

Mortalidade de juvenis de *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) de piscicultura do norte do Brasil, causadas por *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa* (Nematoda: Anisakidae)

Patrícia Batista de Azevedo^{1*}, Germán Augusto Murrieta Morey², José Celso de Oliveira Malta³

1. Bióloga (Centro Literatus – Estácio Amazonas, Brasil).

2. Biólogo (Universidad Nacional de la Amazonia Peruana). Doutorando em Biología de Água Doce e Pesca Interior (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil).

3. Biólogo (Universidade Federal de Viçosa). Doutor em Ciências Biológicas (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho). Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil).

*Autor para correspondência: azevedo.patricia22@gmail.com

RESUMO

Em juvenis *Arapaima gigas* o risco de infecções parasitárias é muito alto, por alimentarem-se de pequenos invertebrados, os quais atuam como hospedeiros intermediários de diferentes espécies endoparasitos, podendo causar sérios problemas e altas mortalidades nesses peixes cultivados. O objetivo do presente estudo foi identificar as espécies que parasitam juvenis de *A. gigas* em cativeiro no município de Manacapuru no estado do Amazonas e avaliar a influência dessas na mortalidade dos peixes. Foram examinados 66 juvenis de *A. gigas* e não se registrou nenhum parasito nas brânquias dos hospedeiros. O intestino e estômago dos peixes estavam parasitados por larvas L3 de *Hysterothylacium* sp. e larvas L4 de *Goezia spinulosa*. Os índices parasitários foram elevados para as duas espécies, sendo registrada para *Hysterothylacium* sp. os maiores índices de infecção. Foi observada uma correlação positiva fraca entre o comprimento dos hospedeiros e a abundância de *Hysterothylacium* sp. As lesões registradas no estômago e intestino dos peixes, juntamente com os elevados índices parasitários registrados para *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa*, levam a suspeitar que a morte dos peixes foi por complicações e danos causados pela presença destes parasitas.

Palavras-chave: Amazônia, morte, nematóides, pirarucu.

Mortality of youth *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) from a fish farming in the north of Brazil, caused by *Hysterothylacium* sp. and *Goezia spinulosa* (Nematoda: Anisakidae)

ABSTRACT

In youth *A. gigas* the risk of parasitic infections is very high, due to their feeding habit to prey on small invertebrates, which act as intermediate hosts of different endoparasite species, which can cause serious problems and high mortalities in fish farms. Thus, the aim of the present study was to identify the species that parasitize youth *A. gigas* raised in captivity in the Manacapuru municipality, Amazonas State and to evaluate their influence on the mortality of these fish. There were examined 66 youth *A. gigas* and non-parasite was recorded in the host gills. The intestine and stomach of the fish were parasitized by *Hysterothylacium* sp. larvae (L3) and *Goezia spinulosa* larvae (L4). The parasitic indexes were high for the two species, being recorded the highest rates of infection by *Hysterothylacium* sp. There was observed a weak positive correlation between the host standard length and the abundance of *Hysterothylacium* sp. The lesions observed in the stomach and intestine of the fish, together with the high parasite index values recorded for *Hysterothylacium* sp. and *Goezia spinulosa*, leads to the suspicion that the death of the fish was due to complications and damages caused by the presence of these parasites.

Keywords: Amazonia; arapaima; death; nematodes.

Introdução

Arapaima gigas Schinz, 1822 (pirarucu) destaca-se como uma espécie de grande valor comercial, utilizada para a criação em grande escala e com bom desempenho zootécnico. É uma espécie de grande porte que pode atingir até três metros de comprimento e pesar mais de 200 kg (PARKER, 2002). Esse peixe tem hábito alimentar carnívoro e seus itens alimentares variam de acordo com o seu desenvolvimento ontogênico (LÜLING, 1964). Jovens alimentam-se de moluscos, crustáceos e insetos até aproximadamente o primeiro ano de vida. Logo começam a pregar peixes de pequeno e mediano porte os quais constituem o item mais importante da dieta (IMBIRIBA, 2001).

A dieta e o hábito alimentar dos peixes são considerados determinantes na composição da fauna parasitária, exercendo uma forte influência sobre a comunidade de parasitos transmitidos troficamente (KNUDSEN et al., 2004).

As espécies de Nematoda da família Anisakidae parasitam

peixes, répteis, aves e mamíferos, sendo as larvas observadas na musculatura ou aderidas a órgãos internos dos hospedeiros (MORAVEC, 1998). Em *A. gigas* foram relatados dois anisakídeos: *Goezia spinulosa* Diesing, 1839 e *Hysterothylacium* Ward & Magath, 1917; (ANDRADE-PORTO et al., 2015).

Para a região neotropical, existem só dois registros de espécies adultas de *Hysterothylacium*, parasitas de peixes de água doce; *Hysterothylacium rhamdiae* Brizzola & Tanzola, 1995 coletados de hospedeiros na Argentina e *H. cenotae* Pearse, 1936 coletadas de hospedeiros no México (MORAVEC et al., 1998). No entanto, existem muitos registros no Brasil de larvas de *Hysterothylacium* parasitando diferentes espécies de peixes marinhos e de água doce (MORAVEC et al., 1993; TAVARES et al., 2004; FELIZARDO et al., 2009).

Algumas espécies de peixes têm sido reportadas como hospedeiros intermediários, paratênicos ou definitivos de *Hysterothylacium* spp. A infecção ocorre quando os peixes alimentam-se de crustáceos parasitados com a larva em tercei-

estágio (L3) a qual pode migrar posteriormente à musculatura ou cavidades dos hospedeiros (ANDERSON, 2000).

Na América do Sul são conhecidas cinco espécies de *Goezia* Zeder, 1800: *G. spinulosa*, *G. intermedia* Rasheed, 1965, *G. brasiliensis* Moravec, Kohn & Fernandes, 1994, *G. brevicaca* Moravec, Kohn e Fernandes, 1994, e *G. leporinis* Martins & Yoshitoshi, 2003. Destas espécies a única que parasita *A. gigas* tem sido *G. spinulosa* (SANTOS; MORAVEC, 2009). *Arapaima gigas* é infestado por *G. spinulosa* diretamente por ingestão de hospedeiros intermediários (copépodes) ou pelo consumo de hospedeiros paratênicos (peixes forrageiros) (SANTOS; MORAVEC, 2009).

Hysterothylacium spp. e *Goezia* spp. são consideradas patogênicas para seus hospedeiros (MORAVEC, 1994), existindo relatos de danos severos e altas mortalidades causadas por estes parasitas em peixes cultivados (FREITAS; LENT, 1946; MOZGOVOY et al., 1971; MARTINS et al., 2004; FELIZARDO et al., 2009).

Para juvenis *A. gigas*, o risco de infecções decorrente de parasitos é muito alto, por alimentarem-se de pequenos zooplâncton durante treinamento alimentar, os quais podem atuar como hospedeiros intermediários de várias espécies de endoparasitas, podendo causar sérios problemas e altas mortalidades aos hospedeiros (FREITAS; LENT, 1946). Assim, o objetivo do presente estudo foi identificar as espécies de parasitas em juvenis de *A. gigas* e avaliar sua influência na mortalidade desses peixes cultivados em Manacapuru, estado do Amazonas (Brasil).

Material e métodos

As coletas dos juvenis de *A. gigas* foram realizadas em fevereiro de 2015 em uma piscicultura do município de Manacapuru no estado do Amazonas. Foram coletados somente aqueles animais que apresentavam algum sinal de enfermidade ou mortos. Os exemplares foram conservados em tubos plásticos com álcool 70%. Em seguida, foram transportados para o “Laboratório de Parasitologia de Peixes (LPP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) onde foram medidos (comprimento padrão) e necropsiados.

Para o estudo dos ectoparasitos as brânquias foram analisadas em placas Petri cobertas com água destilada e observadas em estereomicroscópio. Para o estudo dos endoparasitas o trato digestivo foi aberto e colocado em placas Petri, coberto com água destilada. Os parasitos encontrados foram coletados com pincéis finos, estiletos e pinças. Os nematóides foram fixados e conservados em frascos contendo etanol 70% com glicerina a 5% (AMATO et al. 1991).

Para a clarificação das estruturas internas dos nematóides, foram preparadas lâminas provisórias utilizando Lactofenol

de Amann. Lâminas permanentes foram montadas em Bálsamo de Canadá (AMATO et al. 1991). A identificação dos parasitas coletados foi de acordo com (MORAVEC, 1998).

Os índices parasitários (prevalência, intensidade média e abundância média) foram calculados de acordo com BUSH et al. (1997). Foi calculado o índice de Dominância para verificar o grau de dominância de cada espécie em *A. gigas* (ROHDE et al., 1995).

Para analisar a estrutura da comunidade de parasitos de *A. gigas*, cada espécie de parasito foi classificada de acordo com a hipótese de (BUSH; HOLMES, 1986) que consiste em classificar as espécies em centrais, secundárias e satélites baseando-se na prevalência: espécies centrais (prevalência maior que 66%) dos hospedeiros examinados; espécies secundárias (prevalência entre 33 a 66%) e espécies satélites (prevalência menor que 33%)

Para testar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Para determinar as correlações entre o comprimento e a abundância parasitaria foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman (*rs*) (ZAR, 1996). As análises dos dados foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico BioEstat® 5.0 (AYRES et al., 2007). O nível de significância estatística adotado foi $p < 0,05$. Amostras testemunha foram depositadas na coleção do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (*Hysterothylacium* sp. INPA 81; *Goezia spinulosa* INPA 82).

Adicionalmente foi realizada a avaliação da qualidade da água dos estanques de piscicultura por meio de determinações de parâmetros físicos e químicos. A coleta das amostras foi realizada uma hora antes e durante a captura dos peixes. Em campo foram obtidos os dados de oxigênio dissolvido, pH, temperatura e concentração de amônia na água.

Resultados

Foram analisados 66 juvenis de *A. gigas* com comprimento padrão médio de $5,0 \pm 0,5$ cm. Nenhum parasito foi encontrado nas brânquias dos hospedeiros.

Os valores dos parâmetros físicos e químicos foram: oxigênio dissolvido 5,19 mg/L ; pH 6,0; temperatura 28,6 °C e amônia 0,04 mg/L.

Foram coletados 5.212 espécimes parasitando o intestino e estômago dos peixes, dos quais 4.938 pertencentes são *Hysterothylacium* sp. na fase de larva L3 com comprimento de 1,7 - 2,6 (2,08 mm) e largura 0,05 - 0,07 (0,06 mm) e 2.74 larvas L4 são *G. spinulosa* com comprimento de 6,1 - 16,7 (10,8 mm) e largura 0,2 - 0,7 (0,5 mm). Dos espécimes de *G. spinulosa* foram identificados 32 machos e 242 fêmeas. As análises dos índices parasitários mostraram uma alta infecção parasitaria por estes parasitos (Tabela 1).

Tabela 1. Índices parasitários de *Hysterothylacium* sp. e *Goezia spinulosa* em *Arapaima gigas*. PP: Peixes parasitados, P: Prevalência, NTP: Número total de parasitos, IM: Intensidade média, AM: abundância média, D: índice de dominância, SC: status comunitário. Parasitic indexes of *Hysterothylacium* sp. and *Goezia spinulosa* in *Arapaima gigas*. PP: Parasitized fish, P: Prevalence, NTP: Total number of parasites, IM: Mean intensity, AM: average abundance, D: dominance index, SC: community status. Parasitic indexes of *Hysterothylacium* sp. and *Goezia spinulosa* in *Arapaima gigas*. PP: Parasitized fish, P: Prevalence, NTP: Total number of parasites, IM: Mean intensity, AM: average abundance, D: Dominance index, SC: Community status.

Espécies de parasitos	PP	P(%)	NTP (variação)	IM	AM	D (%)	SC
<i>Hysterothylacium</i> sp.	65	98,5	4938 (2-283)	75,9 ± 61,6	74,8 ± 62,3	94,7	Central
<i>Goezia spinulosa</i>	97	80,3	274 (1-28)	5,2 ± 5,6	4,15 ± 5,1	5,2	Central

O coeficiente de correlação de Spearman (*rs*) mostrou uma correlação positiva fraca significativa entre o comprimento dos hospedeiros e a abundância de *Hysterothylacium* sp. (*rs* =

0,285; $p = 0,020$) (Figura 1) e uma correlação não significativa entre o comprimento dos hospedeiros e a abundância de *G. spinulosa* (*rs* = 0,136; $p = 0,273$).

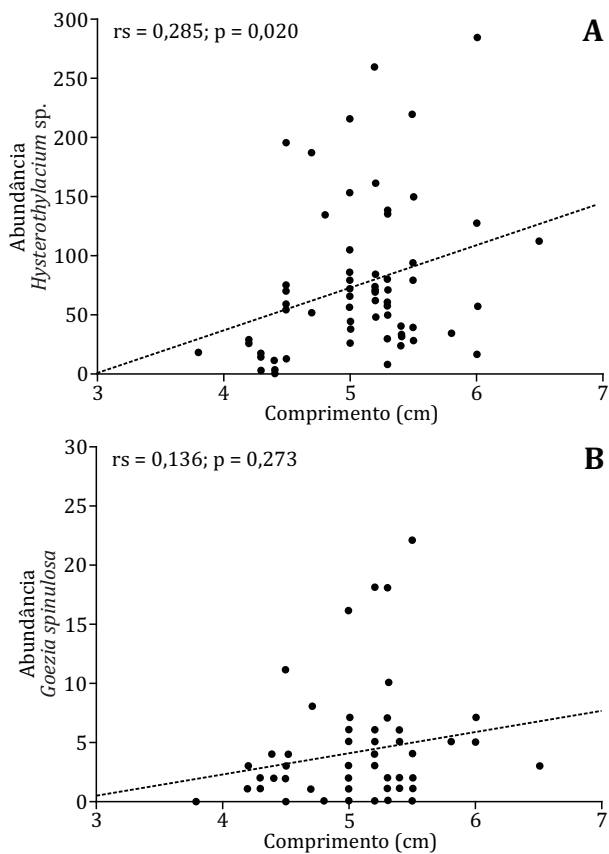


Figura 1. Análise do Coeficiente de Correlação de Spearman (r_s) entre o comprimento dos juvenis de *Arapaima gigas* e a abundância de *Hysterothylacium* sp. (A) e a abundância de *Goezia spinulosa* (B). Spearman Correlation Coefficient (r_s) between youth *Arapaima gigas* length and the abundance of *Hysterothylacium* sp. (A) and abundance of *Goezia spinulosa* (B). / **Figure 1.** Analysis of the Spearman Correlation Coefficient (r_s) between the juvenile length of *Arapaima gigas* and the abundance of *Hysterothylacium* sp. (A) and abundance of *Goezia spinulosa* (B). Spearman Correlation Coefficient (r_s) between youth *Arapaima gigas* length and the abundance of *Hysterothylacium* sp. (A) and abundance of *Goezia spinulosa* (B).

Discussão

Segundo FARIA et al. (2013), para criação de peixes tropicais, recomendam-se temperatura (mínimo 25 ° C e máximo 32° C), Transparência (30 a 60 cm), oxigênio dissolvido (mínimo 1 e máximo 5 mg/l), pH (mínimo 6,5 e máximo 9) e amônia NH₃ (abaixo de 0,05 mg/l). Neste trabalho os valores dos parâmetros físicos e químicos da água foram considerados como adequados para criações de piscicultura.

Na Amazônia o primeiro registro de larvas de *Hysterothylacium* sp. foi relatado por ANDRADE-PORTO et al. (2015) em juvenis de *A. gigas* provenientes de uma piscicultura do estado do Amazonas. Este é o segundo registro de *Hysterothylacium* sp. parasitando *A. gigas*. Isto sugere que na Amazônia, o hospedeiro final de *Hysterothylacium* sp. poderiam ser espécimes de *A. gigas* adultos de grande porte ou algum outro vertebrado predador dos juvenis de *A. gigas*, como aves piscívoras, répteis ou mamíferos aquáticos.

ANDRADE-PORTO et al. (2015) registrou 98,0 % de prevalência de larvas L3 de *Hysterothylacium* sp. em juvenis de *A. gigas* provenientes de uma piscicultura. No presente estudo também foi registrada elevada prevalência (98%) de Larvas L3 de *Hysterothylacium* sp., demonstrando assim sua eficiência na transmissão de um hospedeiro para outro em pisciculturas.

O comprimento das larvas L3 de *Hysterothylacium* sp. foi semelhante as registradas por ANDRADE-PORTO et al. (2015), mas menores que as descritas por (MORAVEC, 1998) que identificou este parasita em diferentes hospedeiros, exceto em *A. gigas*. Tais diferenças no tamanho das larvas registradas

neste trabalho com as larvas registradas por (MORAVEC, 1998) é devido ao fato de tratar-se de parasitos em diferentes espécies hospedeiras.

Arapaima gigas de grande porte podem acumular nematóides *G. spinulosa* na fase adulta e larval, as quais localizam-se principalmente no estômago dos hospedeiros. Em contraste com os peixes adultos, os juvenis são parasitados exclusivamente por *G. spinulosa* na fase larval, as quais podem estar encapsuladas ou livres no estômago, cecos pilóricos e mesentério (SANTOS; MORAVEC, 2009). No presente trabalho os juvenis de *A. gigas* estavam parasitados por *G. spinulosa* na fase larval de L4, confirmando assim a presença exclusiva de formas larvais em hospedeiros jovens de pequeno porte. As larvas foram denominadas como L4 devido à possível diferenciação do sexo, determinada na terminação posterior do corpo dos espécimes. Nos machos a forma da cauda era arredondada e incluía um processo digitiforme longo, com presença de papilas genitais e espículas. Nas fêmeas a forma da cauda era cônica, sendo observada a vagina. Nenhum dos espécimes apresentava maturação sexual, confirmando assim a fase de L4 previa à fase final.

Goezia spinulosa adultos com comprimento entre 11,6 e 23,3 mm foram registrados em *A. gigas* (SANTOS; MORAVEC, 2009). Neste estudo, o tamanho dos espécimes de *G. spinulosa* apresentou valores mínimos e máximos do comprimento do corpo menores que os dos autores supracitados, desde que as larvas L4 ainda não atingiram a fase final, onde atingiriam tamanhos maiores.

Comunidades parasitárias que consistem em um grupo de espécies dominantes “espécies centrais” as quais co-ocorrem frequentemente, são suficientemente abundantes para interagir e atingir o equilíbrio, ao contrário das “espécies satélite”, as quais são menos frequentes e menos abundantes. Assim, só as espécies dominantes devem mostrar as mais fortes ou únicas evidências de interações (CASWELL, 1978). A presença de espécies centrais indica a existência de populações estáveis e em equilíbrio, indicando maiores taxas de colonização e crescimento (BUSH; HOLMES, 1986). As duas espécies de Nematoda aqui identificadas foram consideradas espécies centrais; assim, estas espécies são muito eficientes na colonização de *A. gigas* provenientes de pisciculturas na Amazônia.

O coeficiente de dominância indica o grau de importância de uma espécie em relação ao conjunto da comunidade parasitária (SERRA-FREIRE, 2002). A dominância de um grupo ou espécie varia em decorrência da densidade e distribuição geográfica dos seus hospedeiros, mudanças da dieta e condições fisiológicas durante o desenvolvimento ontogenético dos hospedeiros definitivos, disponibilidade dos hospedeiros intermediários e alterações ambientais (MARCOGLIESE, 2002).

Neste estudo, *Hysterothylacium* sp. foi a espécie dominante entre os dois nematóides registrados, apresentando também os maiores índices parasitários.

O incremento de parasitas em uma infracomunidade ocorre por simples acumulação, resultado do incremento do tamanho do peixe (DOGIEL, 1970). Desta forma, é esperado que peixes de maior tamanho tenham maior número de parasitas, devido à maior disponibilidade de espaço. Diversos estudos descrevem correlações positivas entre o tamanho do hospedeiro e o nível de parasitismo (MACHADO et al., 1994,

1996; TAKEMOTO; PAVANELLI, 1994). Porém, foi registrada aqui uma fraca correlação positiva entre o comprimento dos hospedeiros e a abundância de *Hysterothylacium* sp.

Os peixes carnívoros são expostos às formas larvais de nematóides pela via trófica (LUQUE; POULIN, 2004). Esta infecção ocorre porque alimentam-se de peixes infectados, crustáceos, insetos e moluscos que são hospedeiros intermediários ou paratênicos de várias espécies de parasitos (MARCOGLIESE, 2002; BELLAY et al., 2013). Assim, a presença de larvas de *Hysterothylacium* sp. indica que juvenis de *A. gigas* são hospedeiros paratênicos deste parasita, uma vez que estes podem consumidos por peixes maiores ou outros vertebrados predadores. Não se descarta a possibilidade de que estes parasitas consigam atingir a fase adulta em *A. gigas* de maior porte, devido à possibilidade de juvenis serem predados por indivíduos adultos dessa mesma espécie.

Para *G. spinulosa*, *A. gigas* adultos são conhecidos como os hospedeiros definitivos para este parasita. Assim, a presença de larvas L4 de *G. spinulosa* indica que este peixe é infestado por tal nematoide desde a sua primeira fase de vida, permanecendo nos hospedeiros na fase L4, até o peixe atingir a fase adulta, onde consequentemente o parasita também atinge a maturidade.

Larvas de *Hysterothylacium* sp. podem realizar dentro dos seus hospedeiros intensas migrações de um órgão a outro. Estas migrações podem causar perfurações nas paredes dos órgãos, induzindo lesões severas no estômago e no intestino e provocando septicemias antes de causar a morte dos peixes (MIYAZAKI et al., 1988).

A presença de larvas de *G. spinulosa* em grandes quantidades na cavidade abdominal de juvenis de *A. gigas* indica que, após a ingestão do plâncton infectado, as larvas penetram através da parede do intestino e encapsulam-se na cavidade do corpo. Isto ocorre provavelmente devido à fraca resposta do sistema imunológico dos juvenis de *A. gigas* e a fina espessura da parede do tubo digestivo (SANTOS; MORAVEC, 2009). A migração das larvas pela parede do trato digestivo pode perfurar mecanicamente a mucosa estomacal, causando altas taxas de mortalidade em juvenis de criações (SANTOS; MORAVEC, 2009).

Espécies de *Goezia* são consideradas altamente patogênicas, principalmente quando estão em hospedeiros de pisciculturas, locais onde o estresse e ambiente podem influenciar na propagação dos parasitas (SANTOS; MORAVEC, 2009). Existem registros de morte de peixes por *Goezia* spp. em criações na Flórida, Estados Unidos (MORAVEC, 1998) e por *G. ascaroides* na União Soviética (MOZGOVOY, 1971). *Goezia spinulosa* é considerada uma das espécies de nematoide mais perigosas para o cultivo de *A. gigas*. Relatos de ulcerações, gastrites, infecções e altas mortalidades causadas por esse nematoide foram relatados (MENEZES, 2011).

Neste trabalho foram encontradas larvas L4 de *G. spinulosa* livres no estômago e no intestino de *A. gigas*, indicando a migração das larvas do estômago para o intestino, causando prejuízos na saúde dos peixes que aparentemente os levaram à morte.

Conclusões

As lesões registradas no estômago e no intestino de juvenis de *A. gigas*, juntamente com os elevados índices parasitários

registrados para *Hysterothylacium* sp. e *G. spinulosa* indica a morte dos peixes foi devido a danos causados pela presença destes parasitos, os quais parecem ser muito eficientes na colonização desse hospedeiro proveniente de pisciculturas na Amazônia brasileira.

Agradecimentos

Ao biólogo Jefferson Nobre, pela ajuda na coleta dos peixes e aos pesquisadores do Laboratório de Parasitologia de peixes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

Referências bibliográficas

- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. **Protocolos para laboratório coleta e processamento de parasitas do pescado**. Imprensa Universitária, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1991. p. 81.
- ANDERSON, R. C. **Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission**. 2a. ed. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, 2000. p. 650.
- ANDRADE-PORTO, S. M.; CÁRDENAS, M. Q.; MARTINS, M. L.; OLIVEIRA, J. K. Q.; PEREIRA, J. N.; ARAÚJO, C. S. O.; MALTA, J. C. O. First record of larvae of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) with zoonotic potential in the pirarucu *Arapaima gigas* (Osteichthyes: Arapaimidae) from South America. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 790-795, 2015.
- AYRES, M.; AYRES JR.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.D. **BioEstat 5.0**. Imprensa Oficial do Estado do Pará, 2007. p. 323.
- BELLAY, S.; DE OLIVEIRA, E. F.; ALMEIDA-NETO, M.; JUNIOR, D. P. L.; TAKEMOTO, R. M.; LUQUE, J. L. Developmental stage of parasites influences the structure of fish-parasite networks. **PLoS one**, v. 8, n. 10, p. e75710. 2013.
- BUSH, A. O.; HOLMES, J. C. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. **Canadian Journal of Zoology**, v. 64, p. 142-152. 1986.
- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **The Journal of parasitology**, p. 575-583. 1997.
- CASWELL, H. A general formula for the sensitivity of population growth rate to changes in life history parameters. **Theoretical population biology**, v. 14, n. 2, p. 215 - 230. 1978.
- DOGIEL, V. A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In DOGIEL, VA., PETRUSHEVSKI, GK. and POLYANSKY, YI. (Eds.). **Parasitology of fishes**. London: Olivier & Boyd. 1970, p. 1-47.
- FARIA, R. H. S.; MORAIS, M.; SORANNA, M. R. G. S.; SALLUM, B. W. **Manual de criação de peixes em viveiro**. Brasília: Codevasf. 2013, p. 136.
- FELIZARDO, N. N.; KNOFF, M.; PINTO, R. M.; GOMES, D. C. Larval anisakid nematodes of the flounder, *Paralichthys isosceles* Jordan, 1890 (Pisces: Teleostei) from Brazil. **Neotropical Helminthology**, v. 3, n. 2. P. 57 - 64. 2009.
- FREITAS, J. T.; LENT, H. Infestação de apaiarís "*Astronotus ocellatus*" (Agassiz) pelo nematódeo "*Goezia spinulosa*" (Diesing, 1839). **Revista Brasileira Biologia** v. 6, p. 215-222. 1946.
- IMBIRIBA, E. P. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 299-316, 2001.
- KNUDSEN, R.; CURTIS, M. A.; KRISTOFFERSEN, R. Aggregation of helminths: The role of feeding behavior of fish hosts. **Journal of Parasitology**, v. 90, n. 1, p. 1-7, 2004.
- LÜLING, K. Zur Biologie und Ökologie von *Arapaima gigas* (Pisces Osteoglossidae). **Morphologie Okologie de Tiere**, v. 54, p. 436 - 530, 1964.
- LUQUE, J. L.; POULIN, R. Use of fish as intermediate hosts by helminth parasites: a comparative analysis. **Acta Parasitologica**, v. 49, n. 4, p. 353-361. 2004.
- MACHADO, M.H.; PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M. Structure and diversity of endoparasitic infracommunities and the trophic level of *Pseudoplatystoma corruscans* and *Schizodon borelli* (Osteichthyes) of high Paraná River. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 4, p. 441-444. 1996.

- MACHADO, M.H.; PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M. Influence of host's sex and size on endoparasitic infrapopulations of *Pseudoplatystoma corruscans* and *Schizodon borelli* (Osteichthyes) of high Paraná River, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 3, p. 143-148. 1994.
- MARCOGLIESE, D.J. Food webs and the transmission of parasites to marine fish. **Parasitology**, v. 124, p. 83-99. 2002.
- MARTINS, M. L.; TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y.; ONAKA, E. M.; NOMURA, D. T. Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 5, p. 640-646. 2004.
- MENEZES, R. C.; SANTOS, S. M. C. D.; CECCARELLI, P. S.; TAVARES, L. E. R.; TORTELLY, R.; LUQUE, J. L. Tissue alterations in the pirarucu, *Arapaima gigas*, infected by *Goezia spinulosa* (Nematoda). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, n. 3, p. 207-209. 2011.
- MIYAZAKI, T.; ROGERS, W. A.; SEMMENS, K. J. Gastrointestinal histopathology of paddlefish, *Polyodon spathula* (Walbaum), infected with larval *Hysterothylacium dollfusi* Schmidt, Leiby & Kritsky, 1974. **Journal of Fish Diseases**, v. 11, n. 3, p. 245-250. 1988.
- MORAVEC, F. **Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe**. Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 473.
- MORAVEC, F. **Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region**. Academia, Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 1998, p. 473.
- MORAVEC, F.; KOHN, A.; FERNANDES, B. M. Nematode parasites of fishes of the Paraná River, Brazil. Part 2. Seuratoidea, Ascaridoidea, Habronematoidea and Acuarioidea. **Folia Parasitologica**, v. 40, p. 211 – 219. 1993.
- MOZGOVOY, A. A.; SHAKHMATOVA, V. I.; SEMENOVA M. K. On the life cycle of *Goezia ascaroides* (Ascaridata: Goeziidae), a nematode of freshwater fish. **Sbornik Rabot po Gel'mintologii posvyashchen 90-letiyu so dnya rozhdeniya Akademika Kl Skryabina**, p. 259-265, 1971.
- PARKER, B. H. (2002). *Arapaima*: An Amazonian fish species of immense proportions. **Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 21-24. 2002.
- ROHDE, K.; HAYWARD, C.; HEAP, M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. **International journal for parasitology**, v. 25, p. 945-970. 1995.
- SANTOS, C. P.; MORAVEC, F. *Goezia spinulosa* (Nematoda: Raphidascarididae), a pathogenic parasite of the arapaima *Arapaima gigas* (Osteichthyes). **Folia Parasitologica**, v. 56, n. 1, p. 55-63, 2009.
- SERRA-FREIRE, N. M. **Planejamento e análise de pesquisas parasitológicas**. Editora da Universidade Federal Fluminense. 2002, p.199.
- SHAPIRO, S. S.; WILK. An analyses of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591-611. 1965.
- TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. Ecological aspects of Proteocephalidean cestodes parasites of *Paulicea luetkeni* (Steindachner) (Osteichthyes: Pimelodidae) from Parana River, Brazil. **Unimar**, v. 16, p. 17-26, 1994.
- TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. Community ecology of the metazoan parasites of white sea catfish, *Netuma barba* (Osteichthyes: Ariidae), from the coastal zone of the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 169-176. 2004.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**, 3a. ed. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 1996, p. 662.