

Copépodos *Notodiptomus* sp. Kiefer (Crustacea, Calanoida) naturalmente infectados com metacestódeos no reservatório do Juqueri, São Paulo, Brasil

Rubens Riscala Madi^{1,4}, Marlene Tiduko Ueta¹, Tarsila Ferraz Frezza²,

Maria Isabel Müller² & Karen Bazan Simionatto³

¹Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia,
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”,
Rua Monteiro Lobato, 255, CEP 13083-862, Campinas, SP, Brasil

²Instituto de Biologia, Curso de Pós-graduação em Parasitologia,
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

³Grupo de Pesquisas em Ecossistemas Aquáticos Sujeitos à Impactos Ambientais,
Faculdade de Ciências Biológicas, Pontifícia Universidade Católica - PUC,
Av. John Boyd Dunlop, s/n, Jd. Ipaussurama, CEP 13059-900, Campinas, SP, Brasil

⁴Autor para correspondência: Rubens Riscala Madi, e-mail: rrmadi@gmail.com

MADI, R.R., UETA, M.T., FREZZA, T.F., MÜLLER, M.I. & SIMIONATTO, K.B. **Copepods *Notodiptomus* sp. Kiefer (Crustacea, Calanoida) naturally infected by metacestodes in the Juqueri reservoir, São Paulo, Brazil.** *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn03511022011>

Abstract: The aim of this work was to identify the components of zooplankton that act as intermediate hosts of cestodes. One hundred and ninety four copepods of the suborder Calanoida, 317 copepods of the suborder Cyclopoida and 4240 cladocerans were collected in the Juqueri reservoir, in the state of São Paulo, from January to August, 2003. Only Copepods Calanoida of the genus *Notodiptomus* sp. Kiefer were found to be infected and contained two distinct forms of metacestodes. The metacestodes, denominated Met 1 (order Proteocephalidea) and Met 2 (order Cyclophyllidea), had the following rates of prevalence and mean intensities of infection: Met 1 – 2.06% and 64 larvae/copepod and Met 2 – 0.52% and one larvae/copepod. The positive copepods were collected at the margins of the reservoir during the day. This finding suggest that parasitism may lead to a change in the behavior of the copepods and make them more susceptible to predation in shallow water.

Keywords: *copepoda, calanoida, metacestodes, cyclophyllidea, proteocephalidea.*

MADI, R.R., UETA, M.T., FREZZA, T.F., MÜLLER, M.I. & SIMIONATTO, K.B. **Copépodos *Notodiptomus* sp. Kiefer (Crustacea, Calanoida) naturalmente infectados com metacestódeos no reservatório do Juqueri, São Paulo, Brasil.** *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/abstract?article+bn03511022011>

Resumo: Este trabalho teve o objetivo de identificar os componentes do zooplâncton que atuam como hospedeiros intermediários de cestódeos. Foram examinados 194 copépodos da subordem Calanoida, 317 copépodos da subordem Cyclopoida e 4240 cladóceros coletados no reservatório do Juqueri, Estado de São Paulo, entre janeiro e agosto de 2003. Apenas copépodos Calanoida do gênero *Notodiptomus* sp. Kiefer encontravam-se positivos, sendo relatada duas formas morfológicas distintas de metacestódeos. Os metacestódeos, denominados Met 1 (Proteocephalidea) e Met 2 (Cyclophyllidea) apresentaram as seguintes prevalências e intensidades médias de infecção: Met 1 – 2,06% e 64 larvas/copépodo e Met 2 – 0,52% e uma larva/copépodo. Os copépodos positivos foram coletados na região litorânea do reservatório durante o dia, o que leva a crer que o parasitismo pode modificar o comportamento dos copépodos tornando-os mais acessíveis à predação.

Palavras-chave: *copepoda, calanoida, metacestódeos, cyclophyllidea, proteocephalidea.*

Introdução

O zooplâncton, parte da dieta de várias espécies de peixes, pode se tornar importante veiculador de parasitas atuando como hospedeiros intermediários de helmintos de peixes.

A ordem Cyclophyllidea van Beneden in Braun, 1900 é a maior ordem entre os cestódeos e todas as espécies são, em fase adulta, parasitas de vertebrados terrestres ou semi-aquáticos exceto peixes, onde se observa uma notável ausência. Podem, no entanto, se desenvolver em uma variada gama de hospedeiros intermediários invertebrados e vertebrados, incluindo peixes (Schmidt 1986). A ordem Proteocephalidea Mola, 1928 é encontrada apenas em animais relacionados com ambiente de água doce (peixes, anfíbios e répteis) (Rego 1994), utilizando, preferencialmente, copépodos como hospedeiros intermediários (Scholz 1999).

Após a ingestão, por copépodos, dos ovos de cestódeos ciclofilídeos e de proteocefalídeos disseminados na água pelo hospedeiro definitivo, a oncosfera eclode, atravessa ativamente a parede intestinal e aloja-se na hemocele do crustáceo. Dentro da cavidade, a oncosfera desenvolve a larva procercóide (proteocefalídeos) ou cisticercóide (ciclofilídeo). Em seguida, se o copépodo parasitado for ingerido por um peixe, no caso dos proteocefalídeos, a larva procercóide pode ainda penetrar pela parede intestinal, evoluindo para plerocercóide e então encapsular na cavidade peritoneal deste hospedeiro, somente se transformando em verme adulto após predação do peixe pelo hospedeiro definitivo (Olsen 1974, Scholz 1999).

Muito pouco se sabe sobre a dinâmica de transmissão dos parasitas aos peixes hospedeiros via zooplâncton (Marcogliese 1995). No Brasil a maioria dos trabalhos envolvendo zooplâncton de água doce restringe-se a levantamentos faunísticos, ecologia de populações e taxonomia/descrição de espécies, sendo raros estudos relacionando a biologia do zooplâncton com o parasitismo nos peixes (Pereira et al. 1936, Falavigna et al. 2000, 2003).

Esse trabalho teve por objetivo identificar os componentes da comunidade de microcrustáceos planctônicos, potenciais hospedeiros intermediários de cestódeos parasitas de peixes.

Material e Métodos

Os copépodos foram coletados no reservatório do Juqueri (23° 19' 07" S, 46° 35' 12" O), bacia do Alto Tietê, região sudeste do Estado de São Paulo, entre janeiro e agosto de 2003. O reservatório é considerado eutrófico e possui 3,49 km² de área, 28,77 km de perímetro e uma profundidade média de aproximadamente 12 m. Inicia-se no centro urbano do Município de Mairiporã, estendendo-se por 9,5 km até ultrapassar o limite municipal com Franco da Rocha.

Na região limnética do reservatório os copépodos foram coletados por arrasto vertical, utilizando-se uma rede cônica de 90 cm de comprimento, 30 cm de diâmetro de abertura e malha de 154 µm, partindo-se de uma profundidade padrão de 20 m, sendo o volume filtrado de aproximadamente 1400 L. Na região litorânea os copépodos foram coletados com auxílio de um balde de 20 L, despejando-se a água através da rede cônica, perfazendo um total aproximado de 140 L filtrados. Das amostras finais concentradas em 250 ml, foi retirada uma alíquota de 25 ml de cada amostra, e acrescentado 2 ml de água carbonatada 7% para análise dos copépodos (Falavigna et al. 2003). Os indivíduos coletados foram colocados em placas de Petri, examinados ao microscópio estereoscópico e separados em grupos (Cladocera, Calanoida e Cyclopoida) e em seguida examinados ao microscópio óptico com uma fina camada de água sobre uma lâmina de vidro. Os exemplares que se apresentaram parasitados foram identificados e dissecados para isolamento e contagem dos parasitos.

Os cálculos da prevalência e intensidade de infecção foram realizados a partir das definições apresentadas por Bush et al. (1997).

Resultados e Discussão

Foram examinados no total 194 copépodos Calanoida (58 da região limnética e 136 da região litorânea), 317 copépodos Cyclopoida (165 da região limnética e 152 da região litorânea) e 4240 cladóceros (1319 da região limnética e 2921 da região litorânea). Foram encontradas duas formas morfológicas distintas de metacestódeos, denominadas Met 1 e Met 2, parasitando copépodos do gênero *Notodiptomus* sp. (Calanoida) apenas nas amostras de água recolhidas na região litorânea do reservatório, nos meses de abril e maio (período de seca).

Os copépodos parasitados apresentaram taxas de prevalência de 2,06% (4/194) para Met 1 e 0,52% (1/194) para Met 2, totalizando 2,58% de copépodos infectados.

Os metacestódeos denominados Met 1 (Figura 1a,b), apresentavam forma oval, sem cercômero, mediam, em média, 70,98 µm (± 4,33) × 58,75 µm (± 4,56), encontravam-se livres ocupando praticamente toda a hemocele. Não mostravam indícios de lacuna primária. O escólex, invaginado, apresentava quatro ventosas e mais uma ventosa apical, característico de cestódeos da ordem Proteocephalidea. A intensidade média de infecção foi 64 larvas/copépodo (± 9,89).

O metacestódeo denominado Met 2 (Figura 1c,d) apresentou forma circular levemente ovalada, medindo 196,89 × 189,67 µm, localizado entre o segundo e terceiro segmentos torácicos. O escólex, também invaginado, apresentou quatro ventosas e um conjunto de 20 acúleos medindo, em média, 26,11 µm de comprimento. Apenas um exemplar foi encontrado e foi identificado como pertencente à ordem Cyclophyllidea.

Marcogliese (1995) afirma que os copépodos tendem a apresentar taxas de prevalência de infecção por cestódeos variando entre 0,01% e 1,0%. Falavigna et al. (2000, 2003) encontraram 0,3% de *Thermocyclops minutus*, *Mesocyclops* sp. e *Paracyclops* sp. infectados com um metacestódeo de proteocefalídeo cada, provável parasita de peixes encontrados na planície de inundação do rio Paraná. Hanzelová & Gerdeaux (2003) registraram infecção natural de 0,21% de *Cyclops absorum* por *Proteocephalus longicollis* no lago Annecy, França. Rusinek et al. (1996) encontraram 0,13% de prevalência de *Proteocephalus* sp. em *Epischura* sp. (Calanoida) naturalmente infectados no lago Baikal, Rússia. Marcogliese & Esch (1989), também trabalhando com infecção natural, encontraram índices distintos de prevalência de *Bothriocephalus acheilognathi* parasitando *Mesocyclops* (0,6%) e *Tropocyclops* (7,1%), ambos no lago Belews, Estados Unidos. O valor da prevalência total encontrado neste trabalho (2,58%) é superior aos valores encontrados pelos autores citados anteriormente.

Em hospedeiros intermediários invertebrados a manutenção e transmissão de cestódeos são efetivadas por poucos indivíduos dentro de uma população, isto é, ocorre distribuição agregada das formas infectantes (Roberts & Janovy Junior 1996). Esse comportamento de agregação pode ser parte da estratégia de transmissão de Proteocephalidea, pois por não possuírem estágios de vida livre em seu ciclo (coracídio), esses cestódeos adotam a estratégia de recrutamento dos ovos na sua dispersão pela água (Esch 1983). Dupont & Gabrion (1987) afirmam que as distribuições randômicas ou agregadas dos parasitas dependem também das variadas susceptibilidades apresentadas entre as espécies de copépodos hospedeiros. Em infecção experimental Wedekind (1997) demonstra que a probabilidade de um copépodo se tornar infectado aumenta com o crescimento do número de parasitas administrados. A intensidade

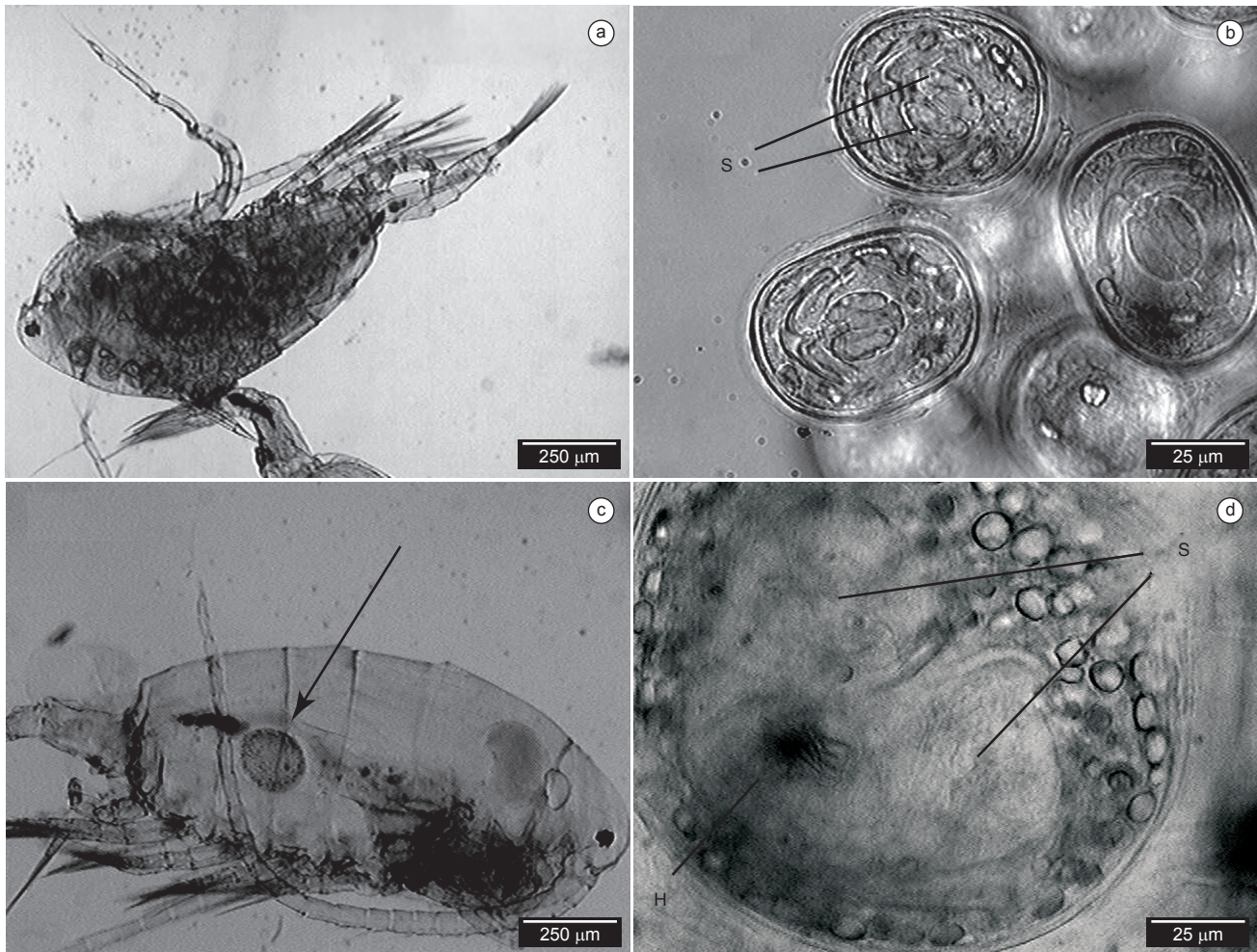


Figura 1. *Notodiptomus* sp. parasitados por metacestódeos Met 1 (a, b) e Met 2 (c, d). H – ganchos; S – ventosas.

Figure 1. *Notodiptomus* sp. parasitized by metacestodes Met 1 (a, b) and Met 2 (c, d). H – hooks; S – suckers.

de infecção encontrada em copépodos parasitados por metacestódeos Proteocephalidea neste trabalho corrobora a hipótese de distribuição agregada entre os cestódeos dessa ordem.

Van der Veen & Kurtz (2002) observaram que durante a fase de desenvolvimento dos metacestódeos, alguns exemplares de parasitas morrem e que copépodos imaturos apresentam uma maior tendência a infecção, mas morrem mais facilmente que copépodos adultos. Van der Veen (2003) afirma ainda que os copépodos imaturos apresentam maior atividade de locomoção e ingerem mais parasitas que copépodos adultos. O aumento da mortalidade de copépodos após três semanas de infecção encontrado por Pasternak et al. (1999), pode corroborar a explicação do paradoxo das relativas baixas taxas de prevalência do primeiro hospedeiro intermediário – copépodo – em relação às altas taxas encontradas no segundo hospedeiro do ciclo – peixe, uma vez que Madi & Ueta (2002) trabalhando neste mesmo reservatório encontraram, 79,91% de *Geophagus brasiliensis* – Cichlidae – infectados com larvas plerocercóides de proteocefalídeos.

Alguns helmintos podem provocar alterações comportamentais de seus hospedeiros, fazendo com que os copépodos infectados se agreguem e/ou tenham dificuldade de natação, facilitando assim sua captura pelos peixes hospedeiros (Pulkkinen et al. 2000). As dificuldades de escape ao predador impostas pelo parasita ao copépodo hospedeiro, podem ser associadas aos efeitos do parasita sobre o sistema nervoso do copépodo infectado, via neurotransmissores, fazendo com que diminua o desempenho

muscular e aumente a atividade de busca por alimentos (Franz & Kurtz 2002). Alguns copépodos apresentam ainda fotofilia quando parasitados por larvas de cestódeos (Pulkkinen et al. 2000). Essas alterações no comportamento podem explicar o encontro de copépodos infectados na região litorânea do reservatório durante o dia, uma vez que trabalhos sobre migração vertical do zooplâncton descrevem que nesse período copépodos calanoidas estão em locais mais profundos do reservatório (Esteves 1998).

Agradecimentos

À Silvia Maria Cagliari Casanova do Departamento de Zoologia, IBB, Unesp, pela identificação dos copépodos, à Sabesp pelo apoio em campo. À Maurício Solera Rodrigues da Silva e João Batista Alves de Oliveira, pelo auxílio em laboratório e em campo.

Referências Bibliográficas

- BUSH, A.O., LAFFERTY, K.D., LOTZ, J.M. & SHOSTAK, A.W. 1997. Parasitology meet ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* 83(4):575-583. PMID:9267395. <http://dx.doi.org/10.2307/3284227>
- DUPONT, F. & GABRION, C. 1987. The concept of specificity in the proceroid-copepod system: *Bothrocephalus claviceps* (Cestoda) a parasite of the eel (*Anguilla anguilla*). *Parasitol. Res.* 73(2):151-158. PMID:3575289. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00536472>

- ESCH, G.W. 1983. The population and community ecology of cestodes. In Biology of Eucestoda (C. Arme & P.W. Pappas eds.). Academic Press, Londres, v.1, p.81-137.
- ESTEVEZ, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2nd ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- FALAVIGNA, D.L.M., PAVANELLI, G.C. & TAKEMOTO, R. 2000. Resultados preliminares do ciclo evolutivo de cestóides parasitas de *Pseudoplatystoma corruscans* da planície de inundação do alto do Rio Paraná, Brasil. In VI Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos. Universidade Federal de Santa Catarina e ABRAPOA, Florianópolis, p.133.
- FALAVIGNA, D.L.M., VELHO, L.F.M. & PAVANELLI, G.C. 2003. Protocephalidean larvae (Cestoda) in naturally infected Cyclopoid copepods of the upper Paraná river floodplain, Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 98(1):69-72. <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762003000100009>
- FRANZ, K. & KURTZ, J. 2002. Altered host behaviour: manipulation or energy depletion in tapeworm-infected copepods? Parasitology 125(2):187-196. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182002001932>
- HANZELOVÁ, V. & GERDEAUX, D. 2003. Seasonal occurrence of the tapeworm *Proteocephalus longicollis* and its transmission from copepod intermediate host to fish. Parasitol. Res. 91(2):130-136. PMID:12910414. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-003-0939-x>
- MADI, R.R. & UETA, M.T. 2002. Estudo comparativo dos metazoários parasitas de *Geophagus brasiliensis* (Cichlidae, Perciforme) em dois reservatórios no estado de São Paulo. In VII Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos. UEM, Foz do Iguaçu, p.137.
- MARCOGLIESE, D.J. 1995. The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish. Rev. Fish Biol. Fisher. 5:336-371. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00043006>
- MARCOGLIESE, D.J. & ESCH, G.W. 1989. Experimental and natural infection of planktonic and benthic copepods by the asian tapeworm, *Bothriocephalus acheilognathi*. Proc. Helminthol. Soc. Wash. 56(2):151-155.
- OLSEN, O.W. 1974. Animal parasites. Their life cycles and ecology. Univ. Park Press, Baltimore.
- PASTERNAK, A. F., PULKKINEN, K., MIKHEEV, V.N., HASU, T. & VALTONEN, E.T. 1999. Factors affecting abundance of *Trienophorus* infection in *Cyclops strenuus*, and parasite-induced changes in host fitness. Int. J. Parasitol. 29(11):1793-1801. [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7519\(99\)00108-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7519(99)00108-3)
- PEREIRA, C., VIANNA DIAS, M. & AZEVEDO, P. 1936. Biologia do nematóide *Procamallanus cearensis* n. sp. Arch. Inst. Biológico 7:209-226.
- PULKKINEN, K., PASTERNAK, A.F., HASU, T. & VALTONEN, E.T. 2000. Effect of *Trienophorus crassus* (Cestoda) infection on behavior and susceptibility to predation of the first intermediate host *Cyclops strenuus* (Copepoda). J. Parasitol. 86(4):664-670.
- REGO, A. A. 1994. Order Protocephalidea Mola, 1928. In Keys to the Cestode Parasites of Vertebrates. (L.F. Khalil, A. Jones, & R.A. Bray eds.). CAB International, Wallingford, p.257-293.
- ROBERTS, L.S. & JANOVY JUNIOR, J. 1996. Foundations of Parasitology. 5nd ed. WCB Publishers, Dubuque.
- RUSINEK, O.T., BAKINA, M.P. & NIKOLSKII, A.V. 1996. Natural infection of the calanoid crustacean *Epischura baicalensis* by proceroids of *Proteocephalus* sp. in Listvenichnyi Bay, Lake Baikal. J. Helminthol. 70(3):237-247. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X00015479>
- SCHMIDT, G.D. 1986. Handbook of tapeworm identification. CRC Press, Boca Raton.
- SCHOLZ, T. 1999. The life cycles of species of *Proteocephalus*, parasites of fishes in Palearctic Region: a review. J. Helminthol. 73(1):1-19.
- Van der VEEN, I.T. 2003. Is body size or activity of copepods related to ingestion of parasite larvae? Parasitology 126(2):173-178. PMID:12636355. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182002002652>
- Van der VEEN, I.T. & KURTZ, J. 2002. To avoid or eliminate: cestode infections in copepods. Parasitology 124(4):465-474. PMID:12003070. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182001001275>
- WEDEKIND, C. 1997. The infectivity, growth, and virulence of the cestode *Schistocephalus solidus* in its first intermediate host, the copepod *Macrocyclops albidus*. Parasitology 115(3):317-324. PMID:9300470. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182097001406>

Recebido em 17/03/2010

Versão reformulada recebida em 30/05/2011

Publicado em 17/06/2011