (ZAGO et al., 2013); *Contracaecum* sp. (larva) (ZAGO et al., 2013).

Uma espécie de Cestoda: Proteocephalidea gen. sp. (plerocercoide) (ZAGO et al., 2013).

Três espécies de Crustacea são citados: *Argulus chicomendesi* Malta e Varella, 2000; *Ergasilus turucuyus* Malta e Varella 1996; *Excorallana berbicensis* Boone, 1918; (VASCONCELOS e TAVARES-DIAS, 2016).

1.4 Subclasse Digenea

Digenea é uma subclasse da Classe Trematoda, do Filo Platyhelminthes (ROBERTS e JANOVY, 2005). Os digenéticos são heteróxenos, geralmente possuem o corpo oval achatado dorsoventralmente, exibindo duas ventosas musculares, ventral e anterior. O sistema digestório é composto por uma faringe conectada à abertura da boca, um esôfago curto e dois cecos intestinais. A maioria dos trematoides são hermafroditas, mas alguns apresentam sexo separados. (PAPERNA e DZIKOWSKI, 2006).

A maioria dos digenéticos na fase larval e adulta infectam os peixes, alguns parecem ser menos específicos na escolha do molusco como hospedeiro. Muitos digenéticos de vertebrados terrestres usam os peixes como hospedeiro no seu estágio larval (metacercária), esse estágio geralmente é a forma infectante mais comum encontrado nos peixes. A maioria dos digenéticos que se registram como metacercárias em peixes (Heterophyidae, Diplostomidae, Clinostomidae) atingem a maturidade em aves piscívoras (PAPERNA e DZIKOWSKI, 2006).

Grande parte dos digenéticos adultos parasitam o intestino, cavidade visceral, vesícula biliar, gônadas e o tecido subcutâneo dos peixes. As larvas infectam vários órgãos,

principalmente os olhos, musculatura, gônadas. As cercárias penetram diferentes estruturas do corpo do hospedeiro como as brânquias, cavidade bucal e nadadeiras, posteriormente migrando para os olhos, podendo causar hemorragias e lesões em qualquer órgão. Em altas taxas de infecção podem causar deslocamento da retina, exoftalmia, opacidade do cristalino, cegueira ocasionando a morte dos peixes. Nessas condições o peixe se torna susceptível à predação, contribuindo para o fechamento do ciclo do parasito (PAVANELLI et al., 2013).

1.5 Filo Nematoda

Os nematoides parasitos são um dos primeiros grupos de helmintos conhecidos nos peixes. Infectam peixes de água marinha, salobra e doce podendo causar danos aos hospedeiros. A maioria dos nematoides na fase adulta infectam os peixes, mas grande parte deles ocorre também no estágio larval (MOLNÃR et al., 2006). Esses organismos pertencentes ao filo Nematoda são caracterizados pela forma do corpo alongado e cilíndrico coberto por uma cutícula, ciclo de vida variado, alta diversidade morfológica e distribuição ampla nos ambientes. A coloração do corpo normalmente é esbranquiçada, transparente ou amarelada. Com dimorfismo sexual, os machos são menores que as fêmeas (SANTOS et al., 2013).

Nos peixes, os nematoides podem ser encontrados tanto na fase adulta como na fase larval. Geralmente na fase adulta, parasitam o tubo digestório dos peixes, podendo ser encontrados em outros órgãos. As larvas podem ser encontradas encistando a musculatura, mesentério e outras partes do corpo (PAVANELLI et al., 2013).

O ciclo de vida dos nematoides pode ser monóxeno ou heteróxeno, dependendo da espécie. Na evolução do ciclo de vida o primeiro hospedeiro intermediário pode ser um crustáceo, cefalópode ou um peixe. Os hospedeiros definitivos são aves, mamíferos aquáticos ou terrestres. A larva do parasito é lançada na água através das fezes dos mamíferos, ingerida pelo hospedeiro intermediário desenvolvendo-se até o terceiro estágio (L3). A larva chega à fase adulta quando o mamífero ingere o hospedeiro intermediário, completando o ciclo. O ser humano participa do ciclo como hospedeiro acidental para algumas espécies de namatoides parasitos de peixes (SANTOS et al., 2013).

1.6 Importância de estudos ecológicos parasitários

O parasitismo configura uma classe de interações ecológicas sob a égide da simbiose, juntamente com o mutualismo e o comensalismo, no qual, um organismo se mantém gerando algum prejuízo ou não para o outro (ROBERTS e JANOVY, 2005). A definição de parasitismo envolve o dano causado e a dependência metabólica dos parasitos nos hospedeiros e as interações ecológicas entre as populações dessas duas espécies de organismos vivos (FORTES, 2004). Entre os vertebrados, os peixes são os mais susceptíveis ao parasitismo, devido às facilidades de propagação desse evento no ambiente aquático, à sua longa história evolutiva que inclui seu maior tempo de exposição e adaptação a esses organismos, o que origina elevadas infestações parasitárias (MALTA, 1984).

Os parasitos podem influenciar no comportamento dos peixes, reprodução, e nos padrões de migrações dos hospedeiros (MARCOGLIESE, 2004). Além disso, contribuem para a regulação e estrutura das populações ictiológicas (POULIN e MOUILLOT, 2003; LUQUE et al., 2004; GOSELLE et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; CAMARGO et al., 2016). A relação parasito-hospedeiro só existe quando ambos habitam o mesmo ecossistema, ocorrendo o encontro entre eles, e se o organismo hospedeiro oferece condições adequadas para a vida e sobrevivência do parasito (THOMAS et al., 2009).

A composição da fauna parasitária nos peixes depende de fatores abióticos e bióticos e a relação destes com o parasito e o hospedeiro (DOGIEL, 1961). Essa interação com o ambiente leva em consideração as alterações do potencial hidrogeniônico, qualidade da água, disponibilidade de oxigênio dissolvido, variações na temperatura, concentração de amônia, tipo de fundo e as estações do ano. Os fatores relativos aos parasitos são os hospedeiros intermediários e definitivos, larvas infectantes, mortalidade natural dos parasitos e a resposta imune do hospedeiro frente a instauração das larvas. Os fatores relativos ao hospedeiro são o tipo de alimentação, fisiologia, sexo, idade, reprodução, entre outros (DOGIEL, 1970; KADLEC, et al., 2003; TAKEMOTO et al., 2004). O desequilíbrio de um ou mais desses elementos pode desencadear enfermidades aos hospedeiros (PORTZ et al., 2013).

Neste cenário, é relevante o conhecimento da diversidade dos parasitos em diferentes ambientes, principalmente quando se considera que os fatores atuantes no meio ambiente não são inertes e que o parasitismo exerce grande influência em seus hospedeiros.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi produzir informações sobre a comunidade parasitária e as relações ecológicas da fauna de metazoários parasitos de *Geophagus sveni*, no ambiente aquático dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira pertencentes à Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré, Estado de São Paulo, Brasil.

2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a estrutura das infracomunidades parasitas de *G. sveni* coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira;
- Analisar as relações ecológicas das populações de *G. sveni* nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira;
- Avaliar a influência do parasitismo na relação peso-comprimento com os sexos de *G. sveni*;
- Avaliar a relação peso-comprimento das populações de *G. sveni* nos rios: Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

3 REFÊRENCIAS

BELLAY S.; TAKEMOTO R. M.; YAMADA F. H.; PAVANELLI G. C. 2009 Two new species of Sciadicleithrum (Monogenea: Dactylogyridae), gill parasites of *Geophagus proximus* (Castelnau) (Teleostei: Cichlidae), from the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Zootaxa* 2081: 57–66.

BERTINI, M.; FUSHITA, A.; LIMA, M. 2015 Vegetation coverage in hydrographic basins in the central region of the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology,* 75(3): 709–717.

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

CARVALHO, A.R.; AZEVEDO, R.K.; ABDALLAH, V.D.; LUQUE, J.L.F. 2012 Metacercárias de Diplostomidae (Digenea: Diplostomoidea) em *Geophagus brasiliensis* (Perciformes: Cichlidae) do rio Guandu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Scientiarum*, 34(2): 233-239.

CESP - COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. 2005. Programa de manejo pesqueiro-Atividades desenvolvidas 2000–2004, Plano de trabalho. Relatório OA/ 007/São Paulo.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ. 2015 Relatório de situação dos recursos hídricos UGRHI13 - Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré. Araraquara. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation/%5C8046/deliberacao-cbh-tj-07-de-16-de-dezembroeleicoes-2015.pdf.> Acesso em: 06 nov. 2019.

CONAMA 2005 CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília: D.O.U. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> Acesso em: 20 nov. 2019.

DAEE. Histórico do rio Tietê. 2015. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br > Acesso em: 25 set. 19.

DOGIEL V.A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: DOGIEL, V.A. et al. (Ed.). Parasitology of fishes. Leningrad: University Press; 1961.

DOGIEL, V.A., 1970. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In DOGIEL, V.A., PETRUSHEVSKI, G.K.; POLYANSKY, Y.I. Parasitology of fishes. London: Olivier e Boyd. 1-47p.

ESGUÍCERO, A.; L.H. e ARCIFA, M.S. 2011 The fish fauna of the Jacaré-Guaçu River basin, Upper Paraná River basin. *Biota Neotropical*, 11(1).

FORTES, E. 2004 Parasitologia veterinária. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2004.

GOIS, K.S.; PELICICE, F.M.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. 2015 Invasion of an Amazonian cichlid in the upper Paraná River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species. *Hydrobiologia,* 746(1): 401-13.

GOSELLE, O.N.; SHIR, G.I.; UDEH, E.O.; ABELAU, M.; IMANDEH, G.N. 2008. Helminth parasites of *Clarias gariepinus* and Tilapia zilli at Lamingo Dam, Jos, Nigeria. *Science World Journal*, 3(4): 23-28.

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

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS 2000. Relatório IPT n° 40674/00 Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do Tietê – Jacaré. São Paulo. [online] URL: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-TG/10511/relatorio-de-situacao-da-ugrhi-15_final.pdf>

KADLEC, D.; SIMKOVÁ, A.; JARKOVSKY, J.; GELNAR, M. 2003 Parasite communities of freshwater fish under flood conditions. *Parasitology Research*, 89: 21-27.

KULLANDER, S.O. 2003 Family Cichlidae (Cichlids). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America, 605–654p.

LANGEANI, R. M. C.; CASTRO, R.M.C.; OYAKAWA, O.T.; SHIBATA, O. A.; PAVANELLI, C. S.; CASATTI, L. 2007 Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropical*, 3(7): 181–197.

LUCINDA, P.H.F.; LUCENA C.A e ASSIS N.C. 2010 Two new especies of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins drainage (Perciformes: Cichlidae). *Zootaxa*, 29-42.

LUQUE, J.L.; MOUILLOT, D.; POULIN, R. 2004. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of brazil. *Parasitology*, 128(5): 671-682.

MALTA, J.C.O. 1984 Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá, Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae). *Acta Amazonica*, 14: 355-372.

MARCOGLIESE, D. J. 2004 Parasites: Small players with crucial roles in the ecological theater. *Eco Health,* 2(1): 151–164.

MARQUES, H.J.H.P.; DIAS, R.A.F.; BELMONT; BOCCARDO, A.S. 2008. Efeitos da introdução de *Geophagus proximus* e *Satanoperca pappaterra* (Perciformes, Cichlidae) na pesca profissional no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná. Disponível em: <[http://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/iiencivi2008/hugo-marques.pdf> Acesso em: Mar. 2014.

MOLNÃR, K; BUCHMANN K.; SZÉKELY, C. 2006 Phylum Nematoda. In: WOO, P.T.K. Fish Deseases and Disorders Volume 1: Protozoan and Metazoan Infections, Second Edition. p. 417–443.

MORETTO, E. M.; MARCIANO, F.T.; VELLUDO, M.R. ; FENERICH- VERANI, N.; ESPINDOLA, E.L.C.; ROCHA, O. 2008 The recent occurrence, establishment and potential impact of *Geophagus proximus* (Cichlidae: Perciformes) in the Tietê River reservoirs: an Amazonian fish species introduced in the Paraná Basin (Brazil). *Biodiversity Conservation,* 17: 3013–3025.

NAVEGAÇÃO FLUVIAL MÉDIO TIETÊ. 2014 Disponível em: <http://www.riotiete.com.br/historia.html> Acesso em: 19 nov 2019.

NELSON, J.S.; GRANDE, T.C.; WILSON, M.V.H. 2016 Fishes of the world. 5 edição. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons Inc.

OTA, R.R.; DEPRÁ, G.C.; GRAÇA, W.J e PAVANELLI, C.S. 2018 Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology*, 16(2).

OYAKAWA, O. T.; MENEZES, N. A. 2010 Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica,* (11): 19-31.

PAPERNA, I e DZIKOWSKI R. 2006 Digenea (Phylum Platyhelminthes). In: WOO, PTK. Fish Diseases and Disorders, Protozoan and Metazoan Infections, Volume I, CAB Internacional, Cambridge, UK p.342-387.

PAVANELLI. G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. 2013 Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem, 2013. 85-114p.

PORTAL SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Comitê de Bacia Hidrográfica – Tietê-Jacaré – Apresentação. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/apresentacao> Acesso em: 19 nov 2019.

PORTZ, L.; ANTONUCCI, A.M.; UEDA, B.H.; DOTTA, G.; GUIDELLI, G.; ROUMBEDAKIS, K.; MARTINS, M.L.; CARNIEL, M.K.; TAVECHIO, W.L.G. 2013 Parasitos de peixes de

cultivo e ornamentais. In: PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J.C. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá. p. 115-134.

POULIN, R.; MOUILLOT, D. 2003. Host introductions and the geography of parasite taxonomic diversity. *Journal of Biogeography*, 30: 837-845.

ROBERTS, LARRY S.; JANOVY, JOHN. 2005 Foundations of Parasitology. McGraw-Hill Education, 7 edição.

SANTOS, C.P.; BORGES, J.N. FERNANDES, E.S.; PIZANI, A.P.C.L. 2013 Nematoda. ln: PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J.C. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá. p. 115-134.

SCARPARE, F. V.; HERNANDES, T. A. D.; RUIZ-CÔRREA, S. T.; KOLLN, O. T.; GAVA, G. J. C.; DOS SANTOS, N. S.; VICTORIA, R. L. 2015 Sugarcane water footprint under different management practices in Brazil: Tietê/Jacaré watershed assessment. *Jornal of Cleaner Production*, 1-9.

TAKEMOTO, R.M., LIZAMA, M.A.P., GUIDELLI, G.M., PAVANELLI, G.C. 2004 Parasitas de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO R.M.; LIZAMA M.A.P. Sanidade de Organismos Aquáticos. Varela, São Paulo, Brasil. 179-197.

TANAKA, M. O.; SOUZA, A. L. T.; OLIVEIRA, A. K.; MOSCHINI, L. E. 2015 Redundância entre métricas da qualidade ambiental de riachos em paisagem agrícola. *Revista Ambiente e Água*, (10)4.

THOMAS, F.: GUÉGAN, J. F.; RENAUD, F. 2009 Ecology and Evolution of Parasitism. New York: Oxford University Press.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T.; PARESCHI, D. C. ; LUZIA, A. P. ; HAELING, P. H. V.; FROLLINI, E. H. 2008. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. *Estudos avançados,* 22:159-172.

UEM - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. 2009 Nupélia/Itaipu Binacional. Monitoramento do rendimento e da socioeconomia da pesca no Reservatório de Itaipu. Relatório, Maringá.

VANHOVE, M.P.M.; HABLÜTZEL, P.I.; PARISELLE, A.; ŠIMKOVÁ, A.; HUYSE, T.; RAEYMAEKERS, J.A.M. 2016 Cichlids: a host of opportunities for evolutionary parasitology. *Trends in Parasitology,* 32 (10): 820-832.

VASCONCELOS, H.C.G. e TAVARES-DIAS, M. 2016 Host-parasite interaction between crustaceans of six fish species from the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum*, 1(38): 113-123.

ZAGO, A.C.; FRANCESCHINI, L.; ZOCOLLER-SENO, M.C.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; MAIA A.A.D.; IKEFUTI C.V. SILVA R.J. 2013 The helminth community of *Geophagus proximus* (Perciformes: Cichlidae) from a tributary of the Paraná River, Ilha Solteira Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Journal of Helminthology*, 87: 203–211.

ZICA, E. O. P.; WUNDERLICH, A. C.; RAMOS I. P. SILVA R. J. 2011 *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae) infectando *Geophagus proximus* Castelnau, 1855 (Cichlidae, Perciformes) in the Tietê river, nova Avanhandava reservoir, municipality of Buritama, São Paulo state, Brazil. *Neotropical Helminthology,* 4 (1).

CAPÍTULO ÚNICO

METAZOÁRIOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* COLETADOS EM RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Artigo redigido nas normas do periódico científico

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária

Classificação A2

METAZOÁRIOS PARASITOS DE *Geophagus sveni* COLETADOS EM RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-JACARÉ, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Tainá Martins de Carvalho[1*]; Maria José Tavares Ranzani-Paiva[2]; Leonardo Tachibana[2]

[1]Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, São Paulo, São Paulo, Brasil
[2]Pesquisador (a) Científico (a) Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa de Aquicultura, São Paulo, São Paulo, Brasil

RESUMO

Geophagus sveni, conhecido como peixe-porquinho é encontrado a partir das porções medianas da drenagem do rio Tocantins e é considerada uma espécie alóctone à bacia do alto rio Paraná. O objetivo deste trabalho foi estudar a parasitofauna de *G. sveni* nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Foram examinados 46 espécimes de *G. sveni* (15,90 ± 1,29 cm e 146,03 ± 38,35 g), dos quais 93,48% estavam parasitados, por Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum heluans*, *Posthodiplostomum macrocotyle* e *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi.* A espécie dominante foi *A. compactum* (*D=0,627*), com índice de dispersão 13,97, apresentando agregação. A correlação do comprimento e abundância dos parasitos mostraram *p>0,05* (não houve diferença significativa), não interferiu na abundância parasitária. A correlação entre o peso do peixe e abundância (*rs=-0,29; p=0,03*) indicou correlação negativa significativa (*p<0,05*) para a espécie *R (S) hypostomi.* A relação peso-comprimento de todos os peixes (*b=3,12*) mostrou que o crescimento é do tipo alométrico positivo, ou seja, eles crescem mais em peso do que em comprimento. O fator de condição relativo (Kn) foi em torno de 1, indicando que possivelmente o evento do parasitismo não interferiu na saúde dos peixes. Este estudo revela a composição da comunidade parasitária de *G. sveni* para localidades onde esse registro ainda não havia sido realizado.

Palavras-chave: Parasitofauna, peixe-porquinho, Tietê, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira.

ABSTRACT

Geophagus sveni, known as peixe-porquinho, is found from the middle portions of the Tocantins River drainage and is considered a species non-native to the upper Paraná River basin. The objective of this work was to study the parasitofauna of *G. sveni* in the Tietê, Jacaré-Guaçu and Jacaré-Pepira rivers. 46 specimens of *G. sveni* (15.90 ± 1.29 cm and 146.03 ± 38.35 g) were examined, of which 93.48% were parasitized, by Diplostomidae gen. sp., *Austrodiplostomum compactum*, *Clinostomum heluans*, *Posthodiplostomum macrocotyle* and *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi.* The dominant species was *A. compactum* (*D = 0.627*), with a dispersion index of 13.97, with aggregation. The correlation of parasite length and abundance showed *p> 0.05* (there was no significant difference), did not interfere with parasite abundance. The correlation between fish weight and abundance (*rs = -0.29; p = 0.03*) indicated a significant negative correlation (*p <0.05*) for the species *R (S) hypostomi*. The weight-length ratio of all fish (b = 3.12) showed that the growth is of the positive allometric type, that is, they grow more in weight than in length. The relative condition factor (Kn) was around 1, indicating that possibly the parasitism event did not interfere with the fish's health. This study reveals the composition of the *G. sveni* parasitic community for locations where this registration has not yet been carried out.

Keywords: Parasitofauna, peixe-porquinho, Tietê, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira.

1 INTRODUÇÃO

Geophagus sveni Lucinda, Lucena e Assis, 2010 conhecido como peixe-porquinho foi recentemente descrita na bacia do rio Tocantins, sendo também encontrado na planície de inundação do alto Paraná, e considerado uma espécie alóctone nesse reservatório. Distingue-se de *G*. cf. *proximus* Castelnau, 1855 por apresentar 4 a 5 faixas brancas paralelas transversais na nadadeira caudal, sendo quebradas por vários pontos por não apresentar marca pré-opercular cinza escura (Lucinda et al., 2010).

É uma espécie com comportamento sedentário, tendo hábito alimentar variado, alimentando-se de sedimentos, matéria orgânica, fragmentos de plantas, moluscos, crustáceos e outros. Pode alcançar até 20 cm de comprimento padrão (Moretto et al., 2008; Gois et al., 2015). Este peixe é importante na pesca comercial e de subsistência e no aquarismo (CESP, 2005; UEM, 2008; Marques et al., 2008). Possui valor econômico, sendo comercializado em forma de filé e vendido em peixarias.

Na bacia do rio Paraná foram realizados trabalhos parasitológicos de cunho taxonômico, como a descrição de duas novas espécies de monogeneas do gênero *Sciadicleithrum*, parasitando as brânquias de *G. proximus* (Bellay et al., 2009); relato da infecção de metacercárias de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928), parasitando os olhos de *G. proximus* no rio Tietê (Zica et al., 2011) e o estudo sobre a helmintofauna da mesma espécie hospedeira no Reservatório Ilha Solteira, afluente do rio Paraná (Zago et al., 2013).

Como *G. sveni* carece de informações exclusivas sobre sua fauna parasitária, o presente estudo objetivou identificar a fauna parasitária dessa espécie hospedeira em rios da bacia do Tietê-Jacaré, que incluem os rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo e ampliando assim o conhecimento da biodiversidade das espécies parasitas na região, com análises dos padrões populacionais e características da comunidade parasitária.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e coleta dos peixes

As coletas dos peixes foram realizadas nos rios Tietê (21º53’29,3” S e 48º53’51,4” W), Jacaré-Pepira (21º53’28,8” S e 48º46’35,3” W) e Jacaré-Guaçu (21º48’28,8” S e 48º53’02,5” W) Estado de São Paulo (figura 2), no período de maio 2018 a junho de 2019.

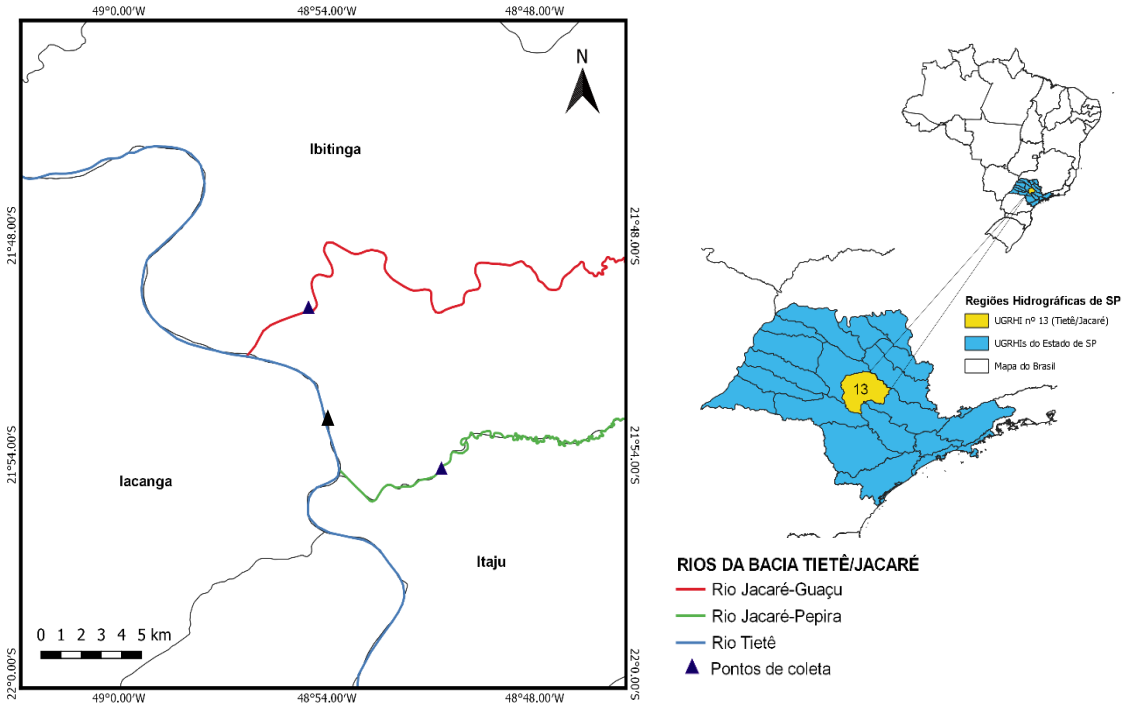


Figura 2. Mapa da localização dos rios Tietê (linha azul), Jacaré-Guaçu (linha vermelho) e Jacaré-Pepira (linha verde), local de coleta dos hospedeiros, *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010, Estado de São Paulo, Brasil.

As coletas seguiram as orientações da licença de pesca científica sob autorização do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio nº 55914-1) emitida pelo Ministério de Meio Ambiente e sob a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA nº 9530230816). E para tal procedimento foram utilizados redes de espera de monofilamento de nylon com diferentes tipos de malhas (variando de 2 a 10 cm entrenós opostos). O total de 46 espécimes de *G. sveni* (Figura 3) foram analisados, sendo 22 do rio Tietê, 15 do rio Jacaré-Pepira e 09 do rio Jacaré-Guaçu.

Figura 3**.** Exemplar de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 capturado na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

Os peixes foram anestesiados com solução a base de Eugenol (óleo de cravo) e eutanasiados através do método físico de secção medular. Em seguida foram armazenados em sacos plásticos individualmente para não ocorrer perda de materiais ou modificações em sua fauna parasitária, foram transportados em caixa térmica entre camadas de gelo (refrigerada) e conduzidos ao Laboratório de Multiusuários no Instituto de Pesca na cidade de São Paulo, para necropsia. No momento da necropsia foram registradas as informações sobre a data da coleta, comprimento padrão e total (cm), peso (g), estádio de maturação gonadal e sexo.

2.2 Coleta, processamento e identificação dos parasitos

A coleta e processamento dos parasitos foram realizados de acordo com os procedimentos indicados por Eiras et al. (2006). A superfície do corpo, narina, boca, e brânquias foram examinadas para a visualização dos possíveis ectoparasitos. Em seguida, foram examinados os olhos e feito uma abertura na cavidade visceral, a fim de expor os órgãos internos para a visualização dos endoparasitos. Os órgãos foram retirados individualmente, separados, colocados em peneiras de 53 e 75µm e lavados com água corrente. Os conteúdos separados foram colocados em placas de Petri e observados em estereomicroscópio. Os parasitos encontrados foram coletados, armazenados em frascos de vidro contendo álcool 70°GL e etiquetados.

Para identificação, os digenéticos foram corados com Carmalúmen de Mayer (Eiras et al., 2006) e diafanizados utilizando Eugenol. As lâminas foram montadas em Bálsamo do Canadá

e analisadas com o auxílio do microscópio óptico. Os demais parasitos do grupo Nematoda foram clarificados e montados em Lactofenol de Amann para possíveis visualizações das estruturas internas como espículo e esôfago.

A obtenção das imagens, identificações e análises morfológicas foram realizadas com o auxílio de microscópio Trinocular Nikon E200 utilizando os sistemas de análises computadorizada de imagem Motic (Moticam 5.0MP), de Contraste de Interferência Diferencial (*Differential Interference Contrast* - DIC) - LAS V3 (Leica Application Suite)

2.3 Análise estatística

Para análise quantitativa os seguintes índices parasitários foram empregados: Prevalência (P), Intensidade média de infecção (IMI) e abundância média de infecção (AM) (Bush et al., 1997).

Prevalência (%): $P = \frac{NP}{NE} \times 100$

NP: corresponde ao número de peixes infectados por um ou mais indivíduos de uma espécie particular de parasito (ou grupo taxonômico);

NE: número de peixes examinados.

Amplitude de Variação: expresso como variação numérica (mínimo e máximo).

Intensidade média de infestação: $IMI = \frac{Nsp1}{NPsp1}$

Nsp1: é o número total de parasitos de uma espécie;

NPsp1: número de peixes infectados por esta espécie.

Considerada muito baixa quando $IM<10$, baixa quando $10 \leq IM \leq 50$, média quando $50 \leq IM \leq 100$ e alta quando $IM>100$ (Bilong Bilong e Njine, 1998).

Abundância média: $AM = \frac{NTP}{NPE}$

NTP: número total de parasitos de uma determinada espécie;

NPE: número total de peixes examinados (parasitados e não parasitados).

A comunidade de parasitos de *G. sveni* foi analisada e classificada de acordo com Caswell (1988) e Hanski (1982) citados por Bush e Holmes (1986) que constitui em categorizar as espécies em centrais, secundárias e satélites baseando-se na prevalência:

Espécies centrais: são aquelas presentes em mais de 2/3 (prevalência maior que 66%) dos hospedeiros examinados;

Espécies secundárias: aquelas presentes em 1/3 a 2/3 (prevalência entre 33 a 66%) dos hospedeiros examinados;

Espécies satélites: aquelas não comuns, presentes em menos que 1/3 (prevalência menor que 33%) dos hospedeiros examinados.

Foram utilizados os índices de Dispersão (ID) e Discrepância (D) para cada espécie de parasito a fim de determinar o padrão de distribuição. O índice de dispersão tem como função medir o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. Quando o valor de uma espécie for ID>1, indica uma disposição espacial agregada; ID=1, indica uma disposição espacial ao acaso ou aleatória e ID<1 significa que é regular ou uniforme (Leung, 1998). O índice é calculado pela razão entre a variância e média.

Índice de dispersão: $\mathrm{ID} = \left(\frac{S^2}{\mathrm{X}}\right)$

S^2: variância da abundância;

X: abundância parasitária média.

O índice de Discrepância de Poulin (d) avalia a distribuição dos parasitos entre seus hospedeiros quantificando a diferença entre a distribuição observada (real) e a distribuição hipotética (todos os hospedeiros abrigam o mesmo número de parasitos). Quando o valor da D>0,5 a distribuição é agregada, quando a D<0,5 a distribuição é isolada (Poulin, 1993).

Discrepância (d): $1 - {}^{2}\sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{i} \quad x\,j\right)$

$$\mathrm{X}\; N\,(N+1)$$

X: número de parasitos no hospedeiro;

N: número total de hospedeiros na amostra;

j: classificação dos hospedeiros do menor para o maior em relação aos mais infectados.

O índice de dominância (DA) foi calculado para verificar o grau de dominância de cada espécie nas infracomunidades de parasitos de *G. sveni* para a amostra total, foi expresso em porcentagem e calculado a partir da dominância relativa média.

Dominância (%): $\mathrm{DA} = \frac{\mathrm{Na}}{\mathrm{Na}+\mathrm{Nb}+\mathrm{Nc}\ldots}\ \mathrm{x}\ 100$

Na: número de espécimes de uma espécie;

Na+Nb+Nc...: número total de indivíduos das espécies a, b, c... (Rohde, 1995).

O índice de Brillouin foi usado para calcular a diversidade parasitária (Zar, 1999). Descritor de uma comunidade totalmente conhecida, serve para medir a diversidade em uma coleção e não em uma amostra.

Índice de Brillouin: HB = (ln *N*! - ∑ ln ni!) / N

N: número total de hospedeiros na amostra;

n: número de indivíduos da espécie de parasito.

O índice de Pielou (J) exprime a equitabilidade, que se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies. Mede a proporção da diversidade observada em relação a máxima diversidade esperada. Com valores variando entre 0 (dominância total de uma espécie) a 1 (todas as espécies com a mesma proporção). É obtida pela equação:

Índice de Pielou: $J = \frac{H\prime}{\ln S}$

H': índice de diversidade de Shannon;

S: número total de espécies de parasitos na amostra.

Para estimar a riqueza dos parasitos em *G. sveni* nos três rios estudados foi utilizado o índice de Margalef (Dmg) que serve para analisar a relação entre o número total de espécies e o número total de indivíduos observados (Magurran, 1988; 2004).

Índice de Margalef (Dmg): $Dmg = \frac{S-1}{\mathrm{Ln}\,(n)}$

S: número total de espécies de parasitos na amostra;

n: número total de indivíduos de parasitos na amostra.

Os índices ecológicos foram calculados para cada população de peixe nos três rios.

O coeficiente de correlação linear por postos de Spearman (*rs*) foi utilizado para observar possíveis correlações entre a abundância de parasitos como comprimento padrão e o peso dos hospedeiros (Zar, 1996).

Para observações entre a similaridade da fauna parasitológica de *G. sveni* nos três rios, com base nos valores de abundância das espécies de parasitos, inicialmente foram utilizadas duas análises de agrupamento (*Cluster Analysis*): a primeira com base nas espécies e a segunda como base os rios. Foram utilizados como algoritmo de ligação UPGMA (*Unweighted pair-group method with arithmetric averages*) e como medida de distância *Bray-Curtis*, que é considerada mais adequada na utilização de dados de abundância. A qualidade do dendograma gerado foi avaliado através do coeficiente cofonético, onde valores >0,75 consideram o dendograma como uma boa representação da matriz de similaridade original (McGarigal et al., 2000).

Para verificar a distribuição da fauna parasitológica nos três rios foi utilizado uma nMDS (*Nonmetric Multidimensional Scaling*). A qualidade da representação gráfica foi avaliada através do teste de estresse, onde o valor não pode ser >0,2, seguido pelo teste não paramétrico ANOSIM (*Analyses of Similarity*) para confirmar se houve significância na similaridade

revelada pela nMDS (Clarke, 1993). A estatística do teste é o R, que varia entre 0 e 1. Valores de R próximos de 1 indicam alta separação entre grupos e valores próximos de 0 indicam ausência de separação (alta semelhança) entre grupos. A significância estatística (*p*) é calculada por permutações (9999) dos membros de cada grupo e quando valores significativos são encontrados é realizado um teste de comparação múltipla a posteriori para identificar quais grupos diferem.

A relação peso-comprimento é um mecanismo bastante utilizado nos estudos de biologia, ecologia e fisiologia dos peixes, para determinar a biomassa e o peso, quando as medidas de comprimento são avaliadas permitindo comparações entre o crescimento de diferentes populações. (Gomiero e Braga, 2003; Tavares-Dias et al., 2008). Ela é determinada através da equação:

Relação peso-comprimento: $Wt = a.Lt^b$

Wt: peso total;

a: intercepto;

Lt: comprimento;

b: coeficiente de correlação.

Se b>3, o peixe cresce mais em peso, do que em comprimento, apresentando crescimento alométrico positivo; se b<3, o peixe cresce mais em comprimento, do que em peso, crescimento alométrico negativo; se b=3, o peixe cresce proporcionalmente nas três dimensões espaciais (comprimento, altura e largura), crescimento isométrico (Le Cren, 1951).

Esta relação pode ser usada como indicador quantitativo de bem estar da espécie no ambiente, conhecido em biologia pesqueira como fator de condição.

O fator de condição relativo (Kn) é utilizado para avaliar o bem-estar dos peixes fornecendo informações importantes sobre as condições nutricionais, infecções parasitárias e outros aspectos. Corresponde ao quociente entre peso observado e peso esperado para determinado comprimento.

Fator de condição relativo: $Kn = \frac{Wt}{We}$

Wt: peso total;

We: peso esperado.

As relações entre peso-comprimento e fator de condição proporcionam estudar o crescimento, sobrevivência e reprodução de várias espécies de peixes e outros organismo em um ambiente. Estes métodos juntamente com o parasitismo permitem o conhecimento da patogenecidade de diferentes espécies de parasitos (Fernandes et al., 2019). A relação peso-comprimento é usada para estimar o peso correspondente a um dado comprimento e os

parâmetros resultantes são usados para comparar a condição, engorda ou bem-estar do peixe (Froese, 2006). Através da relação peso-comprimento dos peixes o fator de condição dos hospedeiros foi determinado. Para isso foram empregados os valores de peso total (Wt) e comprimento padrão (Ls) dos peixes, ajustados à curva da relação Wt/Ls (Wt = a.Lt b), estimados os valores dos coeficientes a e b, e aplicados a equação: We = a.Lt b (Vazzoler, 1996). O valor teoricamente esperado é Kn=1 (condições normais), quando variações neste valor significa que algo está interferindo a saúde dos peixes (Le Cren, 1951).

As análises foram realizadas apenas para espécies de parasitos com prevalência superior a 10%. Todas as análises acima mencionadas foram efetuadas com o auxílio do pacote estatístico *Paleontological Statistics Software Package* - PAST ® 3.21 e o *Quantitative Parasitology* 3.0. Os resultados das análises estatísticas foram considerados significativos quando $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

Os peixes (46 exemplares) foram coletados nos três principais rios pertencentes à bacia Tietê-Jacaré (Tabela 1). Todos os peixes eram adultos, e, a maioria, fêmeas (26 fêmeas e 18 machos).

Tabela 1. Comprimento (cm) e peso médio (g) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados em rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

	CP m	P m
Tietê	16,05±1,36	155,31±38,65
Jacaré-Guaçu	15,92±1,14	138,72±34,53
Jacaré-Pepira	15,72±1,38	144,06±41,89

CP m: Comprimento padrão médio; P m: Peso médio.

Cerca de 93% dos peixes analisados estavam parasitados, com um total de 404 parasitos foram coletados, com intensidade média de infestação 9,85, abundância média de 8,78 e média de 8,97 parasitos/peixe.

Quatro espécies de Digenea, na forma larval metacercárias foram encontradas: *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Figura 4) alojados na cavidade craniana e nos olhos, mais especificamente no humor vítreo, humor aquoso; *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 (Figura 5) parasitando as brânquias; *Clinostomum heluans* Braun, 1899 (Figura 6) parasitando a nadadeira dorsal, e Diplostomidae gen. sp. (Figura 7) encontrado na cavidade craniana e nos olhos, mais especificamente no humor vítreo e humor aquoso, não sendo possível a identificação do gênero e espécie devido à dificuldade na visualização das estruturas.

Uma espécie de nematoide na forma adulta foi encontrada, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter e Cassone, 1984 (Figura 8) parasitando o intestino.

As identificações taxonômicas das espécies encontradas foram feitas baseada em Zica et al. (2011) para *Austrodiplostomum compactum*; Zago et al. (2013) para *Clinostomum heluans;* Travassos et al. (1969) para Diplostomidae gen. sp.; Brandão et al. (2013) para *Posthodiplostomum macrocotyle* e Moravec (1998) para *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*.

A tabela 2 mostra o resultado da análise quantitativa de todos os parasitos encontrados na bacia do Tietê-Jacaré, onde a espécie mais prevalente foi Diplostomidae gen. sp. e a menos

prevalente foi *P. macrocotyle*, e a espécie mais abundante foi *A. compactum*. A Tabela 3 mostra os valores das três populações de *G. sveni* coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Em relação ao status comunitário das espécies parasitas capturados no rio Tietê, a espécie central foi o Diplostomidae gen. sp. Somente a espécie *A. compactum* foi considerada secundária e as demais espécies foram consideradas satélites. Nos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira as metacercárias Diplostomidae gen. sp. e *A. compactum* foram consideradas centrais e as demais, satélites.

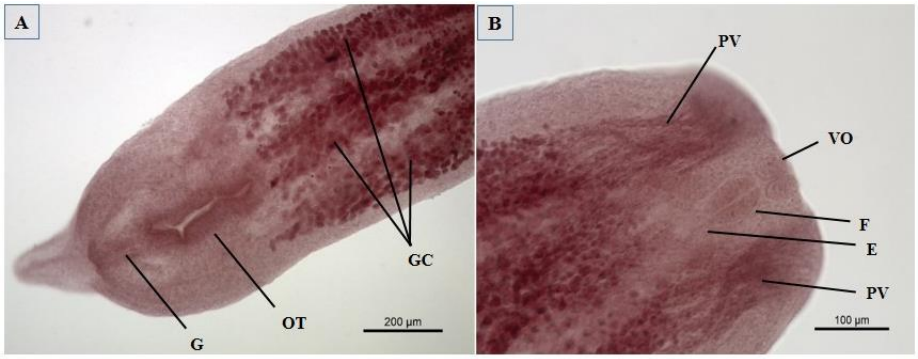


Figura 4. Metacercária do digenético *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) encontrado na cavidade craniana e nos olhos (humor vítreo, humor aquoso) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. A: região posterior; B: região anterior. G: gônadas; OT: órgão tribocítico; GC: glândulas celulares; PV: pseudo-ventosas; VO: ventosa oral; F: faringe; E: esôfago.

Figura 5. Metacercária do digenético *Posthodiplostomum macrocotyle* Dubois, 1937 parasitando as brânquias de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletado no rio Tietê, Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. VO: ventosa oral; CI: cecos intestinais; VV: ventosa ventral; OT: órgão tribocítico; OeT: ovário e testículo; VG: vesícula germinal; BC: bursa copulatória.

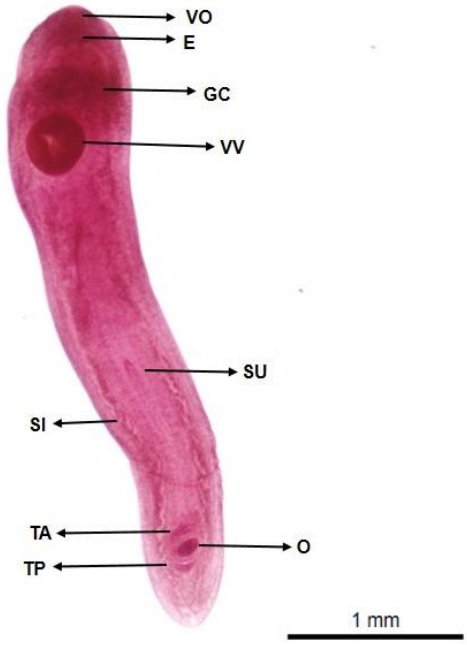


Figura 6. Metacercária do digenético *Clinostomum heluans* Braun, 1899 encontrado na nadadeira dorsal de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil. VO: ventosa oral; E: esôfago; GC: glândulas celulares; VV: ventosa ventral; SI: seco intestinal; SU: saco uterino; TA: testículo anterior; O: ovário; TP: testículo posterior.

Figura 7. Metacercária do digenético Diplostomidae gen. sp. encontrado nos olhos (humor vítreo, humor aquoso) e na cavidade encefálica de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil.

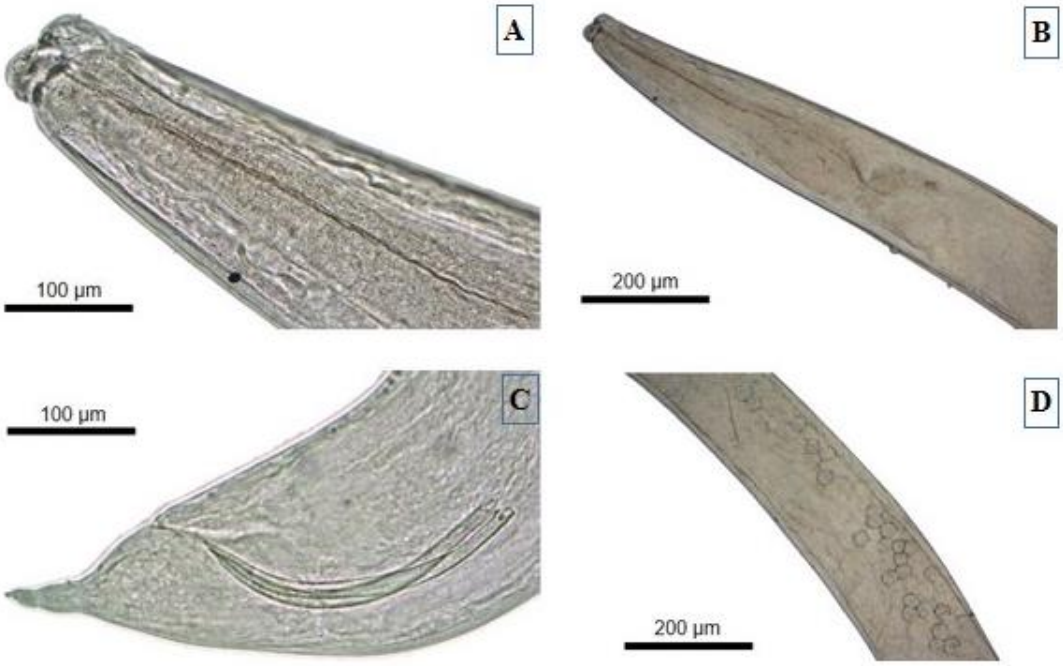


Figura 8. *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi* Petter e Cassone, 1984 encontrado no intestino de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletado nos rios Tietê e Jacaré-Guaçu. A: cápsula bucal; B: esôfago glandular; C: espículo (macho), D: útero com ovos (fêmea).

Tabela 2. Metazoários parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 provenientes da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. PE: peixes examinados; PNP: peixes não parasitados; PP: peixes parasitados; P%: prevalência em porcentagem; TPE: total de parasitos encontrados; AV: amplitude de variação; IM: intensidade média; AM: abundância média; DA%: dominância; SC: status comunitário; SI: sítio de infecção; CC: cavidade craniana; HV: humor vítreo; HA: humor aquoso; ND: nadadeira dorsal; B: brânquia; I: intestino.

Parasito	PE	PNP	PP	P%	TPE	AV	IM	AM	DA%	SC	SI
Digenea											
Diplostomidae gen. sp.	46	10	36	78,26	108	1-16	3,00	2,35	26,73	Central	CC, HV, HA,
Austrodiplostomum compactum	46	14	32	69,57	253	1-46	7,91	5,5	62,62	Central	CC, HV, HA,
Clinostomum heluans	46	44	2	4,35	2	1,00	1,00	0,04	0,50	Satélite	ND
Posthodiplostomum macrocotyle	46	45	1	2,17	1	1,00	1,00	0,02	0,25	Satélite	B
Nematoda											
Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi	46	41	5	10,87	40	1-24	8,00	0,87	9,90	Satélite	I

Tabela 3. Metazoários parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 provenientes dos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil. PP: peixes parasitados; PC: parasitos coletados; P%: prevalência em porcentagem; SC: status comunitário; IM: intensidade média; AM: abundância média com desvio padrão; SI: sítio de infecção; CC: cavidade craniana; HV: humor vítreo; HA: humor aquoso.

Rio	Parasitos	PP	PC	P%	SC	IM	AM	SI
Tietê	**Digenea**							
	Austrodiplostomum compactum	14	104	63,64	secundária	7,4	4,73±4,99	CC, HV, HA
	Diplostomidae gen. sp.	16	55	72,73	central	3,4	2,50±2,27	CC, HV, HA
	Clinostomum heluans	1	1	4,55	satélite	1	1,00±0,09	ND
	Nematoda							
	Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi	4	39	18,18	satélite	9,8	1,77±2,97	I
Jacaré-Guaçu	**Digenea**							
	Austrodiplostomum compactum	7	33	77,78	central	4,7	3,67±2,81	CC, HV, HA
	Diplostomidae gen. sp.	7	13	77,78	central	1,9	1,44±0,93	CC, HV, HA
	Nematoda							
	Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi	1	1	11,11	satélite	1	0,11±0,20	I
Jacaré-Pepira	**Digenea**							
	Austrodiplostomum compactum	11	116	73,33	central	11	7,73±5,75	CC, HV, HA
	Diplostomidae gen. sp.	13	40	86,67	central	3,1	2,67±1,87	CC, HV, HA
	Clinostomum heluans	1	1	6,67	satélite	1	0,07±0,12	ND
	Phostodiplostomum macrocotyle	1	1	6,67	satélite	1	0,07±0,12	B

As porcentagens dos parasitos de *G. sveni* estão apresentados na Figura 9. Os resultados para os Índice de Dispersão e Discrepância de Poulin, mostraram que as espécies de parasitos são distribuídas de forma agregada na comunidade hospedeira (Tabela 4).

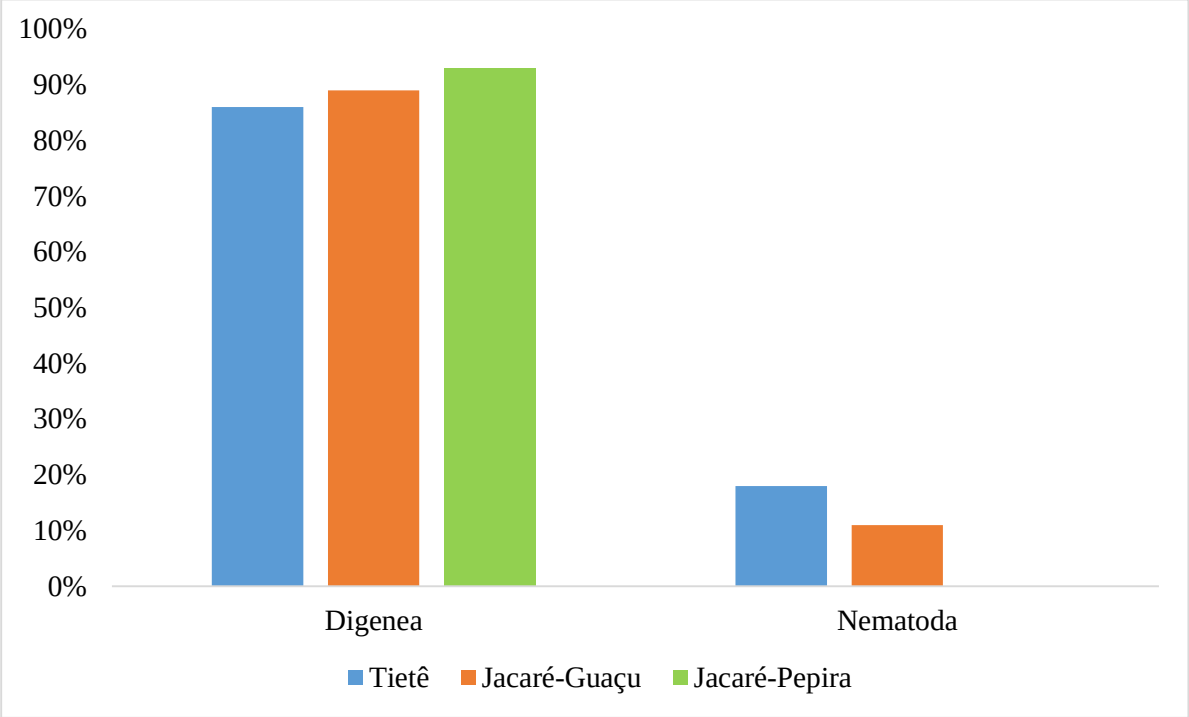


Figura 9. Porcentagem dos grupos parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira, São Paulo, Brasil.

Tabela 4. Índice de dispersão (ID) e índice de Discrepância de Poulin (D) dos metazoários parasitos (com prevalência maior que 10%) de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

	ID	*D*	Distribuição
Austrodiplostomum compactum	13,97	0,627	Agregada
Diplostomidae gen. sp.	3,58	0,539	Agregada
Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi	17,20	0,932	Agregada

ID > 1: distribuição agregada; ID = 1: distribuição aleatória; ID < 1: distribuição uniforme. D > 0,5: distribuição agregada; D < 0,5: distribuição isolada.

Com relação aos descritores ecológicos das infracomunidades parasitárias de *G. sveni*, o rio Tietê e Jacaré-Pepira apresentaram maior número de espécies (4 em cada rio). O maior número de parasitos foi registrado no rio Tietê (199). O índice de diversidade de Brillouin foi maior no rio Tietê. O índice de riqueza de Margalef foi maior no rio Jacaré-Pepira. A maior equitabilidade determinada pelo índice de Pielou foi registrada no rio Tietê (Tabela 5).

Tabela 5. Descritores ecológicos de diversidade, riqueza e equitabilidade de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

Índices	Jacaré-Pepira	Jacaré-Guaçu	Tietê
N espécies	4	3	4
N indivíduos	158	47	199
Índice de Brillouin (H)	0,61	0,62	1,01
Índice de Margalef (Dmg)	0,59	0,52	0,57
Índice de Pielou (J)	0,46	0,62	0,75

Os resultados para o coeficiente de correlação de Spearman (*rs*), em que foram correlacionados o comprimento e peso de *G. sveni* com a abundância dos parasitos (Tabela 6), mostraram que, não houve diferença significativa para o comprimento, ou seja, o comprimento não interferiu na abundância parasitária (p>0,05). Nas correlações entre o peso e abundância o valor de p foi (p<0,05) indicando significância negativa entre as variáveis para a espécie *R. (S) hypostomi*.

Tabela 6. Análises de correlação de Spearman (*rs*) entre o número de indivíduos de espécies parasitas e o comprimento e peso de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

	Comprimento	Peso
Austrodiplostomum compactum	*rs* = 0,01; *p* = 0,97	*rs* = 0,06; *p* = 0,70
Diplostomidae gen. sp.	*rs* = 0,05; *p* = 0,72	rs = 0,08; *p* = 0,62
Clinostomum heluans	*rs* = 0,13; *p* = 0,38	*rs* = 0,14; *p* = 0,37
Phostodiplostomum macrocotyle	*rs* = -0,24; *p* = 0,11	*rs* = -0,24; *p* = 0,11
Raphidascaris (S) hypostomi	*rs* = -0,29; *p* = 0,05	*rs* = 0,33; *p* = 0,03*

*significância (p<0,05).

A *análise de Cluster* originou um dendograma formando dois agrupamentos: (i) Rsh (*R. (S) hypostomi*), D-sp (Diplostomidae gen. sp.) e Ac (*A. compactum*); (ii) C-h (*C. heluans*) e Pm (*P. macrocotyle*), caracterizados pelas espécies mais abundantes e espécies menos abundantes (mais raras), respectivamente (Figura 10 e Tabela 7). A relação cofonética foi 0,97 evidenciando constância no agrupamento. Com relação aos rios a análise mostrou que o rio Jacaré-Guaçu é o ambiente com menos peixes parasitados em comparação aos Tietê e Jacaré-Pepira (Figura 11).

Tabela 7. Abundância das espécies de parasitos de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 coletados nos rios Jacaré-Guaçu, Jacaré-Pepira e Tietê, São Paulo, Brasil.

	Jacaré-Guaçu	Jacaré-Pepira	Tietê	Total
Austrodiplostomum compactum	33	116	104	**253**
Diplostomidae gen. sp.	13	40	55	**108**
Clinostomum sp.	0	1	1	**2**
Posthodiplostomum macrocotyle	0	1	0	**1**
Raphidascaris (S) hypostomi	1	0	39	**40**
Total	**47**	**158**	**199**	**404**

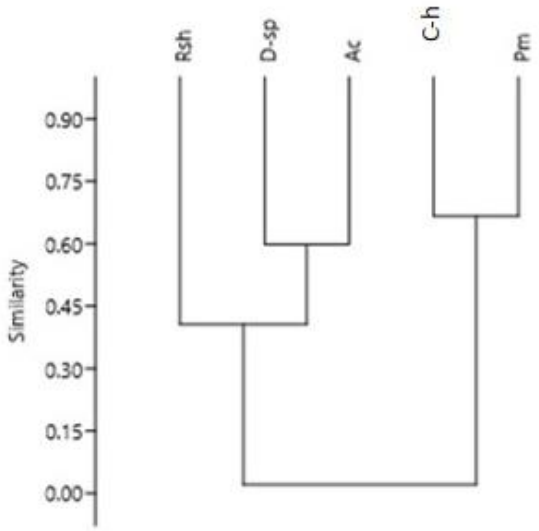


Figura 10. Dendograma de *Cluster* definindo o agrupamento da fauna parasitária de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, com base nos valores de abundância, São Paulo, Brasil. Rsh: *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*; D-sp: Diplostomidae gen. sp.; Ac: *Austrodiplostomum compactum*; C-h: *Clinostomum heluans*; Pm: *Posthodiplostomum macrocotyle.*

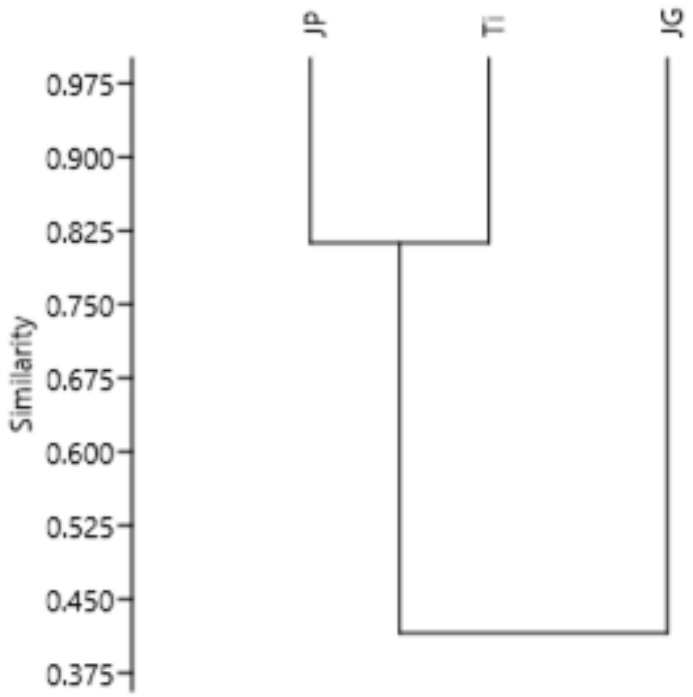


Figura 11. Dendograma de *Cluster* definindo o agrupamento da fauna parasitológica de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 entre os rios Tietê (Ti), Jacaré-Guaçu (JG) e Jacaré-Pepira (JP), São Paulo, Brasil.

Foi aplicado a análise nMDS para demonstrar a ordenação das amostras dos três rios (Figura 12). Essa análise mostrou que a distribuição da fauna parasitológica nos três rios é muito semelhante, visto que os polígonos são sobrepostos. Podemos confiar nessa representação através teste de *estresse* que foi 0,123 representado pelo diagrama de Shepard (Figura 13). Em seguida foi feito o teste de ANOSIM que confirmou que não houve diferença estatística entre as similaridades, logo os três rios são iguais entre si quanto sua fauna parasitológica (Tabela 8).

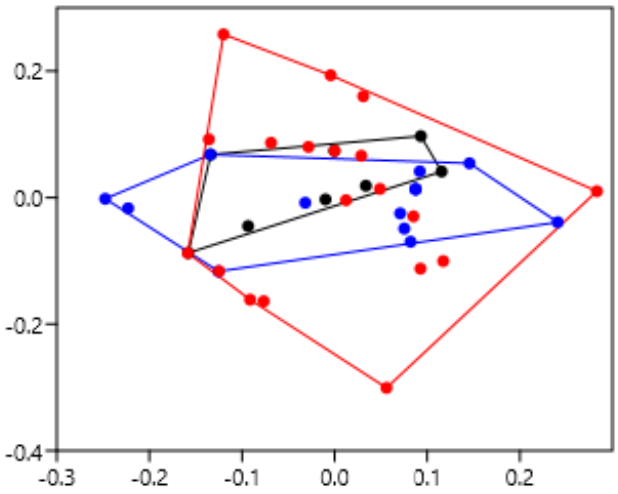


Figura 12. Polígonos mostrando a similaridade da fauna parasitológica de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 entre os rios Tietê (linha vermelha), Jacaré-Guaçu (linha preta) e Jacaré-Pepira (linha azul), São Paulo, Brasil.

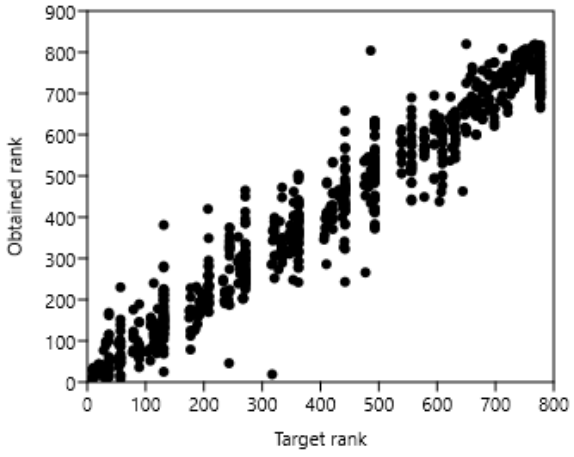


Figura 13. Diagrama de Shepard mostrando a confiabilidade do teste de estresse.

Tabela 8. Dissimilaridade (Valor de R) obtidos da análise de similaridade (ANOSIM).

Permutation N:	9999,00
Mean rank within:	426.5
Mean rank between:	401.7
R:	-0.06049
p (same):	0.9007*

*valores não significativos (p>0,05)

A relação peso-comprimento total dos peixes foi Wt=0,0261 Lt ^{3,1247} (Figura 14). Essa equação corresponde à forma logaritimizada, ln Wt= 3,1247 – 3,6455 ln Lt (r=0,8646) (Figura 15), o que significa que as variáveis peso dos peixes foram influenciadas pela variação no comprimento dos peixes em 86%. O valor do exponente b=3,12 observado na amostra total indica que os peixes apresentam crescimento alométrico positivo, ou seja, os peixes crescem comparativamente mais em peso do que em comprimento.

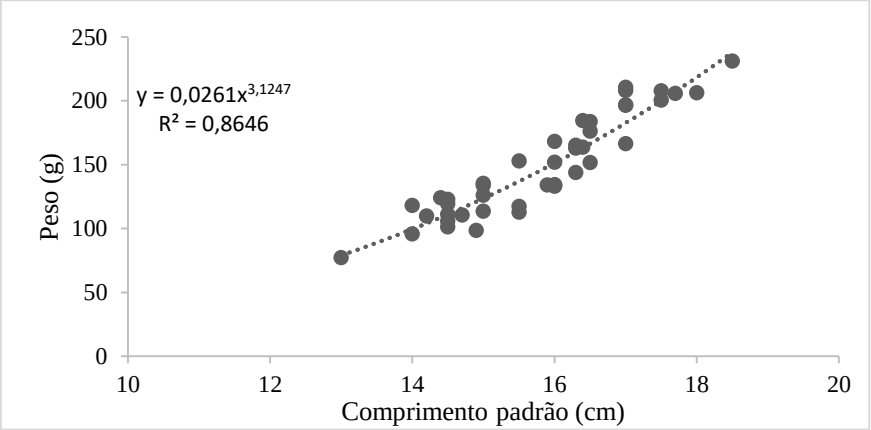


Figura 14. Relação peso-comprimento das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 capturados em rios na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

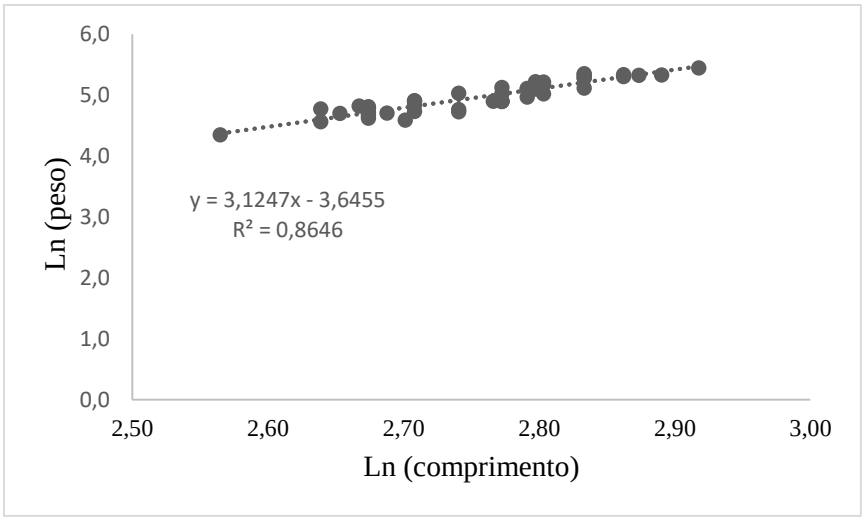


Figura 15. Relação peso-comprimento linearizada das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 capturados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

Os resultados da análise peso-comprimento de *G. sveni* mostrou o coeficiente de correlação entre machos e fêmeas foi 0,8107 e 0,6108, respectivamente. Foram analisados 18 machos. A relação peso-comprimento dos machos foi $y=0,0399 \times ^{2,9705,}$ o valor de $R^2=0,8107$, o que significou que as variáveis peso dos peixes foram influenciadas pela variação no comprimento dos peixes em 81%. O coeficiente b indicou crescimento alométrico negativo próximo ao isométrico. O total de fêmeas analisadas foram 26. A relação peso-comprimento das fêmeas foi $y=0,2095 \times ^{2,3513}$, com valor de $R^2=0,6108$. As fêmeas apresentaram o valor do coeficiente menor (b=2,35) apresentando crescimento alométrico negativo (Figura 16).

Aparentemente, os parasitos não influenciaram a saúde dos machos, apresentando menor número de espécimes parasitando o hospedeiro (193 espécimes de parasitos), enquanto que as fêmeas são mais magras e compridas. As retas de regressão dos machos e fêmeas mostram que as duas variáveis são correlacionadas entre si, não havendo diferença estatística nas relações peso-comprimento entre os dois sexos (Figura 17).

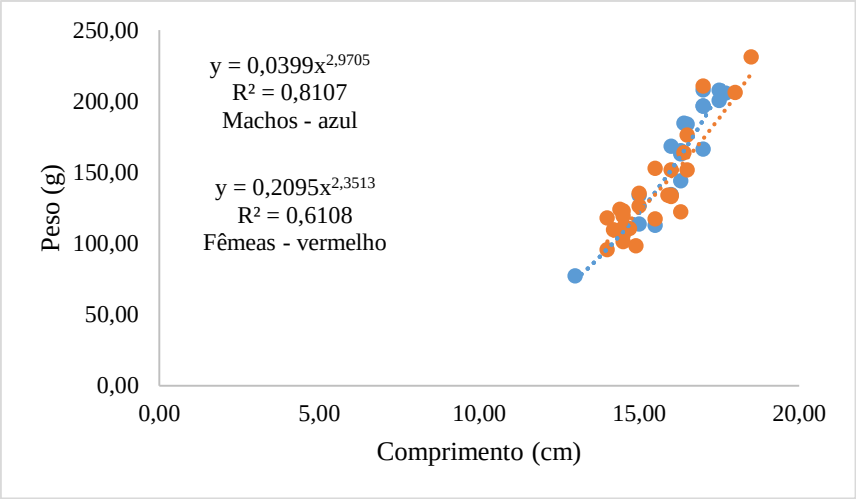


Figura 16. Relação peso-comprimento de machos e fêmeas de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

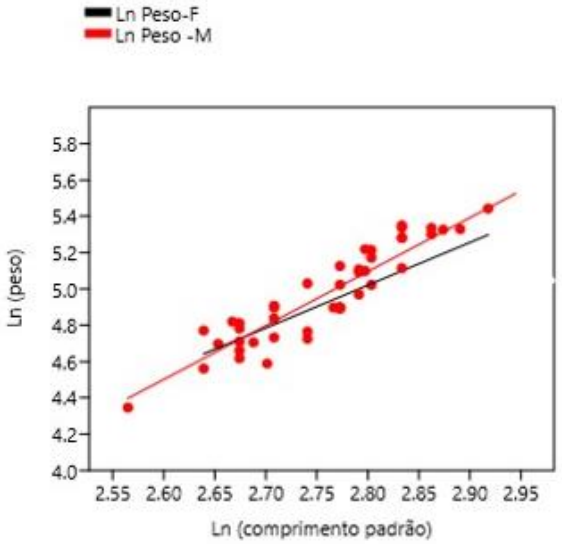


Figura 17. Comparação das retas de regressão de machos e fêmeas de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 proveniente de rios da bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

Os peixes do rio Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira apresentaram crescimento alométrico positivo com valor do coeficiente b=3,18 e b=3,20, respectivamente, enquanto os peixes do rio Tietê mostraram crescimento alométrico negativo b=2,60. Não tem como aplicar um teste que diferencie o coeficiente, mas foi feita uma comparação entre as regressões e não houve diferença estatística entre as regressões com relação as populações dos três rios (Figura 18). O Tietê aparentemente é diferente, mas não estatisticamente.

O fator de condição relativo dos peixes analisados foi em torno de 1. Isso significa que os peixes estão em boas condições, ou seja, o evento do parasitismo aparentemente não interferiu a saúde dos peixes (Figura 19).

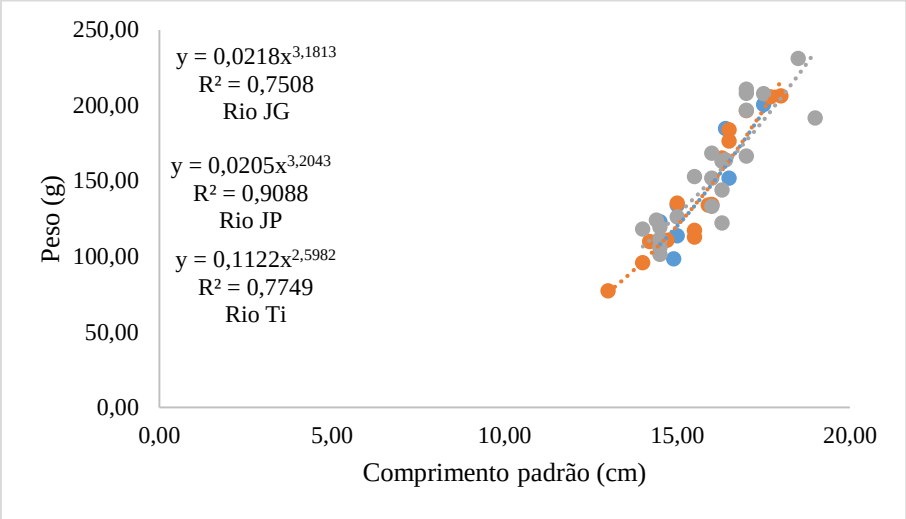


Figura 18. Relação peso-comprimento das populações de *Geophagus sveni* Lucinda. Lucena e Assis, 2010 dos rios Jacaré-Guaçu (JG), Jacaré-Pepira (JP) e Tietê (Ti) de acordo com a abundância parasitária, São Paulo, Brasil. JG: cinza; JP: vermelho; Ti: azul.

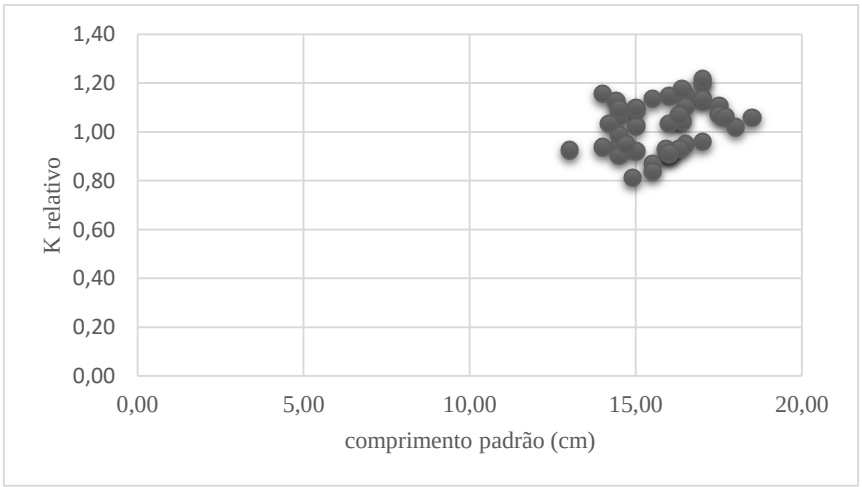


Figura 19. Fator de condição relativo das três populações de *Geophagus sveni* Lucinda, Lucena e Assis, 2010 capturados na bacia do Tietê-Jacaré, São Paulo, Brasil.

4 DISCUSSÃO

São citados para *G. proximus* doze espécies de parasitos, sendo dois monogeneas: *Sciadicleithrum kritskyi; Sciadicleithrum paranaensis* (Bellay et al., 2009). Três digeneas: *Austrodiplostomun compactum; Clinostomum heluans e Clinostomum* sp. (metacercária) (Zago et al., 2013). Três Nematodas: *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi; Raphidascaris* sp. (larva) e *Contracaecum* sp. (larva) (Bellay et al., 2009). Três crustáceos: *Argulus chicomendesi*; *Ergasilus turucuyus* e *Excorallana berbicensis* (Vasconcelos e Tavares-Dias, 2016). E um Cestoda Proteocephalidea gen. sp. (plerocercoide) (Zago et al., 2013).

A comunidade componente de *G. sveni* do presente estudo consistiu em três espécies de Digeneas: *Austrodiplostomum compactum* (metacercária); *Clinostomum heluans* (metacercária) e Diplostomidae gen. sp. (metacercária) e um Nematoda, *Raphidascaris (Sprentascaris) hypostomi*.

As metacercárias da família Diplostomidae são platelmintos, com ciclos de vida complexos, com diversidade de espécies e amplamente distribuídos e são importantes patógenos que podem causar sérios danos à saúde dos peixes. O estágio larval é considerado o mais prejudicial causando a mortalidade do hospedeiro, por hemorragias na musculatura, catarata ocular, cegueira ou distorção craniana, obstrução dos vasos sanguíneos, exoftalmia e redução do crescimento (Machado et al., 2005). São encontradas encistadas, encapsuladas nos músculos, tegumento e em vários órgãos (Gibson et al., 2002; Thatcher et al., 2006; Barson et al., 2008). Fazem migrações dentro do organismo do hospedeiro até atingirem os olhos e o cérebro, possuindo tendência à infecção dos tecidos oculares e cerebrais, pois estes exibem menor resposta imune (Locke et al., 2010; Grobbelar et al., 2014). Esse deslocamento ocorre através da corrente sanguínea, tecidos musculares, nervosos e conjuntivos (Eiras, 1994). Neste trabalho a maioria das metacercárias foram encontradas nos olhos e na cavidade craniana de *G. sveni*.

No Brasil são registrados parasitos da família Diplostomidae infectando diferentes espécies de peixes: Diplostomidae gen. sp. e *Tylodelphys* sp. parasitando *Hypostomus regani, H. strigariceps, H. albopunctatus, H. paulinus, Loricaria prolixa, L. piracicabae, Rhamdia quelem, Hoplosternum littorale* e *Hoplias malabaricus*, no rio Batalha, Estado de São Paulo (Pelegrini et al., 2018). A espécie *A. compactum* parasitando *Shizodon intermedius* no rio Paranapanema, estado de São Paulo (Ramos et al., 2016); *Acestrorhynchus falcirostris*, em rios do estado do Amazonas (Fernandes et al., 2017), *Potamorhina pristigaster e P. latior*, em lagos de várzea do rio Solimões e em *Plagioscion squamosissimus* no Reservatório de Promissão, rio Tietê (Lapera et al., 2017).

A presença de metacercárias da família Clinostomidae na superfície externa do peixe provoca a doença de mancha amarela ou mancha preta, tornando o peixe pouco atraente para os consumidores levando a perdas econômicas (Ferdorcák et al., 2019); além de servir como porta de entrada para outros patógenos, causando desconforto ao peixe (Portz et al., 2013). Algumas espécies possuem potencial zoonótico causando laringofaringite em seres humanos, podendo levar à morte por asfixia (Locke et al., 2010). É uma doença rara, mas em países asiáticos, onde comer peixe cru é uma tradição, as possibilidades de ocorrência desta infecção são maiores (Hirotaka et al., 2014).

O nematoide encontrado no presente estudo pertence à família Anisakidae Skrjabin e Karokhin, 1945. As larvas dessa família migram do local de infecção até a musculatura do hospedeiro, podendo causar zoonoses nos seres humanos ao consumirem o peixe contaminado (Knoff et al., 2013; D'amico et al., 2014). Tal migração pode ocorrer tanto nos peixes vivos, quanto após a captura. Por isso é importante o cuidado ao consumir peixe cru ou malcozido, recomenda-se que sejam bem cozidos ou congelados antes do consumo (Knoff et al., 2013; Eiras et al., 2018).

A nematose mais representativa transmitida por peixes em todo mundo é chamada de anisaquidose (Eiras et al., 2018). As larvas podem se alojar no interior dos órgãos, de maneira assintomática sem causar danos, morrendo após alguns dias e sendo eliminada por meio das fezes, assim como podem migrar para órgãos como baço, fígado, pulmão e de forma subaguda crônica (Souza et al., 2016). Abrigando-se no trato gastrointestinal pode causar náuseas, diarreia, dor e alergias causadas pelas toxinas que são liberadas pelos parasitos (Souza et al., 2016; Shamsi et al., 2017). Essa doença causada por membros da família Anisakidae são recorrentes em vários países do mundo como Japão, Alemanha, Holanda, Espanha, França e EUA (Hochberg et al., 2010). No Brasil, essa doença foi diagnosticada em humanos por endoscopia gastrointestinal (Cruz et al., 2010), contudo não é comum o relato da doença no país. No entanto, há muitos trabalhos relatando a ocorrência de parasitos dessa família em peixes (Rodrigues et al., 2015; Fontenelle et al., 2015; Santos et al., 2016). No presente estudo a prevalência e abundância da espécie *R. (S) hypostomi*, foi baixa, assim como relatado por Zago et al. (2013) em *G. proximus.* No entanto, é de se considerar possível risco para a saúde de moradores que vivem em torno do local em estudo, pois este peixe é bastante consumido pela população e também comercializado em peixarias da região da bacia Tietê-Jacaré.

A espécie *R. (S) hypostomi* encontrada nesse estudo se encontrava na fase adulta, sugerindo que *G. sveni* pode atuar como hospedeiro definitivo para nematoides dessa família. Apenas para o parasito *R. (S) hypostomi* houve significância entre as variáveis peso e abundância

parasitária (*rs* = 0,33; p = 0,03), ou seja, a abundância parasitária interferiu no peso do hospedeiro, apresentando correlação positiva.

A comunidade de *G. sveni* apresentou dispersão agregada, que é um evento comum entre comunidades de peixes de água doce, atuando na diminuição das competições interespecíficas entre os parasitos e no aumento da densidade e abundância tanto de parasitos como de hospedeiros (Von Zuben, 1997; Tavares-Dias et al., 2017). Os fatores ambientais e a sensibilidade do hospedeiro frente à infecção são as principais causas da distribuição agregada, podendo desenvolver diversidade na dispersão dos parasitas da população hospedeira. À medida que a prevalência aumenta os parasitos distribuem-se uniformemente entre os hospedeiros, essa proporção tem influência na média de parasitos por peixe proporcionando correlação positiva entre prevalência e de infecção e a média de parasitos por hospedeiro. Dessa forma, os valores de agregação diminuem com o aumento da prevalência e da quantidade média de parasitos (Von Zuben, 1997).

A análise da relação peso-comprimento de *G. sveni* mostrou crescimento alométrico negativo para as fêmeas, enquanto que os machos são praticamente isométricos. Moretto et al. (2008) mostraram que o crescimento para a *G. proximus* no reservatório do rio Tietê foi do tipo alométrico positivo, indicando que *G. sveni* se adaptou bem ao ambiente. Essa variável nos permite compreender que a forma do corpo de um peixe exprime informações sobre fatores ambientais que podem ser adaptados por esses organismos (Allan & Castilho, 2007). Foi observado que as fêmeas crescem mais em comprimento do que em peso, isso pode ser explicado pela presença de parasitos da família Diplostomidae presente nos olhos prejudicando a visão e consequentemente a alimentação, tornando-as mais magras, já que as fêmeas foram mais parasitadas que os machos.

Na relação peso-comprimento das populações de *G. sveni* dos três rios, os peixes do rio Tietê apresentaram crescimento alométrico negativo e os peixes dos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira crescimento alométrico positivo. Isto pode ser devido ao ambiente em que os peixes vivem, o rio Tietê é mais poluído em comparação aos demais rios, podendo resultar no desiquilíbrio da interação entre agente etiológico, hospedeiro susceptível e ambiente culminando em peixes aparentemente mais magros por tais interferências (Portz et al., 2013). No entanto, o fator de condição relativo para *G. sveni* foi em torno de 1, o que teoricamente revela que os peixes estavam em boas condições de saúde. Os efeitos negativos causados por parasitas patogênicos podem ser esperados, porém é difícil quantificar ou definir se esses causam diretamente

alteração no bem-estar dos hospedeiros (Ranzani-Paiva & Silva, 2004).

A diversidade média, respectivamente, para as três populações de *G. sveni* dos rios Jacaré-Pepira, Jacaré-Guaçu e Tietê foi de 0,61; 0,62 e 1,01; riqueza de 0,59; 0,52; 0,57 e a uniformidade foi 0,46; 0,62; 0,75. De acordo com os resultados a comunidade parasitária de *G. sveni* é caracterizada pela baixa diversidade, baixa riqueza e uniformidade. A baixa riqueza e uniformidade pode ser explicada pela baixa carga parasitaria encontrada na espécie hospedeira.

A diversidade é a composição de uma comunidade em relação ao número de espécies presentes em termos de distribuição e alteração dessa igualdade, pois as espécies não são iguais, algumas podem apresentar rara, média e alta abundância (Bush et al., 1997). Além disso, a diversidade está ligada à uniformidade (variação da abundância das espécies) e a riqueza (número de espécies presentes em um único hospedeiro). Nesse caso, hospedeiros que possuem aproximadamente a mesma quantidade de indivíduos são considerados como alta uniformidade e hospedeiros com grande diferença na abundância das espécies são caracterizadas por baixa uniformidade (Magurran, 1988).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allan JD, Castillo M.M. Stream Ecology, Structure and Function of Running Waters. Second Edition. Pub. Springer. Netherlands. 2007; 429 p. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.01997.x

Barson M, Bray R, Ollevier F, Huyse T. Taxonomy and faunistics of the helminth parasites of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), and *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from temporary pans and pools in the Save Runde River Floodplain, Zimbabwe. *Comp Parasitol*. 2008; 75(2): 228- 240. https://doi.org/10.1654/4337.1

Bellay S, Takemoto RM, Yamada FH, Pavanelli GC. Two new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea: Dactylogyridae), gill parasites of *Geophagus proximus* (Castelnau) (Teleostei: Cichlidae), from the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Zootaxa* 2009; 2081: 57-66. https://doi.org/10.5281/zenodo.187358

Bilong Bilong, C.F.; Njine, T. Dynamics of three populations of Monogeneans parasites of Hemichromis fasciatus Peters, 1858 in Lake City of Youndé and possible interest in intensive fish farming. *Annales de la Faculté des Sciences* 1998; (34): 295-303. https://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2008.1317.1323

Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms *J Parasitol* 1997; 83(4): 575-583. https://doi.org/10.7939/R3J38KV04

Bush AO, Holmes JC. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. *Can J Zool* 1986; 64(1): 142-152. https://doi.org/10.1590/S1984-29612013000400014

Brandão M, Luque JL, Scholz, T, Kostadinova A. New records and descriptions of digeneans from the Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* (Forster) (Aves: Sphenisciformes) on the coast of Brazil. *Syst Parasitol* 2013; 85**:** 79-98 (2013). https://doi.org/10.1007/s11230-013-9410-2

Caswell H. Predator mediated coexistence: a nonequilibrium model. The American Naturalist, 1988; (120): 317-339. https://doi.org/10.1086/283257

CESP (Companhia Energética de São Paulo), 2005. Programa de manejo pesqueiro- Atividades desenvolvidas 2000–2004, Plano de trabalho 2004–2005. Relatório OA/007/2005, São Paulo.

Clarke KR. Non-parametric multivariate analysis of changes in communit y structure. *Australian Journal of Ecology* 1993; (18):117-143. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x

Cruz AR, Souto PCS, Ferrari CKB, Allegretti SM, Arrais-Silva WW. Endoscopic imaging of the first clinical case of anisakidosis in Brazil. *Sci Parasitol* 2010; 11(2): 97-100. ISSN: 1582-1366.

D'amico P, Malandra R, Costanzo F, Castigliego L, Guidi A, Gianfaldoni D, Armani A. Evolution of the Anisakis risk management in the European and Italian context. *Food Res. Int* 2014; 64: 348-362. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.038

Eiras J.C. Elementos de ictioparasitologia. Fundação Eng. António de Almeida; 1994.

Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. 2ª edição, Maringá: Eduem; 2006.

Eiras JC, Pavanelli GC, Takemoto RM, Nawa Y. An Overiew of Fish-borne Nematodiase among Returned Travelers for Recent 25 years – Unexpected Diseases Sometions Far Away from the Origin. *Korean Journal Parasitology* 2018; 3(56): 215-227. https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.3.215v

Fernandes BMM, Justo MCN, Dos Anjos CS, Malta JCO, Dumbo, JC. Digenea parasites of *Acestrorhynchus falcirostris* (Osteichthyes, Acestrorhynchidae) in the state of Amazonas Brazil. *Braz J Parasitol* 2017; 4(26): 439-445. http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612017059

Fedorcák J, Smiga, L, Kutsokon I, Kolarcik V, Koscová L, Oros M, Kosco, J. Parasitic infection of *Cobitis elongatoides* Bacescu & Mayer, 1969 by zoonotic metacercariae *Clinostomum complanatum* (Rudolphi, 1814). *Journal of Fish Diseases* 2019. https://doi.org/10.1111/jfd.13097

Fernandes ES, Michelan G, Ribeiro FS, Takemoto RM, Lizama MAP. O bem-estar dos peixes na relação parasito-hospedeiro: conceitos e aplicações. In: Ranzani-Paiva MJT, Takemoto RM, Lizama MAP, Perazzolo LM, Rosa RD. Biotecnologia e sanidade de organismos aquáticos. São Paulo, ABRAPOA 2019.

Fontenelle G, Knoff M, Felizardo NN, Torres EJL, Lopes LMS, Gomes DC. Anisakidae and Raphidascarididae larvae parasitizing *Selene setapinnis* (Mitchill, 1815) in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2015; 24(1): 72–77. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.026

Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology* 2006; 22(4): 241-253. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Gibson DI, Jones A, Bray RA. Keys to the Trematoda. Wallingford:CABI Publishing and The Natural History Museum; 2002. https://doi.org/10.14411/fp.2003.010

Gois KS, Pelicice FM, Gomes LC, Agostinho AA. Invasion of an Amazonian cichlid in the upper Paraná River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species. *Hydrobiol*. 2015; 746(1): 401-413. https://doi.org/10.1007/s10750-014-2061-8

Gomiero LM, Braga FMS. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellatus* e *Cichla monoculus*, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande - MG/SP. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 2003; 1(25): 79-86. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v25i1.2119

Grobbelaar A, Van As LL, Butler HJB, Van As JG. Ecology of diplostomid (Trematoda: Digenea) infection in freshwater fish in southern Africa. *Afr Zool* 2015; 49(2): 222-232. https://doi.org/10.1080/15627020.2014.11407638

Hanski I. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos,* 1982; (38): 210-221. https://doi.org/10.2307/3544021

Hirotaka H, Miyauchi Y, Tahara S, Yamashita, H. Human laryngitis caused by *Clinostomum complanatum*. *Nagoya Journal of Medical Science* 2014; 76: 109-113.

Hochberg NS, Hamer DH, Hughes JM, Wilson ME. Anisakidosis: perils of the deep. *Clin Infect Dis* 2010; 51: 806-812. https://doi.org/10.1086/656238

Knoff M, São Clemente SC, Fonseca MCG, Felizardo NN, LIMA FC, Pinto RM, Gomes DC. Anisakidae nematodes in the blackfin goosefish, *Lophius gastrophysus* Miranda-Ribeiro, 1915 purchased in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Scient Biol Sci* 2013; 35: 129-133. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i1.12185

Lapera IM, Silva AC, Canônico BM, Perezin, GF, Tebaldi JH, Pala, G., Hoppe EGL. Metazoan parasites of *Plagioscion squamosissimus*, an invasive species in the Tietê River, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 2017; 26(2): 143-151. http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612017035

Leung, B. Aggregated parasite distributions on hosts in a homogeneous environment: examining the Poisson null model. *International Journal for Parasitology* 1998; (28): 1709-1712. https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00128-3

Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology* 1951; 20(2): 201-219.

Locke SA, McLaughlin JD, Dayanandan S, Marcogliese DJ. Diversity and specificity in *Diplostomum* spp. metacercariae in freshwater fishes revealed by cytochrome c oxidase I and

internal transcribed spacer sequences. *Int J Parasitol* 2010; (40): 333-343. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2009.08.012

Lucinda PHF, Lucena CA, Assis NC. Two new especies of cichlid fish genus *Geophagus* Heckel from the Rio Tocantins drainage (Perciformes: Cichlidae). *Zootaxa* 2010; 2429: 29-42. http://doi.org/10.5281/zenodo.194678

Magurran AE. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton; 1988.

Magurran AE. Measuring biological diversity. Blackwell Science; 2004.

Machado PM, Takemoto RM, Pavanelli GC. Diplostomum (*Austrodiplostomum*) *compactum* (Lutz, 1928) (Platyhelminthes, Digenea) metacercariae in fish from the floodplain of the Upper Paraná River, *Brazil. Parasitol Res* 2005; 97(6): 436-444. http://dx.doi.org/10.1007/s00436-005-1483-7. PMid:16151731

Marques H, Dias JHP, Belmont RAF, Boccardo AS. Efeitos da introdução de *Geophagus proximus* e *Satanoperca pappaterra* (Perciformes, Cichlidae) na pesca profisional no reservatório de Ilha Solteira, alto rio Paraná. II Encontro de Ciências da Vida, 2008, UNESP Ilha Solteira, SP 2008.

Moretto EM, Marciano FT, Velludo MR, Fenerich-Verani N, Espíndola ELG, Rocha O. The recent occurrence, establishment and potential impact of *Geophagus proximus* (Cichlidae: Perciformes) in the Tietê River reservoirs: an Amazonian fish species introduced in the Paraná basin (Brazil). *Biodivers Conserv*. 2008; 17:3013-3025. https://doi.org/10.1007/s10531-008-9413-5

Moravec F. Nematodes of Freshwater Fishes of the Neotropical Region. Academia. Praga, 1998.

McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S. Multivariate statistics for wildlife and ecology research: Springer; 2000.

Pelegrini LS, Januário FF, Azevedo RK, Abdallah VD. Biodiversity and ecology of the parasite infracommunities of Loricariaprolixa (Siluriformes: Loricariidae) from the Tietê-Batalha Basin, SP, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 2018; (40). https://doi.org/10.1007/s00436-019-06362-2

Portz L, Antonucci AM, Ueda BH, Dotta G, Guidelli G, Roumbedakis K, Martins ML, Carniel MK, Tavechio WLG. Parasitos de peixes de cultivo e ornamentais. In: Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC (Orgs.). Parasitologia: peixes de água doce do Brasil. Maringá: Editora EDUEM; 2013. p. 85-114.

Poulin R. The disparity between observed and uniform distributions: a new look at parasite aggregation. *International Journal for Parasitology* 1993; 7(23): 937-944. https://doi.org/10.1016/0020-7519(93)90060-C

Ranzani-Paiva MJT, Silva-Souza, AT. Coinfestation of gills by different parasite groups in the mullet, *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae): effects on relative condition factor. *Brazilian. Journal Biology* 2004; 64: 677–682. https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000400016

Ramos IP, Franceschini L, Zago AC, Zica ÉOP, Wunderlich AC, Lima FP, et al.: *Austrodiplostomum compactum* metacercariae (Digenea: Diplostomidae) in *Schizodon intermedius* (Characiformes: Anostomidae) from Jurumirim reservoir, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 2016; 25(2): 240-243.
http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612016035

Rohde K, Hayward C, Heap M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *International Journal For Parasitology*, 1995; (25): 945-970. https://doi.org/10.1016/0020-7519(95)00015-T

Rodrigues MV, Pantoja JCF, Guimarães CDO, Benigno RNM, Palha MDC, Biondi GF. Prevalence for nematodes of hygiene-sanitary importance in fish from Colares Island and Vigia, Pará, Brasil. *Rev Bras Ciênc Vet* 2015; 22(2): 124-128. https://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2015.364

Santos DS, Alves DR. Ocorrência de *Anisakis simplex* (nematoda: anisakidae) em bacalhau comercializado em Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad UniFOA* 2016; 31: 131–140. *e*-ISSN: 1982-1816

Souza ME, Cardoso EO, Leal LA, Lima TMP, Toledo RCC. Anisakidose humana: zoonose com risco potencial para consumidores de pescado cru. *Vet Zootec* 2016; 23(1): 25. https://doi.org/10.22256/pubvet.v6n25.1416

Shamsi S, Turner A, Wassens S. Description and genetic characterization of a new *Contracaecum* larval type (Nematoda: Anisakidae) from Australia. *J Helminthol* 2017; 1-7. https://doi.org/10.1017/s0022149x17000360

Tavares-Dias M, Oliveira MSB, Gonçalves RA, Neves LR. Parasitic diversity of a wild Satanoperca jurupari population, an ornamental cichlid in the Brazilian. *Acta Amazonica* 2017; (2): 155-162. http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201602514

Tavares-dias M, Marcon JL, Lemos JRG, Fim JDI, Affonso EG, Ono EA. Índices de condição corporal em juvenis de *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) na Amazônia. *Boletim do Instituto de Pesca* 2008; 2(34): 197-204.

Thatcher VE. Aquatic Biodiversity in Latin America: Amazon Fish Parasites Bulgaria Pensoft Publishers; 2006.

Travassos L, Freitas JTD, Kohn A. Trematódeos do Brazil. *Mem I Oswaldo Cruz* 1969; (67): 1-886.

UEM/Nupélia/Itaipu Binacional. Monitoramento do rendimento e da socioeconomia da pesca

no Reservatório de Itaipu. Relatório geral 2008, Maringá. 2009.

Vasconcelos HCG, & Tavares-Dias M. Host-parasite interaction between crustaceans of six fish species frm the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum* 2016; 1(38): 113-123.

Vazzoler AEAM. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Eduem/SBI, Ed. da Universidade Estadual de Maringá e Sociedade Brasileira de Ictiologia. Maringá: 1996. p. 169.

Von Zuben CJ. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. *Rev Saúde Pública* 1997; 31(5): 523-530. http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101997000600014

Zago AC, Franceschini L, Zocoller-Seno MC, Veríssimo-Silveira R, Maia AAD, Ikefuti CV, Silva RJ. The helminth community of *Geophagus proximus* (Perciformes: Cichlidae) from a tributary of the Paraná River, Ilha Solteira Reservoir, São Paulo State, Brazil. *J Helminthol*, 2013; (87): 203-211 https://doi.org/10.1017/S0022149X12000223

Zar, J.H. Biostatistical Analysis Prentice-Hall.Eryelwood Cliffs; 1996.

Zar JH. Biostatistical Analysis. New Jersey - USA: Prentice Hall; 1999.

Zica EOP, Wunderlich AC, Ramos IP, Silva RJ. *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) (Digenea, Diplostomidae) infectando *Geophagus proximus* Castelnau, 1855 (Cichlidae, Perciformes) in the Tietê river, nova Avanhandava reservoir, municipality of Buritama, São Paulo state, Brazil. *Neotrop Helminthol*, 2011; 4(1). https://doi.org/10.1017/S0022149X10000271

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Este estudo contribui para o conhecimento sobre os rios Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira e a fauna parasitológica de *G. sveni*, colaborando com futuras pesquisas que poderão ser desenvolvidas nesses locais com o propósito de melhorar os conhecimentos sobre a fauna parasitária dos peixes pertencentes a esta bacia;
2. *G. sveni* pode atuar como hospedeiro definitivo para nematoides da espécie *Raphidascaris (S) hypostomi*;
3. A presença de metacercárias sugere que *G. sveni* ocupa posição intermediária na cadeia trófica, já que as metacercárias da família Diplostomidae tem com hospedeiro definitivo as aves;
4. Na relação peso-comprimento não houve diferença significativa entre os sexos, visto que a espécie assume crescimento alométrico negativo, isso pode ter sido influenciado pelo evento do parasitismo;
5. A baixa diversidade dos parasitos de *G. sveni* nos rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira pode resultar do fato que estes rios estão sofrendo ações antropogênicas e/ou pelo fato que o hospedeiro é uma espécies alóctone da bacia do Tietê-Jacaré.