

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTERIOR – BADPI

**Diversidade dos metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836)
(Clupeiformes: Pristigasteridae) de um lago de várzea da Amazônia brasileira**

LUCIANA DA SILVA CARVALHO

Manaus, Amazonas

Maio, 2023

LUCIANA DA SILVA CARVALHO

**Diversidade dos metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836)
(Clupeiformes: Pristigasteridae) de um lago de várzea da Amazônia brasileira**

Orientador: JOSÉ CELSO DE OLIVEIRA MALTA Dr.

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Instituto Nacional de Pesquisas da
Amazônia como parte do requisito
para a obtenção do título de Mestre
em Ciências Biológicas.

Manaus, Amazonas

Maio, 2023



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



ATA DA DEFESA PÚBLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA INTERIOR

No dia 17 de Maio de 2023, às 14:00 horas, reuniu-se presencialmente a Banca Julgadora da **DEFESA PÚBLICA de MESTRADO**, composta pelos seguintes Doutores (as), membros titulares: Grazyelle Sebreński da Silva, Maria Inês Braga de Oliveira e Sérgio Luis Gianizella; tendo como membros suplentes: Aprígio Mota Morais e Edinaldo Nelson dos Santos-Silva, a fim de proceder a avaliação da DISSERTAÇÃO da discente **Luciana Da Silva Carvalho**, intitulada: **"Diversidade dos metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836) (Clupeiformes: Pristigasteridae) de um lago de várzea da Amazônia brasileira"**. O estudo foi conduzido sob a orientação de **José Celso de Oliveira Malta do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**.

Após a exposição da aula, dentro do tempo regulamentar, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Banca Julgadora, tendo recebido o conceito final:

- Aprovada (o) por unanimidade

MENÇÃO: - Com "Distinção"

- Aprovada (o) por maioria

- Com "Distinção e Louvor"

- Reprovada

Foi lavrada a ata e assinada pelos membros presentes da Banca Julgadora.

Grazyelle Sebreński da Silva INPA

Maria Inês Braga de Oliveira UFAM

Sérgio Luís Gianizella UFAM

Aprígio Mota Morais ADS

Edinaldo Nelson dos Santos-Silva INPA

Dra. Fabíola Xochilt Valdez Domingos Moreira
Coordenadora do PPG BADPI
PO: 62/2021 – INPA/MCTIC-PR

Esta Ata é um documento de comprovação único e exclusivo da Defesa Pública, não podendo ser usado para outro fim. O ÚNICO documento que comprova a titulação de MESTRE e DOUTOR é o respectivo DIPLOMA. O Regulamento do BADPI estabelece no seu Artigo 71 que, "Ao discente que houver completado todos os requisitos contidos nos Regulamentos Geral dos PPGs do INPA e do BADPI será conferido o título de Mestre ou Doutor, qualificado pela denominação do programa aprovado na CAPES completado com indicação, no diploma, da área de concentração, quando for o caso." Para obtenção do título o estudante deve cumprir ainda, o exigido nos Arts. 72, 73 e 74 do Regulamento do BADPI.

Programas de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – PPG INPA
Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior – PPG-BADPI
Av. André Araújo, 2.936 - Petrópolis - CEP 69080-971 - Manaus-AM – Caixa Postal: 2223 - Fone/Fax: (0xx92) 3643-3344
e-mail: badpi@inpa.gov.br <http://badpi.inpa.gov.br>

Sinopse

Este estudo se insere na sub-área de Ictioparasitologia. As coletas dos peixes foram realizadas entre agosto e novembro de 2022. Foram coletados e identificados 249 parasitos pertencentes a cinco grupos taxonômicos. *Pellona flavipinnis* é um novo hospedeiro para 5 espécies. Ele é hospedeiro definitivo de duas espécies e intermediário ou paratênico de três. Não houve correlação significativa das espécies parasitas de *Pellona flavipinnis* com o comprimento padrão dos peixes, indicando que há outros fatores que determinam a abundância e a riqueza das espécies. A sua fauna parasitária é originalmente marinha e três táxons mantiveram-se como parasitos na água doce: o Myxozoa, *Myxobolus* sp., o Acanthocephala *N. (N.) pellenis* e o Nematoda *Anisakis* sp.; o que indica uma coevolução entre a espécie hospedeira e seus parasitos. Somente duas espécies parasitas são exclusivamente de água doce, o Digenea *A. compactum* e o Branchiura *A. angelae*. Estas duas foram adquiridas no ambiente de água doce.

Palavras-chave: parasitos de peixe; água doce; Myxozoa; Digenea; Acanthocephala; Nematoda; Branchiura; Amazônia.

C331d Carvalho, Luciana Da Silva

Diversidade dos metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836) (Clupeiiformes: Pristigasteridae) de um lago de várzea da Amazônia brasileira / Luciana Da Silva Carvalho; orientador José Celso de Oliveira Malta. - Manaus: [s.l.], 2023.

2,56 MB

65p. : il. color.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023.

1. Parasitos de peixes. 2. Água doce. 3. Amazônia. I. José Celso de Oliveira Malta. II. Título

CDD 597

Aos meus avós paternos, Fatima Maria Alves Carvalho e Moacir Alves Carvalho pela minha criação e educação e que apesar das inúmeras dificuldades financeiras sempre lutaram pela minha pessoa. À minha prima Suellen Oliveira e ao meu sobrinho Benjamin Oliveira que são minha família e minha fonte de força.

Dedico este trabalho

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Dr. José Celso de Oliveira Malta pelo aprendizado adquirido durante esse projeto e pelo conhecimento compartilhado.

Ao Dr. Daniel Brito Porto pelo suporte na identificação taxonômica e nas primeiras coletas de campo, assim como, pelo auxílio em esclarecer minhas dúvidas.

À minha querida amiga de laboratório, M.Sc. Lorena Vieira de Matos pelo auxílio com as pranchas deste trabalho e nas coletas de campo. Sempre me ajudou no que eu precisava e compartilhou vários momentos do curso comigo. Sou grata por sua amizade e sua ajuda.

À Dra. Maria Inês Braga de Oliveira pela ajuda nas análises estatísticas e por ser um grande exemplo de docente e pesquisadora. Sou eternamente grata por sua ajuda, seus conselhos e pela sua incrível presença durante minha vida acadêmica.

À M.Sc. Amanda Karen Silva de Souza por todo auxílio prestado na elaboração desse projeto.

Ao Sr. Roberto, pescador da comunidade do lago Catalão que nos auxiliou nas coletas.

Ao Laboratório de Histologia Funcional da Universidade Federal do Amazonas pelo auxílio com as fotografias das lâminas deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

À FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) pela bolsa concedida.

A todos que colaboraram direta e indiretamente para a conclusão deste estudo.

“O universo não parece ser nem benevolente nem hostil, apenas indiferente às preocupações de criaturas insignificantes como nós.”

Carl Sagan

Resumo

Cinquenta e cinco espécimes de *Pellona flavipinnis* (comprimento médio 17,3cm ± 2,9 e peso médio 94g ± 77.5) foram capturados no complexo de lagos Catalão. Destes, 41 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de metazoário. Os peixes foram necropsiados de acordo as normas do Laboratório de Parasitologia de Peixes, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Duzentos e quarenta e nove parasitos foram identificados. *Pellona flavipinnis* é um novo hospedeiro para 5 espécies: 57 cistos de Myxozoa; 3 indivíduos de Digenea; 29 de Acanthocephala; 158 de Nematoda e 2 de Branchiura. Os cistos de Myxozoa, *Myxobolus* sp. parasitavam as brânquias e o opérculo; o Digenea *Austrodiplostomum compactum* o olho; o Acanthocephala *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowis* o intestino, o Nematoda *Anisakis* sp. o fígado, o estômago e o intestino e o Branchiura *Argulus angelae* o tegumento. A maior prevalência foi de *Anisakis* sp. com 58,1%, seguido de *N. (N.) pellowis* com 23,6%. As demais espécies ocorreram com baixa prevalência. Sessenta e três virgula quatro por cento da comunidade parasitária de *P. flavipinnis* foi dominada por *Anisakis* sp., apresentando maior grau de importância na comunidade. A fauna parasitária de *P. flavipinnis* compunha de uma espécie secundária e quatro espécies satélites. Apenas *Anisakis* sp. apresentou distribuição secundária, com prevalência de 58,1%. Não houve relação entre abundância e riqueza de parasitos e o tamanho dos peixes.

Palavras-chave: parasitos de peixe; água doce; Myxozoa; Digenea; Acanthocephala; Nematoda; Branchiura; Amazônia.

Abstract

Fifty-five specimens of *Pellona flavipinnis* (mean length 17.3cm \pm 2.9 and mean weight 94g \pm 77.5) were captured in the Catalão lake complex. Of these, 41 were parasitized by at least one species of metazoan. The fish were necropsied according to the rules of the Fish Parasitology Laboratory of the National Institute for Research in the Amazon. Two hundred and forty nine parasites were identified. *Pellona flavipinnis* is a new host for 5 species: 57 Myxozoa cysts; 3 individuals from Digenea; 29 from Acanthocephala; 158 of Nematoda and 2 of Branchiura. Myxozoa cysts, *Myxobolus* sp. they parasitized the gills and the operculum; the Digenea *Austrodiplostomum compactum* the eye; the Acanthocephala *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *pellonis* the intestine, the Nematoda *Anisakis* sp. the liver, stomach and intestine and Branchiura *Argulus angelae* the integument. The highest prevalence was of *Anisakis* sp. with 58.1%, followed by *N. (N.) pellonis* with 23.6%. The other species occurred with low prevalence. Sixty-three-point four percent of the parasitic community of *P. flavipinnis* was dominated by *Anisakis* sp., presenting the highest degree of importance in the community. The parasitic fauna of *P. flavipinnis* consisted of one secondary species and four satellite species. Only *Anisakis* sp. showed secondary distribution, with a prevalence of 58.1%. There was no relationship between abundance and richness of parasites and fish size.

Keywords: fish parasites; freshwater; Myxozoa; Digenea; Acanthocephala; Nematoda; Branchiura; Amazon.

Sumário

Lista de figuras e tabelas	9
1. Introdução	11
1.1. O hospedeiro: <i>Pellona flavipinnis</i> (Valenciennes, 1836)	14
1.2. As espécies de metazoários parasitos de <i>Pellona flavipinnis</i>	16
2. Objetivos	17
2.1. Geral	17
2.2. Específicos	17
3. Material e métodos	17
3.2. Coleta e amostragem dos peixes	18
3.3. Necropsia	19
3.4. Coleta, fixação dos parasitos e preparação das lâminas	20
3.5. Desenhos e medidas taxonômicas dos parasitos	21
3.6. Identificação das espécies parasitas	21
3.7. Análise dos dados	22
3.9. Análises estatísticas	23
4. Resultados	23
4.1. Composição da fauna parasitária de <i>Pellona flavipinnis</i>	23
4.2. Análise dos índices parasitários e descritores ecológicos	35
5. Discussão	39
5.1. A fauna parasitária de <i>Pellona flavipinnis</i>	39
5.2. A estrutura da infracomunidade de parasitos de <i>Pellona flavipinnis</i>	47
6. Conclusão	51
7. Referências	52

Lista de figuras e tabelas

- Figura 1:** Espécime de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836) coletada no complexo de lagos Catalão, estado do Amazonas.....14
- Figura 2:** Mapa da região do complexo de lagos Catalão (destacada no círculo) – Amazonas – Brasil. Fonte: Lopes *et al.* 2011.....17
- Figura 3:** Infracomunidades de parasitos de *Pellona flavipinnis*. Myxozoa (Myxoz.), Digenea (Dige.), Acanthocephala (Acantho.), Nematoda (Nemat.) e Branchiura (Branch.).....24
- Figura 4:** *Myxobolus* sp. A - Cistos (setas) aderidos no opérculo (OP), rastros (RB) e arcos branquiais (AB); B - detalhe do cisto; C - esporos de *Myxobolus* sp.; D - desenho de um espécime do gênero *Myxobolus* com a cápsula polar (CP) e a célula esporogênica (E); E: detalhe dos esporos com destaque para as estruturas da cápsula polar (CP) e célula esporogênica (E).....25
- Figura 5:** Metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz,1928) em vista ventral (Escala= 0,5mm). V - ventosa oral; P - pseudoventosas; F - faringe; OT - órgão tribocítico; T - testículos.....27
- Figura 6:** *Austrodiplostomum compactum* (Lutz,1928). A - Metacercária com Porção Anterior (PA) e Porção Posterior (PP); testículos (T); órgão tribocítico (OT) e células glandulares (CG); cecos intestinais (C) e faringe (F); ventosa oral (V) e pseudoventosas (P). B - Detalhe do órgão tribocítico (OT) presente região posterior da metacercária; C - Região anterior do corpo com cecos intestinais (C); faringe (F); ventosa oral (V) e pseudoventosas (P) visíveis.....27
- Figura 7:** *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowis*. A - Macho (Escala: 500 μ): P - probóscide munida de ganchos; L - lemniscos; T - testículos; C - glândula de cimento; RC - reservatório de cimento e VS - vesícula seminal. B - Fêmea (Escala: 500 μ): P - probóscide munida de ganchos; L - lemniscos; SR: Sistema reprodutivo com poro genital sub-terminal.....29
- Figura 8:** *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowis*. A - Macho com receptáculo da probóscide (R), lemnisco (L), testículos (T) e glândulas de cimento (GC) visíveis; B - detalhe da probóscide munida de ganchos e receptáculo da probóscide (R); C - região posterior de um macho com glândula de cimento (GC), reservatório de cimento (RC); vesícula seminal (VS) e ductos espermáticos (DE) visíveis; D - detalhe da região posterior de uma fêmea com útero ocupado por numerosos ovos (O).....30

Figura 9: <i>Anisakis</i> sp. parasito do trato digestivo de <i>Pellona flavipinnis</i> . PA - Porção anterior, D - Dente larval, PP - Porção posterior, A - Ânus, EC - Espinha caudal ou múcron.....	31
Figura 10: <i>Anisakis</i> sp. A - visão anatômica da cavidade celomática do hospedeiro com fígado (F) parasitado por larvas (L3) (setas); B - espécime de <i>Anisakis</i> sp. em estágio larval (L3) com esôfago (E), ventrículo (V) e intestino (IN) visíveis; C - região anterior com dente larval (D) e esôfago (E) em detalhe; D - região posterior com intestino (IN), reto (R), glândulas retais (GR) e cauda com múcron (asterisco).....	32
Figura 11: Fêmea de <i>Argulus angelae</i> Souza, Porto & Malta, 2019 em vista dorsal e ventral. Fonte: Souza, Porto e Malta, 2019.....	34
Figura 12: <i>Argulus angelae</i> . A - Fêmea com estilete (ES), ovócitos (O) e espermateca (E) visíveis; B - Detalhe da região anterior do cefalotórax com ventosas (V); C - Detalhe da região anterior do cefalotórax com boca (B) e dentes maxilares em círculo; D - Ovário com ovócitos (O) evidentes.....	34
Figura 13: A - Macho de <i>Argulus angelae</i> Souza, Porto & Malta, 2019 em vista dorsal. Fonte: Souza, Porto e Malta, 2019; B - Macho de <i>Argulus angelae</i> . Estilete (ES), boca (B) e dentes maxilares em círculo.....	35
Tabela 01. Índices parasitários de <i>Pellona flavipinnis</i> do complexo de lagos Catalão, Amazônia.....	36
Tabela 02. Valores do coeficiente de dominância (DA%) para as infracomunidades de <i>Pellona flavipinnis</i>	37
Figura 14. Correlação da riqueza de espécies parasitárias com o comprimento padrão de <i>P. flavipinnis</i>	38
Tabela 03. Valores do coeficiente de correlação por postos de Spearman (rs) para avaliar a relação entre o comprimento padrão de <i>Pellona flavipinnis</i> e sua abundância (p = nível de significância).	38

1. Introdução

Os peixes foram os primeiros vertebrados a surgirem na terra e viveram por um longo período em estreita associação com numerosas formas parasitárias (Thatcher 2006). O ambiente em que vivem é um facilitador da associação com invertebrados parasitos, pois o meio aquático facilita a propagação, a reprodução, a complementação do ciclo de vida e outros fatores de relevante importância para a sobrevivência de organismos parasitos (Malta 1984). Neste contexto, os peixes apresentam uma maior variedade e quantidade de parasitos do que qualquer outra classe de vertebrados (Poulin e Morand 2004).

Os organismos parasitos são importantes indicadores ou marcadores biológicos (Thomas *et al.* 1996; Fischer *et al.* 2003). Eles são sensíveis as perturbações ambientais e apresentam respostas rápidas a elas, alterando sua distribuição e abundância (Möller 1987). São utilizados como bioindicadores de estresse ambiental, principalmente à poluição (Koskivaara 1992; Valtonen *et al.* 1997).

Os parasitos são parte integrante dos ecossistemas e é necessário estudá-los para compreender como os ecossistemas funcionam. No entanto, o parasitismo ainda tem sido um componente negligenciado quando se trata de estudos sobre o funcionamento de ecossistemas e sua biodiversidade (Frainer *et al.* 2018).

Recentemente, os organismos parasitos foram reconhecidos como componentes importantes da biodiversidade global, com táxons pouco conhecidos e estudados (Poulin e Morand 2004). Estudos sobre a biodiversidade parasitária ainda são poucos, com muitas espécies a serem descritas, principalmente em ecossistemas neotropicais. Existem poucos taxonomistas remanescentes e em contraponto muitas espécies parasitas de peixes a serem coletadas e identificadas (Brooks 2000).

Como os parasitos só podem ser estudados após a identificação das espécies, estimativas da biodiversidade parasitária para qualquer área geográfica estão sempre aquém da diversidade real. Estudos taxonômicos podem solucionar esse problema, pois abordam a biodiversidade, a biogeografia e a distribuição das populações de parasitos e de seus hospedeiros intermediários e definitivos requeridos para o ciclo de vida (Overstreet 1997; Poulin e Morand 2004; Eiras *et al.* 2006).

A descoberta e a descrição de novas espécies representam uma importante contribuição ao conhecimento da biodiversidade de uma área. Além disso, trabalhos de cunho taxonômico são a base para os estudos de ecologia parasitária, como manejo ambiental, integridade biótica e conservação de bacias (Luque *et al.* 2013).

Os parasitos desempenham papéis importantes nos ecossistemas, regulando a abundância ou densidade das populações hospedeiras, atuando como controles biológicos. Para completar seu ciclo de vida, algumas dessas espécies parasitas levam os seus hospedeiros à morte, estes servirão de alimento para outros animais, estabilizando, dessa forma, as teias alimentares e estruturando as comunidades animais. Assim, um bom conhecimento da diversidade parasitária é crucial para a gestão e conservação ambiental (Poulin e Morand 2004).

Milhões ou milhares de espécies parasitas estão ameaçadas pelas mudanças climáticas, em escalas que variam de declínios locais à extinção global, essas perdas podem ter consequências importantes para o funcionamento e estabilidade do ecossistema. No entanto, há uma lacuna nos dados existentes: a maioria das espécies parasitas ainda não foram descobertas ou não foram nomeadas e poucas espécies têm distribuições ou tamanhos populacionais conhecidos e bem documentados. Programas de conservação, monitoramento da biodiversidade e a descrição de novas espécies podem resolver essas lacunas (Carlson *et al.* 2020).

A associação entre peixes e parasitos é também conhecida como relação parasito-hospedeiro, uma relação ecológica interespecífica, ou seja, que ocorre entre espécies diferentes. De modo geral, os parasitos estão constantemente evoluindo para maximizar a infectividade e o hospedeiro precisa adaptar-se rapidamente para minimizar essa infectividade e evitar grandes danos. São exemplos de coevolução e Co adaptação, onde o hospedeiro desenvolve novas defesas contra o parasito e este supera as barreiras impostas com sua variabilidade genética e mutações no DNA. Dessa forma, a relação parasito-hospedeiro procura se equilibrar ao longo do tempo, adaptando um organismo ao outro (Begon *et al.* 2006; Lefèvre *et al.* 2008).

Devido aos seus complexos ciclos de vida, os parasitos indicam muitos aspectos biológicos de seus hospedeiros, incluindo, dieta, migração, recrutamento, distinção populacional e filogenia (Galli *et al.* 2001). Além disso, vários fatores influenciam na relação complexa entre parasito e hospedeiro. Fatores como a posição trófica da espécie hospedeira, a sua biogeografia, sexo, idade, tamanho corporal, habitat, hábito alimentar, fisiologia, morfologia, respostas imunes e teciduais (Khan 2012) e, ainda, fatores abióticos, como a sazonalidade, podem afetar essa associação (Kadlec *et al.* 2003).

Em geral, os parasitos têm uma variedade de impactos em seus hospedeiros. Eles impõem demandas energéticas, alteram o comportamento, afetam a morfologia e a aparência,

reduzem a fecundidade, o crescimento e podem causar a morte de seus hospedeiros. Algumas alterações comportamentais podem levar ao aumento da vulnerabilidade à predação que, em alguns casos, é apenas um efeito colateral do parasitismo, mas em outros pode melhorar a transmissão para o próximo hospedeiro no ciclo de vida (Marcogliese 2004).

O tamanho corporal do hospedeiro, além de influenciar na relação parasito-hospedeiro, pode indicar a estrutura da infracomunidade parasitária e as alterações que pode sofrer durante a vida do hospedeiro (Esch *et al.* 1988). Normalmente ocorre um aumento no número de parasitos em relação ao comprimento do peixe (Malta 1982; 1984; Isaac *et al.* 2000; Guidelli *et al.* 2003). As maiores infestações ocorrem em peixes maiores, devido ao aumento do consumo de alimento, o que acarretaria uma maior ingestão de ovos de parasitos. Também existem estudos comparativos que mostram que a riqueza de espécies ectoparasitas aumenta com o tamanho corporal do hospedeiro ((Malta 1982; 1984; Morand 2000).

Para entender a estruturação das infracomunidades parasitárias, são utilizados os índices parasitários como prevalência, abundância e intensidade média. Além de apresentarem uma abordagem quantitativa da infracomunidade, ou seja, o número de parasitos que ocorrem em um hospedeiro ou o número de hospedeiros parasitados em uma amostra, eles também podem ser correlacionados com outros parâmetros que ajudam a entender como os parasitos estão interferindo na saúde do hospedeiro (Bush *et al.* 1997; Rózsa *et al.* 2000; Nabi *et al.* 2020; Jerônimo *et al.* 2020).

Os parasitos são também úteis para descrever mudanças na diversidade, prevalência e abundância de parasitos relacionadas a diferentes estressores ecológicos, utilizados como indicadores ambientais. Em condições de criação, indicam quando os estressores ecológicos, como, por exemplo, variações na temperatura e na qualidade da água, afetam a carga parasitária dos peixes e, conseqüentemente, a sua saúde (Bush *et al.* 1997; Rózsa *et al.* 2000; Nabi *et al.* 2020; Jerônimo *et al.* 2020).

1.1. O hospedeiro: *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836)



Figura 1: *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836) coletada no complexo de lagos Catalão, estado do Amazonas (Escala = 10 cm).

Pellona flavipinnis (Valenciennes, 1836) pertence à família Pristigasteridae que compreende nove gêneros e 38 espécies. Em Pristigasteridae estão incluídas as sardinhas marinhas e costeiras. A maioria das espécies é marinha e ocorre nas regiões tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico. Nas águas doces da Amazônia ocorrem cinco espécies: *Ilisha amazonica* (Miranda Ribeiro, 1920); *Pellona castelnaeana* Valenciennes, 1847; *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1837); *Pristigaster cayana* Cuvier, 1829 e *Pristigaster whitehead* Menezes & de Pinna, 2000 (Whitehead 1985; Severi e Verani 2006). Morfologicamente, elas são distinguidas de outras sardinhas (Clupeidae), pela nadadeira anal longa, com 30 ou mais raios e pelo corpo comprimido lateralmente. Vivem em zonas abertas de rios e boca de lagos. Até recentemente, os peixes dessa família, estavam incluídos na família Clupeidae (Santos *et al.* 2006).

Pellona flavipinnis é conhecida popularmente como apapá-branco, sua distribuição ocorre na América do Sul: Argentina (rio de la Plata até Buenos Aires, rio Paraná), Uruguai (rio Uruguai), Brasil (rios Tapajós, Amazonas, Juruá e provavelmente descendo até a foz), Guianas (Suriname, Guiana), Venezuela e Colômbia (bacia do Orinoco) (FAO 1985).

Pellona flavipinnis é uma espécie de grande porte, atingindo cerca 50 cm de comprimento, apresenta boca pequena e voltada pra cima, nadadeira anal longa e nadadeira dorsal situada no meio do corpo. É caracterizada por apresentar 13 a 14 espinhos na linha abdominal entre a base das nadadeiras ventral e anal e 25 a 29 rastros branquiais no ramo inferior do primeiro arco branquial. Sua coloração, em geral, é esbranquiçada e apenas a borda externa da nadadeira caudal é escura (Santos *et al.* 2006).

É considerado um peixe de hábito predominante noturno (Barthem 1987). É carnívoro e alimenta-se principalmente de peixes pequenos e insetos aquáticos. As presas são geralmente encontradas associadas às raízes de macrófitas aquáticas submersas. Sua atividade

alimentar é mais intensa à noite e no período das cheias, o que pode estar relacionado com uma maior disponibilidade de alimentos (Moreira-Hara *et al.* 2009).

Pellona flavipinnis é uma espécie gonocórica, podendo apresentar hermafroditismo anormal. O hermafroditismo anormal refere-se à ocorrência incomum de indivíduos hermafroditas em uma espécie gonocórica, possuindo tecidos reprodutivos funcionais de ambos os sexos (Sadovy e Shapiro 1987; Mitcheson e Liu 2008).

Um indivíduo capturado no lago Catalão apresentava a gônada bissexual do lado esquerdo. A histologia da gônada esquerda revelou a presença de células germinativas testiculares (espermatócitos e espermatozoides) na porção cranial e células ovarianas maduras (oócitos primários e vitelogênicos) na porção caudal, separadas por tecido conjuntivo. O espécime possuía tecidos sexuais masculinos e femininos no estágio maduro e provavelmente teria capacidade de se reproduzir como macho e fêmea, simultaneamente. Assim, a ocorrência desse indivíduo hermafrodita incomum na população foi considerada um caso de hermafroditismo anormal, muito provavelmente associado a uma anomalia do desenvolvimento (Colaço-Fernandes e Amadio 2018).

É uma espécie pelágica, migradora e não apresenta cuidado com a prole. O período de reprodução da espécie ocorre entre o final da seca e início da enchente, de acordo com o esperado para espécies migradoras das áreas de várzea: as fêmeas saem do lago, em período de seca, para reproduzir no leito do rio na enchente e, tanto os adultos como as larvas, usufruem da corrente de água durante a enchente (sentido rio-lago) para recolonizar o lago. A espécie apresenta desova total, ou seja, os ovócitos têm maturação sincrônica e são eliminados um único lote em cada período reprodutivo (Souza 2018; Colaço-Fernandes e Amadio 2018).

Para muitas pessoas, a proteína advinda do peixe é parte substancial de sua alimentação e a *P. flavipinnis* faz parte da dieta de muitos ribeirinhos (Moreira-Hara *et al.* 2009). Em 2003 *P. castelnaeana* e *P. flavipinnis* participaram com 0,02% do total da produção pesqueira desembarcada nos portos dos principais municípios do estado do Amazonas (Ruffino *et al.* 2006). Em Manaus, a comercialização de *P. castelnaeana* tem importância econômica em torno de 20% e de *P. flavipinnis* varia de 5 a 20% dependendo da época (Santos *et al.* 2006).

Pellona flavipinnis foi selecionada para este estudo por apresentar importância econômica para a população local e grande importância ecológica em lagos de várzea da Amazônia Central. Por ser um peixe carnívoro ocupa uma posição no topo da cadeia trófica em lagos de várzea, porém quando considerado o ambiente como um todo, pode ocupar uma

posição intermediária, uma vez que é predada por outros vertebrados como jacarés, lontras, ariranhas, botos, aves e humanos. Essa posição estratégica na cadeia trófica a credencia como uma espécie que pode atuar como hospedeiro intermediário, paratênico ou definitivo para diversas espécies de diferentes grupos de parasitos, facilitando a complementação de seus ciclos de vida (Poulin e Leung 2011).

1.2. As espécies de metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis*

Somente uma espécie parasita é citada para *P. flavipinnis*. Do filo Platyhelminthes, subfilo Rhabditophora, superclasse Neodermata, classe Monogeneoidea, (WoRMS 2020). A classe Monogeneoidea, também conhecida como Monogenea ou trematódeos monogênicos, é formada por platelmintos hermafroditas, principalmente ectoparasitas, com ciclos de vida diretos. Nos peixes, parasitam os filamentos brânquias, pele, fossas nasais, ureteres e alguns são encontrados nos ductos intestinais (Thatcher 2006).

Da subclasse Monopisthocotylea (Heteronchoinea), ordem Dactylogyridea, família Dactylogyridae e do gênero:

Telethecium Kritsky, Van Every & Boeger, 1996

Corpo fusiforme. Tegumento suave. Olhos quatro; grânulos oculares ausentes. Haptor não diferenciado do tronco. Faringe bulbosa, uma subunidade. Ceco confluyente. Gônadas se sobrepõem. Órgão copulatório composto por órgão copulador macho, peça acessória. Órgão copulador macho enrolado. Peça acessória articulada diretamente ao órgão copulador macho ou articulada a ele por ligamento copulatório. Vesícula seminal fusiforme. Reservatórios prostáticos arredondados curtos, ovalados. Ovário alongado de germario. Vagina sinistromarginal, esclerotizado. Ganchos “dactylogyrideos”, haste dividida em duas porções claramente definidas; 14 na margem posterior do haptor. Pares de âncoras dorsais e ventrais ausentes. Ventral, barras dorsais ausentes. Duas espécies são conhecidas. Parasitas do nariz de espécies de Osteoglossidae (Osteoglossiformes) e Pristigasteridae (Clupeiformes).

Telethecium paniculum Kritsky, Van Every & Boeger, 1996 de *Pellona flavipinnis* (Pristigasteridae).

Trabalhos sobre taxonomia e sistemática de parasitos de peixes são importantes para a descobertas e caracterização de novas espécies parasitas. Esses trabalhos são cruciais para completar o inventário da biodiversidade da Terra e também para monitorar e mitigar as ameaças de doenças na pesca e na aquicultura diante das ameaças das mudanças climáticas globais (Poulin *et al.* 2020).

2. Objetivos

2.1. Geral

Conhecer as espécies de metazoários parasitos de *Pellona flavipinnis* (Valenciennes, 1836) (Clupeiformes: Pristigasteridae) do lago Catalão, Amazonas.

2.2. Específicos

- Caracterizar as espécies de metazoários parasitos;
- Apresentar as diagnoses de cada grupo de parasitos e breves descrições taxonômicas;
- Analisar a infracomunidade parasitária através de índices parasitários e descritores ecológicos;
- Avaliar as correlações entre a abundância e a riqueza de espécies parasitas com comprimento padrão do peixe.

3. Material e métodos

3.1. Área de estudo

Os peixes foram coletados nos lagos Poção, Padre e Madalena, situados dentro do complexo de lagos Catalão (3°10'04``S e 59°54'45``W), localizado próximo ao município de Iranduba, no estado do Amazonas, distante cerca de 10 km da cidade de Manaus. Situado na várzea do rio Solimões, próximo de sua confluência com o rio Negro (Figura 2).

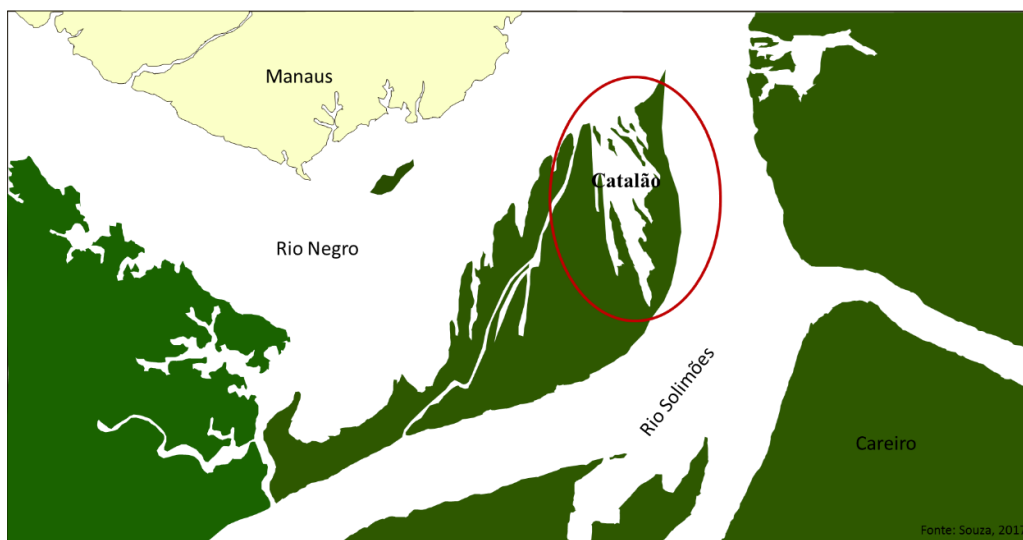


Figura 2. Mapa da região do complexo de lagos Catalão (destacada no círculo) – Amazonas – Brasil. Fonte: Lopes *et al.* 2011.

A área de estudo está situada em uma área de várzea, próximo a confluência do rio Solimões com o rio Negro. As várzeas são áreas periodicamente alagadas pelo transbordamento lateral dos rios ou lagos, por precipitação direta, afloramento do lençol freático e degelo dos Andes (Junk *et al.* 1989). Essas áreas são tipicamente inundadas por águas brancas, águas que apresentam cor turva a barrenta devido a elevada carga de material suspenso (Sioli 1985).

A variação no nível da água (pulso de inundação) influencia a conectividade do lago Catalão com os dois rios: durante o período de cheia, o lago é conectado aos dois rios e nos períodos de seca pode ficar totalmente isolado ou até mesmo secar completamente (Brito *et al.* 2014). Com o aporte de águas de ambos os rios, o lago Catalão é considerado um lago de águas mistas (brancas e pretas) (Almeida e Melo 2009).

Estudos limnológicos mostraram que as características da água do lago Catalão são controladas principalmente pelo regime de pulso de inundação dos rios Solimões e Negro (Almeida e Melo 2009; Brito *et al.* 2014; Caraballo *et al.* 2014). Embora o lago receba uma grande entrada de água dos dois rios, o rio Negro parece ter maior influência na qualidade da água durante o período inicial da cheia, resultando em valores mais baixos de condutividade e pH, e o rio Solimões tem influência dominante na maioria dos outros períodos (Brito *et al.* 2014; Caraballo *et al.* 2014).

3.2. Coleta e amostragem dos peixes

Foram utilizadas redes de espera de malhas de 25 a 70 mm entre nós adjacentes, dispostas aleatoriamente nos lagos. As capturas foram realizadas no período crepuscular e noturno, quando a atividade alimentar dos espécimes de *P. flavipinnis* é mais intensa (Moreira-Hara *et al.* 2009). O horário das coletas foi de 18:00 à 00:00 horas, com vistorias sendo realizadas a cada 2 horas. As pescarias foram feitas com a licença registrada no nº 013/2022– CEUA/INPA e nº 81506-1 - SISBIO. Devido a pandemia de Covid-19 as coletas foram realizadas nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2022.

Após a retirada das redes de espera, os espécimes foram transferidos para um balde contendo gelo, com a finalidade de reduzir a temperatura corporal e induzi-los à hipotermia. Em seguida, foram eutanasiados por secção medular, de acordo com as diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA 2013.

O choque térmico com água e gelo tem efeito anestésico e é um dos métodos de abate mais utilizados em espécies de peixes de criação marinho e continental (Bagni *et al.* 2007; Alvarez *et al.* 2008; Acerete *et al.* 2009). O uso de anestésicos em estudos parasitológicos de peixes pode influenciar na captura dos ectoparasitos, uma vez que podem acarretar a evasão desses organismos no momento da anestesia. Sendo assim, justificável o uso do método de imersão em gelo neste trabalho.

Logo após a captura, as *P. flavipinnis* foram examinadas para procura de ectoparasitos na superfície do corpo; base das nadadeiras; brânquias; cavidades branquial, bucal e anal. Quando encontrados foram coletados, fixados e conservados de acordo com o grupo para posterior identificação no Laboratório de Parasitologia de Peixes (LPP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (Morais *et al.* 2010).

O comprimento padrão (cm) dos espécimes foi obtido com o auxílio de um ictímetro e pesados com o auxílio de uma balança manual (peso em gramas).

Como se trata de espécimes de populações naturais o efetivo populacional é desconhecido e, conseqüentemente, não é estatisticamente possível estabelecer um grau de confiança para detectar pelo menos um exemplar parasitado para um determinado grau de prevalência. Dessa forma o tamanho da amostra foi o maior possível levando em conta as possibilidades de coleta, posterior armazenamento e processamento do material (Eiras *et al.* 2006).

3.3. Necropsia

Para cada *P. flavipinnis* uma ficha de necropsia foi aberta, onde os dados a seguir foram registrados: local coletado e dados biométricos (peso e comprimento padrão) do peixe, dia, hora, coletor, necropsiador, aparência externa, sexo e estágio gonadal (quando possível), número de parasitos e local de fixação. As necrópsias dos peixes para o estudo da fauna parasitária foram realizadas em campo, na base flutuante do INPA, seguindo um roteiro adaptado do Laboratório de Parasitologia de Peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (LPP-INPA) descrito em Morais *et al.* (2010).

Após a necropsia dos peixes, o tubo digestório e glândulas anexas como fígado, baço e vesícula foram fixados em etanol 70%. A região cefálica que contém o conjunto branquial, olhos e narinas foram fixados em formol 5%. Os órgãos foram acondicionados, separadamente, em frascos de vidro, etiquetados, registrando o local de coleta, data, coletor e número do peixe. Os frascos de vidro contendo os órgãos fixados foram acondicionados em

caixa de isopor e transportados para o Laboratório de Parasitologia de Peixes do INPA para análise.

3.4. Coleta, fixação dos parasitos e preparação das lâminas

Os parasitos encontrados foram coletados, fixados e preparados para identificação, seguindo metodologia específica para cada grupo.

Myxozoa: Os cistos foram coletados das brânquias e do opérculo branquial com o auxílio de pinças e tesouras. Após, foram conservados em etanol 70%.

Para o estudo morfológico de mixosporídeos, os cistos foram rompidos com agulhas de dissecação e seu conteúdo examinado em lâmina com lamínula utilizando etanol 70%. No microscópio óptico foram examinados no aumento de 400x (Thatcher 2006).

Digenea: para a coleta dos digeneas foram examinados, com auxílio de estereomicroscópio: o trato digestivo a procura de adultos; o fígado, o tegumento, o mesentério, a cavidade ocular e o humor vítreo a procura de metacercárias encistadas ou livres (Eiras *et al.* 2006). Cada órgão foi colocado em uma placa de Petri, onde foi aberto e coberto com soro fisiológico 0,85% (Amato *et al.* 1991). Os digenéticos encontrados foram coletados com pincéis finos, estiletes e fixados em etanol 70%. Para o estudo das características morfológicas, foram feitas lâminas permanentes utilizando o método de Carmim Alcoólico de Langeron, diafanizados em fenol e creosoto de faia e montados em lâmina e lamínula em bálsamo do Canadá (Amato *et al.* 1991; Eiras *et al.* 2006).

Acanthocephala: Os acantocéfalos foram coletados do intestino dos hospedeiros com o uso de pincéis finos, estiletes e pinças, evitando o rompimento da probóscide e evitando que ela ficasse presa na parede intestinal. Em seguida foram fixados e armazenados em etanol 70% (Amato *et al.* 1991). Para os estudos morfológicos, os acantocéfalos foram corados com carmim alcoólico de Langeron (Eiras *et al.* 2006).

Nematoda: Os nematóides foram coletados do trato digestivo dos hospedeiros com pincéis finos, estiletes e pinças. Foram examinadas as cavidades do corpo, como a órbita ocular, a procura de nematóides adultos. A musculatura, o mesentério, o intestino e o fígado foram examinados a procura de larvas e adultos. Os órgãos foram colocados separadamente

em placas de Petri contendo solução salina a 0,65% (Moravec 1998). Os espécimes encontrados foram transferidos para outra placa de Petri contendo solução salina a 0,65%, com a finalidade de efetuar a limpeza dos parasitos com auxílio de pincel e estiletos. Uma vez limpos, os nematóides foram transferidos para frascos contendo etanol 70%, onde foram conservados (Amato *et al.* 1991).

Para estudo das características morfológicas, os espécimes de Nematoda foram clarificados com o uso de álcool glicerinado a 10% (10% de glicerina e 90% de etanol 70%), entre lâmina e lamínula (Moravec 1998).

Crustacea: Para a coleta de Branchiura, a superfície externa do corpo, nadadeiras, cavidade bucal e branquial, parede interna do opérculo e aberturas no abdômen dos hospedeiros foram examinadas. Os crustáceos encontrados foram coletados com pincéis finos, estiletos e pinças, fixados e conservados em etanol 70% (Malta 1982; 1984; Malta e Varella 1983).

Para o estudo dos Branchiura, lâminas escavadas contendo glicerina e álcool 70% foram utilizadas para montagens provisórias com espécimes inteiras (Malta e Varella 2000).

3.5. Desenhos e medidas taxonômicas dos parasitos

Os desenhos foram feitos a partir de lâminas permanentes e provisórias. Foi utilizado uma câmara clara acoplada ao microscópio de luz Zeiss Leica ICC50 W. Todas as pranchas apresentadas são originais, exceto o desenho do exemplar de *Argulus angelae* Souza, Porto & Malta, 2019, onde a autoria é indicada na legenda da figura.

A morfometria dos indivíduos foi feita utilizando uma ocular micrométrica acoplada ao microscópio de luz. Todas as medidas foram apresentadas em milímetros (mm). As medidas morfométricas foram expressas pelos valores das médias.

3.6. Identificação das espécies parasitas

Para identificação das espécies parasitas encontradas em *P. flavipinnis* foram utilizadas as suas características morfológicas, assim como, as descrições originais e bibliografias específicas: Amin 2002; 2013; Kritsky *et al.* 1996; Malta e Varella 1983; 2000; Kohn e Santos 1988; Kohn *et al.* 1995; Moravec 1998; Thatcher 2006; Souza *et al.* 2017; 2018; Souza, Porto *et al.* 2019; Souza 2018; Souza *et al.* 2017; 2018a; 2018b; 2018c; 2019; Souza e Malta 2018; 2019.

3.7. Análise dos dados

A abordagem quantitativa foi feita em nível de infrapopulações parasitárias, sendo calculados e analisados os índices parasitários de Prevalência (P), Intensidade (I); Intensidade média (IM) e Abundância média (A) (Margolis *et al.* 1982).

1- **Prevalência** (P) (expressa em porcentagem) - número de peixes parasitados, dividido pelo número de peixes examinados multiplicado por 100.

2 - **Intensidade** (I) - número de indivíduos de uma espécie particular de parasita em um único hospedeiro parasitado.

3 - **Variação da intensidade** - expressa uma variação numérica iniciando sempre em um (1) – números mínimo e máximo de parasitos de uma espécie de cada peixe parasitado.

4 - **Intensidade média** (IM) - número total de cada espécie parasita na amostra de uma espécie de peixe, dividido pelo número de peixes parasitados na amostra (média de espécie parasita por peixe parasitado).

5 - **Abundância** (A) - número de indivíduos de uma espécie particular de parasito em um ou sobre um único hospedeiro, independentemente de o hospedeiro estar ou não parasitado.

6 - **Abundância média** (AM) - número total de parasitos na amostra de uma espécie de peixe, dividido pelo número total de peixes (parasitados e não parasitados) na amostra.

Status comunitário ou grau de importância dos táxons: Para analisar a estrutura da infracomunidade parasitária de *P. flavipinnis*, cada espécie de parasito (infrapopulação) foi classificada de acordo com a hipótese de Bush e Holmes (1986) que consiste em classificar as espécies em centrais, secundárias e satélites baseando-se na prevalência. Foram divididas em:

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

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

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

3.9. Análises estatísticas

Na análise da estrutura da infracomunidade parasitária, foi calculado o Índice de Dominância (DA) para determinar o grau de dominância de cada componente na infracomunidade de parasitos de *P. flavipinnis*.

Índice de Dominância (DA): Este índice foi calculado a partir da dominância relativa média, o cálculo é baseado no número de parasitos de uma espécie dividido pelo número total de parasitos de todas as espécies (Serra-Freire 2002). Este índice mede o grau de importância de cada espécie na infracomunidade e é expresso em porcentagem.

$$DA = \frac{NA}{NA + NB + NC + \dots + NN} \times 100$$

Onde:

NA = número de indivíduos da espécie A;

NA+NB+NC+...NN = número de indivíduos das espécies A, B, C... N.

Correlação é a associação ou a interdependência entre duas ou mais variáveis (Serra-Freire 2002). Para as correlações entre a abundância e riqueza de espécies parasitárias com o comprimento padrão do peixe foi utilizado o teste estatístico de correlação de Spearman (Rs), não paramétrico, utilizado quando pelo menos uma variável apresentar distribuição de Poisson ou binomial negativa.

As comparações estatísticas foram realizadas no BioEstat 5.0 e GraphPrism 5.0. O nível de significância estatística adotado foi $P < 0,05$.

4. Resultados

Foram coletados, necropsiados e examinados 55 espécimes de *P. flavipinnis* provenientes de três lagos do complexo Catalão: Poção, Padre e Madalena. Os peixes apresentaram comprimento médio $17,3\text{cm} \pm 2,9$ e peso médio $94\text{g} \pm 77,5$. Destes, 41 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de metazoário.

4.1. Composição da fauna parasitária de *Pellona flavipinnis*

Duzentos e quarenta e nove parasitos foram identificados pertencentes aos filos: Cnidaria (Myxozoa), Platyhelminthes (Digenea), Acanthocephala, Nematoda e Arthropoda (Branchiura) (Figura 3).

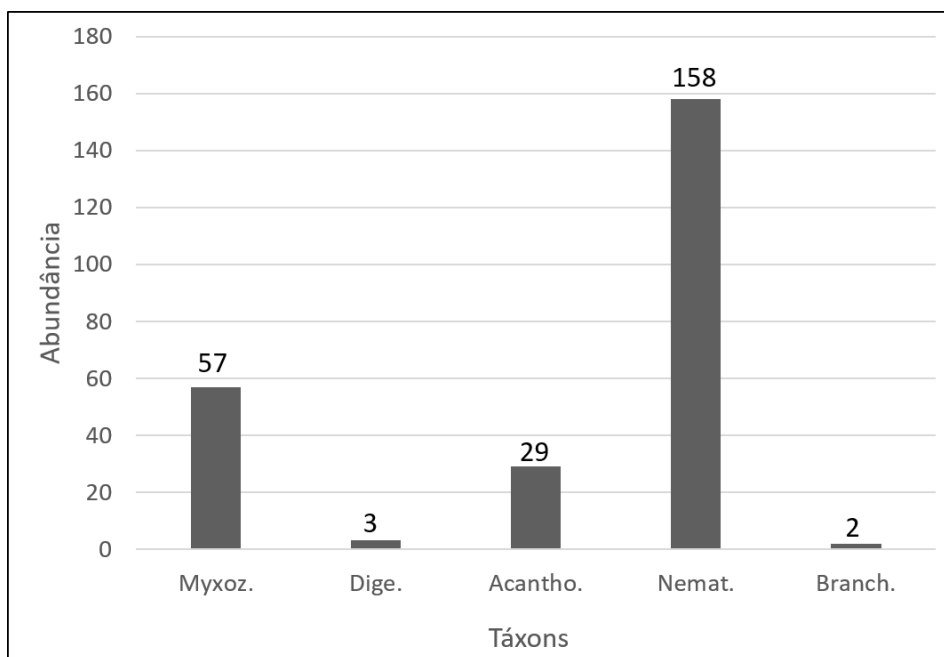


Figura 3: Infracomunidades de parasitos de *Pellona flavipinnis*, Myxozoa (Myxoz.), Digenea (Dige.), Acanthocephala (Acantho.), Nematoda (Nemat.) e Branchiura (Branch.)

Myxozoa

Foram encontrados cinquenta e sete cistos de mixosporídeos parasitando *P. flavipinnis*.

Taxonomia

Filo Cnidaria Hatschek, 1888

Classe Myxozoa Grasse, 1970

Subclasse Myxosporea Bütschli, 1881

Ordem Bivalvulida Shulman, 1959

Subordem Platysporina Kudo, 1919

Familia Myxobolidae Thélohan, 1892

Gênero *Myxobolus* Bütschli, 1882

Uma espécie de Myxozoa *Myxobolus* sp. parasitava *P. flavipinnis*.

Diagnose baseada em 5 mixosporídeos. Os cistos contêm grande número de esporos vegetativos (não móveis) compostos por 2 valvas. Os esporos possuem comprimento de 0,010 e 0,006 de largura: Dentro de cada espora, podem ser observadas 2 cápsulas polares

alongadas e de tamanho iguais, com 0,005 de comprimento e 0,002 de largura. As cápsulas polares estão localizadas apenas em uma extremidade do esporo. Os esporos não apresentam apêndices, prolongamentos ou caudas.

Comentários: Devido ao fato de que os esporos de mixosporídeos são muito pequenos e similares entre si, o uso de técnicas moleculares é de relevante importância para o estudo taxonômico deste grupo (Molnár *et al.* 2002; Zhao *et al.* 2008; Carriero 2011). Neste trabalho foi feito o primeiro registro de cistos de *Myxobolus* sp. encontrados nas brânquias e opérculo de *P. flavipinnis*.

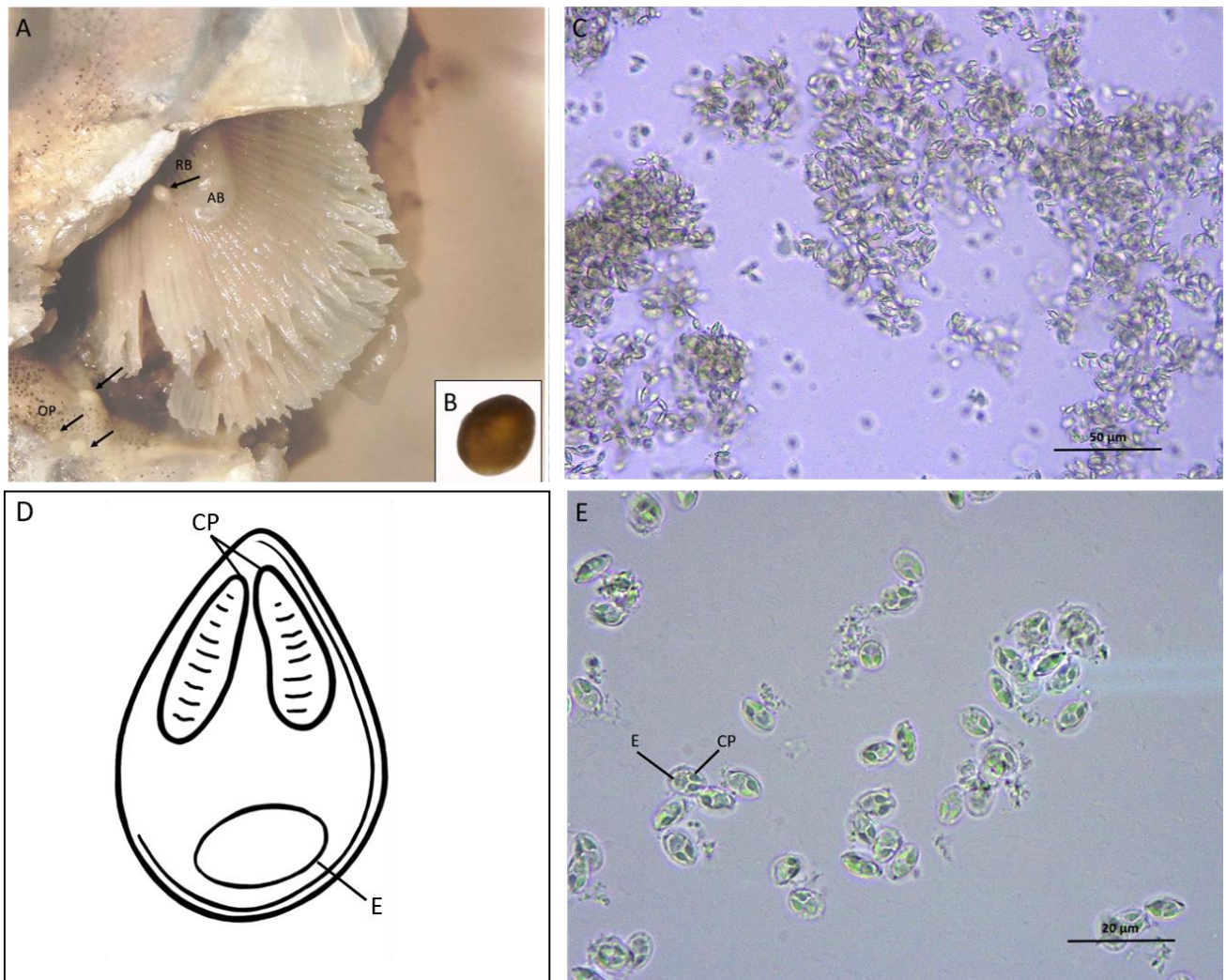


Figura 4: *Myxobolus* sp. A - Cistos (setas) aderidos no opérculo (OP), rastros (RB) e arcos branquiais (AB); B - detalhe do cisto; C - esporos de *Myxobolus* sp.; D - desenho de um espécime do gênero *Myxobolus* com a cápsula polar (CP) e a célula esporogênica (E); E: detalhe dos esporos com destaque para as estruturas da cápsula polar (CP) e célula

Trematoda

Três metacercárias de Digenea foram encontradas parasitando o globo ocular de *P. flavipinnis*.

Taxonomia

Filo Platyhelminthes Minot, 1876

Classe Trematoda Rudolphi, 1808

Subclasse Digenea Carus, 1863

Família Diplostomidae Poirier, 1886

Subfamília Diplostominae Poirier, 1886

Gênero *Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951

Uma espécie de metacercária ocorreu parasitando *P. flavipinnis*, *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928).

Diagnose baseada em três metacercárias. Corpo alongado e foliáceo, parte ventral ligeiramente côncava. Comprimento total de 0,9 e largura de 0,36. Região anterior com uma pequena ventosa oral subterminal com 0,07 de comprimento e 0,09 de largura e duas pseudoventosas laterais medindo 0,06 de comprimento e 0,08 de largura. Ceco intestinal com bifurcação até a faringe e na região posterior até ao órgão tribocítico. Presença de faringe oval e esôfago curto. Órgão tribocítico oval com 0,56 de comprimento e 0,21 de largura. Células glandulares ocupando a maior parte da região anterior, estendendo-se desde o início do ceco intestinal até a região anterior do órgão tribocítico. Gônadas pouco desenvolvidas, posteriores ao órgão tribocítico. Acetábulo ausente ou pouco desenvolvido.

Comentários: As medidas dos caracteres morfológicos de *A. compactum* estão de acordo com a variação registrada em Kohn *et al.* 1995.

A maioria dos digenéticos com potencial patogênico pertencem às famílias Diplostomidae e Clinostomidae, cujas metacercárias ficam encistadas na superfície corporal e órgãos internos dos peixes, provocando diversas lesões (Thatcher 2006) Neste trabalho, as metacercárias parasitavam os olhos de *P. flavipinnis*. Portanto, *P. flavipinnis* torna-se um novo hospedeiro de *A. compactum*.

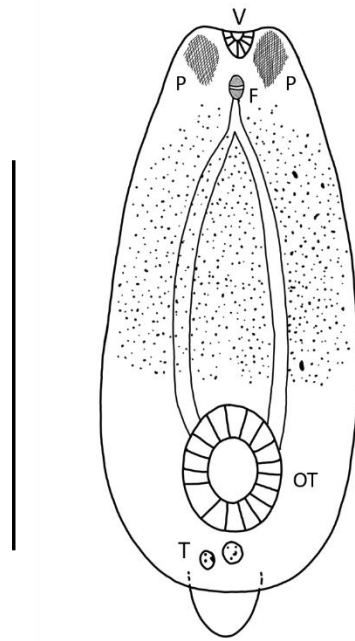


Figura 5: Metacercária de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz,1928) em vista ventral (Escala= 0,5mm). V - ventosa oral; P - pseudoventosas; F - faringe; OT - órgão tribocítico; T - testículos.

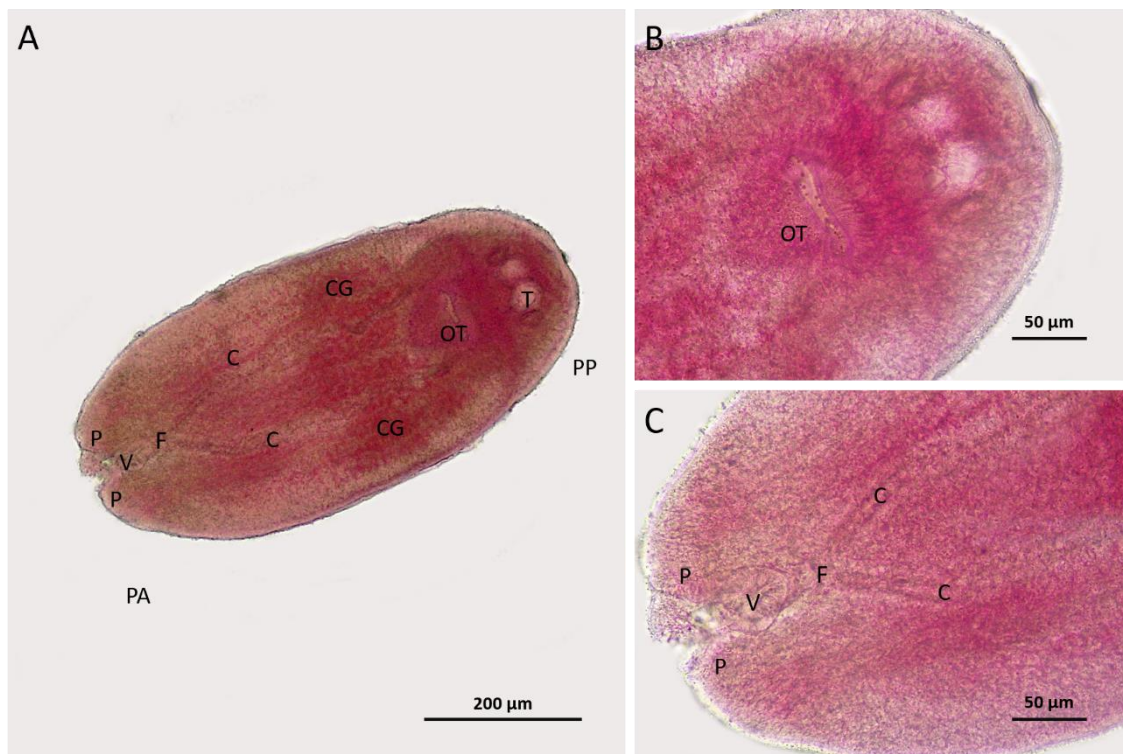


Figura 6: *Austrodiplostomum compactum* (Lutz,1928). A - Metacercária com Porção Anterior (PA) e Porção Posterior (PP); testículos (T); órgão tribocítico (OT) e células glandulares (CG); cecos intestinais (C) e faringe (F); ventosa oral (V) e pseudoventosas (P); B - Detalhe do órgão tribocítico (OT) presente região posterior da metacercária; C - Região anterior do corpo com cecos intestinais (C); faringe (F); ventosa oral (V) e pseudoventosas (P) visíveis.

Acanthocephala

Vinte e nove espécimes de *Neoechinorhynchus* foram coletados no intestino de *P. flavipinnis*.

Taxonomia

Filo Acantocephala Rudolphi, 1801

Família Neoechinorhynchidae Van Cleave, 1929

Subfamília Neoechinorhynchinae Travassos, 1926

Gênero *Neoechinorhynchus* Stilles & Hassal, 1905

Subgênero *Neoechinorhynchus* Stilles & Hassal, 1905

Uma espécie ocorreu parasitando *P. flavipinnis*, *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *pellonis* Souza & Malta, 2019.

Diagnose baseada em cinco indivíduos machos e duas fêmeas. Corpo esbranquiçado e cilíndrico. Região anterior do tronco espinhoso e fusiforme curvado ventralmente. Sistema lacunar de túbulos longitudinais dorsais e ventrais anastomosados, com seis núcleos gigantes presentes na parede do corpo (5 dorsal e 1 ventral). Probóscide curta, globular, ligeiramente mais longo do que largo. Probóscide armada com 18 ganchos, distribuídos em 6 linhas diagonais com 3 ganchos em cada três séries circulares. Ganchos da primeira série, na região terminal da probóscide, são maiores em relação aos ganchos das séries subsequentes até ao pescoço. Probóscide recipiente longo, simples. Lemnisco alongado, desigual. Testículos alongados, contíguos, pós equatoriais. Glândula de cimento sincicial, reservatório de cimento alongado. Poros genitais terminal em machos e subterminais em fêmeas. Ovos elípticos e alongados, com casca concêntrica.

Macho: Corpo com 4,7 de comprimento e 0,44 de largura. Probóscide 0,09 de comprimento e 0,10 de largura. Comprimento de ganchos da probóscide no círculo anterior 0,06 e largura de 0,008. Comprimento de ganchos da probóscide no círculo médio e posterior 0,019 e largura de 0,003. Pescoço 0,08 de comprimento e largura de 0,108. Bainha com 0,43 de comprimento e largura de 0,12. Lemniscos com 1,1 de comprimento e 0,042 de largura.

Fêmea: Corpo com 19,95 de comprimento 0,387 de largura. Probóscide com 0,13 de comprimento e 0,11 de largura. Comprimento de ganchos da probóscide no círculo anterior

0,056 e largura de 0,00875. Comprimento de ganchos da probóscide no círculo médio e posterior 0,021 e largura de 0,002. Pescoço 0,34 de comprimento e largura de 0,1. Bainha com 0,45 de comprimento e largura de 0,15. Lemniscos com 0,9 de comprimento e 0,06 de largura. Fêmea maior que o macho.

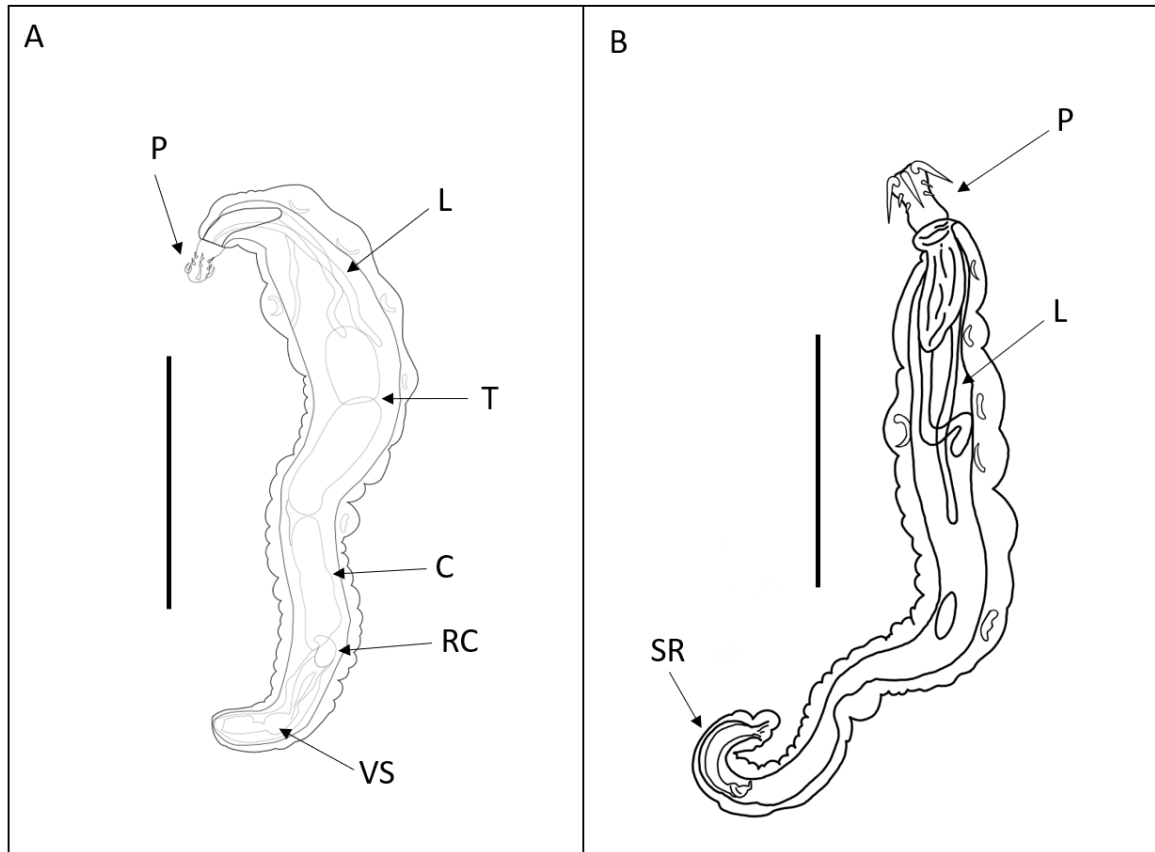


Figura 7: *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowis* Souza & Malta, 2019.

A - Macho (Escala: 500 μ): P - probóscide munida de ganchos; L - lemniscos; T - testículos; C - glândula de cimento; RC - reservatório de cimento e VS - vesícula seminal. B - Fêmea (Escala: 500 μ): P - probóscide munida de ganchos; L - lemniscos; SR: sistema reprodutivo com poro genital subterminal.



Figura 8: *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowi* Souza & Malta, 2019. A – Macho com receptáculo da probóscide (R), lemnisco (L), testículos (T) e glândulas de cimento (GC) visíveis; B - detalhe da probóscide munida de ganchos e receptáculo da probóscide (R); C - região posterior de um macho com glândula de cimento (GC), reservatório de cimento (RC); vesícula seminal (VS) e ductos espermáticos (DE) visíveis; D – detalhe da região posterior de uma fêmea com útero ocupado por numerosos ovos (O).

Comentários: Neste trabalho as medidas dos espécimes analisados de *N. (N.) pellowi* estão de acordo com os apresentados por Souza e Malta 2019.

Nematoda

Foram coletadas cento e cinquenta e oito larvas em estágio L3.

Taxonomia

Filo Nematoda Rudolphi, 1808

Classe Adenophorea Linstow, 1905

Ordem Ascaridida Skrjabin & Schutz, 1940

Superfamília Ascaridoidea, Railliet & Henry, 1905

Família Anisakidae Railliet & Henry, 1912

Gênero *Anisakis* Dujardin, 1945

Uma espécie de Nematoda, *Anisakis* sp. (larva de 3^o estágio), parasitava *P. flavipinnis*.

Descrição baseada em 5 larvas não encapsuladas encontrados no intestino de *P. flavipinnis*. Corpo bastante alongado, cilíndrico e com coloração esbranquiçada. Comprimento do corpo: 12,3 e largura de 0,33. Cutícula com finas estrias transversais. Esôfago muscular com 0,64 de comprimento e 0,05 de largura. Esôfago granular com 0,23 de comprimento e 0,08 de largura. Neste trabalho, as larvas L3 foram encontradas na superfície do fígado, estômago e intestino.

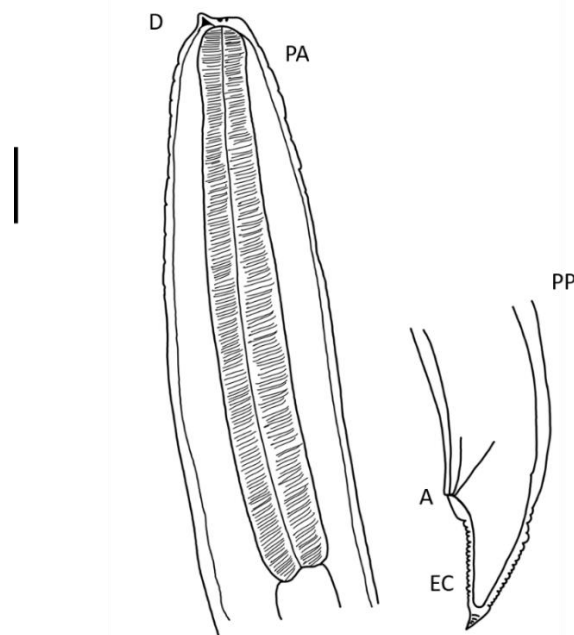


Figura 9: *Anisakis* sp. parasito do trato digestivo de *Pellona flavipinnis*. PA - Porção anterior, D - Dente larval, PP - Porção posterior, A - Ânus, EC - Espinha caudal ou mucron (barra = 1,0mm).

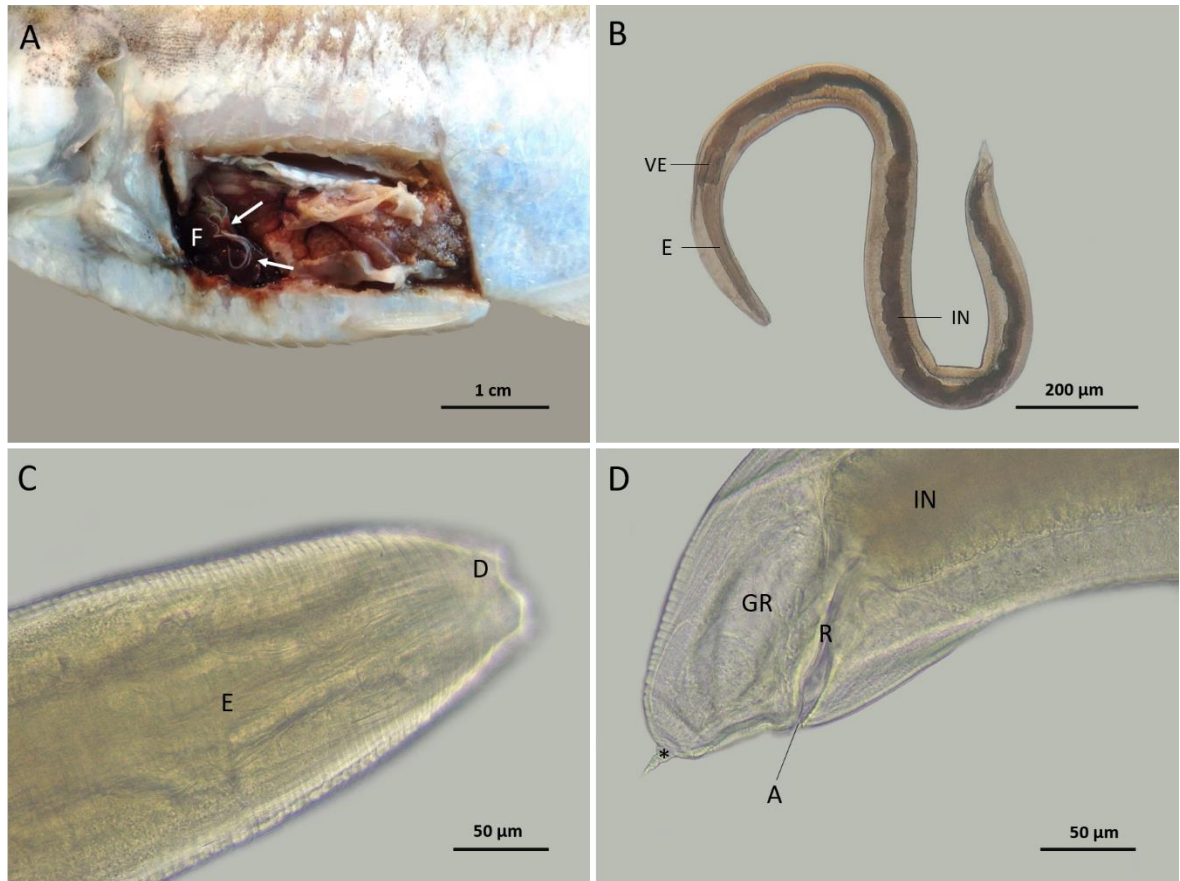


Figura 10: *Anisakis* sp. A – visão anatômica da cavidade celomática do hospedeiro com fígado (F) parasitado por larvas (L3) (setas); B - espécime de *Anisakis* sp. em estágio larval (L3) com esôfago (E), ventrículo (V) e intestino (IN) visíveis; C - região anterior com dente larval (D) e esôfago (E) em detalhe; D - região posterior com intestino (IN), reto (R), glândulas retais (GR) e cauda com múcron (asterisco).

Comentários: As espécies de *Anisakis* parasitam os peixes somente na forma larval. É muito difícil identificá-las com base na morfologia, devido à complexidade na identificação de caracteres taxonômicos e o grupo ser muito numeroso (Dumbo 2014).

Neste trabalho, a identificação dos espécimes foi baseada na morfologia do sistema digestivo (ventrículo longo, ausência de ceco intestinal e apêndice ventricular), posição do dente larval, localização do poro excretor e morfologia da cauda com múcron (Smith 1983; Moravec 1998; Dumbo 2014).

Branchiura

Dois espécimes de Branchiura foram coletados da superfície corporal de *P. flavipinnis*

Taxonomia

Subfilo Crustacea Brünnich, 1772

Classe Maxillopoda Dahl, 1956

Subclasse Branchiura Thorell, 1864

Ordem Arguloidea Yamaguti, 1963

Família Argulidae Lech, 1819

Gênero *Argulus* Muller, 1785

A espécie *Argulus angelae* Souza, Porto & Malta, 2019 foi encontrada parasitando um indivíduo *P. flavipinnis*.

Diagnose baseada em uma fêmea e um macho. Corpo alongado. Carapaça ligeiramente achatada, inicia-se na base da região cefálica, estende posteriormente como um par de lóbulos ou asas, cobre parcialmente os somitos torácicos, varia de forma e tamanho. Pares de olhos grandes, localizados na parte anterior do corpo. Um único e pequeno olho de naúplio. Maxímulas modificadas em ventosas com margens suportadas por séries de hastes quitinosas. Estilete anterior à boca com mecanismo perfurante retrátil, alojada em uma bainha, com glândula de veneno na base. Probóscide grande. Mandíbula completamente inserida dentro da probóscide. Urossoma dos machos com um par de testículos alongados e o das fêmeas um par de espermatecas na superfície ventral.

Fêmea: Comprimento total de 2,9 mm. Comprimento da carapaça apresentando 2 mm e largura de 1,7. Superfície dorsal de cor branco leitosa com amarelo claro. Carapaça mais comprida que larga. Lobos laterais da carapaça cobrem a base do 2º par de pernas.

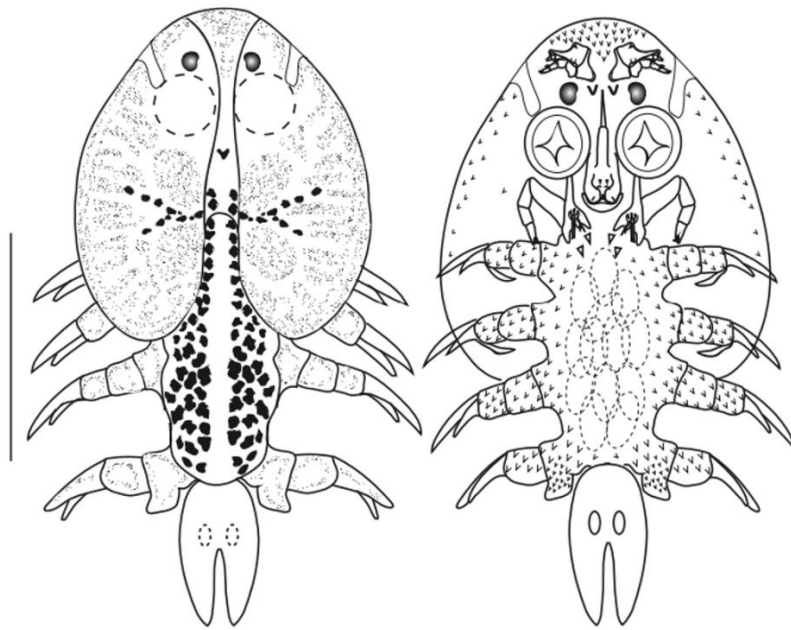


Figura 11: Fêmea de *Argulus angelae* Souza, Porto & Malta, 2019 em vista dorsal e ventral. Fonte: Souza, Porto e Malta, 2019

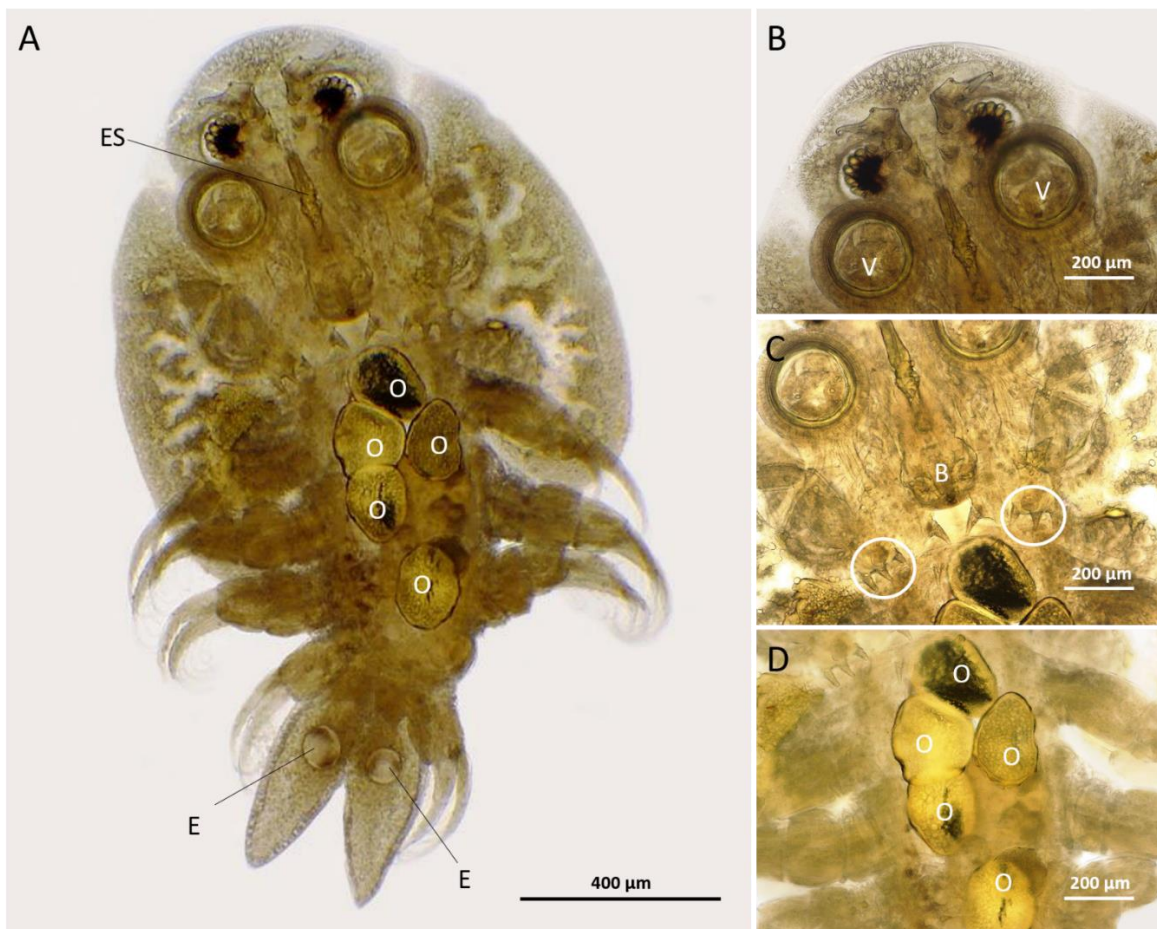


Figura 12: *Argulus angelae* Souza, Porto & Malta, 2019. A - Fêmea com estilete (ES), ovócitos (O), espermateca (E); B - Detalhe da região anterior do cefalotórax com ventosas (V); C - Detalhe da região anterior do cefalotórax com boca (B), dentes maxilares em círculo; D - Ovário com ovócitos (O).

Macho: Comprimento total 2,72 mm e carapaça com 1,48 de comprimento e 1,19 de largura. Considerado menor que a fêmea. Superfície dorsal de cor branca leitosa com marcas amarelo-claras, com uma coloração mais clara e densa do que nas fêmeas. Carapaça em forma de coração, ligeiramente mais larga que comprida. Lobos laterais da carapaça amplamente arredondados cobrindo a base do 2º par de pernas.

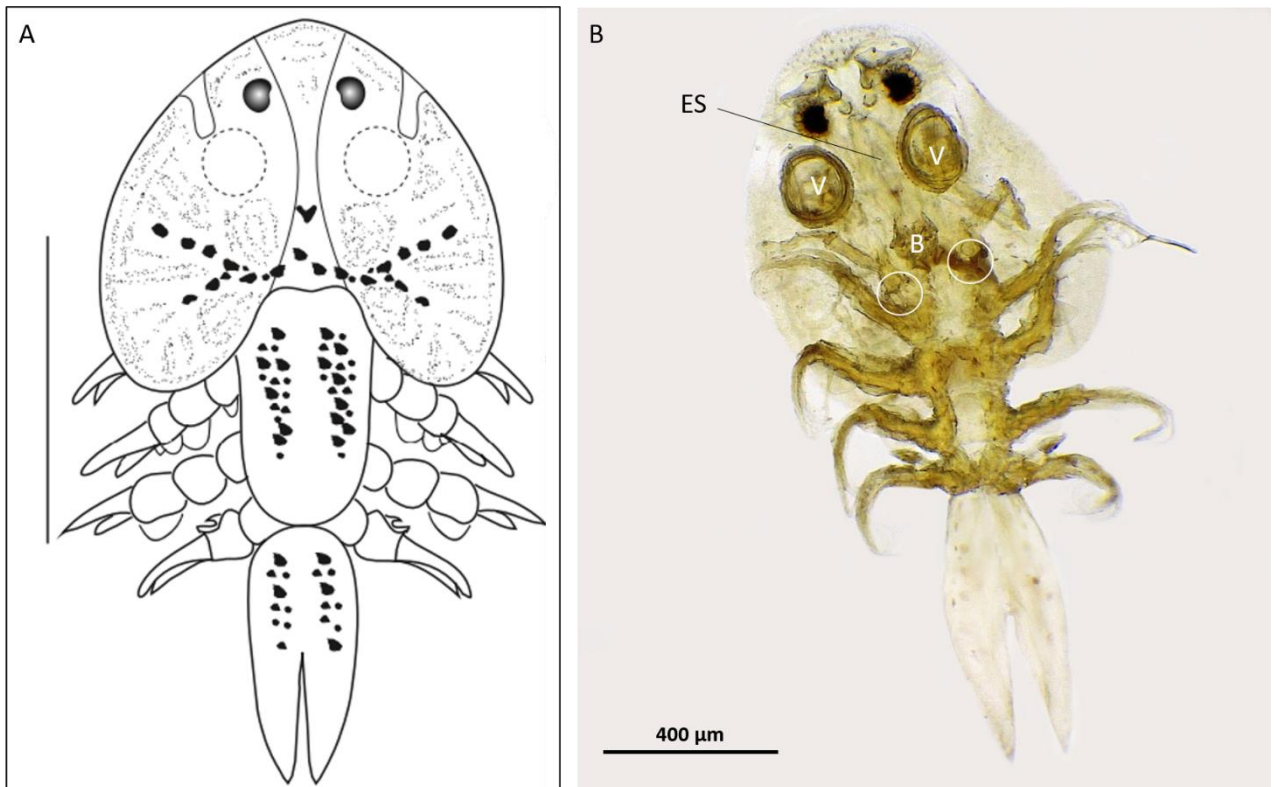


Figura 13: A - Macho de *Argulus angelae* Souza, Porto & Malta, 2019 em vista dorsal. Fonte: Souza, Porto e Malta, 2019; B - Macho de *Argulus angelae*. Estilete (ES), boca (B) e dentes maxilares em círculo.

Comentários: Neste trabalho a morfometria e a morfologia dos espécimes analisados de *A. angelae* está de acordo com as descrições de Souza, Porto e Malta 2019. Este é o primeiro registro de *A. angelae* parasitando *P. flavipinnis*.

4.2. Análise dos índices parasitários e descritores ecológicos

Os índices parasitários de *P. flavipinnis* como prevalência, intensidade média e abundância média, segundo Margolis *et al.* (1982), são indicadas na Tabela 1. As maiores prevalências foram *Anisakis* sp. (58,1%) e *N. (N.) pelloneis* (23,6%). *Myxobolus* sp. apresentou baixa prevalência (12,7%), porém com a maior intensidade média encontrada (8,1%).

Na avaliação do status comunitário, foram encontradas quatro espécies satélites, uma espécie secundária e nenhuma central. *Anisakis* sp. foi a única espécie que apresentou distribuição secundária, com prevalência de 58,1% (Tabela 1).

Tabela 01. Índices parasitários de *Pellona flavipinnis* do complexo de lagos Catalão, Amazônia.

Espécies parasitas	N	Locais de infestação	Estágios de desenvolvimento	HP/HE	P%	IM	A
Myxozoa							
<i>Myxobolus</i> sp.	57	Conjunto Branquial	Cisto	7/55	12,7 St	8,1	1,0
Digenea							
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	3	Olho	Metacercária	02/55	3,6 St	1,5	0,05
Acanthocephala							
<i>Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) pellowis</i>	29	Intestino	Adulto	13/55	23,6 St	2,2	0,5
Nematoda							
<i>Anisakis</i> sp.	158	Cavidade Celomática	Larvas (L3)	32/55	58,1 ^S	4,9	2,8
Branchiura							
<i>Argulus angelae</i>	2	Superfície do Corpo	Adulto	1/55	1,8 St	2	0,03

N = Número total de espécimes, HP = hospedeiros parasitados, HE = hospedeiros examinados, P% = Prevalência, IM = Intensidade Média, A = Abundância, Status comunitário - S = Secundária, St = Satélite.

O índice de dominância indicou que 63,4% da comunidade parasitária de *P. flavipinnis* foi dominada por *Anisakis* sp. (Nematoda). *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *pellonis* (Acanthocephala) foi a segunda espécie com maior dominância, 11,6%. As duas representaram juntas 75% da comunidade (Tabela 02).

Tabela 02. Valores do coeficiente de dominância (DA%) para as infracomunidades de *Pellona flavipinnis*.

Espécies parasitas	DA (%)
Myxozoa	
<i>Myxobolus</i> sp.	22,8
Digenea	
<i>Austrodiplostomum compactum</i>	1,2
Acanthocephala	
<i>Neoechinorhynchus</i> (<i>Neoechinorhynchus</i>) <i>pellonis</i>	11,6
Nematoda	
<i>Anisakis</i> sp.	63,4
Branchiura	
<i>Argulus angelae</i>	0,8

A riqueza de espécies parasitárias é a quantidade de espécies parasitas presentes em cada peixe analisado. Neste trabalho, a riqueza de espécies parasitárias e o comprimento padrão não apresentaram nenhum tipo de correlação (Figura 14).

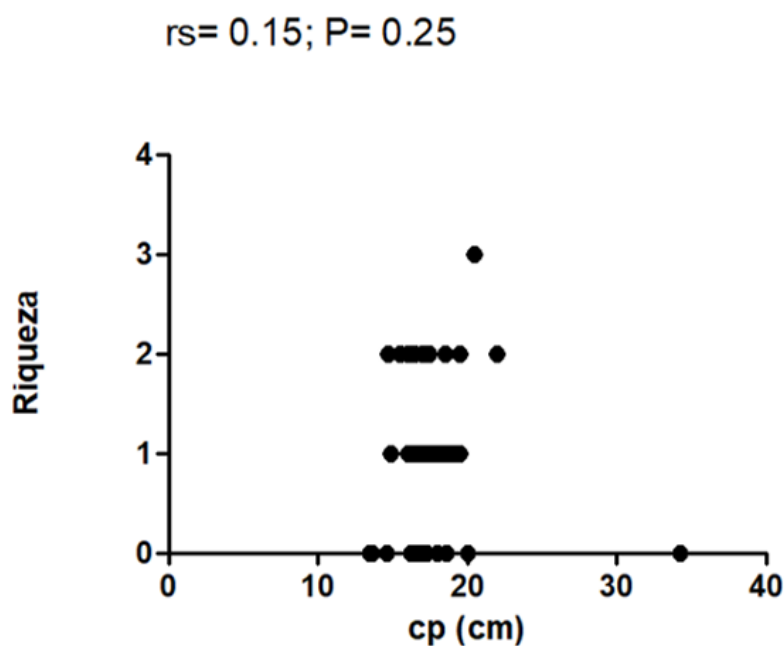


Figura 14. Correlação da riqueza de espécies parasitárias com o comprimento padrão de *Pellona flavipinnis*.

A abundância de espécies parasitárias também não apresentou nenhuma diferença significativa em comparação com o comprimento padrão dos peixes (Tabela 3).

Tabela 03. Valores do coeficiente de correlação por postos de Spearman (r_s) para avaliar a relação entre o comprimento padrão de *Pellona flavipinnis* e sua abundância (p = nível de significância).

Espécie parasita	r_s	p
Myxozoa	-0,15	0,78
<i>Myxobolus</i> sp.		
Acanthocephala		
<i>Neoechinorhynchus</i> (<i>Neoechinorhynchus</i>) <i>pellonis</i>	0,08	0,77
Nematoda		
<i>Anisakis</i> sp.	0,19	0,29

5. Discussão

5.1. A fauna parasitária de *Pellona flavipinnis*

Neste trabalho, 55 espécimes de *P. flavipinnis* foram capturados em lagos do complexo Catalão, na Amazônia brasileira. Destes, 41 estavam parasitados por cinco espécies: o mixosporídeo *Myxobolus* sp.; o Digenea *A. compactum*; o Nematoda *Anisakis* sp.; o Acanthocephala *N. (N.) pellowis* e o Branchiura *A. angelae*. A única espécie parasita já relatada para *P. flavipinnis*, o Monogenoidea *T. paniculum* (Kritsky *et al.* 1996), não foi encontrada. Para todas as cinco espécies parasitas encontradas, *P. flavipinnis* é um novo hospedeiro. A fauna de metazoários parasitos de *P. flavipinnis*, a partir deste trabalho, passa a ser constituída de seis espécies pertencentes aos táxons: Myxozoa, Monogenoidea, Digenea, Nematoda, Acanthocephala e Branchiura.

A primeira espécie parasita citada para *P. flavipinnis* foi o Monogenoidea *Telethecium paniculum* parasitando as cavidades nasais. Os peixes foram coletados durante 1984 a 1989, na Ilha da Marchantaria, Rio Solimões, no estado do Amazonas. O epíteto específico vem do latim (*panícula* = um pequeno inchaço) e refere-se à bolsa ventral que contém a genitália masculina terminal (Kritsky, Van Every & Boeger, 1996).

Em 2018, Souza registrou o primeiro trabalho sobre fauna parasitária de *Pellona castelnaeana*. Foram identificados 477 parasitos: 14 indivíduos do monogenea *Mazocraeoides makrodemas*; 1 indivíduo do digenético *A. compactum*, 39 acantocéfalos *N. (N.) pellowis*; 382 nematódeos *Anisakis* sp.; 43 do Copepoda *Acusicola pellowidis*; 1 Isopoda *Braga patagônica* e 2 espécies de Branchiura *Argulus chicomendesi* e *Dolops bidentata*. No trabalho, foi relatada a primeira ocorrência de uma espécie de Mazocraeidae, um Monogenoidea parasitando um peixe do gênero *Pellona*. Todas as espécies de Mazocraeidae parasitam peixes costeiros e marinhos, com exceção do parasito *Mazocraeoides makrodemas* que foi encontrado parasitando um peixe de água doce, a *P. castelnaeana*. *P. castelnaeana*, assim como *P. flavipinnis*, pertence à família Pristigasteridae, um peixe de origem marinha que invadiu secundariamente a água doce. Algumas espécies parasitas, no primeiro momento, não sobreviveram e outras talvez tenham extinguido. Algumas espécies permaneceram em *P. castelnaeana* e coevoluíram juntas, como no caso do parasito *M. makrodemas* (Souza 2018).

Neste trabalho é feito o primeiro registro de *Myxobolus* sp. parasitando *P. flavipinnis*. *Myxobolus* Bütschli, 1882 é o gênero de mixozoários mais abundante, com 910 espécies descritas (Lom e Dykova 2006). Das espécies conhecidas de *Myxobolus*, aproximadamente 60 foram descritas no Brasil (Eiras *et al.* 2014). Quatorze espécies foram citadas para peixes

amazônicos: *M. serrasalmi* Walliker, 1969; *M. colossomatis* Molnar & Békési, 1993; *M. brasiliensis* Casal, Matos & Azevedo, 1996; *M. maculatus* Casal, Matos & Azevedo, 2002; *M. desaequalis* Azevedo, Carral & Matos, 2002; *M. insignis* Eiras, Malta, Varella & Pavanelli, 2005; *M. metynnis* Casal, Matos & Azevedo, 2006; *M. niger* Mathews, Maia & Adriano, 2016; *M. marajoensis* Abrunhosa, Sindeaux-Neto, Santos, Hamoy & Matos, 2017; *M. figueirae* Naldoni, Maia, Correa, Silva & Adriano, 2018; *M. tapajosi* Zatti, Atkinson, Maia, Corrêa, Bartolomeu & Adriano 2018; *M. longissimus* Capodifoglio, Adriano, Silva & Maia 2019; *M. matosi* Capodifoglio, Adriano, Silva & Maia 2019; *M. freitasi* Sindeaux-Neto, Velasco, Silva, Matos, Silva, Gonçalves & Matos, 2021 (Matos *et al.* 2003; Eiras *et al.* 2005; Eiras *et al.* 2014; Mathews *et al.* 2016; Abrunhosa *et al.* 2017; Naldoni *et al.* 2018; Zatti *et al.* 2018; Capodifoglio *et al.* 2019; Vieira 2020; Sindeaux-Neto *et al.* 2021).

Os mixosporídeos, especialmente as espécies dos gêneros *Myxobolus* e *Henneguya* Thélohan, 1892, estão entre os parasitos de peixes mais comuns e conspícuos. Formam cistos cheios de esporos nos tecidos do hospedeiro que variam em tamanho de menos de um milímetro a mais de um centímetro. Esses cistos são encontrados nas brânquias, sob a pele e dentro de órgãos internos, como músculos, fígado, baço e parede intestinal. Os cistos subcutâneos às vezes causam deformações em peixes que podem ser observados na natureza (Thatcher, 2006).

Os parasitos do grupo Myxozoa apresentam especificidade tanto ao hospedeiro quanto ao tecido infectado, causando lesões em regiões como: brânquias, musculatura e órgãos internos, facilitando a entrada de organismos oportunistas como: fungos e bactérias (Thatcher 2006). Essas lesões podem resultar em perdas econômicas para aquicultura e pesca, pois estes parasitos afetam peixes silvestres e de criações (Okamura *et al.* 2015).

Anteriormente, Myxozoa era considerado um grupo pertencente ao reino Protista, porém, a presença de seus esporos multicelulares e estruturas como as cápsulas polares, indicaram que o grupo apresentava similaridade com os nematocistos dos cnidários, o que levou ao questionamento da classificação desse grupo. Posteriormente, análises filogenéticas do gene 18S rDNA confirmou a posição destes dentro de Metazoa (Smothers *et al.* 1994; Carriero 2011).

Os mixosporídeos podem afetar qualquer órgão e tecido de répteis, anfíbios, aves, mamíferos e peixes. Seu ciclo de vida é indireto, envolvendo um hospedeiro definitivo, um anelídeo (Oligochaeta) e um hospedeiro intermediário, geralmente um peixe teleósteo. Nos anelídeos, o parasito se reproduz e se desenvolve no tecido intestinal, produzindo

actinosporos. Os actinosporos infectam o peixe de forma oral ou entrando em contato com as brânquias e a pele, penetrando no epitélio. Finalmente, nos peixes, o parasito produz mixósporos que são ingeridos pelos hospedeiros anelídeos, infectando-os e completando o ciclo de vida (László *et al.* 2002; Yokoyama *et al.* 2012; Vieira 2020).

No estado do Amazonas, Reis *et al.* (2019) relataram a presença de esporos de *Myxobolus* em fezes humanas, encontradas em habitantes da comunidade ribeirinha Limão, município de Iranduba. Foram analisadas amostras fecais de 97 moradores assintomáticos, sendo que 13% das amostras apresentaram mixósporos. Todas essas amostras eram de adultos (22 a 71 anos) residentes em nove das quarenta casas visitadas. No estudo, os autores assumiram que os esporos presentes nas fezes humanas foram adquiridos através do consumo de peixes infectados, prosseguindo intactos pelo trato digestivo humano. Assim, o parasito provavelmente não foi capaz de infectar os moradores e de causar doença ou manifestação clínica.

A presença de mixósporos nas fezes humanas já foi associada à ingestão de alimentos contaminados ou peixe malcozido. De 2008 a 2010, mais de 200 casos de intoxicação alimentar aconteceram no Japão, sendo um Myxozoa identificado como o agente etiológico. *Kudoa septempunctata* Matsukane, Sato, Tanaka, *et al.* 2010 foi responsável pelos surtos em decorrência do consumo da carne crua de linguado (*Paralichthys olivaceus*) (Temminck & Schlegel, 1846) (Kawai *et al.* 2012).

Myxobolus também já foi relatado como a provável causa de diarreia em um paciente imunocomprometido, porém não foi estabelecida uma relação causal com mixósporos, devido à presença simultânea de outros patógenos entéricos (Moncada *et al.* 2001). Assim, as infecções em humanos ainda são consideradas acidentais e sem sintomatologia (McClelland *et al.* 1997; Boreham *et al.* 1998; Bradbury *et al.* 2015).

Alguns estudos relataram a ocorrência de espécies de *Myxobolus* infectando peixes de criações ou naturais no Amazonas, como, por exemplo, *Semaprochilodus insignis* (Eiras *et al.* 2005) e *Colossoma macropomum* (Capodifoglio *et al.* 2019). Porém, ainda não há evidências de que o ciclo de vida dos mixosporídeos envolva humanos (Hallet *et al.* 2015; Reis *et al.* 2019). O pescado é a principal fonte de proteína para pessoas que vivem em áreas rurais e em comunidades ribeirinhas (Lopes *et al.* 2016). Portanto, é importante a identificação de novas espécies e detecção de novos hospedeiros destes parasitos e detectar qualquer alteração na biologia ou ecologia de mixosporídeos envolvendo populações humanas, considerando que, provavelmente, é um grupo de parasitos de peixe com potencial zoonótico.

Neste trabalho é feito o primeiro registro do Digenea *A. compactum* parasitando *P. flavipinnis*. Há vários relatos de infecção por trematódeos digenéticos, especialmente do gênero *Austrodiplostomum* Szidat & Nani, 1951, parasitando inúmeras espécies de vertebrados (Yamaguti 1971; Kohn *et al.* 1995; Ramos-Ramos 1995). O gênero *Austrodiplostomum* compreende cerca de 40 espécies de digenéticos, adultos e metacercárias (Eiras, 1994). As metacercárias podem infectar o humor vítreo, a musculatura e, mais raramente, o cérebro dos peixes (Scholtz *et al.* 1995; Amato *et al.* 2001; Paes *et al.* 2010).

As metacercárias de *A. compactum* são amplamente distribuídas na região Neotropical e requerem pelo menos três hospedeiros até atingir a fase adulta: um molusco (hospedeiro intermediário), um peixe (segundo hospedeiro intermediário) ou raramente um anfíbio (hospedeiro paratênico) e finalmente, uma ave piscívora (hospedeiro definitivo) (Vital *et al.* 2016).

Devido à sua baixa especificidade, *A. compactum* pode infectar várias espécies de peixes. No Brasil, cerca de 36 espécies de peixes de água doce são citadas como hospedeiras intermediárias (Ramos *et al.* 2013). Porém estes dados incluem apenas dois hospedeiros da bacia amazônica, região que possui a maior diversidade de peixes do mundo (Vital *et al.* 2016).

Neste trabalho, *N. (N.) pellowis* foi encontrado parasitando *P. flavipinnis*. O primeiro registro de *N. (N.) pellowis* foi feito por Souza e Malta (2019), parasitando *P. castelnaeana* no lago Catalão. A ocorrência desse parasito em *P. flavipinnis* e *P. castelnaeana* indica a existência de uma relação entre a fauna parasitária de ambas as espécies. Essa relação pode ser explicada pelo fato de que *P. castelnaeana* e *P. flavipinnis* são espécies-irmãs, ou seja, espécies muito similares morfologicamente, mas que possuem características biológicas específicas e não se inter cruzam.

Houve mudança na classificação de Acanthocephala. Há muitos anos, os rotíferos e os acantocéfalos têm sido considerados prováveis táxons-irmãos, com base em semelhanças ultra estruturais de seus tegumentos, pois os dois grupos compartilham uma epiderme sincicial única com uma lâmina intracitoplasmática. Além disso, estudos moleculares mostravam que os acantocéfalos evoluíram dos rotíferos. Provavelmente como um clado que se tornou endoparasito obrigatório e, mais tarde, passou por uma série de modificações e alterações morfológicas. A partir disso, o filo Acanthocephala tornou-se subclasse de Rotifera (Brusca *et al.* 2018), porém ainda existem controvérsias quanto a esta classificação.

A afirmação de Brusca *et al.* (2018) foi baseada somente nos estudos filogenéticos de Garey *et al.* (1996) que utilizaram sequências do gene 18S rRNA de rotíferos bdelloide (*Philodina acuticornis* Murray, 1902) e de indivíduos de duas espécies de Acanthocephala (*Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *pseudemydis* Cable & Hopp, 1954 e *Centrorhynchus conspectus* Van Cleave & Pratt, 1940), para apoiarem tal relação. Os resultados mostraram que Acanthocephala era o grupo irmão da classe Bdelloidea, um rotífero. Em todas as análises moleculares no estudo, Rotifera não foi monofilético, o que apoiava a hipótese de que Acanthocephala era um táxon dentro do filo Rotifera e não um filo separado. No entanto, não foram incluídos nas análises a classe Seisonidea e outros rotíferos de vida livre, o que poderia indicar uma possível ligação entre eles e Acanthocephala (Fontaneto e Jondelius 2011).

Guarcía-Valera *et al.* (2000) sequenciaram os genes 18S rRNA quase completos de nove espécies das três classes de Acanthocephala e quatro espécies de Rotifera das classes Bdelloidea e Monogononta. E encontraram suporte estatisticamente significativo para o monofiletismo de Rotifera. As análises corroboraram com a hipótese de que Acanthocephala é um grupo independente e monofilético, o que contrasta com os resultados de Garey *et al.* (1996) e com as afirmações de Brusca *et al.* (2018). Diante disso, Acanthocephala ainda pode ser considerada um filo de endoparasitos obrigatórios e, portanto, neste trabalho é referida como filo.

Neoechinorhynchus Stiles & Hassall, 1905 é um dos maiores gêneros de Acanthocephala, incluindo 109 espécies descritas. Entretanto, sete são relegadas a outros gêneros e 14 são consideradas inválidas. Cerca de 36% das espécies conhecidas ocorrem em hospedeiros norte-americanos (peixes de água doce), mas essa proporção pode ser devida a esforços de amostragem, pois a fauna de peixes neotropicais permanece ainda pouco conhecida (Amin 2002; Souza e Malta 2019).

Para a Amazônia são citadas 6 espécies do gênero *Neoechinorhynchus*: *N. (N.) buttnerae* Golvan, 1956, *N. (N.) pterodoridis* Thatcher, 1981, *N. (N.) veropesoi* Melo, Costa, Giese, Gardner & Santos, 2015; *N. (N.) curemai* Noronha, 1973; *N. (N.) inermis* Porto, Souza & Malta, 2017 e *N. (N.) pellowis* Souza & Malta 2019 (Noronha, 1984; Thatcher 2006; Melo *et al.* 2015; Porto *et al.* 2017; Souza e Malta 2019).

Os acantocéfalos são gonocóricos e as fêmeas geralmente são um pouco maiores que os machos. Na cópula, o macho cobre a extremidade posterior da fêmea com sua bursa, o pênis é então inserido na vagina da fêmea e os espermatozoides injetados no útero. Os ovos

são expelidos nas fezes do hospedeiro definitivo e contém larvas de seis ganchos denominadas acântores. As larvas não se desenvolvem mais até que os ovos sejam consumidos por hospedeiros intermediários, geralmente espécies de Amphipoda, Copepoda, Ostracoda ou peixes que predam os ovos. No intestino do hospedeiro intermediário, o ovo eclode e a larva acântor penetra na parede do trato digestivo. Após isso, a larva entra na cavidade do corpo, onde se transforma em acantela e depois encista, sendo chamados de cistacantos. O desenvolvimento para adultos ocorre no intestino do hospedeiro definitivo, quando este preda o hospedeiro intermediário, completando o ciclo de vida. (Thatcher 2006; Brusca *et al.* 2018).

Lourenço *et al.* (2018) realizaram o primeiro e único estudo de ciclo de vida de uma espécie de Acanthocephala da região Neotropical. Espécimes de *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) criados em viveiro escavado foram capturados e apresentaram 100% de prevalência do parasito *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) buttnerae* Golvan, 1956. O hospedeiro intermediário identificado foi um Ostracoda, da família Cyprididae, *Cypridopsis vidua* (Müller, 1776). Foi encontrado um total de onze estágios larvais, uma fase de acântor, dez fases de acantela e o estágio infectante, chamado de cistacanto. Todos os estágios foram encontrados em *C. vidua*, indicando que *N. (N.) buttnerae* utiliza apenas um hospedeiro intermediário para concluir seu ciclo de vida (Lourenço 2017; Lourenço *et al.* 2018).

Espécies da família anisakidae parasitam tanto vertebrados como invertebrados. Os hospedeiros definitivos, onde se encontra a fase adulta do parasito, são os cetáceos, como golfinhos e focas. Os hospedeiros intermediários e paratênicos, onde são encontradas as formas larvais, são os crustáceos, cefalópodes e peixes (Nieuwenhuizen e Lopata 2013; Aibinu *et al.* 2019).

Larvas de *Anisakis* sp. parasitam uma ampla gama de peixes teleósteos marinhos do Atlântico, Mediterrâneo e área do Pacífico à Antártica, afetando a qualidade do produto pesqueiro (Buchmann e Mehrdana 2016, Debenedetti *et al.* 2019). Até o momento, foram relatadas mais de 160 espécies de peixes marinhos, principalmente teleósteos, como hospedeiros intermediários (López Sabater e López Sabater 2000).

Larvas de Anisakidae também já foram encontradas em peixes de água doce. Na Amazônia, o primeiro registro de ocorrência de larvas L3 de *Anisakis* sp. foi em *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) (Morais *et al.* 2011). Também há registros para *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) (Pelegri 2013); *Acestrorhynchus falcirostris* (Cuvier, 1819) (Dumbo 2014); *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), *Cichla monoculus* (Spix &

Agassiz, 1831) (Pereira, 2016); *Serrasalmus altispinis* Merckx, Jégu & Santos, 2000, *Rhaphiodon vulpinus* Spix & Agassiz, 1829 (Morey 2017); *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) (Moreira *et al.* 2017) e *Pellona castelnaeana* Valenciennes, 1847 (Souza 2018; Souza *et al.* 2018c). Estes estudos indicaram que larvas de Anisakidae possuem baixa especificidade, pois parasitam muitas espécies de peixes.

Uma vez ingeridas pelos peixes, as larvas de Anisakidae podem se deslocar do trato digestivo para outros órgãos da cavidade abdominal (fígado, cecos pilóricos, peritônio) ou para a musculatura, onde se enrolam em formas de espirais e encistam (Souza 2018; Souza *et al.* 2018c). O parasito não se desenvolve mais e permanece no terceiro estágio de desenvolvimento (L3) nesses hospedeiros. Nesse estado podem permanecer com a capacidade de infectar por mais de três anos. Nos peixes, a larva no estágio L3 apresenta uma forma enrolada, que quando desenrolada tem cerca de 2 cm de comprimento (López Sabater e López Sabater 2000; Aibinu *et al.* 2019). Neste trabalho todas as larvas L3 de *Anisakis* sp. foram encontradas parasitando a cavidade gastrointestinal, enroladas em espiral, no interior do estômago, intestino e superfície externa do fígado.

O homem pode se tornar um hospedeiro acidental quando ingere as larvas de terceiro estágio, através do consumo de peixe cru ou malcozido, indicando potencial zoonótico do parasito. A ingestão ocasiona uma doença chamada de Anisakiase, caracterizada por lesões gastrointestinais, levando a sintomas como dor abdominal, diarreia, náuseas e vômitos (Smith e Wootten 1978; Nieuwenhuizen e Lopata 2013; Pereira 2016).

Em alguns casos, a doença provoca reações alérgicas, devido à perfuração das larvas na mucosa do trato gastrointestinal. Os sintomas variam de urticária, angioedema, broncoespasmo à choque anafilático com risco de vida (Audicana *et al.* 1995; Del Pozo *et al.* 1997; Nieuwenhuizen e Lopata 2013; Aibinu *et al.* 2019) Também existe a possibilidade de intoxicação por meio do consumo de larvas mortas, devido à exposição a antígenos do parasito (Audicana *et al.* 2002). Os nematóides mais conhecidos como agentes de infecções humanas são *Anisakis simplex* Rudolphi, 1809, *Pseudoterranova decipiens* (Krabbe, 1878) (Moravec 1998; Audicana *et al.* 2002).

Pellona flavipinnis é um peixe que faz parte da dieta, principalmente dos ribeirinhos, com pouca participação nas feiras de centros urbanos. Os ribeirinhos não têm o costume de consumir peixe cru ou malcozido, e diante disso, seria improvável a contaminação deles com as larvas de *Anisakis* sp., advindas do consumo de *P. flavipinnis*.

Neste trabalho foi feito o primeiro registro do Branchiura *A. angelae* parasitando *P. flavipinnis*. A subclasse Branchiura é formada por quatro gêneros: *Argulus* Muller, 1785 é cosmopolita e as espécies ocorrem em água doce e salgada. Todas as demais espécies só correm em água doce: *Dolops* Audouin, 1857 endêmico a região Neotropical com duas espécies na região Etiópica; *Dipteropeltis* Calman, 1912 (somente duas espécies conhecidas) endêmico a região Neotropical e *Chonopeltis* Thieli, 1901, endêmico a região Etiópica (Malta e Varella 2000; 2019; Neethling *et al.* 2014).

Os branquiúros causam sérios danos aos peixes através da ação espoliadora e traumatismo dos tecidos, com seus órgãos de fixação. Destroem o epitélio do tecido conjuntivo frouxo e denso, deixando, em muitas áreas, o músculo exposto devido à introdução do estilete. Nos locais onde se fixam ocorre um aumento drástico do número de glândulas produtoras de muco e um influxo de linfócitos, favorecendo o desenvolvimento de infecções secundárias por fungos e bactérias que penetram através dos ferimentos (Malta e Varella 2009).

Os branquiúros alimentam-se de sangue, plasma, muco e células epiteliais. O aparelho bucal consiste em uma probóscide cilíndrica posterior, sustentada por hastes quitinosas; a abertura oral é composta pelo lábio superior, o inferior e por um par de mandíbulas. Nas espécies de *Argulus* e *Dipteropeltis* há uma parte anterior formada por uma bainha, com um estilete oco ligado a uma glândula de peçonha. Este estilete perfura a epiderme dos hospedeiros e injeta substâncias proteolíticas que digerem as células, que são ingeridas pelo crustáceo (Malta 1982; 1983; Malta e Varella 2000; 2009; Neethling *et al.* 2014; Souza e Malta 2018; Souza *et al.* 2019).

As espécies de Branchiura apresentam ciclo de vida direto, pois nadam ativamente até um peixe e se fixam. Quando maduros o suficiente para acasalar, os argulídeos deixam o hospedeiro e acasalam-se enquanto nadam. Em seguida, a fêmea deposita seus ovos colando-os em fios lineares ou pequenos aglomerados (o padrão depende da espécie) em superfícies duras, como troncos submersos ou pedras. Após um período de incubação de 10 a 20 dias, os ovos eclodem e imediatamente os jovens nadam à procura de um peixe hospedeiro para amadurecer (Malta 1982; 1983; 1984; Malta e Varella 2000; 2009; Souza *et al.* 2019).

Para o Brasil, são citadas 17 espécies do gênero *Argulus* (Malta 1998; Luque *et al.* 2013; Souza *et al.* 2019). Nove ocorrem na Amazônia: *A. multicolor* Stekhoven, 1937; *A. pestifer* Ringuélet, 1948; *A. juparanaensis* Lemos de Castro, 1950; *A. amazonicus* Malta & Silva, 1986; *A. chicomendesi* Malta & Varella, 2000; *A. celioi* Souza & Malta 2018; 7. *A.*

ybatecobe Souza, Porto & Malta, 2018; *A. moratoi* Souza & Malta, 2018 e *A. angelae* Souza, Porto & Malta, 2019 (Malta 1982, 1984, 1998, Malta e Silva 1986, Malta e Varella 2000; Souza e Malta 2018, Souza *et al.* 2018a; 2018b; 2019).

Argulus angelae foi descrito de onze espécies de peixes do complexo de lagos de várzea do Catalão, rio Solimões, na Amazônia brasileira. Os hospedeiros de *A. angelae* foram: *Triportheus albus* Cope, 1872; *Schizodon fasciatus* Spix & Agassiz, 1829; *Potamorhina latior* (Spix & Agassiz, 1829); *Rhytiodus microlepis* Kner, 1858; *Psectrogaster rutiloides* (Kner, 1858); *Potamorhina altamazonica* (Cope, 1878); *Leporinus friderici* (Bloch, 1794); *Semaprochilodus insignis* (Jardine, 1841); *Rhaphiodon vulpinus* Spix & Agassiz, 1829; *Steindachnerina elegans* (Steindachner, 1875); *Hemiodus* sp. (Souza *et al.* 2019). Neste trabalho *P. flavipinnis* é registrada como o décimo segundo hospedeiro para *A. angelae*, indicando ser uma espécie parasita com baixa especificidade.

5.2. A estrutura da infracomunidade de parasitos de *Pellona flavipinnis*

Compreender a estrutura das comunidades de parasitos em populações de peixes silvestres tem sido tema de vários estudos. Os parasitos fornecem um modelo interessante para estudos sobre organização e estrutura de comunidades parasitárias em populações de peixes silvestres (Marcogliese 2002; Hoshino *et al.* 2016; Ruehle *et al.* 2017). Um ponto importante é o papel das interações, principalmente em relação ao nível trófico da população de peixes, na determinação da abundância parasitária e riqueza de espécies (Luque *et al.* 2008; Valtonen *et al.* 2010; Poulin e Leung 2011).

Quando a abundância, a intensidade de cistos e de formas larvais forem maiores que as dos adultos, indica que o peixe é hospedeiro intermediário ou paratênico para essas espécies. E ele ocupa posição intermediária na teia alimentar quando considerada a biodiversidade total e pode ser presa de outros vertebrados (Luque *et al.* 2008; Poulin e Leung 2011). Neste trabalho *P. flavipinnis* apresentou a maior abundância de parasitos para as formas larvais L3 do Nematoda *Anisakis* sp. com 2,8 e a maior intensidade média foi dos cistos de Myxozoa, *Myxobolus* sp., com 8,1. Indicando que *P. flavipinnis* é hospedeiro intermediário ou paratênico para essas espécies.

Altas prevalências são encontradas para diferentes grupos de espécies parasitas em peixes. Para os peixes amazônicos, de lagos de várzea, foram encontradas altas taxas de prevalência nos Nematoda: *Anisakis* sp. em *P. castelnaeana* (38%) (Souza 2018; Souza *et al.* (2018c) e *Brevimulticaecum* sp. em *Acestrorhynchus falcirostris* (48,1%) (Dumbo 2014).

Neste trabalho, a maior prevalência foi do Nematoda *Anisakis* sp. com 58,1%. A alta prevalência de nematódeos, nesses peixes de lagos de várzea, pode ser explicada pela alta presença de outros hospedeiros na região, uma vez que *Anisakis* sp. e *Brevimulticaecum* sp. são duas espécies heteroxenas e suas infestações se dão pela ingestão de hospedeiros intermediários parasitados com os estágios larvais dos anisakídeos, como crustáceos e peixes que são abundantes nessa região e proporcionam a complementação do ciclo de vida.

Os baixos valores de abundância e intensidade média de *A. compactum* encontrados neste trabalho podem ser explicados pela viabilidade do seu ciclo de vida que é complexo e envolve vários hospedeiros intermediários. Uma vez que a disponibilidade geral de hospedeiros pode restringir o crescimento de populações parasitas (Bagge *et al.* 2004), é provável que houve uma baixa disponibilidade dos hospedeiros intermediários de *A. compactum* no ambiente o que dificultou a propagação deles.

De modo geral, a intensidade de infestação das espécies de Branchiura no ambiente natural é baixa (Malta 1982, 1984, Souza 2018). Neste trabalho, nossos dados corroboram com isso, pois *A. angelae* apresentou intensidade média de 2%. No ambiente natural, os peixes estão dispersos em áreas consideravelmente grandes, o que dificulta a procura de hospedeiros e a propagação desses parasitos, dessa forma há uma baixa quantidade de indivíduos por hospedeiro.

A adição de hospedeiros no ciclo de vida de parasitos seria vantajosa sob certas condições. Por exemplo, os parasitos enfrentam um ambiente altamente heterogêneo e seus hospedeiros são distribuídos de forma irregular no espaço, além disso, as densidades desses hospedeiros podem variar consideravelmente ao longo do tempo. Portanto, os parasitos buscam formas de explorar esse recurso altamente disperso. Dessa forma, os ciclos de vida heteroxenos podem ter evoluído em resposta a essas restrições de transmissão, pois o uso de um hospedeiro intermediário pode aumentar consideravelmente a probabilidade de atingir um habitat adequado (Choisy *et al.* 2003).

As espécies de Cestoda, Nematoda e Acantocephala dependem exclusivamente da transmissão trófica (George-Nascimento 1987; Zander 1992). Dessa forma, os parasitos podem ser indicadores úteis de interações persistentes na teia alimentar (George-Nascimento 1987).

Os parasitos que ocorrem em estágios larvais ou juvenis no hospedeiro intermediário provavelmente serão transmitidos por predação para um hospedeiro definitivo, no qual vão se desenvolver em adultos. Assim, estes parasitos sobem na cadeia alimentar no processo de

completar seus ciclos de vida. Os hospedeiros definitivos são predadores e, portanto, devem estar posicionados em níveis tróficos médios a altos. Um herbívoro, por exemplo, está na parte inferior das cadeias alimentares e não ingere animais, portanto, é improvável que sirva como hospedeiro definitivo para um parasito transmitido troficamente (Poulin e Leugin 2011).

Acestrorhynchus falcirostris capturado nos lagos de várzea do rio Solimões era hospedeiro definitivo de 29 espécies e hospedeiro intermediário ou paratênico de 11 espécies (Dumbo 2014). Neste trabalho, *P. flavipinnis* é hospedeira definitiva de duas espécies: *N. (N.) pellonis* e *A. angelae*. Para as outras 3 espécies, *P. flavipinnis* é hospedeira intermediária ou paratênica.

A classificação das espécies em centrais, secundárias e satélites é baseada na prevalência de uma espécie parasita (Bush e Holmes 1986). O termo espécie central é usado para espécies localmente abundantes e regionalmente comuns e o termo espécie satélite para espécies raras localmente e regionalmente (Hanski 1982). As espécies secundárias são moderadamente abundantes, sugerindo taxas de colonização moderadas (Bush e Holmes 1986).

Em peixes de água doce, a abundância e distribuição de parasitos são limitadas por diversos fatores. Fatores que mudam de acordo com certas escalas: no hospedeiro, a imunologia e a competição interespecífica são importantes; no lago, são considerados a imigração e a composição da fauna; no curso de água, a conectividade dos lagos e a imigração de hospedeiros são importantes e na área, são considerados o clima e a geologia. A abordagem infracomunitária para o estudo da ocorrência e distribuição de parasitos de peixes de água doce não tem uma dimensão espacial explícita, uma vez que o hospedeiro individual e o lago individual são as unidades de estudo. Na parasitologia de peixes de água doce, ainda não está resolvido se conjuntos de parasitos formam padrões no espaço (Hartvigsen e Halvorsen 1994).

De acordo com primeira lei geral da ecologia parasitária, dentro de uma população parasitária, os parasitos são agregados entre os indivíduos hospedeiros (Poulin 2007). Esse padrão agregado, observado nos parasitos, reduz a prevalência destes e possivelmente por isso não se observou espécies centrais na comunidade parasitária (Dumbo 2014). Neste trabalho, ocorreram quatro espécies satélites e somente uma secundária.

O coeficiente de dominância indica o grau de importância que uma espécie parasita tem em relação ao conjunto da comunidade parasitária (Serra-Freire 2002). Neste trabalho, os

dados indicaram que a espécie dominante na infracomunidade de parasitos de *P. flavipinnis* foi o Nematoda *Anisakis* sp. com 63,4%. O Acanthocephala *N. (N.) pellowis* foi a segunda espécie com maior dominância, 11,6%. As duas representaram juntas 75% da comunidade. Para as duas espécies heteroxenas, *Anisakis* sp. e *N. (N.) pellowis*, a infestação se dá pela ingestão de hospedeiros intermediários contaminados com os estágios larvais dos parasitos.

Souza (2018) e Souza *et al.* (2018c) também encontraram os maiores índices de dominância para *Anisakis* sp. (80%) e *N. (N.) pellowis* (9,6%), em *P. castelnaeana*. Isto pode ser devido à biologia de *P. flavipinnis* e *P. castelnaeana*, pois ambas são carnívoras e pela abundância dos hospedeiros intermediários (peixes de água doce) no ambiente, essenciais no ciclo de vida de *Anisakis* sp. e *N. (N.) pellowis*.

A composição da fauna parasitária pode ser um indicador de habitat, dieta alimentar e até mesmo rotas de migração de hospedeiros, incluindo os peixes (Fernandes 2012). Dessa forma, vários parâmetros biológicos ou processos ecológicos podem determinar quais tipos de parasitos têm maior probabilidade de se correlacionar intimamente com o tamanho do hospedeiro (Poulin 2000).

Em populações de peixes, a intensidade da infecção por parasitas metazoários pode aumentar com o comprimento padrão ou idade dos peixes (Dogiel *et al.* 1958; Poulin 2000; Rolbieck 2006). Os peixes possuem diferentes classes de comprimento e diferem em seu modo de vida e, portanto, em seu grau de exposição a parasitos. Formas invasivas de parasitas procuram ativamente seus hospedeiros. Outras espécies parasitárias são transmitidas por via trófica e estão intimamente relacionadas com o tipo de dieta alimentar dos peixes. As preferências alimentares mudam com o tamanho do peixe e idade, portanto, a fauna parasitária também muda (Poulin 2000). Diante disso, as correlações com o tamanho do hospedeiro podem determinar se o número de grupos parasitários aumenta em relação ao tamanho do peixe.

Maior riqueza de espécies deve ser encontrada em níveis tróficos onde os peixes podem servir como hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos (Marcogliese 2002). Essa alta diversidade de parasitos está associada a espécies com uma ampla gama de dietas. Assim, uma espécie que possui maior eficiência em adquirir ou acumular recursos de espécies em níveis tróficos mais baixos, terá, provavelmente, mais espécies parasitas. Fatores como dieta alimentar e o hábito alimentar das presas afetam de maneira importante a probabilidade de uma espécie hospedeira adquirir muitas espécies de parasitos (Marcogliese 2002; Chen *et al.* 2008).

Entretanto, generalizações devem ser evitadas para correlações, porque a composição quantitativa de parasitos não necessariamente aumenta nos peixes maiores, por acúmulo ou por serem maiores e proporcionarem mais espaço interno e externo para o estabelecimento do parasito, uma vez que esse processo que envolve interação de vários fatores. As correlações são influenciadas por restrições biológicas, como a fisiologia e imunologia de espécies hospedeiras e por restrições ecológicas, como a dinâmica de distribuição das populações hospedeiras. Eventos estocásticos e/ou interações bióticas como competição, regulação dependente de intensidade, predadores e dieta são também fatores que influenciam as correlações. Essas restrições evitam altas intensidades, abundância e riqueza de espécies parasitas nos peixes (Case e Cody 1987; Bellay *et al.* 2013).

Correlações não significativas entre comprimento e intensidade e abundância foram registradas por Dumbo (2014) em *A. falcirostris*, onde somente em *Anisakis* sp. houve correlação positiva significativa ($r_s = 0,345$; $p < 0,05$). Souza (2018) e Souza *et al.* (2018c) registraram que *Anisakis* sp. apresentou correlação fraca negativa significativa entre comprimento padrão e abundância de parasitas ($r = - 0,32$, $p < 0,0097$). No presente trabalho, a abundância e a riqueza de espécies parasitárias não apresentaram nenhum tipo de correlação significativa com o comprimento padrão de *P. flavipinnis*.

Dumbo (2014) relatou que essas correlações positivas, correlações não significativas e correlações negativas da intensidade, abundância e riqueza de endoparasitos com comprimento possivelmente indicavam que a dieta de *A. falcirostris* não variava de acordo com o crescimento. Souza (2018) e Souza *et al.* (2018c) também registraram que correlações negativas e não significativas da abundância de endoparasitos com comprimento de *P. castelnaeana* possivelmente estavam relacionadas com a dieta do hospedeiro. Neste trabalho as correlações não significativas da abundância e riqueza de endoparasitos com o comprimento também podem indicar que a dieta de *P. flavipinnis* não variou de acordo com o crescimento do peixe, porém são necessário estudos posteriores sobre dieta alimentar em relação ao tamanho corporal de hospedeiro.

6. Conclusão

A ordem Clupeiformes é formada por peixes marinhos. *Pellona flavipinnis*, assim como *P. castelnaeana*, são seus representantes, são espécies congêneres e simpátricas que invadiram secundariamente a água doce. Neste trabalho é feito o primeiro registro de *Myxobolus* sp., *A. compactum*, *N. (N.) pellowis*, *Anisakis* sp. e *A. angelae* parasitando *P. flavipinnis*.

A fauna parasitária de *P. flavipinnis* é originalmente marinha e três táxons mantiveram-se como parasitos na água doce: o Myxozoa, *Myxobolus* sp., o Acanthocephala *N. (N.) pellonis* e o Nematoda *Anisakis* sp.; o que indica uma coevolução entre a espécie hospedeira e seus parasitos.

Somente duas espécies parasitas são exclusivamente de água doce, o Digenea *A. compactum* e o Branchiura *A. angelae*. Estas duas foram adquiridas no ambiente de água doce.

As espécies parasitas encontradas em *P. flavipinnis* não apresentaram correlação significativa com o comprimento padrão dos peixes, indicando que a riqueza e a abundância de espécies não dependem do tamanho corporal do hospedeiro e que há outros fatores que determinam a abundância e a riqueza das espécies.

7. Referências

- Abrunhosa, J.; Sindeaux-Neto, J.L.; Santos, Â.K.D.; Hamoy, I.; Matos, E. 2017. *Myxobolus marajoensis* sp. n. (Myxosporea: Myxobolidae), parasite of the freshwater catfish *Rhamdia quelen* from the Brazilian Amazon region. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 26: 465-471.
- Acerete, L.; Reig, L.; Alvarez, D.; Flos, R.; Tort, L. 2009. Comparison of two stunning/ slaughtering methods on stress response and quality indicators of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 287: 139- 144.
- Aibinu, I. E.; Smooker, P. M.; Lopata, A. L. 2019. *Anisakis* Nematodes in Fish and Shellfish- from infection to allergies. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 9: 384-393.
- Almeida, F.F.; Melo, S. 2009. Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – estado do Amazonas, Brasil). *Acta Scientiarum* 31: 387–395.
- Alvarez, A.; García, B.G.; Garrido, M.D.; Hernández, M.D. 2008 The influence of starvation time prior to slaughter on the quality of commercial-sized gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. *Aquaculture* 284: 106-114.
- Amato, J.R.F.; Boeger, W.A.; Amato, S.B. 1991. *Protocolos para laboratório-coleta e processamento de parasitos do pescado*. Imprensa universitária UFRRJ, Seropédica, 81p.
- Amato, S.B., Amato, J.F.R.; Albrecht, M. 2001. Metacercárias livres de diplostomídeos (Digenea, Diplostomidae) em *Loricariichthys anus* (Val., 1840) (Siluriformes, Loricariidae) do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Parasitología al día* 25: 1–7.

- Amin, O.M. 2002. Revision of *Neoechinorhynchus* Stiles e Hassal, 1905 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) with keys to 88 species in two subgenera. *Systematic Parasitology* 53: 1-18.
- Amin, O.M. 2013. Classification of the Acanthocephala. *Folia Parasitologica* 60: 273–305.
- Audicana, M.T.; Fernandez de Corres, L.; Munoz, D.; Fernandez, E.; Navarro, J.A.; del Pozo, M.D. 1995. Recurrent anaphylaxis caused by *Anisakis simplex* parasitizing fish. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 96: 558–560.
- Audicana, M.T.; Ansotegui, I.J.; de Corres, L.F.; Kennedy, M.W. 2002. *Anisakis simplex*: dangerous—dead and alive? *Trends in Parasitology* 18: 20–25.
- Bagge, A. M.; Poulin, R.; Valtonen, E. T. 2004. Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. *Parasitology* 128: 305–313.
- Bagni, M.; Civitareale, C.; Priori, A.; Ballerini, A.; Finoia, M.; Brambill, A.; Marino, G. 2007. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 263: 52-60.
- Barthem, R.B. 1987. Uso de redes de espera no estudo de ritmos circadianos de algumas espécies de peixes nos lagos de várzea do rio Solimões. *Revista Brasileira de Zoologia* 3: 409-422.
- Begon, M.; Townsend, C.R.; Harper, J.L. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4^a ed. Blackwell Publishing, Oxford, 759p.
- Bellay, S.; Oliveira, E.F.; Almeida-Neto, M.; Lima Junior, D.P.; Takemoto, R.M.; Luque, J.L. 2013. Developmental stages of parasites influence the structure of fish-parasite networks. *PLoS ONE* 8: 1-6.
- Boreham, R.E.; Hendrick, S.; O’Donoghue, P. J.; Stenzel, D. J. 1998. Incidental finding of *Myxobolus* spores (Protozoa: Myxozoa) in stool samples from patients with gastrointestinal symptoms. *Journal of Clinical Microbiology*, 36: 3728–3730.
- Bradbury, R.S.; Barbé, B.; Jacobs, J.; Jallow, A.T.; Camara, K.C.; Colley, M. *et al.* 2015. Enteric pathogens of food sellers in rural Gambia with incidental finding of *Myxobolus* species (Protozoa: Myxozoa). *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109: 334–339
- Brito, J.G.; Alves, L.F; Espírito Santo, H.M.V. 2014. Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro rivers, Central. *Acta Amazonica* 44: 121-133.

- Brooks, D.R. 2000. Parasite systematics in the 21st century: opportunities and obstacles. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 95: 99–107.
- Brusca, R.C.; Moore, W.; Shuster, S.M. 2018. *Invertebrados*. 3 ed. Guanabara Koogan, São Paulo, 1032p.
- Bush, A.O.; Holmes, J.C. 1986. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. *Canadian Journal of Zoology* 64: 142-152.
- Bush, A.O.; Lafferty, K.D.; Lotz, J.M.; Shostak, A.W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al Revisited. *The Journal of Parasitology* 83: 574-583.
- Buchmann, K.; Mehrdana, F. 2016. Effects of anisakid nematodes *Anisakis simplex* (s.l.), *Pseudoterranova decipiens* (s.l.) and *Contracaecum osculatum* (s.l.) on fish and consumer health. *Food and Waterborne Parasitology* 4: 13–22.
- Capodifoglio, K.R.H.; Adriano, E.A.; Silva, M.R.M.; Maia, A.A.M. 2019. The resolution of the taxonomic dilemma of *Myxobolus colossomatis* and description of two novel myxosporeans species of *Colossoma macropomum* from Amazon basin. *Acta Tropica* 191:17-23.
- Caraballo, P.; Forsberg, B.R.; Almeida, F.F.; Leite, R.G. 2014. Diel patterns of temperature, conductivity, and dissolved oxygen in an Amazon floodplain lake: description of a friagem phenomenon. *Acta Limnologica Brasiliensia* 26: 318–331.
- Carlson, C.L.; Hopkins, S.; Bell, K.C.; Doña, J.; Godfrey, S.S.; Kwak, M.L. *et al.* 2020. A global parasite conservation plan. *Biological Conservation* 250: 108596.
- Carriero, M.M. 2011. *Taxonomia e filogenia molecular de Myxozoa parasitas de peixes de água doce oriundos de ambiente natural e sistema de criação*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo. 52p.
- Case, T.J.; Cody, M.L. 1987. Testing theories of Island Biogeography. *American Scientist* 75: 402-411.
- Chen, H.-W.; Liu, W.-C.; Davis, A. J.; Jordán, F.; Hwang, M.-J.; Shao, K-T. 2008. Network position of hosts in food webs and their parasite diversity. *Oikos* 117: 1847-1855.
- Choisy, M.; Brown, S.P.; Lafferty, K. D. Thomas, F. 2003. Evolution of Trophic Transmission in Parasites: Why Add Intermediate Hosts? *American Naturalist*, 162: 172-181.

- Colaço-Fernandes, T.; Amadio, S. Abnormal hermaphroditism in *Pellona flavipinnis* (Clupeiformes: Pristigasteridae). *Journal of Fish Biology*. 93: 1012-1015.
- CONCEA. 2013. Diretrizes da Prática de Eutanásia do CONCEA. Brasília. 54p.
- Debenedetti, A.L.; Madrid, E.; Trelis, M.; Codes, F.J.; Gil-Gómez, F.; Saéz-Durán, S.; Fuentes, M.V. 2019. Prevalence and Risk of Anisakid Larvae in Fresh Fish Frequently Consumed in Spain: An Overview. *Fishes* 4: 13
- Del Pozo, M. D.; Audicana, M.; Diez, J. M.; Munoz, D.; Ansotegui, I. J.; Fernández E.; García, M.; Etxenagusia, M; Moneo, I.; Fernández de Corres L. 1997. *Anisakis simplex*, a relevant etiologic factor in acute urticaria. *Allergy* 52: 576-579.
- Dogiel, V. A. 1958. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: Dogiel, V.A.; Petrushevski, G. K.; Polyanski, Yu. I. (Ed.). *Parasitology of Fishes* (Engl. transl.). Oliver & Boyd, Edinburgh, Londres, 1958, p. 1–47.
- Dumbo, J.C. 2014. *Espécies de metazoários parasitos do Acestrorhynchus falcirostris* (Cuvier, 1819) (Characiformes: Acestrorhynchidae) de lagos de várzea da Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. 150p.
- Eiras, J.C. 1994. *Elementos de ictioparasitologia*. Fundação Eng. António de Almeida, Porto, 339p.
- Eiras, J.C. 2005. An overview on the myxosporean parasites in amphibians and reptiles. *Acta Parasitologica*, 50: 267–75.
- Eiras J.C.; Molnár K.; Lu Y.S. 2005. Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae). *Systematic Parasitology* 61: 1-46.
- Eiras, J.C.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2006. *Métodos de trabalhos e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. 2ª ed. Eduem, Maringá, 199p.
- Eiras, J.C.; Zhang, J.; Molnár, K. 2014. Synopsis of the species of *Myxobolus* Butschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea, Myxobolidae) described between 2005 and 2013. *Systematic Parasitology* 88: 11-36.
- Esch, G.W.; Kennedy, C.R.; Bush, A.O.; Aho, J.M. 1988. Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology* 96: 516-532.
- FAO - Food and Agriculture Organization. 1985. *Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei) an annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards,*

- sprats, shad's anchovies, and wolf-herrings*. FAO Fisheries Synopsis No. 125, Volume 7, Part 1. Rome.
- Frainer, A.; McKie; B.G.; Amundsen, P.-A.; Knudsen, R.; Lafferty; K. D. 2018. Parasitism and the Biodiversity-Functioning Relationship. *Trends in Ecology and Evolution* 33: 260-268.
- Fernandes, E.S. 2012. *Metazoários endoparasitos de Brycon orbignyanus (Characidae: Bryconinae) em uma planície de inundação neotropical*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá. 43p.
- Fischer, C.; Malta, J.C.O.; Varella, A.M.B. 2003. A fauna de parasitas do tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) do médio rio Solimões (AM) e do baixo rio Amazonas (PA) e seu potencial como indicadores biológicos. *Acta Amazonica* 33: 651-662.
- Fontaneto, D.; Jondelius U.L.F. 2011. Broad taxonomic sampling of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I does not solve the relationships between Rotifera and Acanthocephala. *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology* 250: 80-85.
- Garey, J. R.; Near, T. J.; Nonnemacher, M. R.; Nadler, S. A. 1996. Molecular Evidence for Acanthocephala as a Subtaxon of Rotifera. *Journal of Molecular Evolution* 43: 287-292.
- Galli, P.; Crosa, L.; Mariniello, M.; Ortis, M.; D'amelio, D. 2001. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. *Hydrobiologia* 452: 173-179.
- George-Nascimento, M.A. 1987. Ecological helminthology of wildlife animal hosts from South America: a literature review and a search for patterns in marine food webs. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 181-202.
- Guarcía-Varela, M.; León, G. P.P.; Torre; P.; Cummings, M.P.; Sarma, S.S.S.; Laclette, J.P. 2000. Phylogenetic Relationships of Acanthocephala Based on Analysis of 18S Ribosomal RNA Gene Sequences. *Journal of Molecular Evolution* 50: 532-540.
- Guidelli, G.M.; Isaac, A.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2003. Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, Upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and ecological aspects. *Brazilian Journal Biology* 63: 261-268.
- Hanski, I. 1982. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos* 38: 210-221.

- Hallet, S.L.; Atkinson, S.D.; Bartholomew, J. L.; Székely, C. 2015. Myxozoans exploiting homeotherms. In : Okamura, B., Gruhl, A., Bartholomew, J.L. (Ed.). *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer, Budapest, p.125–135.
- Hartvigsen R, Halvorsen O. 1994. Spatial patterns in the abundance and distribution of parasites of freshwater fish. *Parasitology Today* 10: 28-31.
- Hoshino M.D.F.G., Neves L.R., Tavares-Dias M. 2016. Parasite communities of the predatory fish, *Acestrorhynchus falcatus* and *Acestrorhynchus falcirostris*, living in sympatry in Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 25: 207–216.
- Isaac, A.; Guidelli, G.M.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C. 2000. *Prosthenthystera obesa* (Digenea), parasite of *Salminus maxillosus* (Characidae) of the floodplain of the upper Paraná River, Paraná, Brazil: Influence of the size and sex of host. *Acta Scientiarum Biological Science* 22: 523-526.
- Jerônimo, G.T.; Ventura, A.S.; Pádua, S.B.D.; Porto, E.L.; Ferreira, L.C; Ishikawa, M.M.; Martins, M.L. 2020. Parasitological assessment in hybrids Serrasalminidae fish farmed in Brazil. *Brazilian Journal of Parasitology* 29: e012920.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. p. 110-127. In: Dodge, D.P. (Ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Kadlec, D.; Simková, A.; Jarkovsky, J.; Gelnar, M. 2003. Parasite communities of freshwater fish under flood conditions. *Parasitology Research* 89: 21-27.
- Kawai, T.; Yahata, Y.; Kuroda, M.; Kumeda, Y.; Lijima, Y.; Kamata, Y.; Sugita-Konishi, Y.; Ohnishi, T. 2012. Identification of *Kudoa septempunctata* as the causative agent of novel food poisoning outbreaks in Japan by consumption of *Paralichthys olivaceus* in raw fish. *Clinical Infectious Diseases*, 54: 1046–1052.
- Khan, R.A. 2012. Host-parasite interactions in some fish species. *Journal of Parasitology Research* 2012: 07.
- Kohn, A; Santos, C.L. 1988. First report of *Mazocraeoides georgey* Price, 1936 and *Mazocraeoides opistonema* Hargis, 1955 in Brazil with new synonyms (Monogenea: Mazocraeidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 83: 437-440.
- Kohn, A.; Fernandes, B.M.M.; Baptista-Farias, M.F.D. 1995. Metacercariae of *Diplostomum (Austrodiplostomum) compactum* (Trematoda, Diplostomidae) in the eyes of *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the reservoir of the Hydroelectric Power Station of Itaipu, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 90: 341–344.

- Koskivaara, M. 1992. Environmental factors affecting monogeneans parasitic on freshwater fishes. *Parasitology Today* 8: 339–342.
- Kritsky, D.C.; Van Every, L.R.; Boeger, W.A. 1996. Neotropical Monogenoidea. 27. Two new species of *Telethecium* gen. n. from the nasal cavities of Central Amazonian fishes and a redescription of *Kritskia moravecii* Kohn, 1990 (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). *Journal of the Helminthological Society of Washington* 63: 35-41.
- László, B.; Csaba, S.; Kálmán, M. 2002. Atuais conhecimentos sobre Myxosporea (Myxozoa), parasitas de peixes: um estágio alternativo dos parasitas no Brasil. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 39: 271-276.
- Lefèvre, T.; Lebarbenchon, C.; Gauthier-Clerc, M.; Poulin, R.; Thomas, F. 2009. The ecological significance of manipulative parasites. *Trends in Ecological Evolution* 24: 41-48.
- Lom, J.; Dykova, I. 2006. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life cycle terminology, and pathogenic species. *Folia Parasitologica* 53:1–36.
- Lopes, I.G.; Oliveira, R.G.; Ramos, F.M. 2016. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. *Biota Amazonia* 6: 62–65.
- López Sabater, E.I.; López Sabater, C.J. 2000. Health hazards related to occurrence of parasites of the genera *Anisakis* and *Pseudoterranova* in fish. *Food Science and Technology International* 6: 183-195.
- Lourenço, F.S. 2017. *O ciclo de vida de Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) buttnerae Golvan, 1956 (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) parasito do Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) da Amazônia brasileira*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 45p.
- Lourenço, F.S.; Morey, G.A.M.; Malta, J.C.O. 2018. The development of *Neoechinorhynchus buttnerae* (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) in its intermediate host *Cypridopsis vidua* in Brazil. *Acta Parasitologica* 63: 354-359.
- Luque, J.L.; Felizardo, N.N.; Tavares L.E.R. 2008. Community ecology of the metazoan parasites of namorado sandperches, *Pseudoperca numida* Miranda-Ribeiro, 1903 and *P. semifasciata* Cuvier, 1829 (Perciformes: Pinguipedidae), from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68: 269-278.
- Luque, J.L.; Vieira, F.M.; Takemoto, R.M.; Pavanelli, G.C.; Eiras, J.C. 2013. Checklist of Crustacea parasitizing fishes from Brazil. *Checklist* 9: 1449-1470.

- Malta, J.C.O. 1982. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia brasileira. Aspectos da ecologia de *Dolops discoidalis*, Bouvier 1899 e *Dolops bidentata* Bouvier, 1899. *Acta Amazonica* 12: 521-528.
- Malta, J.C.O. 1983. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia brasileira. Aspectos da ecologia de *Argulus multicolor* Stekhoven, 1937 e *A. pestifer* Ringuelet 1948. *Acta Amazonica* 13: 489-496.
- 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.
- Malta, J.C.O. 1998. Maxillopoda - Branchiura. In: Yong, P. (Ed.). Catalogue of Crustacea of Brasil. Museu Nacional, Rio de Janeiro, p.: 67 - 74.
- Malta, J.C.O.; Santos Silva, E.N. 1986. *Argulus amazonicus* n. sp., crustáceo parasito de peixes da Amazônia brasileira (Branchiura: Argulidae). *Amazoniana* 4: 485-492.
- Malta, J.C.O.; Varella, A.M.B. 1983. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia brasileira, 3. Aspectos da ecologia de *Dolops striata* Bouvier, 1899 e *Dolops carvalhoi* Castro, 1949. *Acta Amazonica* 13: 299-306.
- Malta, J.C.O.; Varella, A.M.B. 2000. *Argulus chicomendesi* sp. n. (Crustacea: Argulidae) parasita de peixes da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 30: 481-498.
- Malta, J.C.O.; Varella, A.M.B. 2009. Branchiura. In: Fonseca, C.R.V.; Magalhães, C.; Rafael, J.A.; Franklin, E. *A fauna de artrópodes da reserva florestal Ducke*. Editora INPA, Manaus. p.17-20.
- Matos, E.; Matos P.; Corral, L.; Azevedo, C. 2003. A morfologia ultra-estrutural de microrganismos parasitas que causam microsporidioses e mixosporidioses em peixes tropicais brasileiros. *Boletim Técnico do CEPTA, Pirassununga, São Paulo*, v. 16, p. 27-40.
- Mathews, P.D.; Maia, A.A.M.; Adriano, E.A. 2016. Morphological and ultrastructural aspects of *Myxobolus niger* n. sp. (Myxozoa) gill parasite of *Corydoras melini* (Siluriformes: Callichthyidae) from Brazilian Amazon. *Acta Tropica* 158: 214-219.
- Marcogliese D.J. 2002. Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology* 124: 83-99
- Marcogliese, D.J. 2004. Parasites: Small players with crucial roles in the ecological theater. *EcoHealth Journal Consortium* 1: 151-164.

- Margolis, L.; Esch, G.W.; Holmes, J.C.; Kuris, A.M.; Schad, G.A.; 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of parasitology* 68: 131-133.
- McClelland, R.S.; Murphy, D.M.; Cone, D.K. 1997. Report of spores of *Henneguya salminicola* (Myxozoa) in human stool specimens: Possible source of confusion with human spermatozoa. *Journal of Clinical Microbiology*, 35: 2815–2818.
- Mitcheson, Y. S.; Liu, M. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries* 9: 1-43.
- Molnár, K.; Marton, S.; Eszterbauer, E.; Benko, M.; Harrach, B. 2002. Morphological and molecular biological studies on intramuscular *Myxobolus* spp. of cyprinid fish. *Journal of Fish Diseases*. 25: 643-652
- Möller, H. 1987. Pollution and parasitism in the aquatic environment. *International Journal for Parasitology* 17: 353-361.
- Moncada, L.I.; López, M.C.; Murcia, M.I.; Nicholls, S.; León, F.; Guío, O.L.; Corredor, A. 2001. *Myxobolus* sp., another opportunistic parasite in immunosuppressed patients? *Journal of Clinical Microbiology*, 39: 1938–1940.
- Morais, A.M.; Varella, A.M.B.; Villacorta-Correa, M.A.; Malta, J.C.O. 2010. A fauna de parasitos em juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characidae: Serrasalminae) criados em tanques-rede em lago de várzea da Amazônia Central. *Biologia Geral e Experimental* 9: 14-23.
- Morais, A.M.; Varella, A.M.B.; Fernandes, B.M.M.; Malta, J.C.O. 2011. *Clinostomum marginatum* (Braun, 1899) and *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) metacercariae with zoonotic potential on *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) (Characiformes: Serrasalmidae) from Central Amazon, Brazil. *Neotropical Helminthology* 5: 08-15.
- Morand, S. 2000. Wormy world: comparative tests of theoretical hypotheses on parasite species richness. In: Poulin R, Morand S, Skorping A (Eds.) *Evolutionary biology of host-parasite relationship: theory meets reality*. Elsevier, p.63–80.
- Moravec, F. 1998. *Nematodes of Freshwater Fishes of the Neotropical region*. Academia, Staré Mesto, 464p.
- Moreira-Hara, S.S.; Zuanon, J.A.; Amadio, S.A. 2009. Feeding of *Pellona flavipinnis* (Clupeiformes, Pristigasteridae) in a Central Amazonian floodplain. *Iheringia, Série Zoologia* 99: 153-157.

- Moreira, A.C.; Oliveira, T.; Morey, G.A.M.; Malta, J.C.O. 2017. Metazoários Parasitas de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) do lago Catalão, rio Solimões, Amazonas, Brasil. *Folia Amazonica* 26: 9-16.
- Morey, G.A.M. 2017. *Diversidade dos metazoários parasitos de peixes carnívoros: Serrasalmus altispinis Merckx, Jégu e Santos, 2000, Rhabdiodon vulpinus Spix & Agassiz, 1829 e Acestrorhynchus falcatus (Bloch, 1794) de lagos de várzea da Amazônia*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 249p.
- Nabi, S.; Tanveer, S.; Ganie, S.A.; Sofi, T.A. 2020. Prevalence and incidence of helminth infection in some freshwater fishes of Sukhnag stream in Kashmir. *Indian Journal of Experimental Biology* 58: 778-793.
- Naldoni, J.; Maia, A.A.M.; Correa, L.L.; Silva, M.R.M.D.; Adriano, E.A. 2018. New myxosporeans parasitizing *Phractocephalus hemioliopterus* from Brazil: morphology, ultrastructure, and SSU-rDNA sequencing. *Diseases of Aquatic Organisms* 128:37-49.
- Neethling, L.A.M.; Malta, J.C.O.; Avenant-Oldewage, A. 2014. Additional morphological information on *Dipteropeltis hirundo* Calman, 1912, and a description of *Dipteropeltis campanaformis* n. sp. (Crustacea: Branchiura) from two characiform benthopelagic fish hosts from two Northern rivers of the Brazilian Amazon. *Zootaxa* 3755: 179–193.
- Nieuwenhuizen, N.E.; Lopata, A.L. 2013. Anisakis – a food-borne parasite that triggers allergic host defences. *International Journal for Parasitology* 43: 1047–1057.
- Noronha D. 1984. Remarcks on *Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) curemai* Noronha, 1973 (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 79: 271.
- Okamura, B.; Gruhl, A.; Bartholomew, J.L. 2015. An introduction to Myxozoan evolution, ecology, and development. In: Okamura, B.; Gruhl, A.; Bartholomew, J.L. (Ed.). *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer, Budapest, p.1-20.
- Overstreet, R.M. 1997. Parasitological data as monitors of environmental health. *Parasitologia* 39: 169-175.
- Paes, J. V. K.; Carvalho, E. D.; da Silva, R. J. 2009. Infection levels of *Austrodiplostomum compactum* (Digenea, Diplostomidae) metacercariae in *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Sciaenidae) from the Nova Avanhandava reservoir, São Paulo State, Brazil. *Journal of Helminthology* 84: 284–291.

- Pelegriani, L.S. 2013. *Fauna de metazoários parasitas do aruanã Osteoglossum bicirrhosum (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) dos rios Negro e Solimões, Amazônia Central, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 48p.
- Pereira, N.R.B. 2016. *As espécies parasitas com potencial zoonótico em peixes amazônicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 153p.
- Porto, D.B.; Souza, A.K.S.; Malta, J.C.O. 2017. A new species of *Neoechinorhynchus* (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) from freshwater fish *Ageneiosus inermis* Brazilian Amazon. *Revista Mexicana de Biodiversidade* 88: 798-800.
- Poulin, R. 2000. Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*, 56: 123–137.
- Poulin, R. 2007. Are there general laws in parasite ecology? *Parasitology*, 134: 763-776.
- Poulin, R.; Morand, S. 2004. *Parasite biodiversity*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, 224p.
- Poulin, R.; Leung, T.L.F. 2011. Body size, trophic level, and the use of fish as transmission routes by parasites. *Oecologia* 166: 731-738.
- Poulin, R.; Presswell, B.; Jorge, F. The state of fish parasite discovery and taxonomy: a critical assessment and a look forward. *International Journal for Parasitology* 50: 733-742
- Ramos, I.P.; Franceschini, L.; Zago, A. C.; Zica, É. O. P.; Wunderlich, A. C; Carvalho, E. D.; da Silva, R. J. 2013. New host records and a checklist of fishes infected with *Austrodiplostomum compactum* (Digenea: Diplostomidae) in Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 22: 511-8.
- Ramos-Ramos, P. 1995. Algunos trematodos de vertebrados de la presa Miguel Aleman em Temascal, Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* 66: 241–246.
- Reis, L. L.; Jesus, L. C.; Fernandes, O.C.C.; Barroso, D.E. 2019. First report of *Myxobolus* (Cnidaria: Myxozoa) spores in human feces in Brazil. *Acta Amazonica* 49: 162-165.
- Rose, J.D.; Marrs, G.S.; Lewis, C.; Schisler, G. 2000. Whirling disease behavior and its relation to pathology of brain stem and spinal cord in rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health* 12: 107-118.

- Rolbiecki, L. 2006. Correlation between the occurrence of parasites and body length of roach, carp bream, European perch, zander, and ruffe in the Vistula Lagoon estuary. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology* 36: 257-267.
- Rózsa, L.; Reiczigel, J.; Majoros, G. 2000. Quantifying Parasites in Samples of Hosts. *Journal of Parasitology* 86: 228-232.
- Ruffino, M.L.; Silva Junior, U.L.; Soares, E.C.; Silva, C.O.; Barthem, R.B.; Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Fonseca, S.; Pinto, W. 2006. *Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará - 2003*. IBAMA, Manaus, 76p.
- Ruehle B.P.; Herrmann K.K.; Higgins, C.L. 2017. Helminth parasite assemblages in two cyprinids with different life history strategies. *Aquatic Ecology* 51: 247-256.
- Sadovy, Y.; Shapiro, D.Y. 1987. Criteria for diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia* 1987: 136-156.
- Santos, G.M.; Ferreira, E.J.G.; Zuanon, J.A.S. 2006. *Peixes comerciais de Manaus*. IBAMA, Manaus, 141p.
- Scholtz, T.; Vargas-Vázquez, J.; Moravec, F.; Vivas-Rodríguez, C.; Mendonza-Franco, E. 1995. Metacercariae of trematodes of fishes from cenotes = sinkholes) of the Yucatan Península, México. *Folia Parasitologica* 42: 173–192.
- Serra-Freire, N.M. 2002. *Planejamento e análise de pesquisas parasitológicas*. Editora Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 199p.
- Severi, W.; Verani, F.N. 2006. Morphological development of *Pellona flavipinnis* post-yolk-sac larvae and juveniles (Clupeiformes: Pristigasteridae). *Zootaxa* 1126: 21–33.
- Sioli, H. 1985. *Amazônia: Fundamentos da Ecologia Da Maior Região de Florestas Tropicais*. Vozes, Rio de Janeiro, 72p.
- Sindeaux-Neto, J. L.; Velasco, M.; Silva, D. T.; Matos, P.; Silva, M. F.; Gonçalves, E. C.; Matos, E. 2021. *Myxobolus freitasi* n. sp. (Myxozoa: Bivalvulida), a parasite of the brain of the electric knifefish in the Brazilian Amazon region. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 30: 1-10.
- Smith, J.W. 1983. *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878) (Nematoda: Ascaridoidea): Morphology and morphometry of larvae from euphausiids and fish, and a review of the life-history and ecology. *Journal of Helminthology* 57: 205-224.
- Smith, J.W.; Wootten, R. 1978. *Anisakis* and anisakiasis. *Advances in Parasitology* 16: 93-163.

- Smothers, J.F.; Vondohlen, C.D.; Smith, L.H. Spall, R.D. 1994. Molecular evidence that the myxozoan protists are metazoans. *Science* 265: 1719-1721.
- Souza, A.K.S. 2018. *Fauna de metazoários parasitos de Pellona castelnaeana Valenciennes, 1847 (Clupeiformes: Pristigasteridae) Da Amazônia Brasileira*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 71p.
- Souza, A.K.S.; Porto, D.B.; Malta, J.C.O. 2017. *Mazocraeoides makrodemas* sp. n. (Polyopisthocotylida: Mazocraeidae) from the gills of *Pellona castelnaeana* Valenciennes, 1847 (Clupeiformes: Pristigasteridae) in the Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology* 11: 343-348.
- Souza, A.K.S.; Malta, J.C.O. 2018a. A new species of Branchiura (Crustacea: Argulidae) parasite of *Arapaima gigas* Schinz, 1822 from Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology* 12: 187-193.
- Souza, A.K.S.; Porto, D.B.; Malta, J.C.O. 2018b. A new species of Branchiura (Crustacea: Maxillopoda) fish parasite from the Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology* 12: 71-78.
- Souza, A.K.S.; Vitória, M.R.; Porto, D.B.; Malta, J.C.O. 2018c. Metazoan parasites of *Pellona castelnaeana* Valenciennes, 1847 (Clupeiformes: Pristigasteridae) of floodplain lakes Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology* 12: 79-98.
- Souza, A.K.S.; Malta, J.C.O. 2019. A new species of *Neoechinorhynchus* Stiles & Hassal, 1905 (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) parasite of *Pellona castelnaeana* Valenciennes, 1847 (Clupeiformes: Pristigasteridae) of the Brazilian Amazon. *Neotropical Helminthology* 13: 227-233.
- Souza, A.K.S.; Porto, D.B.; Malta, J.C.O. 2019. A new species of *Argulus*, a fish parasite from the Brazilian Amazon. *Spixiana* 41: 7-14.
- Thatcher, V.E. 2006. Amazon Fish Parasites. In: Adis, J.; Arias, J.R.; Rueda-Delgado, G.; Wantzen, K.M. (Eds.). *Aquatic Biodiversity in Latin America*. 2nd edition, Pensoft Publishers, Praga. 508p.
- Thomas, F.; Verneau, O.; De Meeús, T.; Renaud, F. 1996. Parasites as to host evolutionary prints: insights into host evolution from parasitological data. *International Journal for Parasitology* 26: 677-686.
- Valtonen, E.T.; Holmes, J.C.; Koskivaara, M. 1997. Eutrophication, pollution, and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca*

- fluviatilis*) in four lakes in central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 572–585.
- Valtonen E.T.; Marcogliese D.J.; Julkunen M. 2010. Vertebrate diets derived from trophically transmitted fish parasites in the Bothnian Bay. *Oecologia* 162: 139-52.
- Vieira, D.H.M.D. 2020. *Filogenia e taxonomia de mixozoários parasitos de peixes provenientes de rios interiores do estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo. 196p.
- Vital, J.F.; Morey, G.A.M; Pereira, N.B.; Malta, J.C.O. 2016. Metacercárias de *Austrodiplostomum compactum* (Lutz, 1928) em peixes de lagos de várzea da Amazônia brasileira. *Folia Amazonica* 25: 1-6.
- Whitehead, P.J.P. 1985. *Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi). Part 1 – Chirocentridae, Clupeidae, Pristigasteridae*. FAO species catalogue, Londres, 303p.
- WoRMS Editorial Board. 2020. *World Register of Marine Species*. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Acessado em 24/07/2020 doi:10.14284/170.
- Yamaguti, S. 1971. *Synopsis of Digenetic Trematodes of Vertebrates*. 1st ed. Keigaku Publishing Company, Tokyo, 1074p.
- Yokoyama, H.; Grabner, D.; Shirakashi, S. 2012. Transmission Biology of the Myxozoa. In: Carvalho, E. D.; David, G. S.; Silva, R. J. (Ed.). *Health and Environment in Aquaculture*. Intech, Rijeka, Croatia p. 3-42.
- Zander, C.D. 1992. The biological indication of parasite life cycles and communities from the Lubeck Bight, SW Baltic Sea. *Zeitschrift für angewandte Zoologie* 79: 377–389.
- Zatti, A.S.; Atkinson, S.D.; Maia, A.A.M.; Corrêa, L.L.; Bartholomew, J.L.; Adriano, E.A. 2018. Novel *Myxobolus* and *Ellipsomyxa* species (Cnidaria: Myxozoa) parasiting *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Amazon basin, Brazil. *Parasitology International* 67: 612-621.
- Zhao, Y.; Sun, C.; Kent, M.L.; Deng, J.; Whipps, C.M. 2008. Description of a new species of *Myxobolus* (Myxozoa: Mixobolidae) based on morphological and molecular data. *Journal of Parasitology* 94: 737-742.