



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

JOÃO OTÁVIO SANTOS SILVA

Efeito do parasitismo de cimatóides escavadores em loricarídeos

Maringá
2021

JOÃO OTÁVIO SANTOS SILVA

Efeito do parasitismo de cimatóides escavadores em loricarídeos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia.
Área de concentração: Ecologia e Limnologia.

Orientador: Dr. Ricardo Massato Takemoto
Coorientadora: Dr.^a Lucélia Nobre de Carvalho

Maringá
2021

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

S586e Silva, João Otávio Santos, 1994-
Efeito do parasitismo de cimotoídes escavadores em loricarídeos / João Otávio Santos Silva -- Maringá, 2021.
34 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2021.
Orientador: Dr. Ricardo Massato Takemoto.
Coorientadora: Dr.^a Lucélia Nobre de Carvalho.

1. Cimotoídes escavadores (Peracarida, Isopoda, *Cymothoidae*) - Parasitismo - Selma, Ribeirão - Mato Grosso. 2. Loricarídeos (Loricariidae, Siluriformes) "cascudo" - Ectoparasitismo - Selma, Ribeirão - Mato Grosso. 3. Crustáceos parasitas de peixes de água doce. 3. Ectoparasitas de peixes de água doce. 4. Peixes de água doce - Parasitismo. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. – 595.37217857098172

JOÃO OTÁVIO SANTOS SILVA

Efeito do parasitismo de cimatóides escavadores em loricarídeos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

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

Dr. Fabrício Hiroiuki Oda
Universidade Regional do Cariri (Pós-Doutorando no Programa
de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular PBM/URCA)

Dr.^a Bianca Ramos de Meira
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Pós-Doutoranda PEA/UEM)

Aprovada em: 30 de abril de 2021.

Local de defesa: Realizado em *home office*, via acesso remoto por videoconferência pelo aplicativo Google Meet, devido a situação do Covid-19.

Dedico a minha madrinha Eleusa Marcelina da Silva, que é incentivo constante para meus estudos, exemplo de disciplina, dignidade e honestidade.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida e pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) e ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) da Universidade Estadual de Maringá pelo suporte e estrutura.

À equipe da secretaria do PEA, Elizabete Custódio da Silva e Jocemara Celestino dos Santos, vocês são incríveis.

À Biblioteca Setorial do Nupélia, Salete Ribelatto e João, obrigado pela socialização do conhecimento.

À vida por tudo, e todos e todas que estão, estiveram e estarão na minha jornada. A minha família que nunca negou esforços para que tivesse acesso as melhores oportunidade de estudo, e que sempre me incentivou para que seguisse meus sonhos independente de remuneração financeira. A minha mãe que é cura para TODAS as doenças, a meu pai que é força para TODAS as lutas e minha madrinha que é sabedoria para TUDO.

A meus afilhados Fernandinho e Lulu, e minha sobrinha Helena que são as cores do meu mundo. A minha santa Barbinha e minha princesa Juju que me mostram que nem tudo está perdido. As minhas irmãs Brendinha e Nanda que me amam, e amam.

Ao Ma (Mateus Dogenski) por ser um irmão que eu nem sei se mereço, ao Morzão (Daruick) por ser sempre muito mais que um amigo e afilhado, e a meu compadre Pardo (Alexandre) pela confiança numa missão de vida.

Ao G.AP. (Grupo Animado da Parasitologia) que compõe a melhor turma conhecida já existente na Ictioparasitologia: Professora Mary, Rodrigo, Cida (Cida Borgueeeti, Cida Triadeira), Danilo (Daniluuuuuuu), João Vitor (Javita, parasita dos parasitos) Toshio (Sushiba, Toshisss), Lucas (Luquita), Gabi (Gabiziiinea), Ju (Desagradaaaaaaaavel), Du (Dulittle), Lidi (Pscicóloga Leila, Marlucia, Joilda, Joilsa) e Atsler (Miglesss, Meshyley, Ashyley, Hersheys, Autilayers). Lidi vc se fez muito importante de uma forma única, obrigado. MIGLES sempre vai ser pouco, te amo e obrigado pela amizade!

Aos amigos do grupo mais perigoso disponível no Whatsapp “Cap 310 – Cyber Talaricagem”, a vontade de sair do grupo é grande mas o medo é maior. Em especial ao Teodoro que tem dado ao Táta os melhores dias da vida dele. E ao Luscaxxx pela amizade sempre tão sincera, seeeeeempre.

Ao casal que amo, respeito e admiro muito Fafi e Carol (Fabrício e Caroline), obrigado pela amizade desde sempre. Ao casal que eu vi nascer Renato e Bárbara (do ensino médio para vida, axé) pela amizade a tantos anos.

Ao Hugliss (Hugo) e a Mel-amô (Melissa) por formarem comigo as WINX e tornarem memorável esse mestrado. A Rezani (Rejane) por ser sempre um ouvido amigo, sincero e crítico. A Aline por ser um exemplo de perseverança e sempre nos mostrar que a vida vai além do mestrado. Ao professor e amigo Cráudio (Prof. Dr. Cláudio Z.) e a turma do “8 maluco”, por todas as conversas e concelhos sobre tudo, menos trabalho.

A minha turma de mestrado (PEA - 2019) por tentarem facilitar a convivência ao máximo e tornarem as aulas presenciais (sim, a gente ainda viveu isso!) um ambiente crítico para construção do conhecimento. Em especial, a Larissa Carrara que mesmo distantes hoje, foi minha parceira de quase todos os trabalhos e ouviu minhas “lamuras”, e a Eudi (Edilaine) que é minha gêmea de outra mãe.

À Ponyo por ser meu anjo de guarda em casa, ao Matheus e Abner por não colocarem pra fora de casa mesmo tendo todos os motivos para isso várias e várias vezes, obrigado mesmo pela parceria.

A minha banca, Dr.^a Bianca Ramos pelas várias contribuições desde o EPGPEA (2019), e Dr. Fabrício Oda que foi ponte para tudo isso, sempre solícito, amigo e paciente. As suplentes Dra. Danielle Katharine Petsch e Dra. Natália Carneiro Lacerda dos Santos que em todas as ocasiões estão sempre atentas a nos mostrar todas as oportunidades na ciência, se colando sempre ao lado, como colegas de formação, independente de tudo.

Aos professores dos cursos de extensão “Modelos Regressivos e Análises multivariadas” e “Manipulação e visualização de dados ecológicos no R” que foram fundamentais para minha autonomia nas análises estatísticas, num momento tão delicado em que não podia contar mais com aquela ida no “lab do lado”. Em especial agradeço ao Dr. Matheus Tenório Baumgartner que desde meu projeto me deu toda liberdade para discutir minhas análises e sempre fez apontamentos muito certos no que eu queria mas não sabia como fazer, e a Dra. Carolina Muniz que se prontificou imediatamente em me ajudar num momento bem delicado de dúvida em que caminho seguir com meus dados, foi gigante a paciência dos dois.

À famigerada “equipe candiru”, Andressa e Talles, por sonharem comigo esse mestrado. Quando eu era só vontade e disposição, vocês acreditaram que iria dar certo e agora temos um grande trabalho científico, que saudade de almoçar com vocês no PECA depois de nossas coletas!!!

Por fim, e extremamente importante, agradeço a Professora Dr.^a Lucélia Nobre Carvalho por sempre ter me incentivado e nunca ter duvidado de mim, e ao professor Dr. Ricardo Massato Takemoto, que tenho a honra e o privilégio de chamar de orientador, um homem que ensina sendo exemplo, a como ser um cientista, pesquisador e cidadão.

Obrigado João Otávio, a gente conseguiu!

“Capricho. Capricho é você fazer o seu melhor na condição que você tem enquanto não tem condições melhores para fazer melhor ainda.”

(Professor Dr. Mario Sergio Cortella)

Efeito do parasitismo de cimotoídes escavadores em loricarídeos

RESUMO

Os cimotoídes pertencem a ordem Isopoda e são ectoparasitas de peixes. Dentre as estratégias de parasitismo dos cimotoídes, se destaca a estratégia de penetrar, escavar e se alojar na cavidade abdominal dos hospedeiros. E devido a essa estratégia tão complexa de parasitismo são considerados parasitas de alta especificidade para hospedeiros. Por isso investigou-se os efeitos do parasitismo do cimotoíde escavador *Artystone* sp. nos loricarídeos *Hisonotus chromodontus* e *Curculionichthys luteofrenatus* no ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires - MT. A hipótese em estudo é de que o parasitismo provoca efeitos negativos na alimentação, reprodução e relação peso-comprimento dos hospedeiros. Foi investigada também a presença de hospedeiros alternativos. A interação parasitária de *Artystone* sp. com *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* foi monitorada durante um ano com coletas mensais padronizadas. Concluímos que o cimotoíde escavador *Artystone* sp. tem grande afinidade pelos hospedeiros *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* devido as suas características de história de vida como causa primária e depois a sua abundância no ambiente estudado, e outros hospedeiros não foram registrados. Ocorre castração parasitária provocada por *Artystone* sp. nos hospedeiros *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* e houve uma maior prevalência de infestação nos hospedeiros fêmeas. A relação peso-comprimento foi menor nos hospedeiros *H. chromodontus* parasitados, indicando um efeito negativo no incremento somático, ainda que todos os hospedeiros estivessem com estômago e trato gastrointestinal totalmente repleto de alimento. Os maiores valores de comprimento padrão para as duas espécies foram observados em hospedeiros parasitados e castrados, e isso somado ao número de hospedeiros com sexo indiferenciado, e machos e fêmeas imaturos sugere que a interação parasitária de *Artystone* sp. com *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* começa com os indivíduos bem jovens.

Palavras-chave: Ectoparasita. *Artystone*. *Hisonotus chromodontus*. *Curculionichthys luteofrenatus*. rio Teles Pires, MT.

Effect of burrowing cymothoid parasitism on loricarids

ABSTRACT

Cymotroids belong to the order Isopoda and are ectoparasites of fishes. Among the parasitism strategies of cymotroids, it stands out the strategy of penetrating, burrowing and lodging in the abdominal cavity of the hosts. Due to this complex parasitism strategy, they are considered to be highly host-specific parasites. Therefore, we investigated the effects of parasitism of the burrowing cymothoid *Artystone* sp. on the loricarids *Hisonotus chromodontus* and *Curculionichthys luteofrenatus* in the Selma stream, a tributary of the Teles Pires River - MT. The hypothesis under study is that parasitism causes negative effects on feeding, reproduction and length-weight relationship of the hosts. The presence of alternative hosts was also investigated. The parasitic interaction of *Artystone* sp. with *C. luteofrenatus* and *H. chromodontus* was monitored for one year with standardized monthly collections. We conclude that the burrowing cymothoid *Artystone* sp. has a high affinity for the hosts *C. luteofrenatus* and *H. chromodontus* due to their life history characteristics as a primary cause and then their abundance in the studied environment, and other hosts were not recorded. Parasitic castration caused by *Artystone* sp. occurred in *C. luteofrenatus* and *H. chromodontus* hosts and there was a higher prevalence of infestation in female hosts. The weight-length relationship was lower in parasitized *H. chromodontus* hosts, indicating a negative effect on somatic increment, even though all hosts had fully replete stomachs and gastrointestinal tracts. The highest standard length values for both species were observed in parasitized and castrated hosts, and this added to the number of hosts with undifferentiated sex, and immature males and females suggests that the parasitic interaction of *Artystone* sp. with *C. luteofrenatus* and *H. chromodontus* starts with very young individuals.

Keywords: Ectoparasite. *Artystone*. *Hisonotus chromodontus*. *Curculionichthys luteofrenatus*. Teles Pires River, MT.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica International Journal for Parasitology.

Disponível em:
<https://www.elsevier.com/journals/international-journal-for-parasitology/0020-7519/guide-for-authors>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Área de estudo, coletas de peixes e ectoparasitas	13
2.2 Coleta, fixação e identificação dos ectoparasitas da ordem Isopoda	16
2.3 Análise dos dados	17
3 RESULTADOS	18
4 DISCUSSÃO	21
REFERÊNCIAS	27
APÊNDICE A - Tabela das famílias de peixes do ribeirão Selma	32
APÊNDICE B - Análise de covariância (ANCOVA)	33
APÊNDICE C - Análise com Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM).....	33
APÊNDICE D - <i>Post hoc</i> do GLMM.....	34

1 1 INTRODUÇÃO

2 Os crustáceos parasitas de peixes são em geral parasitas externos (ectoparasita) e
3 pertencem ao grupo dos isópodos, branquiúros ou copépodes, sendo encontrados
4 principalmente em águas tropicais (Rohde, 2005; Luque et al., 2013). Os isópodes da
5 família Cymothoidae são parasitas obrigatórios e considerados a segunda maior família
6 de crustáceos ectoparasitas de peixes (Bruce e Schotte, 2008). Os cimotoídes apresentam
7 quatro formas de fixação nos hospedeiros: superfície do corpo, cavidade bucal, cavidade
8 opercular e escavando a cavidade abdominal (Hata et al., 2017). Essa estratégia dos
9 cimotoídes de escavar os tecidos abdominais, penetrar a cavidade e se alojar no abdômen
10 fez com que a espécie *Artystone trysibia* Schioedte, 1866 chegasse a ser considerada um
11 endoparasita (Huizinga, 1972).

12 Cimotoídes foram conhecidos como parasitas generalistas (Thatcher, 2006),
13 contudo estudos recentes mostram que os escavadores possuem alta especificidade para
14 hospedeiros (Hata et al., 2017). Entre os cimotoídes escavadores o gênero *Artystone*
15 compreende três espécies *A. trysibia*, *Artystone minima* Thatcher & Carvalho, 1988 e
16 *Artystone bolivianensis* Thatcher & Schindler, 1999. Essas espécies foram registradas
17 parasitando peixes em corpos d'água amazônicos, principalmente hospedeiros das
18 famílias Characidae e Loricariidae. Estudos revelaram que cimotoídes têm o potencial de
19 castrar o hospedeiro via processos mecânicos (o parasita alimentando-se dos produtos
20 gonadais) ou afetando a maturação gonadal e influenciando a taxa de crescimento dos
21 hospedeiros, com efeitos diretos negativos no incremento somático dos peixes
22 parasitados, constatado pela análise da relação peso-comprimento (Azevedo et al., 2006;
23 Folgeman e Grutter, 2008; Folgeman et al., 2009; Lafferty e Kuris, 2009).

24 As espécies *Hisonotus chromodontus* Britski & Garavello 2007 e
25 *Curculionichthys luteofrenatus* (Britski & Garavello 2007) (Loricariidae:

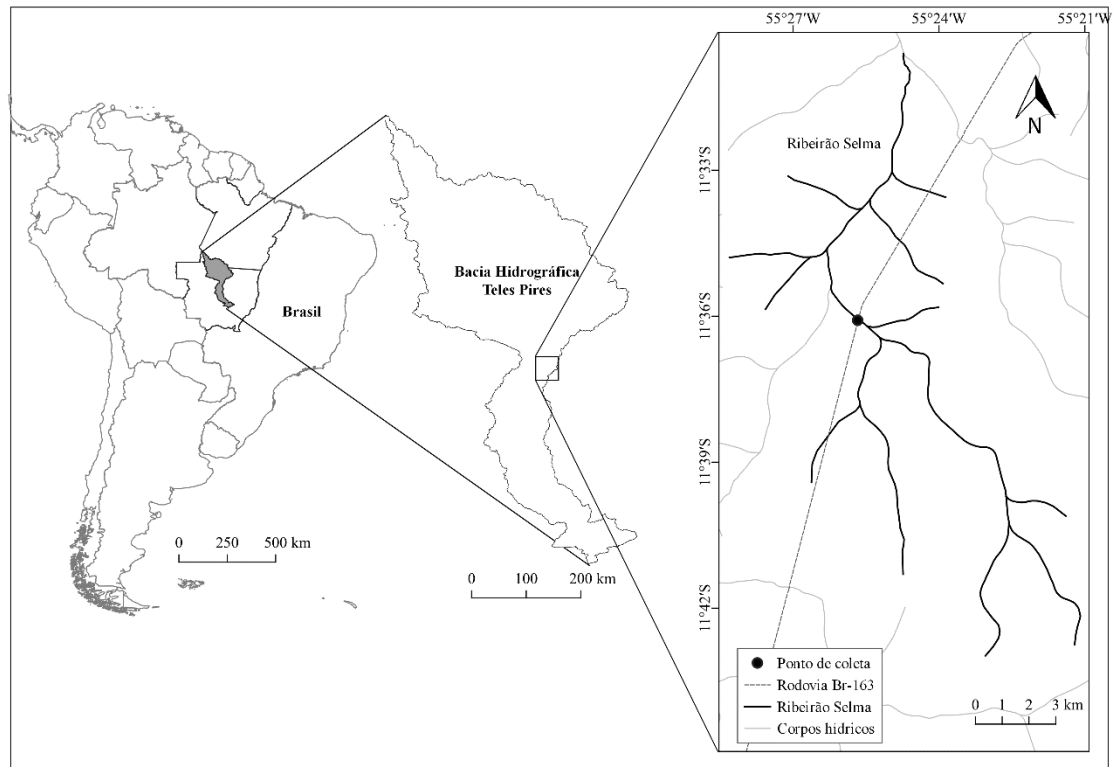
26 Hypoptopomatinae) têm ampla distribuição na bacia do rio Teles Pires e são abundantes
27 nos ambientes onde são encontradas (Ohara et al., 2017), e foram objeto de estudo apenas
28 de trabalhos taxonômicos. Neste estudo registramos a interação de uma nova espécie de
29 *Artystone* com *H. chromodontus* e *C. luteofrenatus*, investigamos a existência de
30 hospedeiros alternativos e avaliamos os efeitos associados à interação nessas duas
31 espécies de peixes.

32 A hipótese investigada é de que o parasita causa um efeito negativo direto na taxa
33 de alimentação devido ao estresse causado pela presença do parasita na cavidade
34 abdominal e redução da disponibilidade de espaço físico; no crescimento devido ao gasto
35 energético da presença do parasita; e na reprodução dos hospedeiros devido ao gasto
36 energético causado pelo parasitismo.

37 **2 MATERIAL E MÉTODOS**

38 **2.1 Área de estudo, coletas de peixes e ectoparasitas**

39 A área de estudo é um trecho do ribeirão Selma (11°36'03.6"S, 55°25'41.4"O) que
40 compõe a bacia do rio Teles Pires, MT (Figura 1), região norte do estado de Mato Grosso.
41 O Laboratório de Ictiologia Tropical (LIT) da Universidade Federal de Mato Grosso –
42 UFMT monitora esse trecho do ribeirão Selma desde 2009 com coletas pontuais de
43 inventário da ictiofauna. De maio de 2016 até fevereiro de 2019, um monitoramento da
44 diversidade de peixes foi realizado com coletas trimestrais padronizadas de forma ativa,
45 utilizando três amostradores: dois com puçás e um utilizando peneira. Todo o trecho do
46 ribeirão Selma foi amostrado durante 30 minutos pelos três amostradores
47 simultaneamente, metodologia adaptada de Mendonça et al.(2005).



48

49 Figura 1: Localização do ponto de coletas para monitoramento da ictiofauna e estudo da interação
50 parasitária de *Artystone* sp. e os loricarídeos no ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires.

51

52 Para este estudo as coletas direcionada para os loricarídeos *C. luteofrenatus* e *H.*
53 *chromodontus* ocorreram mensalmente de abril de 2018 a março de 2019, totalizando um
54 ciclo hidrométrico (enchente, cheia, vazante, seca). A amostragem foi realizada de forma
55 ativa conforme metodologia descrita acima. Um mínimo de 30 espécimes de cada espécie
56 de hospedeiros foi estabelecido para todas as coletas.

57 Após coletados os peixes foram colocados em sacos plásticos com água e
58 sacrificados com uma dose letal de anestésico eugenol diluído em etanol 70%. Em
59 seguida, foram fixados em formol 10% e depois de 3 dias, transferidos e mantidos em
60 etanol 70%. A identificação dos loricarídeos (Figura 2) foi feita conforme Britski e
61 Garavello (2007) e Roxo et al. (2015). Espécimes testemunhos foram tombados na
62 coleção Ictiológica do Laboratório de Ictiologia Tropical (LIT) - UFMT (LIT1735,

63 LIT1810 - *C. luteofrenatus* e LIT3143, LIT3144, LIT3145 - *H. chromodontus*) e na
64 coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura
65 (Nupélia), na Universidade Estadual de Maringá – UEM (NUP22680 - *H. chromodontus*
66 e NUP22683 - *C. luteofrenatus*).



67

68 Figura 2: Espécimes de Hypoptopomatinae observados em campo, no ribeirão Selma antes de uma das
69 coletas de monitoramento da interação parasitário de *Artystone* sp. com loricarídeos.

70

71

72 Em laboratório, os peixes foram numerados individualmente para mensurar os
73 dados de comprimento padrão (mm) e peso (mg). Os peixes parasitados, antes de serem
74 pesados, tiveram o parasita removido da cavidade abdominal. O grau de repleção
75 estomacal foi estimado usando uma escala de 0 a 3, conforme o grau de enchimento do
76 estômago (0=estômago vazio; 1= estômago com alimento e repleto na proporção de 25%
77 a 50%; 2= estômago com alimento e repleto na proporção de 50% a 75%; 3= estômago
78 com alimento e repleto na proporção de 75% a 100%), adaptado de Soares (1979) e
79 Goulding et al. (1988). Informações de sexo (indiferenciado, fêmea e macho) e fases
80 reprodutivas (indiferenciado, imaturo, desenvolvimento, apto, regressão e regeneração)

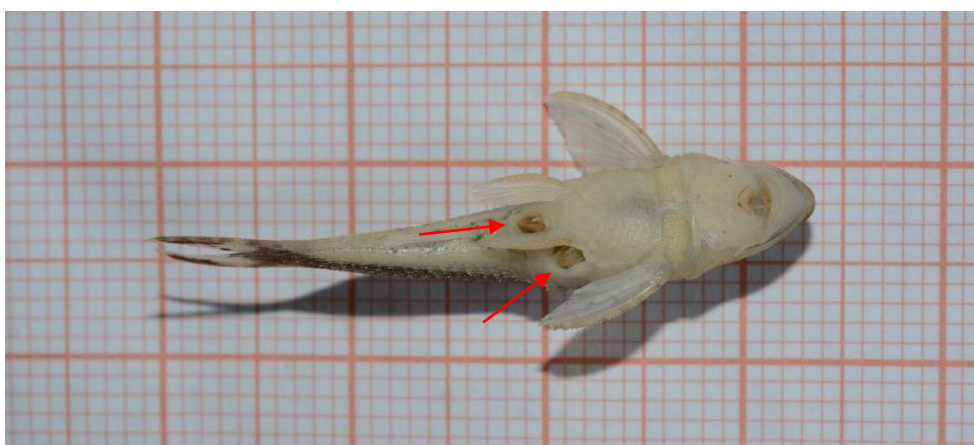
81 dos peixes foram obtidas usando um estereomicroscópio com câmera acoplada para
82 melhor visualização da gônada e usando a escala de Brown-Peterson et al. (2011) como
83 referência.

84 Todas as coletas foram realizadas com autorização da Secretaria de Estado do
85 Meio Ambiente – SEMA do estado de Mato Grosso (Autorização nº 855/2018) e da
86 Universidade Federal de Mato Grosso para o projeto “Monitoramento da Ictiofauna na
87 Área de Influência da Usina Hidrelétrica Sinop”, sob o número de registro 4.27.007.

88 **2.2 Coleta, fixação e identificação dos ectoparasitas da ordem Isopoda**

89 A identificação dos ectoparasitas *Artystone* sp. como espécie nova foi feita com
90 base nas chaves propostas por Castro e Silva (1985), Salgado-Maldonado et al.(2000),
91 Thatcher (2006) e Luque et al.(2013). O trabalho de descrição segue conforme é possível,
92 e esperamos um quadro melhor da pandemia para o término.

93 Os ectoparasitas encontrados (Figura 3), foram numerados com o mesmo número
94 do hospedeiro, colocados em micro tubos Eppendorf, fixados e conservados em etanol
95 70% conforme Eiras et al. (2000).



96

97 Figura 3. Vista ventral de um espécime parasitado de *Curculionichthys luteofrenatus* (Britski & Garavello,
98 2007) coletado no ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires durante o período de monitoramento da
99 interação de *Artystone* sp. com loricarídeos. As setas indicam dois isópodos que perfuraram sua cavidade
100 abdominal.

101

102 **2.3 Análise dos dados**

103 Utilizando todo esforço amostral feito no ribeirão Selma (coletas trimestrais de
104 maio de 2016 a fevereiro de 2019), determinarmos a riqueza de espécies e calculamos a
105 porcentagem de indivíduos por família da assembleia de peixes (APÊNDICE A). Para o
106 índice parasitário de prevalência foram utilizados os dados do monitoramento de um ano
107 (abril de 2018 a março de 2019) da interação de isópodos com os hospedeiros *C.*
108 *luteofrenatus* e *H. chromodontus* e calculados conforme Bush et al. (1997).

109 Para testar a hipótese utilizamos um Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM)
110 onde avaliou-se se há diferenças estatisticamente significativas de prevalência de
111 *Artystone* sp. entre as espécies de hospedeiro, e entre sexo e fase reprodutiva dos
112 hospederios parasitados e não parasitados (APÊNDICE C). Posteriormente aplicamos um
113 teste *post hoc* tipo Tukey para cada um dos fatores (APÊNDICE D). Para os dados de
114 peso (sem o parasita) e comprimento padrão dos hospedeiros parasitados e não
115 parasitados, a normalidade e homogeneidade dos dados foi assumida com base no n de
116 hospedeiros amostrados ($n > 30$) das duas espécies. Em seguida foi feito uma análise de
117 covariância (ANCOVA) do efeito do parasitismo na relação peso-comprimento para cada
118 espécie de hospedeiro (APÊNDICE B).

119 Todos esses procedimentos estatísticos foram realizados no software R versão
120 4.0.2 (R Core Team, 2020) com os pacotes *vegan* (Oksanen et al., 2019), *ggpubr*
121 (Kassambara, 2020), *car* (Fox e Weisberg, 2019), *ggplot2* (Wickham, 2016), *dplyr*
122 (Wickham et al., 2020), *MASS* (Venables e Ripley, 2002), *multcomp* (Hothorn et al.,
123 2008), *lsmeans* (Lenth, 2016) e *lme4* (Bates et al., 2015).

124 3 RESULTADOS

125 A assembleia de peixes do ribeirão Selma apresentou uma riqueza de 56 espécies
126 distribuídas em 20 famílias. Apesar da grande diversidade de hospedeiros disponíveis,
127 interação do parasita *Artystone* sp. só foi registrada com os hospedeiros *C. luteofrenatus*
128 e *H. chromodontus* (Loricariidae: Hypoptopomatinae) durante os quatro anos de coleta
129 para o monitoramento da diversidade de peixes no ribeirão Selma.

130 Durante os 12 meses de coletas direcionadas ao estudo da interação parasitária
131 com loricarídeos foram coletados 695 espécimes de *C. luteofrenatus* e 1834 espécimes
132 de *H. chromodontus*. O índice de prevalência de *Artystone* sp. foi de 2,87% para *C.*
133 *luteofrenatus* e 2,83% para *H. chromodontus* e a prevalência não diferiu
134 significativamente entre as espécies de hospedeiros. Para *C. luteofrenatus* o mês com
135 maior prevalência foi maio de 2018 com 10% de infestação, em sete dos 12 meses a
136 prevalência foi de 0%. A para *H. chromodontus* o mês com maior prevalência foi em
137 janeiro de 2019 com 22,72% e não houve nenhum mês com prevalência de 0%, sendo a
138 menor prevalência observada no mês de Julho de 2018 com 0,84%.

139 Todos os hospedeiros apresentaram estômagos cheios (grau de repleção estomacal
140 igual a 3) e informações de sexo e fase reprodutiva foi determinada para imensa maioria
141 dos hospedeiros, lesões e/ou cicatrizações não foram observadas nas gônadas. No *post*
142 *hoc* realizado para o modelo utilizado para investigar se a prevalência é influenciada pelo
143 sexo e fases reprodutivas, entre os hospedeiros as fêmeas foram mais parasitadas (62,5%
144 dos parasitados), e diferiram significativamente dos machos (significância valor de $P =$
145 0,05). Dentre as fases reprodutivas, as fases imaturo (11,11%), desenvolvimento
146 (41,66%) e regressão (15,27%) foram as mais parasitadas e diferiram significativamente
147 das demais (significância valor de $P = 0,05$).

148 Na ANCOVA realizada para os dados de peso e comprimento padrão dos
149 hospedeiros, encontramos um efeito significativo do parasitismo na relação peso-
150 comprimento para o hospedeiro *H. chromodontus* (Tabela 1). Na regressão (Figura 4)
151 uma interação entre a reta dos parasitados e dos não parasitados, e uma inclinação maior
152 na reta dos não parasitados para as duas espécies. Isso significa um menor desempenho
153 na curva de crescimento dos hospedeiros parasitados em relação aos não parasitados, ou
154 seja, um menor incremento somático dos hospedeiros parasitados das duas espécies.

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

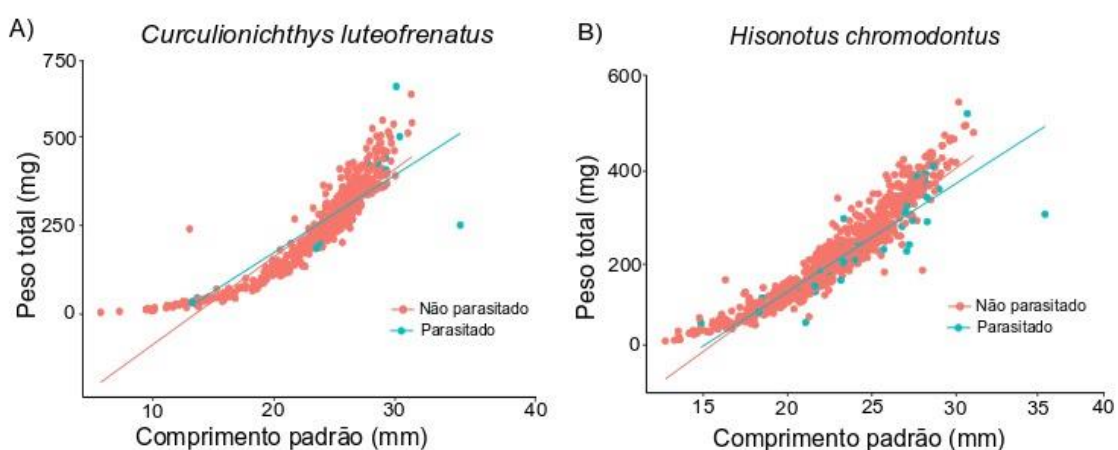
170

Tabela 1: Resumo da análise de covariância (ANCOVA) da presença do parasita *Artystone* sp. (covariável) na relação peso-comprimento em *Hisonotus chromodontus* Britski & Garavello 2007 e *Curculionichthys luteofrenatus* (Britski & Garavello 2007) no ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires durante o período de coleta de abril de 2018 a março de 2019.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Valor de F	Valor de P
<i>Curculionichthys luteofrenatus</i>			
Comprimento padrão	1	2443,1328	0,00*
Parasitado	1	1,2977	0,25
Comprimento padrão x Parasitado	1	1,5111	0,21
Erro	508		
<i>Hisonotus chromodontus</i>			
Comprimento padrão	1	7118,0858	0,00*
Parasitado	1	3,9250	0,04*
Comprimento padrão x Parasitado	1	6,4984	0,01*
Erro	985		

171 A significância foi avaliada com uma probabilidade de 5% e os valores de p significativos estão
172 destacados (*) e em negrito.

173



174

175 Figura 4: Regressão da ANCOVA na relação peso-comprimento dos hospedeiros *Hisonotus chromodontus*
176 Britski e Garavello 2007 e *Curculionichthys luteofrenatus* (Britski e Garavello 2007) com a covariável
177 parasitados (pontos azuis) e não parasitados (pontos vermelhos) pelo cimotoíde escavador *Artystone* sp. no
178 ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires durante um ano de monitoramento da interação parasitária.

179

180 4 DISCUSSÃO

181 O ribeirão Selma apresenta uma riqueza de 56 espécies, seria muito possível
182 encontrar outras espécies de hospedeiros para o cimotoíde escavador *Artystone* sp. além
183 de *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus*. Mesmo com alta especificidade para hospedeiros
184 (Hata et al., 2017), o parasita *Artystone* sp. encontra no ribeirão Selma espécies de
185 hospedeiros relatados para o gênero *Artystone* como *Moenkhausia colletii* (Steindachner
186 1882), assim como congêneres de outros hospedeiros também registrados para o gênero,
187 como *Acestrorhynchus falcatus* (Bloch 1794), *Hyphessobrycon heliacus* Moreira,
188 Landim & Costa 2002, *Hyphessobrycon vilmae* Géry 1966 e *Crenicichla semicineta*
189 Steindachner 1892 (Luque et al., 2013; Junoy, 2016; Oliveira et al., 2019; Rosa et al.,
190 2020) e também outros loricarídeos como *Curculionichthys* aff. *coxipone* Roxo, Silva,
191 Ochoa & Oliveira, 2015 e *Parotocinclus dani* Roxo, Silva & Oliveira, 2016.

192 Entre as 20 famílias de peixes do ribeirão Selma, as famílias Characidae e
193 Loricariidae se destacam com a maiores porcentagem de espécimes com 41,25% e
194 34,01% respectivamente, dentre o total de espécimes coletados durante os quatro anos de
195 monitoramento da ictiofauna. Levando em consideração essa abundância de Loricariidae
196 e Characidae, e o estudo de Rosa et al. (2020) onde hospedeiros alternativos foram
197 registrados para *A. minima*, é possível admitir que existe uma alta afinidade entre
198 *Artystone* sp. e os loricarídeos *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* para a interação
199 parasitária observada no ribeirão Selma. Essa alta afinidade por *C. luteofrenatus* e *H.*
200 *chromodontus* pode ser explicada por dois fatores principais.

201 O primeiro fato é que os loricarídeos da subfamília Hypoptopomatinae são
202 raspadores, de pequeno porte e ficam sempre próximos ao substrato de fundo (Casatti,
203 2002), fato que facilita a infestação pelas mancas (estágio jovem de Isopoda) no
204 hospedeiro, como observado por Folgeman e Grutter (2008) em seu estudo em laboratório

205 com manchas de *Anilocra apogonae* Bruce, 1987 que rapidamente infestaram o hospedeiro
206 *Cheilodipterus quinquelineatus* Cuvier e Valenciennes, 1828 enquanto este ainda era
207 considerado um indivíduo jovem. O segundo fator está relacionado a especificidade do
208 parasita e abundância do hospedeiro, nas coletas de monitoramento no ribeirão Selma, a
209 família Loricariidae representou 34% dos indivíduos coletados, com 451 indivíduos no
210 total. Deste total de loricarídeos as espécies *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus*
211 representaram respectivamente 36% e 46% dos indivíduos, somados correspondem a
212 82% dos loricarídeos. Como o cimotoíde escavador *Artystone* sp. é um ectoparasita de
213 alta especificidade é indispensável que para sua permanência no ambiente seu hospedeiro
214 seja muito abundante.

215 A prevalência de *Artystone* sp. nos hospedeiros *C. luteofrenatus* e *H.*
216 *chromodontus* não diferiu estatisticamente, isso porque são espécies muito semelhantes
217 anatômica e morfológicamente, e fazem uso do ambiente e dos recursos alimentares de
218 forma muito semelhante (Casatti, 2002). Os valores de prevalências são difíceis de serem
219 comparados com outros estudos na literatura sobre cimotoídes escavadores (e.g., Rosa et
220 al. (2020) prevalência de 0,214% de *A. minima*; Oliveira et al. (2019) prevalência de
221 6,94% de *A. trysibia*), porque o resultado comporta 12 meses seguidos de amostragem.
222 Quando avaliados mês a mês, a prevalência de *Artystone* sp. varia de 0% a 10 % para o
223 hospedeiro *C. luteofrenatus* e de 0,84% a 22,72% para o hospedeiro *H. chromodontus*
224 entre os 12 meses.

225 A frequência mensal de observação de *Artystone* sp., a especificidade do gênero e
226 da estratégia de parasitismo para hospedeiro e o fato de nenhum outro peixe ter sido
227 encontrado parasitado refuta a sugestão de um parasitismo acidental. Também não houve
228 um aumento ou decréscimo gradual de um mês para o outro, ou um período hidrológico
229 onde o parasitismo foi maior em relação aos outros. Enquanto Rosa et al. (2020) observou

230 maior prevalência de *A. minima* em *Nannostomus beckfordi* Günther, 1872 no período
231 chuvoso, os dados de prevalência mensal sugerem que não há um gradiente de aumento
232 ou diminuição do parasitismo, e que a dinâmica da interação parece não ser influenciada
233 por eventos climáticos de precipitação, fotoperíodo ou temperatura do ar e da água.

234 A hipótese encontraríamos um efeito negativo na reprodução, onde os hospedeiros
235 *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* estariam em algum quadro de castração parasitária
236 (Azevedo et al., 2006; Folgeman et al., 2009; Lafferty e Kuris, 2009). A castração
237 parasitária mecânica/trófica não foi observada pois todos os hospedeiros tinham suas
238 gônadas inteiras e intactas, e sinais de cicatrização no tecido gonadal não foram
239 encontrados, o que evidenciaria a castração parasitária que se dá pela competição de
240 recurso energético entre parasita e hospedeiro (Bonds, 2006).

241 Para a grande maioria dos espécimes de *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* foi
242 possível determinar sexo e fase reprodutiva, resultado que é muito importante pois são
243 escassas as informações de sexo dos hospedeiros de cimatóides escavadores (e.g., Oda et
244 al., 2015; Junoy, 2016; Rodríguez-Haro et al., 2017; Oliveira et al., 2019). Como no
245 estudo de Rosa et al. (2020) que encontrou uma maior prevalência de infestação nas
246 fêmeas de *N. beckfordi* parasitados por *A. minima*, no estudo encontrou-se uma infestação
247 maior e significativa de *Artystone* sp. nas fêmeas de *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus*.
248 A maior infestação nos hospedeiros fêmeas não é um padrão para os cimatóides. No
249 estudo de Azevedo et al. (2006) com *Cyphocharax gilbert* (Quoy & Gaimard, 1824)
250 infestados por *Riggia paranensis* Szidat, 1948 (cimatóide escavador) e Folgeman et al.
251 (2009) com *C. quinquelineatus* infestados por *A. apogonae* (cimatóide externo), não
252 encontraram diferença na infestação de machos e fêmeas. E pode ser esse um gargalo para
253 os estudos dos cimatóides, com abordagens envolvendo a presença ou ausência de
254 características sexuais secundárias e a preferência por sexo do parasita.

255 Nos hospedeiros avaliados houveram espécimes jovens parasitados que foram
256 determinados como indiferenciados sexualmente e machos e fêmeas na fase reprodutiva
257 de imaturo, e isso mostra que a interação de *Artystone* sp. e seus hospedeiros *C.*
258 *luteofrenatus* e *H. chromodontus* começa bem cedo em suas histórias de vida. Este fato
259 corrobora com o estudo de Folgeman e Grutter (2008) que em laboratório viram uma
260 rápida infestação de manca de *A. apogonae* (estágio jovem de Isopoda) no hospedeiro
261 juvenil *C. quinquelineatus*.

262 Nos hospedeiros *C. luteofrenatus* e *H. chromodontus* houve uma prevalência
263 significativa nas fases reprodutivas de imaturo, desenvolvimento e regressão, tornando
264 viável a hipótese de castração parasitária por tradeoff energético, pois se espera que se
265 castrados, os hospedeiros estariam em um estado de “dormência” mais semelhante aos
266 estágios de regressão e regeneração. Existem correntes na literatura que discutem
267 prejuízos à fecundidade do hospedeiro como castração parasitária (Hurd et al., 2001;
268 Folgeman et al., 2009; Lafferty e Kuris, 2009), mas o fato das fases reprodutivas que
269 diferiram serem imaturo, desenvolvimento e regressão, mostra que uma vez parasitado o
270 hospedeiro tem aumentada sua demanda energética de manutenção, e é pouco provável que
271 ele consiga recurso energético necessário para a fase de apto a reprodução, principalmente
272 as fêmeas, colocando o hospedeiro em um looping das fases reprodutivas de
273 desenvolvimento e regressão.

274 Os resultados apoiam o estudo de Rosa et al. (2020), onde o fato de as fêmeas de
275 *N. beckfordi* não atingirem a fase reprodutiva apto à desova é tido como um indício de
276 castração parasitária resultante da interação com *A. minima*. Desta forma constatou-se um
277 efeito de castração parasitária pelo cimotoíde escavador *Artystone* sp. nos hospedeiros *C.*
278 *luteofrenatus* e *H. chromodontus*. Apesar de baixa prevalência de infestação, é fato que

279 um efeito de castração nos hospedeiros parasitados ao longo dos anos pode comprometer
280 a população dos hospedeiros.

281 Era esperado encontrar uma restrição alimentar “voluntária” devido a um
282 estressor, que neste estudo seria espaço físico ocupado pelo parasita dentro da cavidade
283 abdominal. Porém, encontramos todos os hospedeiros com estômago e trato
284 gastrointestinal totalmente repleto de alimento, com isso refutando a hipótese do efeito
285 negativo na taxa de alimentação. Apesar de estarem se alimentado constatamos um efeito
286 negativo na relação peso-comprimento dos hospedeiros *H. chromodontus* parasitados
287 quando comparados com os não parasitados. O efeito negativo dos cimatóides na curva
288 de crescimento dos seus hospedeiros é um fato conhecido (Rosa et al., 2020; Folgeman
289 et al., 2009; Folgeman e Grutter, 2008), mas não é um padrão e precisa ser mais
290 investigado pois como mostra os estudos de Azevedo et al. (2002) e (2006) com *C. gilbert*
291 infestados por *R. paranensis* onde não foram observadas diferenças entre o crescimento
292 de hospedeiros parasitados e não parasitados.

293 Nos dados brutos observou-se que para as duas espécies de hospedeiros houve um
294 comprimento padrão mínimo (13 mm) para os parasitados e isso porque o gênero
295 *Artystone* é caracterizado pela estratégia de parasitismo “escavador”, “penetrador” ou
296 “perfurante” do abdômen dos hospedeiros (Hata et al., 2017), devido ao tamanho das
297 mancas ou dos isópodes adultos o hospedeiro precisa ter um tamanho suficiente para que
298 este parasita se aloje na cavidade abdominal.

299 Com isso pode-se inferir que o parasitismo afeta na relação peso-comprimento de
300 forma negativa as duas espécies, por meio do aumento do gasto energético de subsistência
301 e na redução de armazenamento de energia na forma de gordura e musculatura. Ainda
302 que para *C. luteofrenatus* o parasitismo não tenha sido significativo estatisticamente na

303 relação peso-comprimento as retas da regressão se comportam de forma semelhante as
304 retas do hospedeiro *H. chromodontus* cujo efeito do parasitismo foi significativo.

305 Os maiores valores de comprimento padrão são observados nos hospedeiros
306 parasitados para as duas espécies, ainda que a relação em si tenha sido menor. Este fato
307 corrobora com estudos em que correlações positivas de crescimento de cimatóides
308 escavadores e seus hospedeiros castrado foram observadas, que uma vez que o hospedeiro
309 investe apenas no crescimento surge mais espaço para ser ocupado no abdômen, o parasita
310 também cresce e pode se reproduzir (Adlard e Lester, 1995; Azevedo et al., 2006;
311 Folgeman et al., 2009).

312 Estudos com cimatóides escavadores podem nortear, e muito sobre como entender
313 as relações ecológicas harmônicas e desarmônicas, bem como questionar a ideia de que
314 parasitas são essencialmente oportunistas, quando existem estratégias de parasitismo
315 extremamente complexas. A interação de *Artystone* sp. com *H. chromodontus* e *C.*
316 *luteofrenatus* no ribeirão Selma é uma oportunidade rara para o estudo e avanços no
317 conhecimento do parasitismo, pois mesmo o parasita escavando e se alojando no
318 abdômen do hospedeiro a relação se estabeleceu de forma que o hospedeiro consegue
319 sobreviver, se alimentar e crescer garantindo a permanência do parasita e hospedeiro no
320 ambiente.

321

322

323 **REFERÊNCIAS**

- 324 Adlard, R.D., Lester, R.J.G. 1995. The life-cycle and biology of *Anilocar-pomacentri*
325 (Isopoda, Cymothoidae), an ectoparasitic isopod of the coral-reef fish, chromis-nitida
326 (Perciformes, Pomacentridae). Aust. J. Zool. 43(3), 271-281.
- 327 Azevedo, J., Thomé, M., Silva, L.G., Novelli, R., Dansa-Petretski, M.A., Lima, N.R.W.
328 2002. Parasitismo de *Riggia paranensis* (Crustacea, Cymothoidea) em populações de
329 *Cyphocharax gilbert* (Teleostei, Curimatidae) do norte do estado do Rio de Janeiro. Bol.
330 Inst. Pesca. 28(1), 61-69.
- 331 Azevedo, J.D.S., Silva, L.G.D., Bizzerri, C.R.S.F., Dansa-Petretski, M.A., Lima, N.R.W.
332 2006. Infestation pattern and parasitic castration of the crustacean *Riggia paranensis*
333 (Crustacea: Cymothoidea) on the fresh water fish *Cyphocharax gilbert* (Teleostei:
334 Curimatidae). Neotrop. Ichthyol. 4(3), 363-369.
- 335 Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects
336 Models Using lme4. J. Stat. Softw. 67(1), 1-48.
- 337 Bonds, M.H. 2006. Host life-history strategy explains pathogen-induced sterility. Am.
338 Nat. 168(3), 281-293.
- 339 Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W. 1997. Parasitology meets ecology
340 on its own terms: Margolis et al. revisited. J. Parasitol. 83: 575-583.
- 341 Britski, H.A., Garavello, J.C. 2007. Description of two new sympatric species of the
342 genus *Hisonotus* Eigenmann and Eigenmann, 1889, from upper rio Tapajós, Mato Grosso
343 state, Brazil (Pisces: Ostariophysi: Loricariidae). Braz. J. Biol. 67(3), 413-420.
- 344 Brown-Peterson, N.J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B.J., Lowerre-
345 Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive
346 development in fishes. Mar. Coast. Fish. v. 3, n. 1, p. 52-70.

- 347 Bruce N.L., Schotte M. 2008. Cymothoidae. World Marine, Freshwater and Terrestrial
348 Isopod Crustaceans database. Boyko, C.B., Bruce, N.L., Merrin, K.L., Ota, Y., Poore,
349 G.C.B., Taiti, S., Schotte, M., Wilson, G.D.F.
- 350 Casatti, L. 2002. Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do
351 Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, sudeste do Brasil. Biota Neotrop. 2(2), 1-14.
- 352 Castro, A.L., Silva, J.L. 1985. Manual de identificação de invertebrados límnicos do
353 Brasil: Isopoda. In: Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil: Isopoda.
354 CNPq.
- 355 Eiras, J.C., Takemoto, R.M., Pavanelli, G.C. 2000. Métodos de estudo e técnicas
356 laboratoriais em parasitologia de peixes. Maringá, Paraná: EDUEM: Nupélia, 171p.
- 357 Fogelman, R.M., Grutter, A.S. 2008. Mancae of the parasitic cymothoid isopod, *Anilocra*
358 *apogonae*: early life history, host-specificity, and effect on growth and survival of
359 preferred young cardinal fishes. Coral Reefs. 27(3), 685-693.
- 360 Fogelman, R.M., Kuris, A.M., Grutter, A.S. 2009. Parasitic castration of a vertebrate:
361 effect of the cymothoid isopod, *Anilocra apogonae*, on the five-lined cardinalfish,
362 *Cheilodipterus quinquelineatus*. Int. J. Parasitol.. 39 (5), 577-583.
- 363 Fox, J., Weisberg, S. 2019. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition.
364 Thousand Oaks CA: Sage.
- 365 Goulding, M., Carvalho, M.L., Ferreira, E.G. 1988. Rio Negro: rich life in poor water.
366 Amazonian diversity and ecology as seen through fish communities. The Netherlands,
367 SPB Academic Publishing. 200p.
- 368 Gotelli, N.J, Ellison, A.M. 2011. Análise de Variância. Princípios de estatística em
369 ecologia. 528p.
- 370 Hata, H., Sogabe, A., Tada, S., Nishimoto, R., Nakano, R., Kohya, N., Takeshima, H.,
371 Kawanishi, R. 2017. Molecular phylogeny of obligate fish parasites of the family

- 372 Cymothoidae (Isopoda, Crustacea): evolution of the attachment mode to host fish and the
373 habitat shift from saline water to freshwater. *Mar. Biol.* 164(5), 105.
- 374 Hothorn, T., Bretz F., Westfall, P. 2008. Simultaneous Inference in General Parametric
375 Models. *Biom. J.* 50(3), 346-363.
- 376 Hurd, H., Warr, E., Polwart, A. 2001. A parasite that increases host lifespan. *Proceedings*
377 *of the Royal Society of London. Series B: Proc. Biol. Sci.* 268 (1477), 1749-1753.
- 378 Huizinga, H. W. 1972. Pathobiology of *Artystone trysibia* Schioedte (Isopoda:
379 Cymothoidae), an endoparasitic isopod of South American fresh water fishes. *J. Wildl.*
380 *Dis.* 8(3), 225-232.
- 381 Junoy, J. 2016. Parasitism of the isopod *Artystone trysibia* in the fish *Chaetostoma*
382 *dermorhynchum* from the Tena River (Amazonian region, Ecuador). *Acta Trop.* 153, 36-
383 45.
- 384 Kassambara, A. 2020. ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots. R package
385 version 0.4.0.
- 386 Lafferty, K.D., Kuris, A.M. 2009. Parasitic castration: the evolution and ecology of body
387 snatchers. *Trends Parasitol.* 25(12), 564-572.
- 388 Lenth, R.V. 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *J. Stat. Softw.* 69(1),
389 1-33.
- 390 Luque, J.L., Vieira, F.M., Takemoto, R.M., Pavanelli, G.C., Eiras, J.C. 2013. Checklist
391 of Crustacea parasitizing fishes from Brazil. *Check List.* 9(6), 1449-1470.
- 392 Mendonça, F.P., Magnusson. W.E., Zuanon, J. 2005. Relationships between habitat
393 characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia.* (4):
394 750–763.
- 395 Oda, F.H., Graça, R.J., Tencatt, L.F.C., Tavares, L.E.R., Froehlich, O., Takemoto, R.M.
396 2015. The poorly known *Riggia acuticaudata* (Crustacea: Isopoda) parasitizing *Ancistrus*

- 397 sp. (Siluriformes: Loricariidae) from the Paraguay River basin, Brazil, with comments on
398 its reproductive biology. *Comp. Parasitol.* 82(1), 25-28.
- 399 Ohara, W.M., Lima, F.C.T., Salvador, G.N., Andrade, M.C. 2017. Peixes do rio Teles
400 Pires: Diversidade e Guia de Identificação. Gráfica e Editora Amazonas. 408 p.
- 401 Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin,
402 P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., M. Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner,
403 H. 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-6.
- 404 Oliveira, M.S.B., Esteves-Silva, P.H., Andrade, M.C., Tavares-Dias, M. 2019. First report
405 of *Artystone trysibia* (Isopoda: Cymothoidae) in *Caquetaia spectabilis* (Cichliformes:
406 Cichlidae). *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 28(4), 735-738.
- 407 Rosa, F.D.A.S., Baillie, C., Medeiros, T.D.N., Ready, J.S. 2020. Habitat and host
408 associations of the fish-burrowing parasite *Artystone minima* (Cymothoidae: Isopoda) in
409 eastern Amazonia. *Biotropica*.
- 410 Rodríguez-Haro, C.; Montes, M. M.; Marcotegui, P.; Martorelli, S. R. 2017. *Riggia*
411 *puyensis* n. sp.(Isopoda: Cymothoidae) parasitizing *Chaetostoma breve* and *Chaetostoma*
412 *microps* (Siluriformes: Loricariidae) from Ecuador. *Acta Trop.* 167, 50-58.
- 413 Rohde, K. 2005. (Ed.). *Marine parasitology*. Csiro Publishing.
- 414 Roxo, F.F., Silva, G.S., Ochoa, L.E., Oliveira, C. 2015. Description of a new genus and
415 three new species of *Otothyrinae* (Siluriformes, Loricariidae). *ZooKeys.* (534), 103.
- 416 Salgado-Maldonado, G., Aldrete, A.N.G., Vidal-Martinez, V.M. 2000. *Metazoan*
417 *Parasites in the Neotropics: A Systematic and Ecological Perspective*. Instituto de
418 Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- 419 R Core Team. 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R
420 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

- 421 Soares, M.G.M. 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do
422 igarapé do Porto, Aripuanã, MT. *Acta Amaz.* 9: 325–352.
- 423 Venables, W.N., Ripley, B.D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition.
424 Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.
- 425 Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New
426 York.
- 427 Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K. 2020. *dplyr: A Grammar of Data*
428 *Manipulation*. R package version 1.0.0.
- 429 Thatcher, V.E. 2006. *Amazon fishes parasites*. Pensoft Publisher.
- 430

431 **APÊNDICE A** - Tabela das famílias de peixes do ribeirão Selma

Porcentagem das famílias dos espécimes amostrados no monitoramento da ictiofauna do ribeirão Selma, afluente do rio Teles Pires, durante as coletas trimestrais de maio de 2016 a fevereiro de 2019.

Família	Porcentagem (%)
Acestrorhynchidae	0,15%
Anastomidae	0,08%
Auchenipteridae	0,90%
Callichthyidae	0,30%
Celopsidae	0,08%
Characidae	41,25%
Cichlidae	1,96%
Crenuchidae	2,26%
Curimatidae	0,75%
Hemiodontidae	0,08%
Heptapteridae	6,33%
Hypopomidae	0,38%
Iguanodectidae	1,73%
Loricariidae	34,01%
Poeciliidae	7,01%
Rhamphichthyidae	0,45%
Serrasalminidae	1,28%
Sternopygidae	0,75%
Trichomycteridae	0,23%

Fonte: Coleção ictiológica do Laboratório de Ictiologia Tropical – LIT (UFMT)

432

433

434

435

436 **APÊNDICE B** - Análise de covariância (ANCOVA)

437 ANCOVA: variável dependente*variável independente*covariável independente

438

439



Para os dados

440

441 ANCOVA: peso total ~ comprimento padrão * presença do parasita

442 **APÊNDICE C** - Análise com Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM)

443 GLMM: fator fixo ~ fato1 + fator2 + fator3 (com ou sem fator aleatório)

444



Para os dados

445

446 GLMM: presença do parasita ~ espécie do hospedeiros + sexo do hospedeiro + fase

447 reprodutiva do hospedeiro, com fator aleatório

Tabela com resumo do GLMM utilizado no estudo.

	Valor	Erro padrão	Valor de p
Esp. <i>Hisonotus chromodontus</i>	0.1215556	0.2821118	0.6666
Sexo macho	-0.7174407	0.2832544	0.0114*
Fase reprod. Desenvolvimento	0.3240098	0.3384829	0.3386
Fase reprod. Imaturo	-0.9020828	0.4665947	0.0534
Fase reprod. Regeneração	1.0182165	0.6002557	0.0901
Fase reprod. regressão	1.4793406	0.4302747	0.0006*

448 A significância foi avaliada com uma probabilidade de 5% e os valores de p

449 significativos estão destacados (*) e em negrito.

450

451

452 **APÊNDICE D** - *Post hoc* do GLMM

453 Tukey de Contraste para cada fator

Teste de Tukey para os elementos de cada um dos fatores do GLMM.

Fator	Significância do parasitismo nos elementos de cada fator*				
Espécie	<i>Curculionichthys luteofrenatus</i> ^a		<i>Hisonotus chromodontus</i> ^a		
Sexo	Fêmea ^b		Macho ^a		
Fase reprodutiva	Imaturo ^a	Desenvolvimento ^b	Apto ^{ab}	Regressão ^c	Regeneração ^{bc}

454 (*) O parasitismo nos fatores seguidos de mesma letra na linha não diferem entre si a 5%
 455 de probabilidade pelo teste de Tukey.