



Universidade Federal do Amapá
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical
Mestrado e Doutorado
UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI-Brasil



ODONEI MOIA DE ALMEIDA

Parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) e *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, estado do Amapá (Brasil)

Macapá, AP

2021

ODONEI MOIA DE ALMEIDA

Parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) e *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, estado do Amapá (Brasil)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tavares Dias

Macapá, AP

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

Elaborada por Cristina Fernandes – CRB-2/1569

Almeida, Odonei Moia de.

Parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) e *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, Estado do Amapá (Brasil). / Odonei Moia de Almeida; orientador, Marcos Tavares Dias. – Macapá, 2021.

72 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

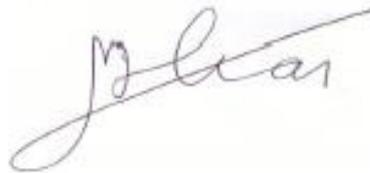
1. Peixes - Amazônia. 2. Peixes - Doenças. 3. Peixes - Parasitos. 4. Peixes de água doce. I. Dias, Marcos Tavares, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

597.098116 A447p

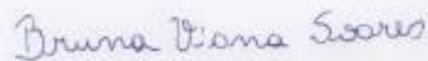
CDD. 22 ed.

ODONEI MOIA DE ALMEIDA

Parasitas metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) e *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, estado do Amapá (Brasil)



Dr. Marcos Tavares Dias (Orientador)
(PPGBio/Embrapa Amapá)



Dra. Bruna Viana Soares
Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Amapá (DIAGRO)



Dr. Luciano Pereira de Negreiros
Instituto Federal do Acre (IFAC)

Aprovado em 20 de maio de 2021.

Dedicado ao meu pai, Aponiano Neto, por toda a sagacidade, determinação, perseverança e senso crítico que eu tanto admirei durante sua vida, qualidades que estímulo em mim na esperança de tê-las herdado.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio), por proporcionar de forma livre e gratuita a formação científica em benefício da sociedade;

À Embrapa Amapá, por todo o aparato científico e estrutura disponíveis para o desenvolvimento da pesquisa e ao CNPq pelo financiamento do projeto;

Ao Dr. Marcos Tavares-Dias, por proporcionar esta oportunidade de me emprestar toda sua expertise ao realizar o excelente trabalho de orientação, por sua paciência e por seu compromisso ímpar;

Ao MSc. Marcos Sidney Brito de Oliveira pela contribuição técnica, logística e intelectual;

Aos integrantes da equipe que fez e faz ciência no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos da Embrapa Amapá, pelo acolhimento e apoio, pessoal e científico, em especial a William Borges pela força conjunta nestes projetos-irmãos, não esquecendo de Dayna Malheiros, Ligia Neves e Pedro Hugo Esteves.

À UFPA e ao Dr. Tiago Melo e toda sua equipe de orientados e parceiros pelo auxílio providencial no Laboratório do Instituto de Ciências Biológicas;

Aos meus amigos de profissão e de turma Wagner Amanajás, sem o qual eu não ingressaria no curso de pós-graduação, pelo estímulo e exemplo, e Samuel Vidal pela caminhada, independente dos percalços;

Aos professores do PPGBio, pela eficiência mesmo com tantas adversidades;

À toda a turma do PPGBio de 2019, por fazerem a ciência ser leve e divertida mesmo com tantas responsabilidades;

À minha mãe Deusarina de Almeida e meus irmãos Odirlei e Luciana Moia de Almeida, por serem meu porto seguro mesmo depois de tempos tão duros, e que cada pequena vitória conquistada eu devo a eles e a meu pai, sempre.

The whole problem with the world is that fools and fanatics are always so certain of themselves, and wiser people so full of doubts.

Bertrand Russell

PREFÁCIO

Esta dissertação segue o formato indicado pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade (PPGBio) e segue as normas do periódico Ecology. O trabalho possui dois capítulos (artigos). O primeiro artigo, intitulado “Diversidade e comunidade de parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) da bacia do Rio Jari, na Amazônia brasileira”, que segue a normas de Revista Brasileira de Parasitologia, para o qual foi submetido. O segundo artigo, intitulado “Comunidade e infracomunidades de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas (Brasil)”, segue as normas da Revista Brasileira de Parasitologia, periódico ao qual será submetido.

RESUMO

Almeida, Odonei Moia. Parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) e *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, estado do Amapá (Brasil). Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2021

O objetivo deste estudo foi investigar a fauna de parasitos metazoários em *Curimata inornata* e *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, na Amazônia oriental brasileira. Em *C. inornata*, 80.0% estavam parasitados por uma ou mais espécies e um total de 118 parasitos foram coletados, entre *Urocleidoides triagulus*, Dactylogyridae gen. sp., metacercárias de Digenea gen. sp., *Gorthocephalus spectabilis*, *Dolops logicauda* e Acarina gen. sp. Em *H. unimaculatus*, 96,7% estavam parasitados por uma ou mais espécies e um total de 336 parasitos como Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* sp.3 e Girodactilydae gen. sp. (Monogenea), metacercárias de Digenea gen. sp. (Trematoda), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus*, *Contracecum* sp. (Nematoda), *Neoechinorhyncus* sp. (Acanthocephala) e Acarina gen. sp. (Arthropoda). A comunidade componente de parasitos em *C. inornata* apresentou uma baixa diversidade Shannon (0.12 ± 0.24), baixa equitabilidade (0.07 ± 0.13) e baixa riqueza de espécies (1.67 ± 1.12). A comunidade de parasitos em *H. unimaculatus* apresentou baixa diversidade de Brillouin (0.58 ± 0.29), baixa equitabilidade (0.44 ± 0.21) e baixa riqueza de espécies (7.40 ± 3.83). Nas duas espécies investigadas houve predominância de ectoparasitos, principalmente monogeneas em *C. inornata*, e monogeneas e digeneas em *H. unimaculatus*. Em *C. inornata*, ácaros e monogeneas apresentaram dispersão agregada e metacercárias de Digenea gen. sp. apresentaram dispersão randômica, enquanto em *H. unimaculatus* os parasitos também apresentaram dispersão agregada, exceto *P. (S.) inopinatus*, que teve dispersão randômica. Em *C. inornata* a riqueza e a intensidade apresentaram correlação positiva com o tamanho dos hospedeiros, mas não houve correlação do tamanho corporal com a abundância de parasitos. Em *H. unimaculatus*, o tamanho dos hospedeiros não teve efeito sobre a diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos. Este foi o primeiro relato de *G. spectabilis*, *U. triagulus* e *D. geayi* para *C. inornata* e o primeiro estudo sobre a comunidade e infracomunidade de parasitos em *H. unimaculatus*.

Palavras-chave: Agregação; Amazônia; Characiformes, parasitos; peixes de água doce.

ABSTRACT

Metazoan parasites in *Curimata inornata* (Curimatidae) and *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) from the Rari River basin, state of Amapá (Brazil). Graduate Program in Tropical Biodiversity. Federal University of Amapá, Macapá, 2021

The aim of this study was to investigate the fauna of metazoan parasites in *Curimata inornata* and *Hemiodus unimaculatus* from the Rio Jari, in the eastern Brazilian Amazon. In *C. inornata*, 80.0% were parasitized by one or more species and a total of 118 parasites were collected, among *Urocleidoides triagulus*, Dactylogyridae gen. sp., metacercariae of Digenea gen. sp., *Gorthocephalus spectabilis*, *Dolops geayi* and Acarina gen. sp. In *H. unimaculatus*, 96.7% were parasitized by one or more species and a total of 336 parasites such as Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* sp.3 and Girodactilydae gen. sp. (Monogenea), metacercariae of Digenea gen. sp. (Trematoda), *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus*, *Contraecum* sp. (Nematoda), *Neoechinorhyncus* n. sp. (Acanthocephala) and Acarina gen. sp. (Arthropoda). The parasite component community in *C. inornata* showed low Shannon diversity (0.12 ± 0.24), low evenness (0.07 ± 0.13) and low species richness (1.67 ± 1.12). The parasite community in *H. unimaculatus* showed low Brillouin diversity (0.58 ± 0.29), low evenness (0.44 ± 0.21) and low species richness (7.40 ± 3.83). In the two species investigated, there was a predominance of ectoparasites, mainly monogeneans in *C. inornata*, and monogenous and digeneans in *H. unimaculatus*. In *C. inornata*, mites and monogeneans showed aggregate and metacercaria dispersion of Digenea gen. sp. showed random dispersion, while in *H. unimaculatus* the parasites also showed aggregate dispersion, except *P. (S.) inopinatus*, which had random dispersion. In *C. inornata*, richness and intensity showed a positive correlation with the size of the hosts, but there was no correlation between body size and the abundance of parasites. In *H. unimaculatus*, the size of the hosts had no effect on diversity, species richness and abundance of parasites. This was the first report of *G. spectabilis*, *U. triagulus* and *D. geayi* for *C. inornate*, and the first study on the parasite community and infracommunity in *H. unimaculatus*.

Keywords: Aggregation, Amazon, Characiformes, freshwater fish, parasites.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1. A bacia do Rio Jari, ambiente deste estudo	13
1.2. <i>Curimata inornata</i> e <i>Hemiodus unimaculatus</i> : hospedeiros foco deste estudo	14
1.3. Parasitos em peixes.....	17
1.4. Ecologia de comunidades de parasitos em peixes	20
1.5. Parasitos metazoários em populações de peixes no Rio Jari	22
1.6. Parasitos metazoários de <i>Curimata inornata</i> e <i>Hemiodus unimaculatus</i>	23
2. PROBLEMAS	26
Como está composta a comunidade de parasitos metazoários em <i>C. inornata</i> e <i>H. unimaculatus</i> da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá? Qual o tipo de dispersão dos parasitos em <i>C. inornata</i> e <i>H. unimaculatus</i> ? O tamanho dos hospedeiros influencia a diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos?	
3. HIPÓTESES	26
4. OBJETIVOS.....	26
4.1. GERAL.....	26
4.2. ESPECÍFICOS	26
5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....	27
CAPÍTULO 1	35
Diversidade e comunidade de parasitos metazoários em <i>Curimata inornata</i> (Curimatidae) da bacia do Rio Jari, na Amazônia brasileira	
CAPÍTULO 2	53
Comunidade e infracomunidades de parasitos metazoários em <i>Hemiodus unimaculatus</i> (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas (Brasil)	
6. CONCLUSÕES FINAIS	71
7. ANEXO 1	72

1. INTRODUÇÃO GERAL

No sistema do Rio Amazonas, a diversidade aquática não é comparável a nenhuma outra do planeta, pois esse grande bioma neotropical tem um considerável volume de água, características e ambientes peculiares, além de diversos tributários com variados tamanhos ao longo de vários países da América do Sul (Val 2019). Essa grande bacia hidrográfica que forma rios, lagos, igarapés e planícies de inundação de diferentes tamanhos e formas possui diversos ambientes com diferentes tipos de águas (brancas, pretas e claras), de cores e propriedades variadas, apresentando diferentes níveis de oxigênio e pH, não sendo, portanto, um ambiente homogêneo (Isaac & Barthem 1995, Val 2019). Além disso, os níveis de água variam enormemente ao longo do ano em função das chuvas sazonais, formando áreas de várzea e planícies inundáveis, que incluem as áreas de floresta, sendo determinantes para o ciclo de vida de uma grande diversidade de espécies de peixes de diferentes ordens e famílias, uma vez que larvas e adultos utilizam esses ambientes para garantir sua alimentação e refúgio (Junk et al. 1989, Lowe-McConnell 1999, Val 2019).

Como as características desses vários ambientes são fortemente influenciadas pela sazonalidade pluviométrica, esse fator determina uma intrínseca rede de interações bióticas e abióticas (Soares et al. 2008). Assim, os vários ambientes que compõem essa bacia são complexos, dinâmicos e ricos em diversidade biológica, com inúmeros organismos ainda desconhecidos (Val 2019), incluindo peixes e espécies de parasitos que os peixes albergam. Além disso, na região estuarina, há diversos tributários que sofrem ação diária das marés do Rio Amazonas, influenciando também fortemente a vida das comunidades de peixes (Silva et al. 2016), bem como a diversidade, comunidades e infracomunidades de parasitos nas populações de peixes.

Como nos ambientes do sistema do Rio Amazonas há uma correspondência muito próxima entre a história evolutiva dessa bacia hidrográfica e os peixes desse ecossistema, em razão da limitação desses animais de rios e lagos em transpassarem barreiras terrestres e marítimas (Reis et al. 2016), a ictiofauna amazônica apresenta diversas espécies endêmicas. Tais padrões dessa diversidade da ictiofauna e os processos que geram esses padrões ainda não estão totalmente explicados, sendo provavelmente resultado da influência combinada da heterogeneidade ambiental, clima e contingências históricas (Isaac & Barthem 1995, Sá-Oliveira et al. 2016, Oberdorff et al. 2019). Entre as mais de 5.000 espécies de peixes de água doce da América do Sul, 2.257 espécies estão na bacia amazônica, sendo 1.248 espécies endêmicas, o que representa aproximadamente 15% dos peixes descritos no planeta (Reis et al. 2016, Oberdorff et al. 2019). Os peixes amazônicos apresentam diversos tamanhos e hábitos de

vida, e são mantidos por outros organismos igualmente diversificados (Val 2019) principalmente invertebrados usados na sua alimentação, os quais podem contribuir para a diversidade, riqueza e infracomunidades de parasitos em populações de peixes hospedeiros.

Muitos ecossistemas de água doce estão cada vez mais afetados por atividades antrópicas (Oberdorff et al. 2019). Na bacia amazônica, perturbações ambientais são cada vez mais frequentes, como a construção de barragens de usina hidrelétricas que bloqueiam as migrações dos peixes e causam fragmentação e dispersão de genes, podendo afetar as suas populações e a biodiversidade de outras espécies associadas a essas populações de peixes, como por exemplo, invertebrados (Reis et al. 2016). Outras perturbações ambientais também importantes têm sido a poluição aquática e o desmatamento, que reduz os habitats para os peixes. Mudanças no uso do solo, práticas agrícolas, urbanização e mineração são também fatores antrópicos que podem afetar negativamente os ambientes e levar ao desaparecimento de espécies de peixes na região (Reis et al. 2016, Oberdorff et al. 2019), afetando também espécies de parasitos que as populações de peixes albergam.

Os parasitos fazem parte da biodiversidade, e foram negligenciadas por muito tempo e embora somente recentemente os parasitos tenham sido reconhecidos como componentes importantes da biodiversidade do planeta, há muito tempo sabe-se que esses desempenham um importante papel nos ecossistemas aquáticos, podendo alterar a estrutura das assembleias de peixes hospedeiros, regular a abundância de peixes e desestabilizar cadeias alimentares locais (Navarro et al. 2005, Scholz and Choudhury 2013, Pérez-Ponce de León and Aguilar-Aguilar 2019). Assim, podem ser responsáveis por infecções nos hospedeiros, afetando a aquicultura e pesca (Luque and Poulin 2007, Morley 2012, Cardoso et al. 2017). Apesar da grande diversidade de peixes da América do Sul, estima-se que somente 5% dessa ictiofauna foi examinada em busca de parasitos (Choudhury et al. 2016). Além disso, na Amazônia, muitas espécies de peixes têm sua fauna parasitária pouco estudada ou desconhecida, como ocorre com *Curimata inornata* (Vari, 1989) e *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794), espécies-alvo do presente estudo.

1.1. A bacia do Rio Jari, ambiente deste estudo

O Rio Jari, um afluente da margem esquerda do Rio Amazonas, tem origem na Serra do Tumucumaque, na fronteira do Brasil com o Suriname e Guiana Francesa, nas chamadas Colinas do Amapá. A bacia de drenagem do Rio Jari abrange os municípios de Laranjal do Jari, Vitória do Jari e Mazagão, Oiapoque e Pedra Branca do Amapari, no estado do Amapá e, no estado do Pará, abrange o município de Almeirim. Seu curso inferior, em confluência com o

Rio Amazonas, se caracteriza como uma planície, com declividade quase nula e com áreas alagáveis (Cunha et al. 2010, EPE 2011).

Os rios da bacia do Rio Jari apresentam baixa quantidade de material em suspensão, são oligotróficos e possuem pH ácido, enquadrados como rios de águas predominantemente claras, sofrem influência das marés do Rio Amazonas (EPE 2011; Abreu & Cunha, 2017). A região apresenta basicamente dois períodos sazonais bem definidos: um regime de chuva durante o verão e outono austral, ou seja, que se inicia em dezembro e se estende até maio, e o período de estiagem que ocorre durante o inverno e primavera austral, ou seja ocorre de junho a novembro (Souza et al. 2009, Cunha et al. 2010). Assim, estima-se que no Rio Jari, a média de vazão no período de maior precipitação é cerca de 3.500 m³/s, enquanto no período de estiagem chega a somente 30m³/s. Estudos mostraram intercalação dos níveis de chuvas entre os anos na região (Cunha et al. 2010, EPE 2011, Abreu and Cunha 2015).

As florestas alagáveis desta bacia que mais se destacam são as de igapó e a vegetação marginal constitui importante elemento para a manutenção da fauna, servindo de abrigo, alimento direto ou por meio do ciclo de detritos (Cunha et al. 2010, EPE 2011). A riqueza da ictiofauna desta região é considerada intermediária principalmente em razão dos estudos se concentrarem no sul da bacia, em razão da dificuldade de acesso às regiões central e norte (EPE 2011). Acompanhando o padrão amazônico, há predominância de Characiformes e Siluriformes, com ocorrência de peixes migratórios. O Rio Jari é navegável até a cachoeira de Santo Antônio, localizada a montante do município de Laranjal do Jari (EPE 2011, Abreu & Cunha 2017)

Em razão de sua localização, a bacia do Rio Jari enfrenta grande vulnerabilidade socioambiental e natural, como enchentes e alagamentos urbanos de grandes proporções (Abreu & Cunha, 2017, EPE 2011). A influência das cidades ribeirinhas está entre as causas dos efeitos ambientais adversos, causando alterações no leito principal do Rio Jari, além de problemas sanitários, com alguns dados sinalizando ocupação desordenada e lançamento de dejetos em alguns locais no baixo curso da bacia (Cunha et al. 2010, EPE 2011).

1.2. *Curimata inornata* e *Hemiodus unimaculatus*: hospedeiros foco deste estudo

Peixes da família Curimatidae são Characiformes de pequeno a médio porte, medindo de 3,3 a 45,0 cm de comprimento, e tem distribuição na América do Sul e América Central. Curimatidae possui cerca de 106 espécies distribuídas nos gêneros *Cyphocharax*, *Curimata*, *Curimatella*, *Curimatopsis*, *Potamorhina*, *Psectrogaster*, *Pseudocurimata* e *Steindachnerina*. As espécies ocorrem nas drenagens do Oceano Pacífico Transandino do sudoeste da Costa Rica

ao noroeste do Peru. Habitam diversas áreas de drenagem e ocupam a maioria das bacias hidrográficas desde o sistema do Rio Orinoco até um pouco ao sul de Buenos Aires (Argentina), sendo mais especiosos e diversos nas bacias Amazônica e Orinoco. A diversidade de espécies é menor nos rios costeiros das Guianas, bacia do Rio São Francisco e vários dos rios menores do nordeste do Brasil até o Uruguai. Distinguem-se de todos os demais Characiformes pela combinação da ausência total de dentição em qualquer mandíbula (uma característica presente em outros Characiformes, exceto também de espécies do gênero *Anodus* da família Hemiodontidae). Tem uma série de modificações na boca, arcos branquiais e trato digestivo que lhes permitem utilizar eficientemente os alimentos comuns nos habitats de sua distribuição. Muitas espécies de curimatídeos têm importância como item alimentar para espécies de peixes predadores (Vari 2003, Froese e Pauly 2021).

Curimata inornata (Figura 1) é uma espécie de Curimatidae de pequeno porte, conhecido popularmente como “branquinha” na Amazônia brasileira. Essa espécie de peixe chega a alcançar 20-25 cm de comprimento, habita diversos ambientes, como canal principal de grandes rios, lagos e planícies de inundação na região amazônica (Ferreira et al. 1998, Reis et al. 2003, Soares et al. 2008, Queiroz et al. 2013).

Embora muitos aspectos da biologia de *C. inornata* sejam desconhecidos, sabe-se que espécies de *Curimata* apresentam comportamentos de migração, desova total e iniciam o processo de maturação sexual com 13 cm de comprimento. A reprodução ocorre no período das enchentes, quando formam grandes cardumes como outras espécies do gênero, representando assim parte importante da biomassa de peixes em ambientes lacustres e fluviais (Santos et al. 1984, Vari 1989, Reis et al. 2003, Queiroz et al. 2013). Fora desse período, também realizam migrações laterais em direção às várzeas, para alimentação (Reis et al. 2003, Queiroz et al. 2013). Em geral, *Curimata* spp. têm comportamento diurno e quando jovens são encontrados na vegetação aquática (Sánchez-Botero and Araújo-Lima 2001, Soares et al. 2008). Espécies de *Curimata* são bentopelágicas e de hábito alimentar detritívoro, consumindo detritos, perifiton, matéria orgânica floclulenta decomposta, micro vegetação e algas filamentosas aquáticas (Santos et al. 1984, Ferreira 1993, Ferreira et al. 1998, Queiroz et al. 2013).



Figura 1. *Curimata inornata* da bacia do Rio Jari, estado do Amapá. Fonte: acervo pessoal

Hemiodus unimaculatus (Figura 2) é um Characiforme da família Hemiodontidae, popularmente conhecido como “jatuarana-escama-grossa” na região do Rio Tocantins e “flecheiro” ou “matupiri” na região da bacia do Rio Jari. Possui distribuição em bacias hidrográficas do Suriname, Guiana Francesa, Peru, e no Brasil ocorre nas bacias dos rios Amazonas, Ucayali, Japurá, Negro, Solimões, Madeira, Trombetas, Tapajós, Xingu, Tocantins e Oiapoque (Soares et al. 2008, Queiroz et al. 2013, Vasconcelos and Tavares-Dias 2016, Martins et al. 2017). Esse Hemiodontidae é um bom nadador, podendo dar saltos fora d’água, forma cardumes e habita praias, paranás, lagos e rios de águas brancas, claras e pretas, podendo ser capturado principalmente em florestas alagadas (Saint-Paul et al. 2000, Soares et al. 2008). Peixe bentopelágico, prefere águas oxigenadas, estando presentes em áreas onde prevalecem características lóticis (Soares et al. 2008, Queiroz et al. 2013, Martins et al. 2017).

H. unimaculatus alcança até 18 cm de comprimento padrão, tem corpo fusiforme e esguio e apresenta uma mancha escura, arredondada, quase no meio do corpo. Tem hábito alimentar onívoro, alimentando-se de detritos, perifiton, lodo, algas filamentosas, macrófitas aquáticas, sementes, flores, frutos, microcrustáceos e, ocasionalmente, de pequenos invertebrados e larvas de insetos Diptera, Heteroptera e Ephemeroptera. Espécie migradora de hábito diurno, sua desova é total, com fecundação externa, ocorrendo durante a enchente, quando os cardumes se deslocam em direção ao canal dos grandes rios (Santos 2004, Silva et al. 2008, Soares et al. 2008, Cintra et al. 2013, Queiroz et al. 2013). A maturação sexual das fêmeas ocorre com 13 cm de comprimento padrão (Soares et al. 2008). Em geral, esse peixe pode ser capturado em pescarias multiespecíficas ou direcionadas quando no período de

“safra”, pois é apreciado pelas populações ribeirinhas e também comercializado em mercados e feiras dos centros urbanos da Amazônia brasileira (Cintra et al. 2013, Thome-Souza et al. 2017).



Figura 2. *Hemiodus unimaculatus* da bacia do Rio Jari, estado do Amapá.

Fonte: acervo pessoal

1.3. Parasitos em peixes

Os parasitos mais antigos viveram em estreita associação com os peixes hospedeiros, os quais foram os primeiros vertebrados que surgiram (Thatcher 2006). Os peixes podem ser parasitados por uma variedade de táxons de ectoparasitos e endoparasitos. Ectoparasitos podem se localizar na superfície do corpo, brânquias, boca, narinas e opérculos, enquanto os endoparasitos são encontrados no trato digestório e vísceras dos peixes (Thatcher 2006). Entre os táxons de parasitos de peixes se destacam os Monogenea, Crustacea, Hirudinea, Pentastomida, Trematoda, Nematoda, Acanthocephala e Cestoda (Thatcher 2006, Pérez-Ponce de León and Aguilar-Aguilar 2019). Em geral, parasitos helmintos são comumente encontrados no trato digestório, vísceras e filamentos branquiais de populações naturais de peixes (Thatcher 2006, Chemes and Takemoto 2011, Pérez-Ponce de León and Aguilar-Aguilar 2019). Até 2016, 1.427 espécies de helmintos eram conhecidas em peixes de água doce no Brasil (Luque et al. 2016), mas este número aumenta a cada ano com as novas descrições de espécies.

Parasitos da classe Monogenea são Platyhelminthes hermafroditas de ciclo de vida simples e direto, ou seja, todos os estágios ocorrem em um único hospedeiro (Thatcher 2006, Luque et al. 2016). Esses parasitos podem infectar as brânquias, pele, fossas nasais, ureteres e

algumas poucas espécies também o estômago de peixes hospedeiros (Paschoal et al. 2016, Salgado-Maldonado et al. 2019). Em peixes da região neotropical é o grupo mais rico em espécies, embora seja talvez o táxon menos conhecido (Thatcher 2006). No Brasil, são conhecidas 552 espécies de monogeneas em peixes de água doce (Luque et al. 2016). A maioria das espécies de monogeneas mostra uma alta especificidade de hospedeiros, ocorrendo em uma única espécie, gênero, família, classe ou ordem (Thatcher 2006, Paschoal et al. 2016, Salgado-Maldonado et al. 2019). Esses parasitos, geralmente produzem pouco danos aos hospedeiros, exceto quando em grande abundância (Thatcher 2006) e dependendo da idade dos peixes hospedeiros.

Cestoda é uma classe de Platyhelminthes que se caracteriza em sua maioria, por apresentar um aparelho de fixação (escolax), corpo achatado e segmentado (proglotides). Os novos segmentos que surgem do “pescoço” são mais jovens quanto mais perto do escolax e maduros na extremidade, onde apresentam desenvolvidos, em cada proglotide madura, um ou dois conjuntos completos de órgãos masculino e feminino, sendo assim, em sua maioria, hermafroditas (Thatcher 2006). Nos hospedeiros, a patogenicidade desses endoparasitos adultos pode ser baixa, pois se localizam no lúmen intestinal; porém, os estágios larvais se localizam na parede intestinal, mesentério e paredes dos órgãos internos, causando maiores danos aos peixes, sendo também uma zoonose (Chai et al. 2005, Thatcher 2006). A partir das proglotides surgem larvas que são ingeridas pelo primeiro hospedeiro intermediário, geralmente uma espécie de crustáceo, que é ingerido por um peixe pequeno. Nesses hospedeiros se desenvolvem os estágios larvais, que chegam à fase adulta no hospedeiro definitivo, o qual é desconhecido para as espécies de cestoides do Brasil (Thatcher 2006, Luque et al. 2016). Luque et al. (2016) listaram 117 espécies de cestoides associadas a peixes de água doce no Brasil.

Dentre os grupos de helmintos em peixes, parasitos da Classe Trematoda, em sua maioria da Subclasse Digenea, muitas vezes são endoparasitos encontrados nos peixes em estágio larval, conhecido como metacercárias (Thatcher 2006). As cercarias, por sua vez, geralmente fazem parte da comunidade planctônica e surgem a partir de moluscos parasitados (Morley 2012). Este grupo apresenta parasitos predominantemente hermafroditas, com ciclo de vida complexo e com vários hospedeiros, incluindo os moluscos como primeiro hospedeiro intermediário e um vertebrado como hospedeiro definitivo (Zemmer et al. 2017), passando pela fase de cercarias infectando hospedeiros intermediários (peixes) para chegar aos hospedeiros definitivos quando estes se alimentam de peixes hospedeiros intermediários ou do próprio molusco (Chai et al. 2005, Thatcher 2006). Também responsáveis por grande número de infecções a humanos no mundo, sua patogenicidade varia de acordo com seu tamanho, sítio de

infecção, forma de penetração, migração nos hospedeiros e abundância (Chai et al. 2005, Thatcher 2006). Em peixes neotropicais, os digeneas são o primeiro grupo em termos de associação peixe-parasito registradas, seguidos pelos nematoides (Luque and Poulin 2007, Choudhury et al. 2016). No Brasil, são conhecidas 197 espécies de Trematoda, sendo em sua maioria, espécies de Digenea (Luque et al. 2016).

O Filo Nematoda, por sua vez, além de ser constituído por parasitos de plantas e animais, ocorre também em vida livre (Thatcher 2006). São vermes cilíndricos e alongados, apresentam sexos separados e nos peixes vivem no trato digestivo, vísceras e cavidades do corpo, podendo estar temporariamente em vida livre no primeiro estágio larval, geralmente não precisando de hospedeiros intermediários (ciclo de vida direto). Porém, as espécies com ciclo complexo, geralmente utilizam microcrustáceos ou peixes pequenos como hospedeiros intermediários (Thatcher 2006, Neves 2020). Os danos causados aos peixes hospedeiros variam dependendo da espécie, sítio de infecção e abundância de infecção (Thatcher 2006). Em peixes de água doce do Brasil, são conhecidas 404 espécies de nematoides (Luque et al. 2016) porém, a fauna desses endoparasitos ainda permanece um componente subestimado dada a enorme diversidade de peixes da Amazônia. Algumas espécies desse táxon são de grande importância na saúde pública ou relacionadas perdas econômicas, pois além da diminuição da produção relacionada ao parasitismo, os estágios larvais de algumas espécies têm potencial zoonótico e, quando visíveis nos tecidos dos peixes, podem prejudicar a comercialização (Chai et al. 2005, Thatcher 2006, Luque et al. 2011).

Parasitos do Filo Acanthocephala são vermes que podem ser corpulentos a alongados, dotados de uma proboscide espinhosa eversível. Com sexos separados, onde as fêmeas geralmente são maiores que os machos, se caracterizam por apresentarem um sistema circulatório primitivo - o sistema lacunar (Kennedy 2006, Thatcher 2006). Em seu ciclo de vida não há estágios de vida livre, suas larvas parasitam artrópodes e os estágios adultos são encontrados em vertebrados que se alimentam desses artrópodes, se localizando no sistema digestório dos hospedeiros. Se o hospedeiro intermediário é ingerido por um hospedeiro inadequado, este pode funcionar como hospedeiro paratênico (transportador), onde a larva se encista e não se desenvolve até este hospedeiro ser ingerido por um outro hospedeiro intermediário ou definitivo (Silva et al., 2008; Marinho et al. 2021). Por isso alguns peixes apresentam a fase larval encistada em vísceras (ex. mesentério, fígado e outros órgãos), podendo então causar grandes danos aos hospedeiros, mas as formas adultas em geral causam menos danos tais como reações inflamatórias localizadas no intestino e peritonite (Thatcher

2006). No Brasil, somente 60 espécies de acantocéfalos são conhecidas infectando peixes de água doce (Luque et al. 2016), mas este número tende a aumentar.

Parasitas Crustacea são Arthropoda que infectam peixes, são encontrados em vários habitats e necessitam de hospedeiro em pelo menos uma fase de seu ciclo de vida simples e direto (Thatcher 2006). Esses metazoários parasitos de peixes pertencem especialmente aos grupos Copepoda, Branchiura e Isopoda, os quais podem estar presentes em diversos sítios nos peixes hospedeiros e requerem atenção em razão dos danos que podem causar a tais hospedeiros (Tavares-Dias et al. 2015, Oliveira et al. 2017a.) Alguns desses parasitos demonstram preferência por alguns peixes hospedeiros e sítios de infecção, enquanto outros não demonstram qualquer preferência, o que determina desde uma ampla distribuição geográfica até distribuição mais restrita de diferentes espécies de crustáceos parasitando peixes (Mamani M 2004, Tavares-Dias et al. 2015, Oliveira et al. 2017a). Algumas espécies de crustáceos podem ainda ser hospedeiros primários de parasitos nematoides (Thatcher 2006). No Brasil, entre os crustáceos de peixes de água doce, são conhecidos Ergasilidae, Argulidae, Lernaeidae, Lernaeopodidae e Cymothoidae, distribuídos em 76 espécies de 27 gêneros, mas a dominância é de espécies Ergasilidae, principalmente do gênero *Ergasilus* (Tavares-Dias et al. 2015).

1.4. Ecologia de comunidades de parasitos em peixes

Na dinâmica das populações de parasitos é importante compreender os fatores que afetam os sistemas parasito-hospedeiro. Em geral, as populações de parasitos encontram-se distribuídas de forma agregada nos peixes de água doce (Poulin 2013, Salgado-Maldonado et al. 2019). Essa agregação pode ser utilizada para determinar a riqueza local de parasitos (Crofton 1971, Ives 1991). A dispersão de parasitos na população de peixes pode ser influenciada pela patogenicidade do parasito, suscetibilidade e densidade de hospedeiro no ambiente, entre outros fatores (Tavares-Dias et al. 2013). A dispersão agregada intraespecífica sugere que a competição não é um fator limitante para a espécie de parasito, enquanto a competição interespecífica desempenha um importante papel na formação das comunidades de parasitos, devido as interações negativas (Salgado-Maldonado et al. 2019). Quanto aos fatores relacionados ao hospedeiro, níveis de agregação de endohelminhos não parecem estar relacionados ao tamanho do corpo, embora em peixes maiores geralmente se observa maiores níveis de infecção, mas a suscetibilidade pode estar mais ligada às diferenças nas preferências alimentares ou condição imunológica. Por outro lado, a exposição do hospedeiro aos estágios infecciosos dos parasitos parece ser mais importante que a suscetibilidade do hospedeiro à infecção na geração da dispersão agregada (Crofton 1971, Poulin 2013). Todavia, há dúvidas

se existem efeito dos táxons ou dos estágios de desenvolvimento dos parasitos nos níveis de agregação parasitária (Lester 2012, Poulin 2013).

Fatores bióticos (ex. dieta, alimentação, tamanho, idade dos hospedeiros, ciclo de vida dos parasitos, outros) e abióticos (ex. temperatura, oxigênio, pH, sazonalidade, latitude geográfica, biogeografia, outros) podem ter efeitos na dinâmica de infecções, riqueza de espécies, estrutura da comunidade e infracomunidades de parasitos em populações naturais de peixes (Tavares-Dias et al. 2013, Zemmer et al. 2017). Na Amazônia, variações sazonais nos níveis pluviométricos e alterações nos padrões temporais que influenciam a disponibilidade de estágios infecciosos dos parasitos também podem afetar as comunidades e infracomunidades de parasitos, sendo sua identificação fundamental para a melhor compreensão dos sistemas hospedeiro-parasito. Além disso, parasitos podem ser influenciados por distúrbios naturais ou antrópicos (Tavares-Dias et al. 2013, Hoshino and Tavares-Dias 2019a). A influência da variação do ciclo chuvoso/seco foi relatada em estudos mostrando o aumento ou diminuição da diversidade, riqueza de espécies e níveis de infecção em peixes da Amazônia para algumas espécies de parasitos. Esta variação hidrodinâmica afeta a disponibilidade sazonal de estágios infecciosos dos parasitos, afetando também, de diversas formas, os invertebrados hospedeiros intermediários dos parasitos (Neves et al. 2013, Tavares-Dias et al. 2014, Oliveira et al. 2015, Hoshino and Tavares-Dias 2019a,b).

Em populações peixes, a interação entre a saúde e bem-estar é complexa, sendo razoável inferir que animais doentes não apresentam bem-estar. Por outro lado, o bem-estar de peixes saudáveis pode ser comprometido pelo ambiente inadequado e estresse, que por sua vez pode suprimir a função imunológica e aumentar o risco de infecções parasitárias. Compreender as interações parasito-hospedeiro pode esclarecer o bem-estar do indivíduo ou população de peixes e os mecanismos que eles possuem para lidar com as adversidades (Huntingford et al. 2006). Peixes doentes ou altamente parasitados podem ser reconhecidos por sinais como alteração na cor da pele, falhas nos padrões de comportamento (erráticos, circulares ou outro padrão), sinais de desconforto e asfixia, entre outros. Portanto, como o parasitismo pode dificultar a capacidade de nadar e respirar, capacidade de competição predador-presa, comprometendo a saúde dos peixes hospedeiros, pode também comprometer seu crescimento e torná-los presas mais fáceis para predadores no ambiente (Thatcher 2006, Gomiero et al. 2012, Sant'Ana et al. 2012). Dependendo dos níveis de parasitismo, os danos aos peixes são inegáveis, uma vez que esse pode causar mortalidade de hospedeiros e reduzir sua reprodução, afetando a atividade pesqueira de forma geral com a diminuição da qualidade dos peixes para consumo e comercialização (Ranzani Paiva et al. 2000). Esses pequenos animais exercem um

papel importante na biota, pois são capazes de controlar o crescimento populacional de seus hospedeiros e assim manter o ecossistema em equilíbrio (Luque & Poulin 2007, Cardoso et al. 2017). Além disso, conhecer as espécies de parasitos e compreender suas relações com seus hospedeiros, auxiliam no monitoramento de um ecossistema em curto e/ou longo prazo (Pérez-Ponce de León 2014).

1.5. Parasitos metazoários em populações de peixes no Rio Jari

Em estudos realizados na bacia do Rio Jari, em diferentes espécies de peixes capturados, foram relatadas infecções por parasitos crustáceos pertencentes aos táxons Argulidae, Ergasilidae, Lernaeidae e Cymothoidea, onde as espécies *Ergasilus turucuyus* (Ergasilidae), *Braga patagonica* (Cymothoidea) e *Dolops longicauda* (Argulidae) se mostraram mais frequentes (Oliveira et al. 2017a, Goncalves et al. 2018, Santos et al. 2018, Borges et al. 2019).

Outros estudos realizados na região mostraram a presença de diferentes táxons de monogenéticos dos gêneros *Gussevia*, *Sciadicleithrum* e *Tucunarella* encontrados em brânquias de *Cichla monoculus*, *Astronotus crassipinnis* e de *Aequidens tetramerus* (Santos et al. 2018, Borges et al. 2019, Oliveira et al. 2019) e em peixes *Colossoma macropomum* onde foram encontrados os monogenéticos *Anacanthorus spathulatus*, *Mymarothecium boegeri*, *Notozothecium janauachensis* e *Linguadactyloides brinkmanni* (Goncalves et al. 2018). Em *Leporinus friderici* foram identificadas as espécies de monogenea *Jainus leporini*, *Urocleidoides paradoxos*, *Tereancistrum parvus*, *Urocleidoides* sp. e *Tereancistrum* sp. (Oliveira et al. 2017b).

Digenéticos *Posthodiplostomum* sp. e *Clinostomum* sp. foram relatados em peixes das espécies *Aequidens tetramerus* e *Astronotus crassipinnis*. *Clinostomum marginatum* foi identificado em *Leporinus friderici* e metacercárias de Cladorchiidae em *Colossoma macropomum* obtidos em peixes da mesma região (Oliveira et al. 2017b, Goncalves et al. 2018, Santos et al. 2018, Borges et al. 2019). *Alphamphistoma canoeforma*, *Betamphistoma jariense* e *Gamamphistoma collaris*, outras espécies de trematódeos, foram identificados parasitando a população do Rio Jari de *Mylesinus paraschomburgkii*, um peixe não migrador (Thatcher 1996).

Nematodas do gênero *Contracaecum* foram encontrados em *Astronotus crassipinnis* e *Leporinus friderici*, assim como larvas de *Contracaecum* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* em peixes das espécies *Colossoma macropomum* e *Leporinus friderici*. Larvas de *Spectatus spectatus* também foram encontradas em *Colossoma macropomum* (Oliveira et al. 2017b, Goncalves et al. 2018, Santos et al. 2018).

Acantocefalos dos táxons *Gorytocephalus*, *Neoechinorhynchus* e *Octospiniferoides incógnita* foram registrados em peixes *Astronotus crassipinnis*, *Colossoma macropomum* e *Leporinus friderici* respectivamente (Oliveira et al. 2017b, Goncalves et al. 2018, Santos et al. 2018).

1.6. Parasitos metazoários de *Curimata inornata* e *Hemiodus unimaculatus*

Em várias espécies de peixes da Amazônia a fauna parasitária tem sido estudada (Tavares-Dias et al. 2013, Tavares-Dias et al. 2015, Neves et al. 2016, Vasconcelos and Tavares-Dias 2016, Oliveira et al. 2017b, Hoshino and Tavares-Dias 2019a, Neves and Tavares-Dias 2019, Neves et al. 2020, Carvalho et al. 2020, Brito-Junior & Tavares-Dias 2021). Para *Curimata* spp. têm sido descrito infecção por algumas espécies de monogeneas, nematoides, dígeneas, acantocéfalos e crustáceos (Tabela 1), mas não estudos sobre parasitos metazoários em *C. inornata*. Para *Hemiodus* spp. têm sido descrito infecção por espécies de monogeneas, crustáceos, nematoides e dígeneas; porém, para *H. unimaculatus* somente espécies de crustáceos têm sido relatadas (Tabela 2). Portanto, além do pouco conhecimento sobre parasitos metazoários que infectam populações de *C. inornata* e *H. unimaculatus*, não há estudos para a bacia do Rio Jari na Amazônia oriental, assim levantando as questões no presente estudo, que investiga qual a constituição da comunidade de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá e qual a influência dos índices parasitológicos no tamanho destes hospedeiros.

Tabela 1. Lista de espécies de *Curimata* da América do Sul parasitados por metazoários.

Host species	Parasite species	Groups	Locality	References
<i>Curimata incompta</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	Monogenea	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves et al. (2016)
	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Trematoda	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves et al. (2016)
	<i>Gorytocephalus elongorchis</i>	Acanthocephala	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves et al. (2016)
	<i>Braga patagonica</i>	Isopoda	Rio garapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves et al. (2016)
	<i>Dolops reperta</i>	Branchiura	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves & Tavares-Dias (2019)
	<i>Gamidactilus</i> sp.	Copepoda	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Neves & Tavares-Dias (2019)
	<i>Rhinoxenus guianensis</i>	Monogenea	Rio Iracoubo (Guiana Francesa)	Domingues & Boeger (2005)
<i>Curimata cyprinoides</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	Monogenea	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Tavares-Dias et al. (2013)
	Digenea gen. sp.	Trematoda	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Tavares-Dias et al. (2013)
	<i>Polymorphus</i> sp.	Acanthocephala	Rio Igarapé Fortaleza, AP (Brasil)	Tavares-Dias et al. (2013)
<i>Curimata cyprinoides</i>	<i>Miracetyma etimaruya</i>	Copepoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Malta (1993)
<i>Curimata argentea</i>	<i>Curvianchoratus hexacleidus</i>	Monogenea	Rio Arouca (Trinidad)	Molnár et al. (1974)
	<i>Urocleidoides curimatae</i>	Monogenea	Rio Arouca (Trinidad)	Molnár et al. (1974)
	<i>Urocleidoides costaricensis</i>	Monogenea	Costa Rica	Price & Bussing (1967)
<i>Curimata vittata</i>	<i>Curimatrema microscopica</i>	Trematoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Thatcher (2000)
<i>Curimata elegans</i>	<i>Zonocotyle bicaecata</i>	Trematoda	Brasil	Travassos (1947)
	<i>Travnema travnema</i>	Nematoda	Estado de São Paulo (Brasil)	Pereira (1938)
	<i>Gorytocephalus spectabilis</i>	Acanthocephala	Brasil	Machado-Filho (1959)
<i>Curimata gilberti</i>	<i>Zonocotyle bicaecata</i>	Trematoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Padilha (1977)
	<i>Zonocotyloides haroltravassossi</i>	Trematoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Padilha (1977)
	<i>Cosmoxynemoides aguirrei</i>	Nematoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Travassos (1948)
	<i>Cosmoxynema viannai</i>	Nematoda	Estado de Rondônia (Brasil)	Travassos (1948)
	<i>Palombitrema chascomusense</i>	Monogenea	Not informed	Suriano (1981)
	<i>Palombitrema triangulum</i>	Monogenea	Not informed	Suriano (1981)
	<i>Travnema araujo</i>	Nematoda	Estado de São Paulo (Brasil)	Fernandes & Campos (1983)
<i>Curimata platana</i>	<i>Rhyacloganis paranensis</i>	Isopoda	Rio Paraná, PR (Brasil)	Szidat (1948)

AP: Estado do Amapá, PR: Estado do Paraná, RO: Estado de Rondônia.

Tabela 2. Lista de espécies de *Hemiodus* da América do Sul parasitados por metazoários.

Espécies de hospedeiros	Espécies de parasitos	Grupos	Localidades	Referências
<i>Hemiodus microlepis</i>	<i>Rondotrema microvitellarium</i>	Digenea	Rio Guaporé, RO (Brasil)	Thatcher (2006)
<i>Hemiodus orthonops</i>	<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>paraguayensis</i>	Nematoda	Brasil	Thatcher (2006)
<i>Hemiodus semitaeniatus</i>	<i>Cleidodiscus microcirrus</i>	Monogenea	Brasil	Agarwal & Kritsky (1998), Thatcher (2006)
	<i>Monocleithrium lavigerae</i>	Monogenea	Brasil	Agarwal & Kritsky (1998), Thatcher (2006)
<i>Hemiodus</i> sp.	<i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) sp.	Nematoda	Brasil	Luque et al. (2011)
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	<i>Ergasilus turucuyus</i>	Copepoda	Rio Araguari (AP), Brasil	Vasconcelos & Tavares-Dias (2016)
	<i>Excorallana berbicensis</i>	Isopoda	Rio Araguari (AP), Brasil	Vasconcelos & Tavares-Dias (2016)

AP: Estado do Amapá, RO: Estado de Rondônia.

2. PROBLEMAS

Como está composta a comunidade de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá? Qual o tipo de dispersão dos parasitos em *C. inornata* e *H. unimaculatus*? O tamanho dos hospedeiros influencia a diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos?

3. HIPÓTESES

- A comunidade de parasitos metazoários de *C. inornata* e *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari está composta por espécies de crustáceos e helmintos;
- Os parasitos em *C. inornata* e *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari apresentam dispersão uniforme, padrão esperado para parasitos em peixes.
- O tamanho dos hospedeiros influencia positivamente a diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos.

4. OBJETIVOS

4.1. GERAL

Investigar a diversidade e a comunidade de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá.

4.2. ESPECÍFICOS

- Identificar os parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus*;
- Avaliar os parâmetros de infecção e infestação parasitária dos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus*;
- Determinar as espécies de parasitos metazoários dominantes e sítios de infecção em *C. inornata* e *H. unimaculatus*;
- Descrever os parâmetros de diversidade (índice de Brillouin, riqueza de espécies, uniformidade e dominância de Berger-Parker) para a comunidade de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus*;
- Verificar se a abundância, diversidade e riqueza de espécies dos parasitos metazoários apresenta correlação com o tamanho (peso e comprimento) de *C. inornata* e *H. unimaculatus*;
- Determinar o tipo de dispersão dos parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus*.

5. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- A Price, C. E., and W. A. Bussing. 1967. Monogenean parasites of Costa Rican fishes. I. Descriptions of two new species of *Cleidodiscus* Mueller, 1934. *Rivista di parassitologia* **28** 2:81-86.
- Abreu, C. H. M., and A. C. Cunha. 2015. Qualidade da Água em Ecossistemas Aquáticos Tropicais Sob Impactos Ambientais no Baixo Rio Jari-AP: Revisão Descritiva. *Biota Amazônia* **5**:119-131.
- Abreu, C. H. M. d., and A. C. Cunha. 2017. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* **22**:45-56.
- Agarwal, N., and D. C. Kritsky. 1998. Neotropical Monogenoidea. 33. Three new species of *Ancistrohaptor* n. g. (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) on *Triportheus* spp. (Teleostei, Characidae) from Brazil, with checklists of ancyrocephalines recorded from neotropical characiform fishes. *Systematic Parasitology* **39**:59-69.
- Arnason, R., C. De Fontaubert, and M. Kabayashi. 2017. The Sunken Billions Revisited, Progress and Challenges in Global Marine Fisheries.
- Borges, W. F., G. G. Santos, M. S. B. Oliveira, and M. Tavares-Dias. 2019. Parasites in gills of *Aequidens tetramerus*, cichlid from the lower Jari river, an tributary of the Amazon river, northern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca* **45**:485.
- Brito-Junior, I.A.; Tavares-Dias, M. 2021. Diversity of ectoparasites and endoparasites infecting *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes: Pimelodidae), a large migratory catfish from the Amazon. *Acta Amazonica* **51**: 122-128.
- Cardoso, A. C. F., M. S. B. Oliveira, L. R. Neves, and M. Tavares-Dias. 2017. Metazoan fauna parasitizing *Peckoltia braueri* and *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) catfishes from the northeastern Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* **47**:147-154.
- Carvalho, A., Ferreira, R.L., Araújo, P., Tavares-Dias, M., Matos, E., Videira, M. 2020. Condition factor and ecology of endohelminths in *Metynnis lippincottianus* from the Curiaú River, in eastern Amazon (Brazil). *Boletim do Instituto de Pesca* **46**(2): e559.
- Chai, J.Y., K. Darwin Murrell, and A. J. Lymbery. 2005. Fish-borne parasitic zoonoses: status and issues. *International Journal for Parasitology* **35**:1233-1254.
- Choudhury, A., M. L. Aguirre-Macedo, S. S. Curran, M. O. de Nunez, R. M. Overstreet, G. P. de Leon, and C. P. Santos. 2016. Trematode diversity in freshwater fishes of the Globe II: 'New World'. *Systematic Parasitology* **93**:271-282.

- Cintra, I. H. A., J. C. d. Rocha, L. Nakayama, J. C. Martins, and K. C. d. A. Silva. 2013. A pesca de *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794) na área de influência da usina hidrelétrica de Tucuruí, Pará, Brasil. *Actapesca* **1**:1-12.
- Crofton, H. D. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* **62**:179-193.
- Cunha, A. C. d., E. B. d. Souza, and H. F. A. Cunha. 2010. Rede de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais Resultados. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. IEPA, Macapá, Amapá, Brasil.
- Domingues, M., and W. Boeger. 2005. Neotropical Monogenoidea. 47. Phylogeny and coevolution of species of *Rhinoxenus* (Platyhelminthes, Monogenoidea, Dactylogyridae) and their Characiformes hosts (Teleostei, Ostariophysi) with description of four new species. *Zoosistema* **27** (3).
- EPE. 2011. Bacia Hidrográfica do Rio Jari - PA/AP, Estudo de Inventário Hidrelétrico. Relatório final: Avaliação Integrada ambiental. Empresa de Pesquisa Energética.
- Fernandes, M. T., and M. S. d. Campos. 1983. *Travnema araujo* n.sp, (Nematoda, Pharyngodonidae), parasito de *Curimatus gilberti* Quoy & Gaimard (Pisces, Characinidae). Artigas, Paulo de Toledo.
- Ferreira, E. J. e. G. 1993. Composição, distribuição e aspectos ecológicos da ictiofauna de um trecho do rio Trombetas, na área de influência da futura UHE Cachoeira Porteira, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica* **23**:89.
- Ferreira, E. J. G., J. A. Zuanon, and G. M. dos Santos. 1998. Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém, Pará. IBAMA, Brasília, Brasil.
- Gomiero, L., U. Souza, and F. Braga. 2012. Condition factor of *Astyanax intermedius* Eigenmann, 1908 (Osteichthyes, Characidae) parasitised by *Paracymothoa astyanaxi* Lemos de Castro, 1955 (Crustacea, Cymothoidae) in the Grande River, Serra do Mar State Park - Santa Virgínia Unit, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **72**:379-388.
- Gonçalves, B. B., M. S. B. Oliveira, W. F. Borges, G. G. Santos, and M. Tavares-Dias. 2018. Diversity of metazoan parasites in *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae) from the lower Jari River, a tributary of the Amazonas River in Brazil. *Acta Amazonica* **48**:211-216.

- Hoshino, É., and M. Tavares-Dias. 2019a. Interannual and Seasonal Variation in Protozoan and Metazoan Parasite Communities of *Hemibrycon surinamensis*, a Characid Fish Inhabiting the Brazilian Amazon. *Acta Parasitologica* **64** (3).
- Hoshino, É., and M. Tavares-Dias. 2019b. Temporal and seasonal variations in parasites of *Metynnus lippincottianus* (Characiformes: Characidae), a host from the eastern Amazon (Brazil). *Journal of Natural History* **53**:2723-2736.
- Huntingford, F. A., C. Adams, V. A. Braithwaite, S. Kadri, T. G. Pottinger, P. Sandøe, and J. F. Turnbull. 2006. Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology* **68**:332-372.
- Isaac, V. J., and R. B. Barthem. 1995. Os recursos pesqueiros da Amazônia Brasileira. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, série antropologia*. **11**:295-339.
- Ives, A. R. 1991. Aggregation and Coexistence in a Carrion Fly Community. *Ecological Monographs* **61**:75-94.
- Junk, W. J., P. Bayley, and R. Sparks. 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* **106**:110-127.
- Kennedy, C. R. 2006. *Ecology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lester, R. J. G. 2012. Overdispersion In Marine Fish Parasites. *Journal of Parasitology* **98**:718-721, 714.
- Lima, M. A. L., C. R. D. C. Doria, and C. E. d. C. Freitas. 2012. Pescarias artesanais em comunidades ribeirinhas na amazônia brasileira: Perfil socioeconômico, conflitos e cenário da atividade. *Ambiente & Sociedade* **15**:73-90.
- Lizama, M., R. Takemoto, M. Ranzani Paiva, L. Ayroza, and G. Pavanelli. 2007. Relação parasito-hospedeiro em peixes de pisciculturas da região de Assis, Estado de São Paulo, Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) = Host-parasite relationship in fish from fish farms in the Assis region, São Paulo State, Brazil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Acta Scientiarum : Biological Sciences* **29**.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais / Ecological studies in tropical fish communities*. Edusp, São Paulo.
- Luque, J., F. Bisaggio Pereira, P. Alves, M. Oliva, and J. Timi. 2016. Helminth parasites of South American fishes: current status and characterization as a model for studies of biodiversity. *Journal Helminthology* **91**:1-15.
- Luque, J. L., J. C. Aguiar, F. M. Vieira, D. I. Gibson, and C. P. Santos. 2011. Checklist of Nematoda associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa* **3082**:1-88.

- Luque, J. L., and R. Poulin. 2007. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology* **134**:865-878.
- Machado, D. A. 1959. Echinorhynchidae do Brasil. II. Nova espécie do gênero *Echinorhynchus* Zoega in Muller, 1776. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **57**:195-197.
- Malta, J.C.O. (1993a): *Miracetyma etimaruya* gen. et. sp. n. (Copepoda, Poecilostomatoida: Ergasilidae) from freshwater fishes of the Brazilian Amazon. - *Acta Amazonica* **23**(1): 49-57.
- Marinho, T. E. B., G. S. Prado, and S. Melo. 2021. Dieta de *Auchenipterus nuchalis* e *Hemiodus unimaculatus* No Reservatório Da Hidrelétrica Curuá-Una, Santarém-Pa. *Biota Amazônia* (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota); v. 11, n. 1 (2021) DO - 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v11n1p6-10.
- Martins, J. C., I. H. A. Cintra, and V. Sarpedonti. 2017. Seletividade da rede malhadeira na captura de *Hemiodus unimaculatus* no baixo Rio Tocantins, Amazônia, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* **43**:274-282.
- Medeiros-Leal, W., C. Freitas, and F. Siqueira-Souza. 2018. Diversity of fish in managed lakes in the Brazilian Amazonian floodplain area. *Scientia Amazonia* **1**:1-10.
- Molnár, K., G. Hanek, and C. H. Fernando. 1974. Ancyrocephalids (Monogenea) from freshwater fishes of Trinidad. *The Journal of Parasitology* **60** **6**:914-920.
- Morley, N. J. 2012. Cercariae (Platyhelminthes: Trematoda) as neglected components of zooplankton communities in freshwater habitats. *Hydrobiologia* **691**:7-19.
- Navarro, P., J. Lluch, and E. Font. 2005. The component helminth community in six sympatric species of Ardeidae. *Journal of Parasitology* **91**:775-779, 775.
- Neves, L. R., E. C. Braga, and M. Tavares-Dias. 2016. Diversity of parasites in *Curimata incompta* (Curimatidae), a host from Amazon river system in Brazil. *J Parasit Dis* **40**:1296-1300.
- Neves, L. R., F. B. Pereira, M. Tavares-Dias, and J. L. Luque. 2013. Seasonal influence on the parasite fauna of a wild population of *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. *Journal Parasitology* **99**:718-721.
- Neves, L. R., L. M. A. Silva, A. C. Florentino, and M. Tavares-Dias. 2020. Distribution patterns of *Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus* (Nematoda: Camallanidae) and its interactions with freshwater fish in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* **29**:e012820.
- Neves, L. R., and M. Tavares-Dias. 2019. Low levels of crustacean parasite infestation in fish species from the Matapi River in the state of Amapá, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **28**:493-498.

- Oberdorff, T., M. S. Dias, C. Jézéquel, J. S. Albert, C. C. Arantes, R. Bigorne, F. M. Carvajal-Valleros, A. De Wever, R. G. Frederico, M. Hidalgo, B. Hugueny, F. Leprieur, M. Maldonado, J. Maldonado-Ocampo, K. Martens, H. Ortega, J. Sarmiento, P. A. Tedesco, G. Torrente-Vilara, K. O. Winemiller, and J. Zuanon. 2019. Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. Page eaav8681 Science Advances.
- Oliveira, M., R. Gonçalves, L. Neves, and M. Tavares-Dias. 2015. Endohelminthos parasitos de *Metynnis hypsauchen* (Characidae) da bacia do Rio Jari, Amazônia brasileira. Neotropical Helminthology **9**:235-242.
- Oliveira, M. S. B., E. A. Adriano, M. Tavares-Dias, and L. L. Corrêa. 2019. Community of Monogenea in Populations of *Cichla Monoculus* from Two Tributaries of the Amazon River in the Northern Brazil. Helminthologia **56**:1-10.
- Oliveira, M. S. B., L. L. Corrêa, D. Oliveira Ferreira, L. R. Neves, and M. Tavares-Dias. 2017a. Records of new localities and hosts for crustacean parasites in fish from the eastern Amazon in northern Brazil. Journal of Parasitic Diseases **41**:565-570.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Gonçalves, D. O. Ferreira, D. A. Pinheiro, L. R. Neves, M. K. R. Dias, and M. Tavares-Dias. 2017b. Metazoan parasite communities of wild *Leporinus friderici* (Characiformes: Anostomidae) from Amazon River system in Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment **52**:146-156.
- Oliveira, M. S. B., R. A. Gonçalves, and M. Tavares-Dias. 2016. Community of parasites in *Triportheus curtus* and *Triportheus angulatus* (Characidae) from a tributary of the Amazon River system (Brazil). Studies on Neotropical Fauna and Environment **51**:29-36.
- Padilha, T. N. 1977. Caracterizacao da familia zonocotylidae (Trematoda: Diogenea) com redescricao de *Zonocotyle biaecata*, Travassos, 1948, e descricao de um novo genero. UFRRJ.
- Pereira, C. 1938. *Travnema travnema* n. gen. n. sp. (Nematoda: Oxyuridae) parasito de *Curimatus elegans* (Pisces: Characinidae) no Nordeste Brasileiro. Pages 318-385 .
- Pérez-Ponce de León G. Los helmintos parásitos de peces como bioindicadores de la salud de los ecosistemas. In: González Zuarth CA, Vallarino A, Pérez Jiménez JC, Low Pfeng AM (eds) Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro Ambiental. Mexico: El Colegio de la Frontera Sur e Instituto Nacional de Ecología (ECOSUR) y Cambio Climático (INEEC); 2014. pp 253–272.
- Pérez-Ponce de León, G., and R. Aguilar-Aguilar. 2019. Helminth Community Structure of Some Freshwater Fishes of the Cuatro Ciénegas Basin: Patterns and Processes. Pages

- 11-27 in F. Álvarez and M. Ojeda, editors. Animal Diversity and Biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin. Springer International Publishing, Cham.
- Poulin, R. 2013. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. *Parasitology* **140**:541-546.
- Queiroz, L. J. d., G. Torrente-Vilara, W. M. Ohara, T. H. d. S. Pires, J. Zuanon, and C. R. d. C. Doria. 2013. Peixes do Rio Madeira. Santo Antônio Energia.
- Ranzani Paiva, M., Â. Silva-Souza, G. C. Pavanelli, and R. Takemoto. 2000. Hematological characteristics and relative condition factor (Kn) associated with parasitism in *Schizodon borelli* (Osteichthyes, Anostomidae) and *Prochilodus lineatus* (Osteichthyes, Prochilodontidae) from Paraná River, Porto Rico region, Paraná, Brazil. *Acta Scientiarum* **22**:515-521.
- Reis, R. E., J. S. Albert, F. Di Dario, M. M. Mincarone, P. Petry, and L. A. Rocha. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. *J Fish Biol* **89**:12-47.
- Reis, R. E., S. O. Kullander, and J. Carl J. Ferraris. 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre.
- Sá-Oliveira, J. C., V. J. Isaac, A. S. Araújo, and S. F. Ferrari. 2016. Factors Structuring the Fish Community in the Area of the Coaracy Nunes Hydroelectric Reservoir in Amapá, Northern Brazil. *Tropical Conservation Science* **9**:16-33.
- Saint-Paul, U., J. Zuanon, M. A. V. Correa, M. García, N. N. Fabré, U. Berger, and W. J. Junk. 2000. Fish Communities in Central Amazonian White- and Blackwater Floodplains. *Environmental Biology of Fishes* **57**:235-250.
- Salgado-Maldonado, G., E. F. Mendoza-Franco, J. M. Caspeta-Mandujano, and C. Ramirez-Martinez. 2019. Aggregation and negative interactions in low-diversity and unsaturated monogenean (Platyhelminthes) communities in *Astyanax aeneus* (Teleostei) populations in a neotropical river of Mexico. *Int J Parasitol Parasites Wildl* **8**:203-215.
- Sánchez-Botero, J. I., and C. A. R. M. Araújo-Lima. 2001. As Macrófitas aquáticas como berçário para a Ictiofauna da Várzea do Rio Amazonas. *Acta Amazonica* **31**:437-437.
- Sant'Ana, F. J. F. d., S. L. d. Oliveira, R. E. Rabelo, V. A. S. Vulcani, S. M. G. d. Silva, and J. A. Ferreira Júnior. 2012. Surtos de infecção por *Piscinoodinium pillulare* e *Henneguya* spp. em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) criados intensivamente no Sudoeste de Goiás. *Pesquisa Veterinária Brasileira* **32**:121-125.
- Santos, G. G., M. S. B. Oliveira, L. R. Neves, and M. Tavares-Dias. 2018. Parasites community of *Astronotus crassipinnis* (Cichlidae), a fish from the Brazilian Amazon. *Annals of parasitology* **64**:121-128.

- Santos, G. M., ; Merona, B.; Juras, A. A.; Jégu, M. 2004. Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí/ Brasília: Eletronorte.216.
- Santos, G. M. d., M. Jegu, and B. d. Merona. 1984. Catálogo de peixes comerciais do baixo rio Tocantins. Projeto Tucuruí. ELETRONORTE/CNPq/INPA, Manaus.
- Scholz, T., and A. Choudhury. 2013. Parasites of Freshwater Fishes In North America: Why So Neglected? *The Journal of Parasitology* **100**:26-45.
- Silva, C. C. d., E. J. G. Ferreira, and C. P. d. Deus. 2008. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* **98**:465-468.
- Silva, L. M. A. D., J. D. F. Lima, and M. Tavares-Dias. 2016. Ictiofauna como indicadora da qualidade ambiental do Rio Matapi, afluente do Rio Amazonas no Estado do Amapá (Brasil). *Embrapa Amapá - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*:26.
- Soares, M., E. Costa, F. Siqueira-Souza, H. Beltrão, K. Yamamoto, and C. Freitas. 2008. Peixes de lagos do médio Rio Solimões.
- Souza, E. B. d., M. N. G. Lopes, E. J. P. d. Rocha, J. R. S. d. Souza, A. C. d. Cunha, R. R. d. Silva, D. B. S. Ferreira, D. M. Santos, A. M. C. d. Carmo, J. R. A. d. Sousa, P. L. Guimarães, M. A. S. d. Mota, M. Makino, R. C. Senna, A. M. L. Sousa, G. V. Mota, P. A. F. Kuhn, P. F. d. S. Souza, and M. I. Vitorino. 2009. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Revista Brasileira de Meteorologia* **24**:111-124.
- Suriano, D.M. (1981): *Andospira* n. g., n. sp. (Monogenea, Ancyrocephalinae) a branchial parasite of *Pseudocurimata gilberti* from Lake Chascomus, Argentina. *Neotropica* **27**: 67-78.
- Szidat, L. (1948): *Riggia paranensis* n. g., n. sp. un isópodo parásito de la cavidad del cuerpo de "*Curimata platana*" Günther, del rio paraná (y descripción del huesped por el prof. Alberto Nani). - *Rev. Inst. Nac. Mus. Argent. Cienc. Nat. Bernardino Rivadavia, Cienc. Zool.* **1**(2): 47-65.
- Tavares-Dias, M., M. B. F. Dias-Júnior, A. C. Florentino, L. M. A. Silva, and A. C. d. Cunha. 2015. Distribution pattern of crustacean ectoparasites of freshwater fish from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* **24**:136-147.
- Tavares-Dias, M., R. Ligia, Neves, D. Pinheiro, M. Sidney, M. S. Oliveira, R. Das Graças, and B. Marinho. 2013. Parasites in *Curimata cyprinoides* (Characiformes: Curimatidae) from eastern Amazon, Brazil. **35**:595-601.

- Tavares-Dias, M., M. S. Oliveira, R. A. Goncalves, and L. M. Silva. 2014. Ecology and seasonal variation of parasites in wild *Aequidens tetramerus*, a Cichlidae from the Amazon. *Acta Parasitologica* **59**:158-164.
- Thatcher, V. E. 2000. A new genus and species of amphistome parasite (Trematoda: Cladorchiidae) from a fish of Rondônia State, Brazil.
- Thatcher, V. E. 2006. Amazon fish parasites. Pensoft Publishers, Bulgaria.
- Thome-Souza, M., M. Raseira, M. Ruffino, C. Silva, V. Batista, R. Barthem, and E. Amaral. 2017. Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará 2014.
- Travassos, L. 1947. Contribuição ao conhecimento dos helmintos dos peixes d'agua doce do Brasil: I: Trematoda, Aspidogastridae).
- Travassos, L. 1948. Contribuição ao conhecimento da fauna helmintológica dos peixes d'agua doce do Brasil: IV. dois novos gêneros de Cosmocercidae (Nematoda) e uma nota de nomenclatura helmintológica. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **46**:633-637.
- Val, A. L. 2019. Fishes of the Amazon: diversity and beyond. *An Acad Bras Cienc* **91 Suppl 3**:e20190260.
- Vari, R. P. 1989. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Curimata* Bosc (Pisces: Characiformes). *Smithsonian Contributions To Zoology* **474**:1-63.
- Vari, R. P. 2003. Family Curimatidae – toothless characiforms. Pp. 51-64. In: Reis, R. E., S. O. Kullander, C. J. Ferraris Jr. (Orgs.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.
- Vasconcelos, H., and M. Tavares-Dias. 2016. Host-parasite interaction between crustaceans of six fish species from the Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum : Biological Sciences* **38**:113-123.
- Vazzoler, A. E. A. d. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. EDUEM, Maringá.
- Zemmer, S. A., J. Wyderko, J. Da Silva Neto, I. Cedillos, L. Clay, E. F. Benfield, and L. K. Belden. 2017. Seasonal and Annual Variation in Trematode Infection of Stream Snail *Elimia proxima* in the Southern Appalachian Mountains of Virginia. *J Parasitol* **103**:213-220.

CAPÍTULO 1

Diversidade e comunidade de parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) da bacia do Rio Jari, na Amazônia brasileira

Artigo submetido ao periódico Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária (Anexo 1)

Diversity and community of metazoan parasites in *Curimata inornata* (Curimatidae) from Jari River, in the Brazilian Amazon region

Running Head: Metazoan parasites in *Curimata inornata*

Odonei Moia Almeida¹, Marcos Sidney Brito Oliveira¹, Marcos Tavares-Dias^{1,2*}

¹Federal University of Amapá (UNIFAP), Postgraduate Program on Tropical Biodiversity (PPGBio), Macapá, AP, Brazil.

²Embrapa Amapá, Macapá, AP, Brazil.

Odonei Moia Almeida - <https://orcid.org/0000-0003-0519-3190>

Marcos SB Oliveira - <https://orcid.org/0000-0002-4421-9608>

Marcos Tavares-Dias - <https://orcid.org/0000-0002-8376-1846>

*Corresponding author: marcos.tavares@embrapa.br

Abstract

The aim of this study was to investigate the community of metazoan parasites in *Curimata inornata* from the Jari River, in the eastern Brazilian Amazon region. Among the fish examined, 80.0% were parasitized by one or more species and a total of 118 parasites were collected, including *Urocleidoides triangulus*, Dactylogyridae gen. sp., metacercariae of Digenea gen. sp., *Gorytocephalus spectabilis*, *Dolops geayi* and Acarina gen. sp. The parasite community presented low Shannon diversity (0.12 ± 0.24), low evenness (0.07 ± 0.13) and low species richness (1.67 ± 1.12). There was predominance of infection by ectoparasites, mainly the monogeneans *U. triangulus* and Dactylogyridae gen. sp. Infection by Acarina gen. sp. and monogeneans showed aggregate dispersion, while infection by metacercariae of Digenea gen. sp. presented random dispersion. Richness and intensity showed positive correlations with host size, but there was no correlation between parasite abundance and this body parameter. This was the first report of *G. spectabilis*, *U. triangulus* and *D. geayi* in *C. inornata*.

Keywords: Aggregation, Amazon, freshwater fish, parasites.

Resumo

Diversidade e comunidade de parasitos metazoários em *Curimata inornata* (Curimatidae) da bacia do Rio Jari, na Amazônia brasileira

O objetivo deste estudo foi investigar a fauna de parasitos metazoários em *Curimata inornata* do Rio Jari, na Amazônia oriental brasileira. Dos peixes examinados, 80.0% estavam parasitados por uma ou mais espécies e um total de 118 parasitos foram coletados entre *Urocleidoides triangulus*, Dactylogyridae gen. sp., metacercárias de Digenea gen. sp., *Gorthocephalus spectabilis*, *Dolops geayi* e Acarina gen. sp. A comunidade de parasitos apresentou uma baixa diversidade Shannon (0.12 ± 0.24), baixa equitabilidade (0.07 ± 0.13) e baixa riqueza de espécies (1.67 ± 1.12). Houve uma predominância de ectoparasitos, principalmente monogeneas *U. triangulus* e Dactylogyridae gen. sp. A infecção de Acarina gen. sp. e monogeneas apresentou dispersão agregada, enquanto a infecção de metacercárias de Digenea gen. sp. teve dispersão randômica. A riqueza e a intensidade apresentaram correlação positiva com o tamanho dos hospedeiros, mas não houve correlação da abundância de parasitos como este parâmetro corporal. Este foi o primeiro relato de *G. spectabilis*, *U. triangulus* e *D. geayi* para *C. inornata*.

Palavras-chave: Agregação, Amazônia, parasitos, peixes de água doce.

Introduction

The Jari River, a tributary on the left bank of the Amazon River, originates in the Serra do Tumucumaque, on the border of Brazil with Suriname and French Guiana. The drainage basin of the Jari River covers the municipalities of Laranjal do Jari, Vitória do Jari, Mazagão, Oiapoque and Pedra Branca do Amapari, in the state of Amapá; and, in the state of Pará, it covers the municipality of Almeirim. This basin has a low amount of suspended material, is oligotrophic and has a slightly acidic pH (Abreu & Cunha, 2017). It is considered to be a basin of predominantly clear waters and is influenced by the daily tides of the Amazon River (Souza et al., 2009; Cunha et al., 2010). The flow of the Jari River during the period of greatest precipitation is 3,500 m³/s, while in the dry season it reduces to 30 m³/s (Cunha et al., 2010; EPE 2011; Abreu & Cunha, 2015). Its lower course presents anthropic activity and socioenvironmental vulnerability, with areas of periodically flooded forest, flood plains and marginal vegetation, which are important elements for maintaining the fauna, through making food and shelter available (Cunha et al., 2010; EPE, 2011) for a great diversity of fish, including *Curimata inornata* Vari, 1989 (Curimatidae).

Curimata inornata is a fish of small size that inhabits several environments, such as the main channel of large rivers, lakes and floodplains in the Amazon region (Ferreira et al., 1998; Reis et al., 2003; Soares et al., 2008; Queiroz et al., 2013). Fish of the family Curimatidae are distributed throughout South America and Central America, including in the drainage areas of the trans-Andean Pacific basin (from southwestern Costa Rica to northwestern Peru) and basins from the Orinoco River system to a little south of Buenos Aires, Argentina (Vari, 1989; Froese & Pauly, 2021). Although the biology of *C. inornata* is little known, *Curimata* spp. are known to be benthopelagic and have detritivorous feeding habits, consuming detritus, periphyton, decomposed flocculent organic matter, microvegetation and aquatic filamentous algae (Santos et al., 1984; Ferreira, 1993; Ferreira et al., 1998; Queiroz et al., 2013). They present behavior of migration and total spawning. In the Amazon region, reproduction occurs in the season of floods, when they form large shoals that representing an important part of the fish biomass in lake and river environments (Santos et al., 1984; Vari, 1989; Reis et al., 2003; Queiroz et al., 2013). For feeding, they undertake lateral migrations towards the floodplains (Reis et al., 2003; Queiroz et al., 2013), forming schools of different species of *Curimata*.

Some studies on the parasitic fauna of metazoans have been conducted on some species of *Curimata*, and these have been found to be parasitized by species of monogeneans, nematodes, digeneans, acanthocephalans and crustaceans (Table 1). However, no studies have

been conducted on *C. inornata*. Nonetheless, parasites are important components of the planet's biodiversity (Luque et al., 2004; Luque et al., 2017; Pérez-Ponce de León & Aguilar-Aguilar, 2019). They play an important role in aquatic ecosystems, since they can change the structure of host fish assemblages, regulate fish abundance and destabilize local food chains. Thus, they may be responsible for infections in host fish and, consequently, can affect aquaculture and fishing (Luque & Poulin, 2007; Morley, 2012; Cardoso et al., 2017).

The aim of this study was to investigate the community and infracommunities of metazoan parasites in *C. inornata* in the Jari River basin, in the state of Amapá, northern Brazil.

Table 1. List of metazoan parasite species reported for *Curimata* species.

Host species	Parasite species	Groups	Locality	References
<i>Curimata incompta</i>	<i>Urocleidoides</i> sp.	Monogenea	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Neves et al. (2016)
	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Trematoda	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Neves et al. (2016)
	<i>Gorytocephalus elongorchis</i>	Acanthocephala	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Neves et al. (2016)
	<i>Braga patagonica</i>	Isopoda	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Neves et al. (2016)
	<i>Dolops reperta</i>	Branchiura	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Neves & Tavares-Dias (2019) Neves & Tavares-Dias (2019)
	<i>Gamidactilus</i> sp.	Copepoda	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	
<i>Curimata cyprinoides</i>	<i>Rhinoxenus guianensis</i>	Monogenea	Iracoubo River, (French Guiana)	Domingues & Boeger (2005)
	<i>Urocleidoides</i> sp.	Monogenea	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Tavares-Dias et al. (2013)
	Digenea gen. sp.	Trematoda	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Tavares-Dias et al. (2013)
	<i>Polymorphus</i> sp.	Acanthocephala	Igarapé Fortaleza River, AP (Brazil)	Tavares-Dias et al. (2013)
<i>Curimata cyprinoides</i>	<i>Miracetyma etimaruya</i>	Copepoda	Rondônia state (Brazil)	Malta (1993)
<i>Curimata argentea</i>	<i>Curvianchoratus hexacleidus</i>	Monogenea	Arouca River (Trinidad)	Molnar (1974)
	<i>Urocleidoides curimatae</i>	Monogenea	Arouca River (Trinidad)	Molnar (1974)
	<i>Urocleidoides costaricensis</i>	Monogenea	Costa Rica	Price & Bussing (1967)
<i>Curimata vittate</i>	<i>Curimatrema microscopica</i>	Trematoda	Rondônia state (Brazil)	Thatcher (2000)
	<i>Zonocotyle bicaecata</i>	Trematoda	Brazil	Travassos (1947)

<i>Curimata elegans</i>	<i>Travnema travnema</i>	Nematoda	São Paulo Sate (Brazil)	Pereira (1938)
	<i>Gorytocephalus spectabilis</i>	Acanthocephala	Brazil	Machado-Filho (1959)
<i>Curimata gilberti</i>	<i>Zonocotyle bicaecata</i>	Trematoda	Rondônia State (Brazil)	Padilha (1977)
	<i>Zonocotyloides haroltravassossi</i>	Trematoda	Rondônia State (Brazil)	Padilha (1977)
	<i>Cosmoxynemoides aguirrei</i>	Nematoda	Rondônia State (Brazil)	Travassos (1948)
	<i>Cosmoxynema viannai</i>	Nematoda	Rondônia State (Brazil)	Travassos (1948)
	<i>Palombitrema chascomusense</i>	Monogenea	Not informed	Suriano (1981)
	<i>Palombitrema triangulum</i>	Monogenea	Not informed	Suriano (1981)
	<i>Travnema araujoi</i>	Nematoda	São Paulo State (Brazil)	Fernandes & Campos (1983)
<i>Curimata platana</i>	<i>Rhyacloganis paranensis</i>	Isopoda	Paraná River, PR (Brazil)	Szidat (1948)

AP: Amapá state, PR: Paraná state; RO: Rondônia state.

Materials and methods

Study area and collection of fish

Between May and November 2019, specimens of *C. inornata* (69.2 g and 13.8 cm) were collected from the lower Jari River, in the Jarilândia district of the municipality of Vitória do Jari, state of Amapá, Brazil (Figure 1), for parasitological analysis. The fish were collected using gillnets with meshes of 25 mm and 30 mm between knots (ICMBio: 23276-1) and were transported to the Aquaculture and Fisheries Laboratory of Embrapa Amapá, in Macapá, for analysis.

This study was approved by the Ethics Committee for Animal Use of Embrapa Amapá (protocol no. 014/2018 - CEUA/CPAFAP).

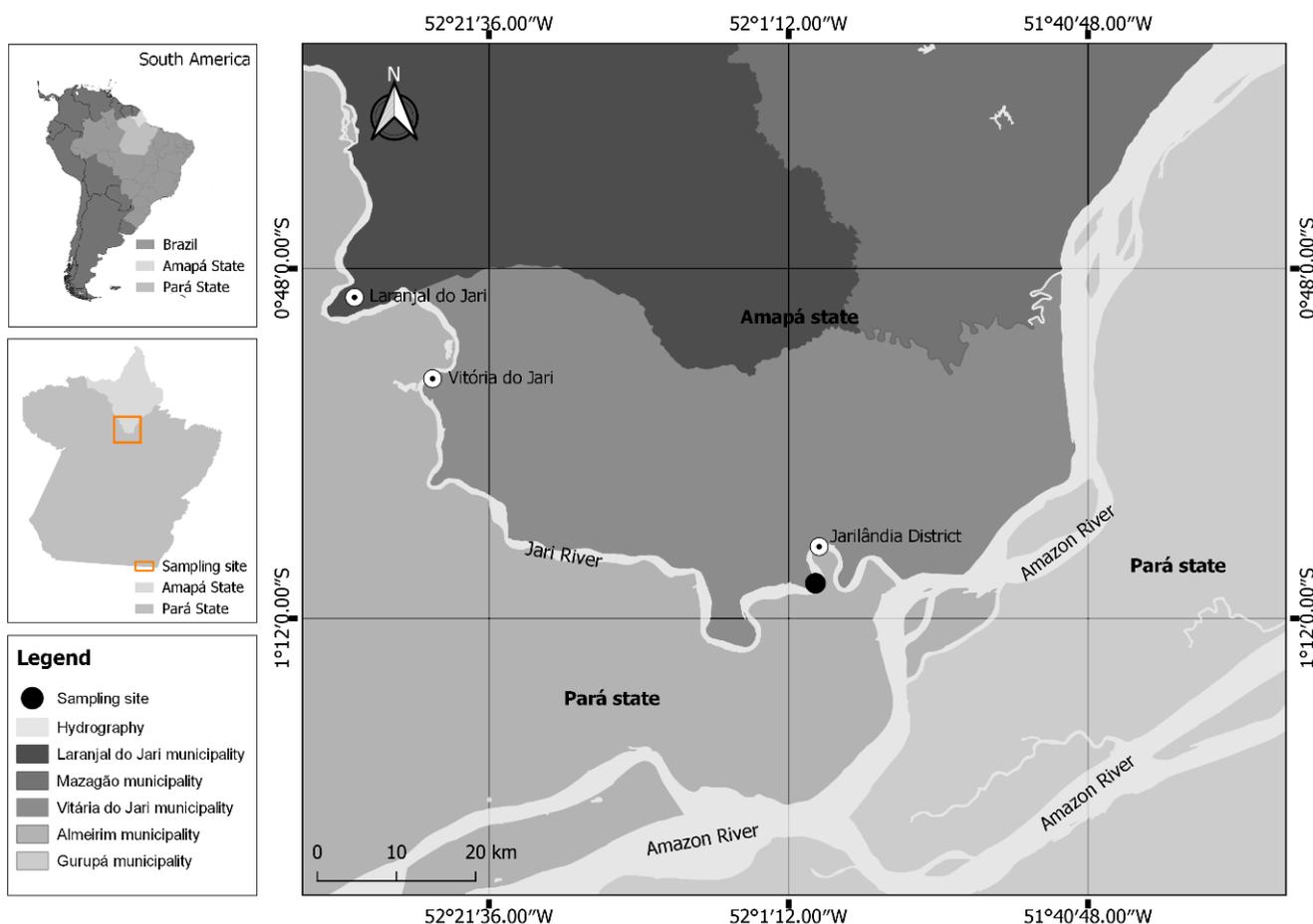


Figure 1. Collection site of *Curimata inornata* in Jari River, State of Amapá, in eastern Amazon (Brazil).

Procedures for collection and analysis of parasites

The fish were euthanized by means of medullary sectioning. They were weighed (g) and their total length was measured (cm), and they were then necropsied for parasitological analyses. The mouth, gills, opercula, and fins were examined to verify the presence of ectoparasites and the viscera and gastrointestinal tract for the presence of endoparasites. The parasites were collected, fixed, preserved and prepared for identification. Crustaceans were fixed partly in 70% ethanol and preserved in 70% glycerinated 10% ethanol, while helminths were fixed in 5% formalin and preserved in 70% ethanol for morphological analyses. Monogeneans were clarified in Hoyer medium for visualization of sclerotized structures. Nematodes were diaphanized in phenol for visualization of organs. Digeneans and acanthocephalans were stained using Langeron's alcoholic carmine and diaphanized using creosote to visualize the internal structures (Eiras et al., 2006).

Data analysis

The ecological terms used followed the recommendations of Bush et al. (1997). The Shannon index (H), evenness (E), species richness (Magurran, 2004) and frequency of dominance, i.e. the percentage of the infracommunities in which a given species of parasite is numerically dominant (Rohde et al., 1995) were calculated to evaluate the component community of parasites using the Diversity software (Pisces Conservation Ltd, UK). Poulin's dispersion index (ID) and discrepancy index (D) were calculated using the Quantitative Parasitology 3.0 software, to detect the distribution pattern of parasite infracommunities (Rózsa et al., 2000), for species with prevalence >10%. The significance of the ID for each infracommunity was tested using the d -statistic test (Ludwig & Reynolds, 1988).

Spearman's correlation coefficient (r_s) was used to determine possible correlations between the parasite abundance, Shannon diversity and parasite species richness and host length and weight (Zar, 2010).

Results

The parasite fauna of *C. inornata* was composed two species of monogeneans, species of metacercariae of digeneans, acanthocephalan, argulid and mites. However, the dominant parasite fauna was monogeneans (Table 2).

The component community presented predominance of ectoparasites, low diversity, low evenness and low richness of parasite species (Table 3).

Monogeneans and Acarina gen. sp. showed aggregate dispersion, while digeneans had highly random dispersion (Table 4). There was predominance of hosts parasitized by two species (Figure 2).

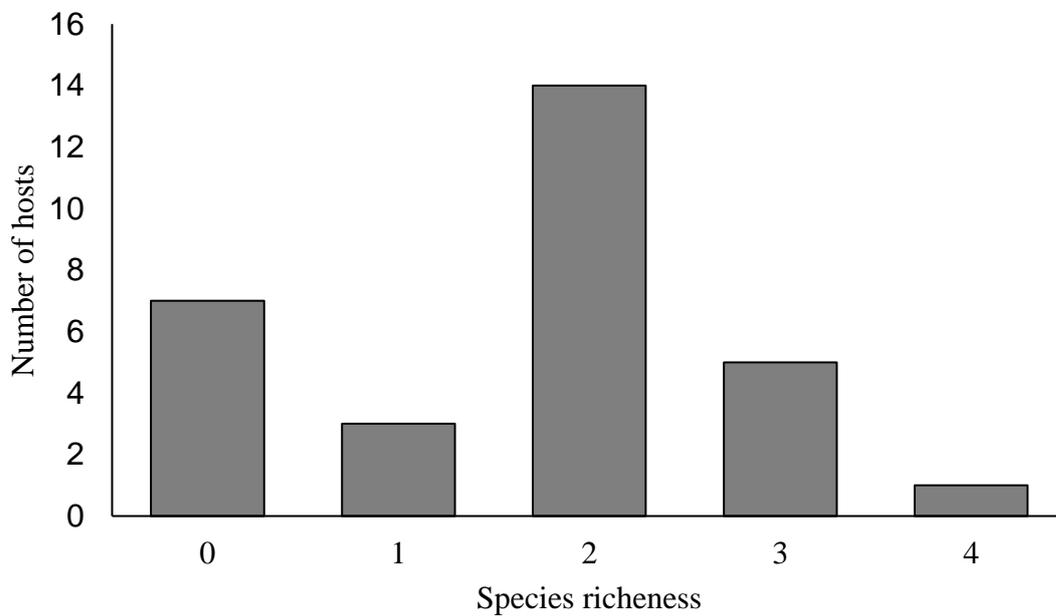


Figure 2. Species richness of metazoan parasites in *Curimata inornata* from the Jari River, in eastern Amazon (Brazil).

Table 2. Metazoan parasites in *Curimata inornata* from the Jari River, in eastern Amazon (Brazil).

Parasite species	P (%)	MI ± SD	MA ± SD	TNP	FD (%)	SI
<i>Urocleidoides triagulus</i> and Dactylogyridae gen. sp	63.3	4.9 ± 4.9	2.9 ± 4.7	89	75.4	Gills
Digenea gen. sp.1 (metacercariae)	13.3	1.5 ± 0.69	0.2 ± 0.6	6	5.1	Gills
Digenea gen. sp.2 (metacercariae)	6.7	1.0 ± 0	0.07 ± 0.4	2	1.7	Abdominal cavity
Digenea gen. sp.2 (metacercariae)	3.3	1.0 ± 0	0.03 ± 0.2	1	0.8	Intestine
<i>Gorthocephalus spectabilis</i>	3.3	1.0 ± 0	0.03 ± 0.2	1	0.8	Intestine
<i>Dolops geayi</i>	3.3	1.0 ± 0	0.03 ± 0.2	1	0,8	Gills
Acarina gen. sp.	13.3	4.5 ± 4.0	0.6 ± 2.4	18	15.3	Gills

P: Prevalence. MI: Mean intensity. MA: Mean abundance. TNP: Total number of parasites. FD: Frequency of dominance. SI: Site of infection. SD: Standard deviation.

Table 3. Component community of metazoan parasites in *Curimata inornata* from the Jari River, in eastern Amazon (Brazil).

Parameters	Values
All species of parasites	
Number of hosts examined	30
Total prevalence (%) of parasites	80.0
Total number of parasites	118
Number species of parasites	7
Shannon diversity	0.12 ± 0.24
Evenness	0.07 ± 0.13
Species richness of parasites	1.67 ± 1.12
Species of endoparasites	
Number species of endoparasites	2
Percentage of endoparasites (%)	28.6
Species of endoparasites (larvae)	1
Species of endoparasites (adults)	1
Species of ectoparasites	
Number species of ectoparasites	5
Percentage of ectoparasites (%)	71.4
Species of ectoparasites (larvae)	1

Table 4. Index of dispersion (ID), *d*-statistical (*d*) and discrepancy index (D) for parasite infracommunities in *Curimata inornata* from the Jari River, in eastern Amazon (Brazil).

Parasite species	ID	<i>d</i>	D	Dispersion type
<i>Urocleidoides triagulus</i> and Dactylogyridae gen. sp.	2.26	3.89	0.55	Aggregated
Digenea gen. sp.	1.64	2.20	0.82	Random
Acarina gen. sp.	1.98	3.16	0.87	Aggregated

Shannon diversity index showed positive correlation ($r_s = 0.585$; $p = 0.021$) with host length. Parasite species richness showed a positive correlation ($r_s = 0.534$; $p = 0.038$) with host length. The abundance of *U. triangulus* and Dactylogyridae gen. sp. did not show any correlation with host length ($r_s = 0.428$; $p = 0.107$) or weight ($r_s = -0.037$; $p = 0.892$). The abundance of Digenea fam. gen. sp. did not present any correlation with host length ($r_s = 0.0815$; $p = 0.763$) or weight ($r_s = 0.271$; $p = 0.425$). There was no correlation between mite abundance and host length ($r_s = 0.379$; $p = 0.158$) or weight ($r_s = 0.175$; $p = 0.607$).

Discussion

Several factors can influence the composition of the parasite fauna of fish, including food, sex of the host, physical and chemical parameters of water and others (Guidelli et al., 2003; Tavares-Dias et al., 2013; Neves et al., 2016; Oliveira & Tavares-Dias, 2016; Cardoso et al., 2017). The community of metazoan parasites of *C. inornata* in the Jari River consisted of two species of Monogenea, two of Digenea, one of Acanthocephala, one of Argulidae and one of Acarina. There was low diversity, low evenness and low parasite richness, similar to what was described for *Curimata cyprinoides* (Tavares-Dias et al., 2013) and *C. incompta* (Neves et al., 2016) in the Igarapé Fortaleza basin (Amapá, Brazil). However, the community of metazoan parasites in *C. cyprinoides* was composed of one species of Monogenea, one of Digenea and one of Acanthocephala (Tavares-Dias et al., 2013), while in *Curimata incompta* it was composed of one species of Monogenea, one of Digenea, one of Acanthocephala and one of Crustacea (Neves et al., 2016). These differences in the parasite community between different species of congeneric fish are interspecific variations and are mainly due to different environments.

In *C. inornata* of the Jari River, aggregate dispersion of monogeneans and mites occurred. This pattern, typical of host-parasite systems in freshwater fish, was also reported for *C. cyprinoides* (Tavares-Dias et al., 2013) and *C. incompta* (Neves et al., 2016). This pattern of dispersion may be due to the broad dimensions of the hosts' ecological niches, the genetic heterogeneity or the heterogeneity of exposure and susceptibility of the host population (Poulin, 2013). However, Digenea gen. sp. presented random dispersion, which is characteristic of pathogenic species with little opportunity to colonize hosts (Guidelli et al., 2003; Oliveira & Tavares-Dias, 2016).

The simple direct life cycle of monogeneans, without the need for intermediate hosts, and the environmental conditions favor their rates of infection in host fish (Dogiel, 1961; Thatcher, 2006; Neves et al., 2016). In the gills of *C. inornata* in the Jari River, there was high

prevalence and low abundance of *U. triangulus* and Dactylogyridae gen. sp. Similar results were reported for *C. cyprinoides* (Tavares-Dias et al., 2013) and for *C. incompta* infected by *Urocleidoides* sp. (Neves et al., 2016).

Digeneans are parasites with a complex life cycle, and fish of lower position in the food chain are intermediate or paratenic hosts, because piscivore birds are the definitive hosts for many species of these parasites (Thatcher, 2006; Morley, 2012; Oliveira & Tavares-Dias, 2016). In *C. inornata* in the Jari River, there were metacercariae belonging to two species of Digenea gen. sp. Similarly, in the gills of *C. cyprinoides*, the presence of metacercariae of Digenea gen. sp. was also reported (Tavares-Dias et al., 2013), while metacercariae of *Posthodiplostomum* sp. were described in the gills of *C. inornata* (Neves et al., 2016). Therefore, all these fish species are intermediate or paratenic hosts for these species of digeneans.

Amazonian acanthocephalan species are endoparasite worms that have attracted relatively little attention in comparison with other endohelminths (Cardoso et al., 2017). Acanthocephalans are mandatory endoparasites that use microcrustaceans as intermediate hosts and fish, birds and mammals as definitive hosts (Kennedy, 2006; Thatcher, 2006; Cardoso et al., 2017). *Gorytocephalus spectabilis* occurred in the intestine of *C. inornata* in the Jari River, with low levels of infection. Similar results have been described for *C. cyprinoides* parasitized by *Polymorphus* sp. (Tavares-Dias et al., 2013) and for *C. incompta* parasitized by *Gorytocephalus elongorchis* (Neves et al., 2016), which are both curimatids of the Igarapé Fortaleza basin, in the state of Amapá. These low levels of infection for these species of curimatids can be attributed to their predominantly detritivorous diet, as well as to the low degree of contact between the fish and infecting forms in the environment.

Among crustacean species, there are many ectoparasites of fish. These are found in various habitats and require a host fish during at least one phase of their life cycle. In general, crustacean ectoparasites present a low rate of infestation in wild fish populations (Oliveira et al., 2017; Neves & Tavares-Dias, 2019). These parasites attach themselves to hosts using modified structures for the fixation of each species (Suárez-Morales, 2020). In the gills of *C. inornata* of the Jari River, we found low infestation by *D. geayi*, which was similar to infestation of *Dolops reperta* in the gills of *C. incompta* of Matapi River in state of Amapá (Neves & Tavares-Dias, 2019) and to *Braga patagonica* in the gills of *C. cyprinoides* in the Igarapé Fortaleza basin (Neves et al., 2016).

Although mites are Acarina that have been considered to be accidental parasites, high degrees of infection can cause severe damage in host fish (Heckmann, 2003). This first record

of mites in the gills of *C. inornata* in the Jari River, with low levels of infection and strongly aggregated dispersion, may reflect individual responses among hosts, to susceptibility to infection, or genetic heterogeneity to exposure among the hosts (Galvani, 2003).

The patterns seen among parasite communities in host populations can be detected through quantitative and qualitative descriptors (Magurran, 2004; Cardoso et al, 2017), such as diversity indices. In *C. inornata* in the Jari River, Shannon diversity and species richness increased as the size of the host fish also increased. Larger fish may or may not have higher levels of parasitic infection, because host size may or may not affect susceptibility to parasitism (Luque et al., 2004; Tavares-Dias et al., 2013; Oliveira & Tavares-Dias, 2016; Neves et al., 2016). However, in *C. inornata* in the Jari River, the abundance of metazoan parasites was not influenced by the size of the hosts.

In conclusion, the community of metazoan parasites of *C. inornata* was characterized by low diversity, low richness, low abundance and predominance of ectoparasites. The size of the fish partly explains the low diversity and richness of parasites, but not the low abundance of metazoan parasites. This was the first report on *G. spectabilis*, *U. triangulus* and *D. geayi* in *C. inornata*.

Acknowledgements

Tavares-Dias, M. was supported by a research fellowship from the National Council for Research and Technological Development (CNPq, Brazil) (Grant 303013/2015-0). 303013/2015-0).

References

- Abreu CHM, Cunha AC. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: Revisão Descritiva. *Biota Amaz* 2015; 5:119-131.
- Abreu, CHM, Cunha AC. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Eng Sanit Amb* 2017; 22:45-56. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p119-131>
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *J Parasitol* 1997; 83:575-583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Cardoso ACF, Oliveira MSB, Neves LR, Tavares-Dias M. Metazoan fauna parasitizing *Peckoltia braueri* and *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) catfishes from the northeastern Brazilian Amazon. *Acta Amaz* 2017; 47:147-154. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201603232>

- Cunha ACD, Souza EBD, Cunha HFA. *Rede de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais Resultados. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no estado do Amapá*. IEPA; 2020.
- Dogiel, V. A. (1961). Ecology of the parasites of freshwater fishes. In V. A. Dogiel, G. K. Petrushevsky, and Y. I. Polyanski (Eds.). *Parasitology of fishes* (p. 1-47). Leningrad, RUS: University Press, Russian Soviet Federative Socialist Republic.
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. Maringá: EDUEM; 2006
- EPE. Bacia Hidrográfica do Rio Jari - PA/AP, *Estudo de Inventário Hidrelétrico. Relatório final: Avaliação Integrada ambiental*. Empresa de Pesquisa Energética; 2011.
- Ferreira EJEG. Composição, distribuição e aspectos ecológicos da ictiofauna de um trecho do Rio Trombetas, na área de influência da futura UHE Cachoeira Porteira, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amaz* 1993; 23:89. <https://doi.org/10.1590/1809-43921993235089>.
- Ferreira EJG, Zuanon JA, Santos GM. *Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém, Pará*. IBAMA; 1998.
- Froese R, Pauly D. FishBase. Version (2/2021) [online]. FishBase; 2019 [cited 2021 March]. Available from: www.fishbase.org
- Galvani A. Immunity, antigenic heterogeneity, and aggregation of helminth parasites. *J Parasitol* 2003; 89:232-241. doi: 10.1645/0022-3395(2003)089 [0232:IAHAAO] 2.0.CO;2.
- Guidelli GM, Isaac A, Takemoto RM, Pavanelli GC. Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and ecological aspects. *Braz J Biol* 2003; 63:261-268.
- Heckmann R. Other ectoparasites infesting fish; copepods, branchiurans, isopods, mites and bivalves. *Aquacul Magaz* 2003; 29: 20-31.
- Kennedy CR. *Ecology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press, Cambridge; 2006.
- Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley; 1988.
- Luque J, Mouillot D, Poulin R. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology* 2004; 128:671-682.
- Luque JL, Poulin R. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology* 2007; 134:865-878. doi: <https://doi.org/10.1017/S0031182007002272>

- Magurran AE. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science; 2004.
- Morley NJ. Cercariae (Platyhelminthes: Trematoda) as neglected components of zooplankton communities in freshwater habitats. *Hydrobiologia* 2012; 691:7-19. doi:10.1007/s10750-012-1029-9
- Neves LR, Braga EC, Tavares-Dias M. Diversity of parasites in *Curimata incompta* (Curimatidae), a host from Amazon river system in Brazil. *J Parasit Dis* 2016; 40:1296-1300. doi:10.1007/s12639-015-0674-0
- Neves LR, Tavares-Dias M. Low levels of crustacean parasite infestation in fish species from the Matapi River in the state of Amapá, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2019; 28:493-498. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612019006>
- Oliveira MSB, Tavares-Dias M. Communities of parasites metazoans *Piaractus brachypomus* (Pisces, Serrasalminidae) in the lower Amazon River (Brazil). *Rev Bras Parasitol Vet* 2016; 25: 151-157. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612016022>
- Oliveira MSB, Corrêa LL, Oliveira Ferreira D, Neves LR, Tavares-Dias M. Records of new localities and hosts for crustacean parasites in fish from the eastern Amazon in northern Brazil. *J Paras Dis* 2017; 41:565-570. doi: 10.1007/s12639-016-0852-8
- Pérez-Ponce de León G, Aguilar-Aguilar R. Helminth Community structure of some freshwater fishes of the Cuatro Ciénegas Basin: Patterns and processes. In: Alvares F, Ojeda M. *Animal diversity and biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin*. Switzerland: Springer Nature; 2019. p.11-27.
- Poulin R. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. *Parasitology* 2013;140: 541-546. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182012002053>
- Queiroz LJD, L. Torrente-Vilara G, Ohara WM, Pires THDS, Zuanon J, Doria CRDC. *Peixes do Rio Madeira*. Santo Antônio Energia; 2013.
- Reis RS, Kullander SO, Ferraris Jr CJ. *Check List of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS; 2003.
- Rohde K, Hayward C, Heap M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *Inter J Parasitol*. 1995; 25:945-970.
- Rózsa L, Reiczigel J, Marjoros G. Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitol* 2000; 86:228-232.
- Santos GDM, G. Jegu M, Merona BD. *Catálogo de peixes comerciais do baixo Rio Tocantins*. Projeto Tucuruí. ELETRONORTE/CNPq/INPA; 1984.
- Soares MGM, Costa ELD, Siqueira-Souza FK, Anjos HDBd, Yamamoto KC, Freitas CEDC. 2008. *Peixes de Lagos do Médio Rio Solimões*. Instituto I-piatam; 2008.

- Souza EBD, Lopes MNG, Rocha EJPd, Souza JRS, Cunha ACD, Silva RRd et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Rev Brasil Meteorol* 2009; 24:111-124.
- Suárez-Morales, E. Class Branchiura. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Volume 5: Keys to Neotropical and Antarctic Fauna. In: Damborenea C, Rogers DC, Thorp JH. *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology*. 4th ed. United Kingdom: Academic Press; 2020. p 797–807.
- Tavares-Dias M, Neves RL, Pinheiro D, Sidney M, Oliveira MS, Das Graças R, Marinho B. Parasites in *Curimata cyprinoides* (Characiformes: Curimatidae) from eastern Amazon, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2013; 35:595-601. Doi: 10.4025/actascibiolsci.v35i4.19649
- Thatcher VE. *Amazon fish parasites*. Pensoft Publishers; 2006.
- Vari RP. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Curimata* Bosc (Pisces: Characiformes). *Smithsonian contributions to zoology* 1989; 474:1-63.
- Zar JH. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall; 2010.

CAPÍTULO 2

Comunidade e infracomunidades de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas (Brasil)

Artigo a ser submetido ao periódico Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária

**Comunidade e infracomunidades de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus*
(Hemiodontidae) da bacia do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas (Brasil)**

Título de página: Parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus*

Odonei Moia Almeida¹, Marcos Sidney Brito Oliveira¹, Marcos Tavares-Dias^{1,2*}

¹ Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio), Macapá, AP, Brasil.

² Embrapa Amapá, Macapá, AP, Brasil.

Odonei Moia Almeida - <https://orcid.org/0000-0003-0519-3190>

Marcos SB Oliveira - <https://orcid.org/0000-0002-4421-9608>

Marcos Tavares-Dias - <https://orcid.org/0000-0002-8376-1846>

*Corresponding author: marcos.tavares@embrapa.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar a fauna de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, na Amazônia oriental brasileira. Dos peixes examinados, 96,7% estavam parasitados por uma ou mais espécies e um total de 336 parasitos como Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* sp.3 e Girodactilydae gen. sp. (Monogenea), metacercárias de Digenea gen. sp. (Trematoda), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus*, *Contraecum* sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. (Acanthocephala) e Acarina gen. sp. (Arthropoda). A comunidade de parasitos apresentou baixa diversidade de Brillouin (0.58 ± 0.29), baixa equitabilidade (0.44 ± 0.21) e baixa riqueza de espécies (7.40 ± 3.83). Houve predominância de ectoparasitos, principalmente monogeneas e digeneas. Os parasitos apresentaram dispersão agregada, exceto *P. (S.) inopinatus*, que teve dispersão randômica. O tamanho dos hospedeiros não teve efeito sobre a diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos, pois a dieta do hospedeiro foi um fator estruturando a comunidade de parasitos. Este é o primeiro estudo sobre a comunidade e infracomunidades de parasitos em *H. unimaculatus*.

Palavras-chave: Amazônia, Infecção, Parasitos, Peixe de água doce

Abstract

Community and infracommunities of metazoan parasites in *Hemiodus unimaculatus* (Hemiodontidae) from Jari River basin, a tributary of Amazonas River (Brazil)

Parasites are an important part of biodiversity, and knowledge of species and their relationship with their hosts helps in monitoring an ecosystem in the short and/or long term. The aim of this study was to investigate the fauna of metazoan parasites in *Hemiodus unimaculatus* from Rio Jari, in the eastern Brazilian Amazon. Of the fish examined, 96.7% were parasitized by one or more species and a total of 336 parasites such as Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* sp.3 and *Girodactilydae* gen. sp. (Trematoda), metacercariae of Digenea gen. sp. (Nematoda), *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus*, *Contraecum* sp. (Nematoda), *Neoechinorhynchus* sp. (Acanthocephala) and Acarina gen. sp. (Arthropoda) The parasite community showed low Brillouin diversity (0.58 ± 0.29), low evenness (0.44 ± 0.21) and low species richness (7.40 ± 3.83). There was a predominance of ectoparasites, mainly monogeneans and digeneans. The parasites showed aggregate dispersion, except for *P. (S.) inopinatus*, which had a random dispersion. The size of the hosts had no effect on diversity,

species richness and abundance of parasites, but the host's diet was a factor in structuring the parasite community. This is the first study on the parasite community and infracommunities in *H. unimaculatus*.

Keywords: Amazon, Infection, Freshwater fish, Parasites.

Introdução

No sistema do Rio Amazonas, a diversidade aquática é a maior do planeta, pois essa grande bacia neotropical tem um considerável volume de água e características ambientais peculiares, além de diversos tributários com variados tamanhos ao longo de vários países da América do Sul (Soares et al., 2008; Val, 2019). Essa grande bacia hidrográfica que forma rios, lagos, igarapés e planícies de inundação de diferentes tamanhos e formas, possui diversos ambientes com diferentes tipos de águas (brancas, pretas e claras) com propriedades variadas, apresentando diferentes níveis de oxigênio e pH (Val, 2019), como ocorre no Rio Jari (Abreu & Cunha, 2017).

O Rio Jari possui águas claras com baixa quantidade de material em suspensão, oligotrófico, pH predominantemente ácido, e sofre influência das marés diárias do Rio Amazonas até o trecho próximo à cidade de Laranjal do Jari (Abreu & Cunha, 2017; EPE, 2011). Estima-se que a média de vazão do Rio Jari no período de maior precipitação é cerca de 3.500 m³/s, enquanto no período de estiagem chega a somente 30m³/s (Cunha et al., 2010; Abreu & Cunha, 2015). As florestas alagáveis dessa bacia que mais se destacam são as de igapó, e a vegetação marginal constitui importante elemento para a manutenção da fauna, servindo de abrigo, alimento direto ou por meio do ciclo de detritos (EPE, 2011).

Hemiodus unimaculatus (Bloch, 1794), um Characiformes da família Hemiodontidae, possui distribuição em bacias hidrográficas do Suriname, Guiana Francesa, Peru, e no Brasil ocorre nas bacias dos rios Amazonas, Ucayali, Japurá, Negro, Solimões-Amazonas, Madeira, Trombetas, Tapajós, Xingu, Tocantins e Oiapoque (Martins et al., 2017; Queiroz et al., 2013; Soares et al., 2008; Vasconcelos & Tavares-Dias, 2016). Esse Hemiodontidae habita praias, paranás, lagos e rios de águas brancas, claras e pretas, podendo ser capturado principalmente em florestas alagadas. É um peixe bentopelágico e migrador, de hábito alimentar onívoro, alimentando-se de detritos, perifiton, lodo, algas filamentosas, macrófitas aquáticas, sementes, flores, frutos, microcrustáceos e, ocasionalmente, de pequenos invertebrados e larvas de insetos Diptera, Heteroptera e Ephemeroptera (Cintra et al., 2013; Queiroz et al., 2013; Santos, 2004; Silva et al., 2008; Soares et al., 2008, Marinho et al. 2021).

Diversos estudos mostraram a importância do conhecimento da diversidade de parasitos em várias espécies de peixes da região Amazônica (Hoshino & Tavares-Dias, 2019; Neves et al., 2016; Neves & Tavares-Dias, 2019; Oliveira et al., 2017; Tavares-Dias et al., 2013; Vasconcelos & Tavares-Dias, 2016). Os parasitos fazem parte da biodiversidade, e foram negligenciadas por muito tempo (Scholz & Choudhury 2013; Pérez-Ponce de León & Aguilar-Aguilar, 2019). Esses pequenos animais exercem um papel importante na biota, pois são capazes de controlar o crescimento populacional de seus hospedeiros e assim manter o ecossistema em equilíbrio (Cardoso et al., 2017; Luque & Poulin, 2007). Além disso, conhecer as espécies de parasitos e compreender suas relações com seus hospedeiros, auxiliam no monitoramento de um ecossistema em curto e/ou longo prazo (Pérez-Ponce de León 2014).

Para *H. unimaculatus* foram registrados somente duas espécies de crustáceos: *Ergasilus turucuyus* (Malta e Varela, 1996) e *Excorallana berbicensis* (Boone, 1918) (Vasconcelos & Tavares-Dias, 2016). Além disso, poucos estudos foram realizados em outras espécies de *Hemiodus*, e somente espécies de Monogenea, Digenea e Nematoda tem sido descrito (Tabela 1). Assim, o objetivo deste estudo foi investigar a comunidade e infracomunidades de parasitos metazoários em *H. unimaculatus* da bacia do Rio Jari, no estado do Amapá, na Amazônia brasileira.

Materiais e métodos

Coleta dos peixes

De maio a novembro de 2019 foram coletados 30 espécimes de *H. unimaculatus* (19.0 ± 1.2 cm e 137.0 ± 21.0 g) no baixo Rio Jari, região do Distrito de Jarilândia no município de Vitória do Jari, estado do Amapá (Figura 1), para a análise parasitológica. Os peixes foram coletados com redes de emalhar com malhas de 25 mm e 30 mm (ICMBio: 23276-1) e transportados para o Laboratório de Aquicultura e Pesca da Embrapa Amapá, em Macapá, para análises. Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética Para Uso de Animais da Embrapa Amapá (Protocolo N° 014/2018 – CEUA/CPAFAP).

Tabela 1. Lista de espécies de parasitos metazoários relatados para *Hemiodus* spp.

Espécies de hospedeiros	Espécies de parasitos	Grupos	Localidades	Referências
<i>Hemiodus microlepis</i>	<i>Rondotrema microvitellarium</i>	Digenea	Rio Guaporé, RO (Brasil)	Thatcher (2006)
<i>Hemiodus orthonops</i>	<i>Procamallanus (Spirocamallanus) paraguayensis</i>	Nematoda	Brasil	Thatcher (2006)
<i>Hemiodus semitaeniatus</i>	<i>Cleidodiscus microcirrus</i>	Monogenea	Brasil	Agarwal & Kritsky (1998), Thatcher (2006)
	<i>Monocleithrium lavigneae</i>	Monogenea	Brasil	Agarwal & Kritsky (1998), Thatcher (2006)
<i>Hemiodus</i> sp.	<i>Procamallanus (Spirocamallanus)</i> sp.	Nematoda	Brasil	Luque et al. (2011)
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	<i>Ergasilus turucuyus</i>	Copepoda	Rio Araguari (AP), Brasil	Vasconcelos & Tavares-Dias (2016)
	<i>Excorallana berbicensis</i>	Isopoda	Rio Araguari (AP), Brasil	Vasconcelos & Tavares-Dias (2016)

AP: Estado do Amapá, RO: Estado de Rondônia.

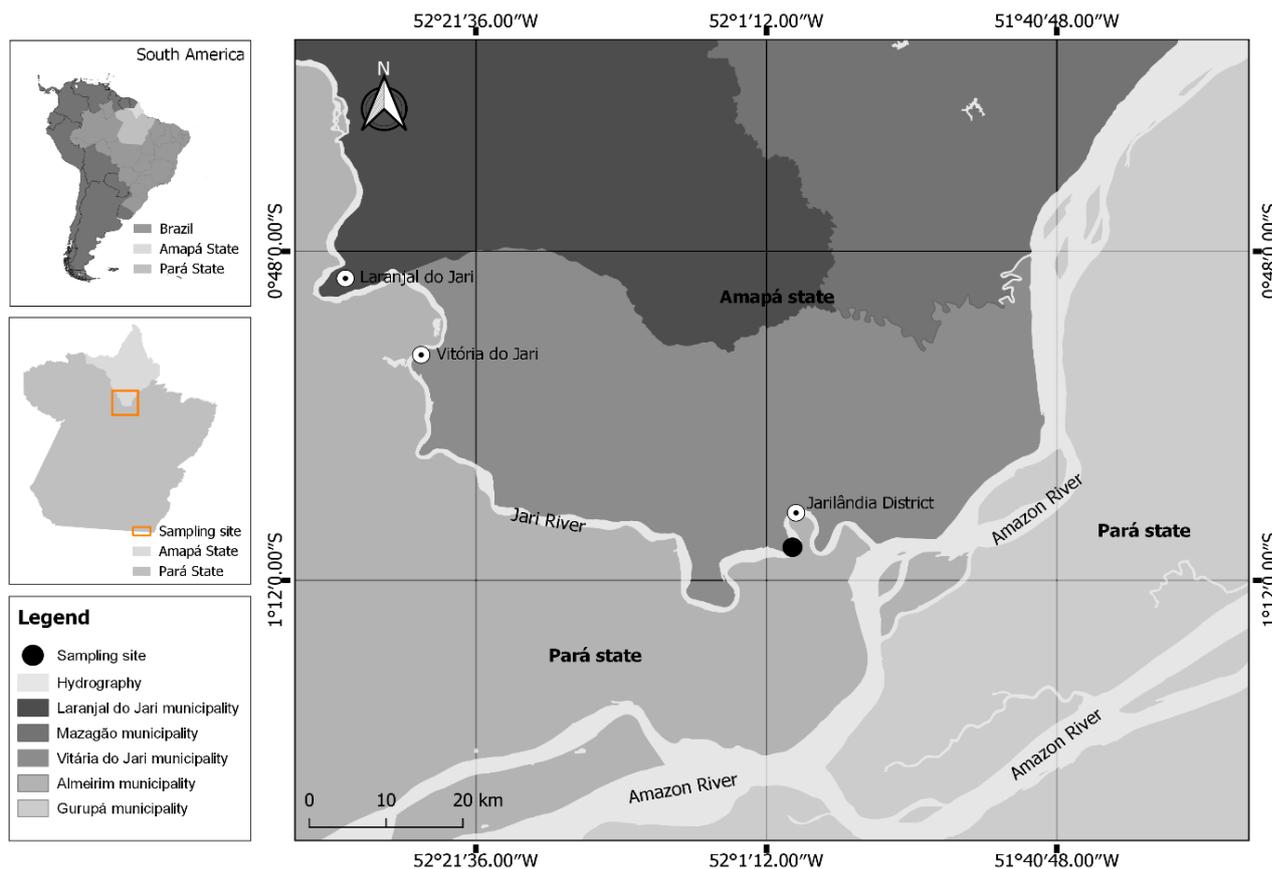


Figura 1. Local de coleta de *Hemiodus unimaculatus* no Jari River, um tributário do Rio Amazonas no estado do Amapá (Brasil).

Procedimentos de coleta e análise dos parasitos

Para cada peixe, após eutanásia usando o método de secção medular, foram obtidos o peso (g) e comprimento padrão (cm). Em seguida, cada peixe foi necropsiado para análises parasitológicas. A boca, brânquias, opérculos e nadadeiras foram examinadas para a presença de ectoparasitos, enquanto as vísceras e trato gastrointestinal para a presença de endoparasitos. Os parasitos foram coletados, fixados, conservados e preparados para identificação. Monogeneas foram clarificados em meio Hoyer para visualização das estruturas esclerotizadas. Nematoides foram diafanizados em fenol para visualização dos órgãos. Trematoides e acantocéfalos foram corados em Carmin alcoólico de Langeron e diafanizados para visualização das estruturas internas (Eiras et al., 2006).

Análises de dados

Os termos ecológicos usados seguiram as recomendações de Bush et al. (1997). O índice de Brillouin (HB), uniformidade (E), índice de dominância de Berger-Parker (d), riqueza de

espécies (Magurran, 2004) e frequência de dominância, ou seja, percentual das infracomunidades em que uma dada espécie de parasito é numericamente dominante (Rohde et al., 1995) foram calculados para avaliar a comunidade componente de parasitos usando software Diversity (Pisces Conservation Ltda, UK). O índice de dispersão (ID) e índice de discrepância (D) de Poulin foram calculados usando o software Quantitative Parasitology 3.0, para detectar o padrão de distribuição das infracomunidades de parasitos (Rózsa et al., 2000) para espécies com prevalência >10%. A significância do ID, para cada infracomunidade de parasitos, foi testada usando o teste estatístico-*d* (Ludwig & Reynolds, 1988).

O coeficiente de correlação de Spearman (*rs*) foi usado para determinar possíveis correlações da abundância, diversidade de Brillouin e riqueza de espécies de parasitos com o comprimento e peso corporal dos hospedeiros (Zar, 2010).

Resultados

Dos *H. unimaculatus* examinados ($n = 30$), 96,7% estavam parasitados por uma ou mais espécies de parasitos de monogeneas (Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* s sp.3 e Gyrodactylidae gen. sp.), digenea, nematoides, acantocéfalo e ácaros. Houve uma dominância de espécies de monogeneas, digeneas e acantocéfalos (Tabela 2).

A comunidade componente foi composta predominantemente por ectoparasitos. Houve baixa diversidade, baixa equitabilidade e baixa riqueza de espécies (Tabela 3). Os parasitos apresentaram dispersão agregada, exceto *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Travassos, Artigas & Pereira, 1928) (Tabela 4).

A diversidade de Brillouin ($rs = -0.337$, $p = 0.194$) e riqueza de espécies de parasitos não apresentaram correlação com o comprimento ($rs = -0.424$, $p = 0.099$) dos hospedeiros. A abundância de monogeneas não mostrou correlação com o comprimento ($rs = -0.192$, $p = 0.469$) e peso ($rs = 0.037$, $p = 0.905$) dos hospedeiros. A abundância de Digenea gen. sp. não apresentou correlação com o comprimento ($rs = 0.0679$, $p = 0.797$) e peso ($rs = -0.273$, $p = 0.491$) dos hospedeiros. A abundância de *Neoechinorhynchus* n. sp. não teve correlação com o comprimento ($rs = -0.072$, $p = 0.780$) e peso ($rs = 0.259$, $p = 0.545$) dos hospedeiros. A abundância de *P. (S.) inopinatus* não apresentou correlação com o comprimento ($rs = -0.336$, $p = 0.198$) e peso ($rs = 0.198$, $p = 0.198$) dos hospedeiros.

Houve predominância de hospedeiros parasitados por 9 a 11 espécies de parasitos (Figura 2).

Tabela 2. Parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas no estado do Amapá (Brasil).

Espécies de parasitos	P (%)	IM ± DP	AM ± DP	NTP	FD (%)	LI
Monogeneas	66.7	4.5 ± 4.5	3.0 ± 4.4	91	27.1	Brânquias
Digenea fam. gen. sp. (metacercárias)	60.0	4.1 ± 3.1	2.4 ± 3.0	73	21.7	Brânquias
<i>Neoechinorhynchus</i> n. sp.	46.7	5.9 ± 5.3	2.7 ± 5.1	82	24.4	Cecos pilóricos
<i>Neoechinorhynchus</i> n. sp.	3.3	2.0 ± 0	0.06 ± 0.4	2	0.6	Cavidade abdominal
<i>Neoechinorhynchus</i> n. sp.	53.3	2.3 ± 1.9	1.2 ± 1.8	37	11.0	Intestino
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	50.0	2.40 ± 1.6	1.2 ± 1.6	36	10.7	Cecos pilóricos
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) inopinatus</i>	26.7	1.63 ± 1.0	0.4 ± 0.9	13	3.9	Intestino
<i>Contraecum</i> sp. (larvas)	3.3	1.00 ± 0	0.03 ± 0.2	1	0.3	Intestino
Acarina fam. gen. sp.	3.3	1.00 ± 0	0.03 ± 0.2	1	0.3	Brânquias

P: Prevalência, IM: Intensidade média, AM: Abundância média, NTP: Número total de parasitos, FD: Frequência de dominância, LI: Local de infecção, DP: Desvio padrão.

Tabela 3. Comunidade componente de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas no estado do Amapá (Brasil).

Parâmetros	Valores
Todas as espécies de parasitos	
Número de hospedeiros examinados	30
Prevalência total (%) de parasitos	96.7
Número total de parasitos	336
Número de espécies de parasitos	13
Índice de diversidade de Brillouin	0.58 ± 0.29
Equitabilidade	0.44 ± 0.21
Riqueza de espécies de parasitos	7.40 ± 3.83
Dominância de Berger-Parker	0.62 ± 0.19
Espécies de endoparasitas	
Número de espécies de endoparasitas	3
Percentual de endoparasitos (%)	23.1
Espécies de endoparasitos (larvas)	1
Espécies de endoparasitos (adultos)	2
Espécies de ectoparasitos	
Número de espécies de ectoparasitos	10
Percentual de ectoparasitos (%)	76.9
Espécies de ectoparasitos (larvas)	1

Tabela 4. Índice de dispersão (ID), estatístico-*d* (*d*) e índice de discrepância (D) para as infracomunidade de parasitos em *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas no estado do Amapá (Brasil).

Espécies de parasitos	ID	<i>d</i>	D	Tipo de dispersão
Monogeneas	1.87	2.86	0.503	Agregada
Digenea gen. sp.	2.77	5.12	0.583	Agregada
<i>Neoechinorhyncus</i> n. sp.	1.82	2.72	0.454	Agregada
<i>Procamallanus</i> (<i>S.</i>) <i>inopinatus</i>	1.09	0.40	0.484	Randômica

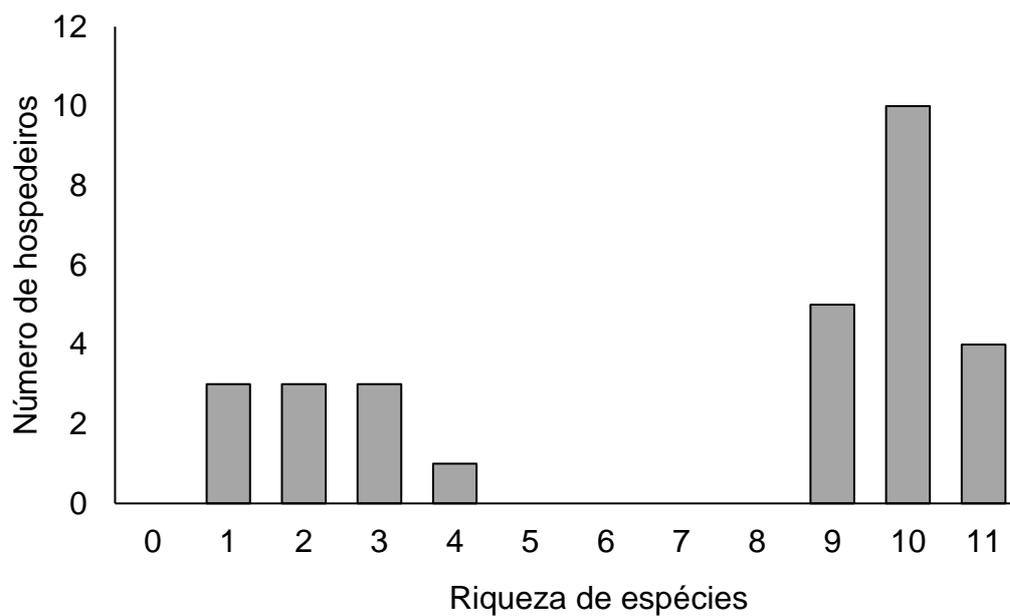


Figura 2. Riqueza de espécies de parasitos metazoários em *Hemiodus unimaculatus* do Rio Jari, um tributário do Rio Amazonas no estado do Amapá (Brasil).

Discussão

Nos peixes hospedeiros, a diversidade e comunidade de parasitos é constituída por um conjunto de espécies presentes no ambiente. O hábito alimentar e dieta são importantes na aquisição de endoparasitos, enquanto o habitat dos hospedeiros, comportamento e capacidade natatória dos parasitos são importantes na infestação por ectoparasitos principalmente (Guidelli et al., 2003; Gonçalves et al., 2018). A comunidade de parasitos metazoários de *H. unimaculatus* do Rio Jari foi composta por oito espécies de Monogenea, um Digenea, dois Nematoda, um Acanthocephala e um Ácaro. Houve baixa diversidade, baixa equitabilidade e baixa riqueza de espécies e predominância de ectoparasitos. Outras espécies de monogeneas, digeneas e nematoides tem sido relatado para *Hemiodus* spp. (Tabela 1). Porém, este é o primeiro estudo sobre a comunidade de parasitos em *H. unimaculatus*, assim todas as espécies de parasitos encontradas aqui são novos registros para esse Hemiodontidae.

Os peixes podem ser parasitados por diversas espécies, os quais podem estar dispersos de forma diferente nos hospedeiros (Guidelli et al., 2003; Moller, 2006; Goncalves et al., 2018). A dispersão agregada de parasitos está relacionada principalmente a sua estratégia e reprodução direta, heterogeneidade dos hospedeiros quanto à suscetibilidade aos parasitos e ao diferenciado sistema imunológico, de forma que esse padrão de agregação estabiliza a dinâmica da relação parasito-hospedeiro, controlando a população de peixes parasitados (Moller, 2006). Em *H. unimaculatus* do Rio Jari, os parasitos apresentaram uma dispersão agregada, padrão típico em diferentes espécies parasitos em peixes (Rohde et al., 1995; Guidelli et al., 2003; Tavares-Dias et al., 2013; Gonçalves et al., 2018). Porém, a infecção por *P. (S.) inopinatus* apresentou dispersão randômica, um padrão que é relatado para espécies de Nematoda parasitos de peixes devido a sua patogenicidade (Gonçalves et al., 2018; Neves et al., 2020). Gaines et al. (2012) relataram que *P. (S.) inopinatus* é patogênico, causando graves alterações histopatológicas no intestino de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822).

Na região Neotropical, monogeneas Dactylogyridae são um grupo de ectoparasitos que compõem a fauna parasitária de peixes hospedeiros (Thatcher, 2006). Das oito espécies de monogeneas encontradas neste estudo, sete foram Dactylogyridae. Porém, em *H. unimaculatus* nenhuma espécie tem sido descrita (Tabela 1). Em *H. semitaeniatus* foi relatado *Cleidodiscus microcirrus* (Price & Schlueter, 1967) e *Monocleithrium lavergneae* (Price & McMahon, 1966). Nas brânquias de *H. unimaculatus* do Rio Jari houve elevada prevalência de monogeneas (Dactylogyridae gen. sp.1, Dactylogyridae gen. sp.2, Dactylogyridae gen. sp.3, Dactylogyridae gen. sp.4, *Urocleidoides* sp.1, *Urocleidoides* sp.2, *Urocleidoides* sp.3 e Girodactilydae gen. sp.), porém, houve baixa intensidade média e abundância média.

Em peixes do Brasil, *P. (S.) inopinatus* são encontrados em estágio adulto, com prevalência variando de baixa a moderada, baixa intensidade e baixa abundância (Tavares-Dias et al., 2020), a semelhança do que ocorreu no presente estudo com *H. unimaculatus*. Esse nível de parasitismo pode ser atribuído, em parte, ao fato desse nematoide ter um ciclo de vida complexo, com transmissão por meio de interações presa-predador (Thatcher, 2006). Assim, a presença de copépodes (hospedeiros intermediários), contendo estágios infecciosos de *P. (S.) inopinatus* no ambiente, determina os níveis de sua infecção em populações de peixes, que são hospedeiros definitivos (Thatcher, 2006). Até o presente momento, nenhum nematoide era conhecido parasitando *H. unimaculatus* (Tabela 1). Além disso, em *H. unimaculatus* do Rio Jari houve também baixa infecção de larvas de *Contraecum* sp., um nematoide comum em peixes do Brasil, os quais são segundos hospedeiros intermediários, ou paratênicos, os microcrustáceos são os primeiros hospedeiros intermediários e as aves piscívoras são os hospedeiros definitivos (Pinheiro et al., 2019).

Metacercárias de Digenea foram encontradas com elevada prevalência nas brânquias de *H. unimaculatus* do Rio Jari, mas com baixa intensidade média e baixa abundância média. Isso indica que esse peixe exerce o papel de hospedeiro intermediário para este ectoparasito. Com ciclo de vida complexo, muitos digeneas têm aves piscívoras como hospedeiros definitivos (Thatcher, 2006; Morley, 2012). Nenhuma espécie de digenea é conhecida infectando *H. unimaculatus*; porém, *Rondotrema microvitellarium* (Thatcher, 1999) foi relatada parasitando *H. microlepis* da Amazônia (Thatcher, 2006).

Acantocéfalos do gênero *Neoechinorhynchus*, parasitos

obrigatórios, são endoparasitos com ciclo de vida complexo, e utilizam microcrustáceos normalmente um ostracoide, como hospedeiro intermediário primário, enquanto os peixes podem ser hospedeiros paratênicos, intermediários secundários ou definitivos (Kennedy, 2006; Thatcher, 2006; Melo et al., 2015). Até o presente momento, nenhuma espécie de acantocéfalo tem sido relatada para espécies de *Hemiodus* (Tabela 1). Em *H. unimaculatus* houve moderada prevalência e baixa abundância de *Neoechinorhynchus* sp. Esses baixos níveis de infestação de *Neoechinorhynchus* n. sp. em *H. unimaculatus*, pode ser devido ao seu hábito onívoro, que inclui o hospedeiro intermediário em sua dieta alimentar (Silva et al., 2008; Marinho et al., 2021).

Poucos estudos observaram peixes como hospedeiros de ácaros, e poucas espécies foram descritas, esses artrópodes podem ser encontrados geralmente nas brânquias, tegumento e trato digestório (Lizama et al. 2013), e altas infecções podem provocar danos severos nos nesses hospedeiro (Heckmann, 2003). Nas brânquias de *H. unimaculatus* do Rio Jari, a infecção

por ácaros foi baixa, o que pode ter sido acidental. Gonçalves et al. (2018) também relataram baixa infestação por ácaros nas brânquias de *Colossoma macropomum* do Rio Jari. Mais estudos precisam ser realizados para conhecimento da diversidade desses parasitos em peixes neotropicais.

Para concluir, a comunidade de parasitos metazoários de *H. unimaculatus* do Rio Jari apresentou baixa diversidade, baixa riqueza, baixa intensidade e baixa abundância. *H. unimaculatus* no Rio Jari é hospedeiro intermediário e definitivo. Este primeiro estudo sobre a comunidade e infracomunidade de parasitos metazoários em *H. unimaculatus* mostrou que o tamanho dos hospedeiros não teve efeito na diversidade, riqueza de espécies e abundância de parasitos, pois sua dieta foi estruturando sua comunidade parasitária.

Agradecimentos

M. Tavares-Dias recebeu (# 303013 / 2015-0) Bolsa de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil).

Referências

- Abreu CHM, Cunha AC. Qualidade da Água em Ecossistemas Aquáticos Tropicais Sob Impactos Ambientais no Baixo Rio Jari-AP: Revisão Descritiva. *Biota Amazônia* 2015;5(2):119-31. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p119-131>
- Abreu, CHM, Cunha AC. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 2017; 22:45-56. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016144803>
- Agarwal N, Kritsky DC. Neotropical Monogenoidea. 33. Three new species of *Ancistrohaptor* n. g. (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) on *Triportheus* spp. (Teleostei, Characidae) from Brazil, with checklists of ancyrocephalines recorded from neotropical characiform fishes. *Syst Parasitol* 1998; 39:59-69. <https://doi.org/10.1023/A:1005896323016>
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. *J Parasitol*.1997; 83:575-83. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Cardoso ACF, Oliveira MSB, Neves LR, Tavares-Dias M. Metazoan fauna parasitizing *Peckoltia braueri* and *Pterygoplichthys pardalis* (Loricariidae) catfishes from the northeastern Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* 2017; 47:147-154. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201603232>

- Cintra IHA, Rocha JCD, Nakayama L, Martins JC, Silva KCDA. A pesca de *Hemiodus unimaculatus* (Bloch, 1794) na área de influência da usina hidrelétrica de Tucuruí, Pará, Brasil. *Actapesca* 2013;1(1):1-12. <https://doi.org/10.2312/Actafish.2013.1.1.1-12>
- Cunha ACD, SOUZA EBD, Cunha HFA. Rede de meteorologia e recursos hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais resultados. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá, Amapá, Brasil: IEPA; 2010.
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. Paraná, Brasil: Maringá: EDUEM; 2006.
- EPE. Bacia hidrográfica do Rio Jari - PA/AP: estudo de inventário hidrelétrico. Relatório final: Avaliação Integrada ambiental. Empresa de Pesquisa Energética; 2011.
- Gaines APL, Lozano L, Viana G, Monteiro PC, Araújo CSO. Tissue changes in the gut of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), infected by the nematode *Spirocamallanus inopinatus* (Travassos, 1929). *Neotrop Helminthol* 2012; 6:147-57.
- Gonçalves BB, Oliveira MSB, Borges WF, Santos GG, Tavares-Dias M. Diversity of metazoan parasites in *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae) from the lower Jari River, a tributary of the Amazonas River in Brazil. *Acta Amaz* 2018; 48(3):211-216. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704371>
- Guidelli GM, Isaac A, Takemoto RM, Pavanelli GC. Endoparasite infracommunities of *Hemisorubim platyrhynchos* (Valenciennes, 1840) (Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and ecological aspects. *Braz J Biol* 2003; 63: 261-8. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842003000200011>
- Heckmann, R. Other ectoparasites infesting fish; copepods, branchiurans, isopods, mites and bivalves. *Aquacul Magaz* 2003; 29: 20-31.
- Hoshino E, Tavares-Dias M. Interannual and seasonal variation in protozoan and metazoan parasite communities of *Hemibrycon surinamensis*, a Characid fish inhabiting the Brazilian Amazon. *Acta Parasitol* 2019; 64(3):479-488. <https://doi.org/10.2478/s11686-019-00057-5>
- Kennedy CR. Ecology of the Acanthocephala. Cambridge: Cambridge University Press; 2006.
- Ludwig JA, Reynolds JF. Statistical ecology: a primer on methods and computing. New York, New York, USA: Wiley; 1988.
- Luque JL, Poulin R. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology*. 2007;134(6):865-78. <https://doi.org/10.1017/S0031182007002272>

- Magurran AE. Measuring biological diversity. Oxford, USA: Blackwell Science; 2004.
- Marinho TEB, Prado GS, Melo S. Dieta de *Auchenipterus nuchalis* e *Hemiodus unimaculatus* no reservatório da hidrelétrica Curuá-una, Santarém-PA. *Biota Amaz* 2021;11(1):5. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v11n1p6-10>
- Martins JC, Cintra IHA, Sarpedonti V. Seletividade da rede malhadeira na captura de *Hemiodus unimaculatus* no baixo Rio Tocantins, Amazônia, Brasil. *Bol Inst Pesca* 2017;43(2): 274-82. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n2p274>
- Melo FT, Costa PA, Giese EG, Gardner SL, Santos JN. A description of *Neoechinorhynchus* (*Neoechinorhynchus*) *veropesoi* n. sp. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) from the intestine of the silver croaker fish *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes: Sciaenidae) off the east coast of Brazil. *J Helminthol* 2015; 89(1):34-41. <https://doi.org/10.1017/S0022149X13000564>
- Moller, A.P. 2006. Parasitism and the regulation of host populations. In: Thomas F.; Renaud, F.; Guégan, J.F. Parasitism and ecosystems. Oxford University Press, New York, p. 4-53.
- Morley NJ. Cercariae (Platyhelminthes: Trematoda) as neglected components of zooplankton communities in freshwater habitats. *Hydrobiologia* 2012; 691(1):7-19. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1029-9>
- Neves LR, Braga EC, Tavares-Dias M. Diversity of parasites in *Curimata incompta* (Curimatidae), a host from Amazon river system in Brazil. *J Paras Dis* 2016;40(4):1296-300. <https://doi.org/10.1007/s12639-015-0674-0>
- Neves LR, Silva LMA, Florentino AC, Tavares-Dias M. Distribution patterns of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *inopinatus* (Nematoda: Camallanidae) and its interactions with freshwater fish in Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2020;29(4):e012820. <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-29612020092>
- Neves LR, Tavares-Dias M. Low levels of crustacean parasite infestation in fish species from the Matapi River in the state of Amapá, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2019; 28:493-8. <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-29612019006>
- Oliveira MSB, Gonçalves RA, Ferreira DO, Pinheiro DA, Neves LR, Dias MKR, et al. Metazoan parasite communities of wild *Leporinus friderici* (Characiformes: Anostomidae) from Amazon River system in Brazil. *Stud Neotrop Fauna Envir* 2017; 52(2):146-56. <https://doi.org/10.1080/01650521.2017.1312776>
- Pérez-Ponce de León G. Los helmintos parásitos de peces como bioindicadores de la salud de los ecosistemas. In: González- Zuarth CA, Vallarino A, Pérez- Jiménez JC, Low-Pfeng AM (eds) Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro Ambiental. Mexico: El Colegio

- de la Frontera Sur e Instituto Nacional de Ecología (ECOSUR) y Cambio Climático (INEEC); 2014. pp 253–272
- Pérez-Ponce de León G, Aguilar-Aguilar R. Helminth Community Structure of Some Freshwater Fishes of the Cuatro Ciénegas Basin: Patterns and Processes. In: Álvarez F, Ojeda M, editors. Animal diversity and biogeography of the Cuatro Ciénegas Basin. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 11-27.
- Pinheiro R, Furtado AP, Santos JND, Giese EG. *Contracaecum* larvae: morphological and morphometric retrospective analysis, biogeography and zoonotic risk in the amazon. *Rev Bras Parasitol Vet* 2019; 28(1):12-32. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612019002>
- Queiroz LJD, Torrente-Vilara G, Ohara WM, Pires THDS, Zuanon J, Doria CRDC. Peixes do Rio Madeira. Santo Antônio Energia; 2013.
- Rohde K, Hayward C, Heap M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. *Inter J Parasitol* 1995; 25:945-70. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(95\)00015-T](https://doi.org/10.1016/0020-7519(95)00015-T)
- Rózsa L, Reiczigel J, Marjoros G. Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitol* 2000; 86:228-32. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[0228:QPISOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[0228:QPISOH]2.0.CO;2)
- Santos GM, Merona, B.; Juras, A. A.; Jégu, M. Peixes do baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Brasília: Eletronorte; 2004.
- Scholz T, Choudhury A. Parasites of freshwater fishes in North America: why so neglected? *J Parasitol* 2013; 100(1):26-45. doi: <https://doi.org/10.1645/13-394.1>.
- Silva CCD, Ferreira EJG, Deus CPD. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. *Iheringia Série Zool* 2008;98:465-8. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000400008>
- Soares MGM, Costa ELD, Siqueira-Souza FK, Anjos HDBD, Yamamoto KC, Freitas CEDC. Peixes de lagos do médio Rio Solimões. Manaus: Instituto I-piatam; 2008.
- Souza EBD, Lopes MNG, Rocha EJPD, Souza JRSD, Cunha ACD, Silva RRD, et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Rev Bras Meteorol* 2009; 24:111-24. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000200001>.
- Tavares-Dias M, Dias-Júnior MBF, Florentino AC, Silva LMA, Cunha ACD. Distribution pattern of crustacean ectoparasites of freshwater fish from Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet* 2015; 24:136-47. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612015036>

- Tavares-Dias M, Neves LR, Pinheiro D, Oliveira MS et al. Parasites in *Curimata cyprinoides* (Characiformes: Curimatidae) from eastern Amazon, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2013; 35(4), 595-601. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i4.19649>
- Thatcher VE. Amazon fish parasites. Sofia: Pensoft Publishers; 2006.
- Val AL. Fishes of the Amazon: diversity and beyond. *Anais Acad Brasil Cien* 2019;91 Suppl 3:e20190260. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920190260>.
- Vasconcelos H, Tavares-Dias M. Host-parasite interaction between crustaceans of six fish species from the Brazilian Amazon. *Acta Sci Biol Sci* 2016; 38:113-23.
- Zar JH. Biostatistical analysis. New York, USA: Prentice-Hall; 2010.

6. CONCLUSÕES FINAIS

- ✓ A fauna de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus* do Rio Jari foi composta predominantemente por ectoparasitos, e ambos os hospedeiros apresentaram baixa equitabilidade, baixa diversidade e baixa riqueza de espécies de parasitos. Porém, *H. unimaculatus* apresentou maior diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies de parasitos.
- ✓ Houve dispersão agregada de parasitos em *C. inornata* e *H. unimaculatus*.
- ✓ *C. inornata* e *H. unimaculatus* do do Rio Jari, compartilhando o mesmo ambiente e com comportamento alimentar diferenciado, apresentaram grupos similares de parasitos metazoários, mas com diferenciação nas espécies encontradas.
- ✓ *C. inornata* e *H. unimaculatus* atuam como hospedeiros intermediários e definitivos para algumas espécies de parasitos encontradas.
- ✓ O tamanho dos peixes explica em parte a diversidade e riqueza de parasitos em *C. inornata*, mas não a abundância de parasitos metazoários em *C. inornata* e *H. unimaculatus*.
- ✓ Em *H. unimaculatus*, a dieta foi um fator estruturando a comunidade parasitária.
- ✓ Este foi o primeiro relato de *G. spectabilis*, *U. triagulus*, *D. geayi* e ácaros para *C. inornata*, e primeiro estudo sobre a comunidade e infracomunidades de parasitos em *H. unimaculatus*.

7. ANEXO 1

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária



Diversity and community of metazoan parasites in Curimata inornata (Curimatidae) from Jari River, in the Brazilian Amazon region

Journal:	Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Full Article
Keyword:	Aggregation, Amazon, freshwater fish, parasites

SCHOLARONE™
Manuscripts



Marcos Tavares Dias <marcos.tavares@embrapa.br>

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária - Manuscript ID RBPV-2021-0063

2 mensagens

Rosângela Machado <onbehalfof@manuscriptcentral.com>

5 de abril de 2021 12:55

Responder a: cbpv_rbpv.fcav@unesp.br

Para: marcos.tavares@embrapa.br

Cc: odonei82@gmail.com, marcos.tavares@embrapa.br, marcosidney2012@hotmail.com

05-Apr-2021

Dear Dr. Tavares-Dias:

Your manuscript entitled "Diversity and community of metazoan parasites in Curimata inornata (Curimatidae) from Jari River, in the Brazilian Amazon region" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária.

Your manuscript ID is RBPV-2021-0063.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbpv-scielo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/rbpv-scielo>.

Thank you for submitting your manuscript to the Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária.

Sincerely,

Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária Editorial Office

Marcos Tavares Dias <marcos.tavares@embrapa.br>

5 de abril de 2021 12:55

Para: 01010178a2becbeb-7f4ac160-f040-47ee-9598-f5697e06989e-000000@outbound.manuscriptcentral.com