



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Elisabeth de Aguiar Bertaglia

Influência das estações do ano e ontogenia no parasitismo por *Monogenea* em brânquias de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em tanque-rede

Florianópolis

2020

Elisabeth de Aguiar Bertaglia

Influência das estações do ano e ontogenia no parasitismo por *Monogenea* em brânquias de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em tanque-rede

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Aquicultura

Orientador: Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bertaglia, Elisabeth de Aguiar
Influência das estações do ano e ontogenia no
parasitismo por *Monogenea* em brânquias de tilápia-do-nilo
Oreochromis niloticus cultivadas em tanque-rede /
Elisabeth de Aguiar Bertaglia ; orientador, Maurício Laterça
Martins, 2020.
47 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Dinâmica de infecção. 3.
Cichlidogyrus. 4. Sazonalidade. 5. Tanques-rede. I.
Martins, Maurício Laterça. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III.
Título.

Elisabeth de Aguiar Bertaglia

Influência das estações do ano e ontogenia no parasitismo por *Monogenea* em brânquias de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivada em tanque-rede

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Jaqueline Inês Alves de Andrade, Dra.
Instituto Federal Catarinense

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

Prof. Maurício Laterça Martins, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2020.

AGRADECIMENTOS

Sou grata:

À minha família e amigos por todo o amor.

Aos meus professores que se tornaram amigos da graduação: Jonimar, Valeria, Marta e o médico veterinário Renato por todo o amparo e apoio, que me levaram onde estou hoje. Levo vocês no coração.

Ao meu orientador Maurício Laterça Martins, que aceitou ser meu coorientador no estágio final da graduação e desde então me acolheu nessa caminhada. Sempre presente e incentivando o meu crescimento profissional, o senhor tem toda a minha admiração.

A todos do laboratório AQUOS que contribuíram direta ou indiretamente com este trabalho, em especial aos amigos William, Lucas, Thais, Paula, Elenice e Manoela, que me ensinaram muito e sempre se fizeram presentes quando eu precisei.

À dra. Ângela, que me cedeu os dados para a realização deste trabalho. Ainda, agradeço por toda ajuda e disponibilidade, sempre simpática.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao acaso, que me trouxe tamanho crescimento interno através desta etapa.

A Deus.

RESUMO

A tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* é a principal espécie criada em tanques-rede dentro de reservatórios de água doce brasileiros. Ainda, é hospedeiro de parasitos Monogenea, que sob condições de cultivo intensivo, podem levar à mortalidade dos peixes gerando perdas econômicas. Fatores bióticos e abióticos são capazes de impactar nos níveis de parasitismo por Monogenea. Entretanto, os relatos em zonas tropicais são escassos e muitas vezes conflitantes. Dessa forma, o estudo dos índices parasitológicos faz-se necessário como ferramenta importante para o estabelecimento de estratégias de manejo e controle sanitário. O objetivo deste estudo foi observar como fatores abióticos e bióticos de uma região tropical influenciam nos índices de parasitismo por Monogenea em brânquias de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivada em tanque-rede. Um total de 220 tilápias foram coletadas e analisadas, sendo 20 animais de cada estágio ontogenético para cada estação do ano, perfazendo-se 60 juvenis ($8,67 \pm 1,30$ cm; $23,85 \pm 10,29$ g), 80 intermediários ($18,73 \pm 2,61$ cm; $247,89 \pm 110,67$ g) e 80 adultos ($22,84 \pm 2,01$ cm; $436,49 \pm 124,63$ g). Os peixes foram coletados em uma piscicultura comercial localizada na represa de Capivara, região do baixo rio Paranapanema, Paraná, Brasil, nos meses de abril, agosto, novembro e fevereiro. Foram coletados e identificados 3290 parasitos Monogenea, de seis espécies distintas, nas brânquias dos animais analisados, sendo as mais prevalentes: *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *Scutogyrus longicornis*, *C. cirratus*, *C. sclerosus* e *C. tilapiae*, respectivamente. Os maiores índices parasitológicos foram observados nas estações mais frias e com menor pluviosidade. O outono (com uma pluviosidade total de 8,9 mm) teve os maiores valores dos índices parasitários: prevalência de 81,7%, intensidade média de infecção de $48,0 \pm 53,34$, abundância média de $39,20 \pm 51,63$ e foi significativamente diferente ($p < 0,05$) das demais estações do ano, considerando o total de parasitos Monogenea e também para cada espécie. Uma correlação negativa ($r = -0,278680$) foi registrada entre os parasitos, as estações do ano e a pluviosidade. Com relação à ontogenia, correlação positiva ($r = 0,287442$) foi estabelecida entre o parasitismo por Monogenea e o estágio ontogenético, com os adultos apresentando uma carga parasitária maior, tanto para o total de Monogenea quanto para cada espécie. Conclui-se que a precipitação pluviométrica em conjunto com a temperatura influencia no parasitismo por Monogenea em tilápia-do-nilo, assim como a ontogenia também é capaz de causar essa interferência. Com os resultados obtidos, é possível estabelecer estratégias de manejo e controle sanitário adequados em pisciculturas, a fim de prever os períodos de alta taxa de infestação por Monogenea.

Palavras-chave: Aquicultura. Dinâmica de infecção. *Cichlidogyrus*. Sazonalidade. Tanques-rede.

ABSTRACT

The Nile tilapia *Oreochromis niloticus* is the main species raised in net cages inside Brazilian freshwater reservoirs. It is also a host of Monogenea parasites, which under conditions of intensive culture, can lead to fish mortality generating economic losses. Biotic and abiotic factors are capable of impacting the levels of parasitism by Monogenea. However, reports in tropical areas are scarce and often conflicting. Thus, the study of parasitological indexes is necessary as an important tool for the establishment of health management and control strategies. The aim of this study was to observe how abiotic and biotic in a tropical region influence the rates of parasitism by Monogenea in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultivated in net tanks. A total of 220 tilapia were collected and analyzed, with 20 animals from each ontogenetic stage for each season of the year, making up 60 juveniles (8.67 ± 1.30 cm; 23.85 ± 10.29 g), 80 intermediate (18.73 ± 2.61 cm; 247.89 ± 110.67 g) e 80 adults (22.84 ± 2.01 cm; 436.49 ± 124.63 g). The fish were collected from a commercial fish farm located at the Capivara dam, in the lower Paranapanema river region, Paraná, Brazil, in the months of April, August, November and February. 3290 Monogenea parasites, from six different species, were collected from the gills of probable animals, the most prevalent being: *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *Scutogyrus longicornis*, *C. cirratus*, *C. sclerosus* and *C. tilapiae*, respectively. The highest parasitological indexes were observed in the colder seasons and with less precipitation. Autumn (with a total rainfall of 8.9 mm) had the highest values of parasitic indices: prevalence of 81.7%, average intensity of infection of 48.0 ± 53.34 , average abundance of 39.20 ± 51.63 being significantly different ($p < 0.05$) when compared with the other seasons, considering the total of Monogenea parasites and also for each species. Negative correlation ($r = -0.278680$) was observed among the Monogenea parasites, the seasons and rainfall. In relation to ontogeny, positive correlation ($r = 0.2887442$) was performed between parasitism by Monogenea and the ontogenetic stage, with increased adults a greater parasitic load, both for the total of Monogenea and for each species. It is concluded that the pluviometric precipitation in association with the temperature influences the parasitism by Monogenea in Nile tilapia, just as the ontogeny is also capable of causing this interference. With the results obtained, it is possible to adequate management practices and control in fish farms, to predict periods of high rate of infestation by Monogenea.

Keywords: Aquaculture. Infection dynamics. *Cichlidogyrus*. Seasonality. Net cage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espécimes de Monogenea identificados através da visualização do Complexo Copulatório Masculino (a) e das estruturas do haptor (b). 1) *Cichlidogyrus halli*; 2) *C. thurstonae*; 3) *Scutogyrus longicornis*; 4) *C. tilapiae*; 5) *C. sclerosus*..... 13

CAPÍTULO 1

Figura 1 – *Heatmap* indicando as variações entre a presença (amarelo forte) e ausência (azul escuro) das espécies de Monogenea associadas com as estações do ano/pluviosidade e o estágio ontogenético da tilápia-do-nilo..... 30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água e pluviosidade aferidos no momento da coleta dos peixes, de abril de 2012 a fevereiro de 2011, no rio Paranapanema, PR..... 26
- Tabela 2 - Parâmetros epizootiológicos da infestação parasitária pela associação de todas as espécies de Monogenea e das espécies individualmente em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede no Rio Paranapanema, PR, Brasil entre abril (outono) de 2010 e fevereiro (verão) de 2011. N = valor bruto de parasitos; P% = prevalência; AM = abundância média; IM = intensidade média de infecção; SD = desvio padrão 28
- Tabela 3 - Parâmetros epizootiológicos da infestação parasitária pela associação de todas as espécies de Monogenea e das espécies individualmente em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede no Rio Paranapanema, PR, Brasil em diferentes estágios ontogenéticos. N = valor bruto de parasitos; P% = prevalência; AM = abundância média; IM = intensidade média de infecção; SD = desvio padrão 29
- Tabela 4 - Variação temporal da estrutura da comunidade componente de espécies Ancyrocephalidae encontradas nas brânquias de tilápia-do-nilo do estado do Paraná, Brasil, de abril de 2010 a fevereiro de 2011 31

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | TILÁPIA-DO-NILO..... | 10 |
| 1.2 | PARASITISMO EM PISCICULTURAS..... | 10 |
| 1.3 | CLASSE MONOGENEA..... | 11 |
| 1.4 | FATORES ABIÓTICOS | 14 |
| 1.5 | FATORES BIÓTICOS | 16 |
| 1.6 | RELAÇÃO PARASITO/HOSPEDEIRO/AMBIENTE | 17 |
| 1.7 | ÍNDICES PARASITOLÓGICOS..... | 18 |
| 2 | OBJETIVOS | 21 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 21 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 21 |
| 3 | CAPÍTULO 1 | 22 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO..... | 24 |
| 3.2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 3.2.1 | Coleta e análise dos peixes (fator abiótico) | 25 |
| 3.2.2 | Coleta e análise dos fatores bióticos..... | 26 |
| 3.2.3 | Análise parasitológica..... | 26 |
| 3.2.4 | Análise estatística | 27 |
| 3.3 | RESULTADOS | 27 |
| 3.4 | DISCUSSÃO | 31 |
| 3.5 | CONCLUSÃO..... | 34 |
| 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 39 |
| | REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL..... | 40 |
| | APÊNDICE – PROCEDÊNCIA DOS DADOS | 47 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 TILÁPIA-DO-NILO

As atividades pesqueira e aquícola continuam a ser fontes importantes de alimentos, renda e subsistência para milhões de pessoas ao redor do globo. Nesse contexto, a produção proveniente do cultivo de organismos aquáticos tem mostrado uma tendência geral de aumento em todo o mundo, mais rápida do que aquela observada em outros setores de produção de alimentos. Ainda, a aquicultura tem se expandido em reservatórios brasileiros em decorrência do uso de tanques-rede nas regiões Sudeste e Nordeste (FAO, 2016).

Nesse cenário de franco desenvolvimento, a tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, é a principal espécie de peixe cultivada no Brasil, predominantemente em tanques-rede dentro de reservatórios de água doce (RORIZ et al., 2017). Esse ciclídeo, nativo do continente africano, é dulcícola, de clima tropical e está adaptado às diferentes partes do mundo (PAPERNA, 1996; EMBRAPA, 2017).

No Brasil, é cultivado em todas as regiões, inclusive naquelas de clima subtropical, a exemplo do Sul do país, que apresenta grande oscilação de temperatura entre inverno e verão (IBGE, 2013). Embora apresente importante rusticidade, suportando expressivas variações dos parâmetros de qualidade de água, a tilápia-do-nilo tem seu crescimento ótimo entre 26 e 28°C, pH entre 6,0 e 8,5 e oxigênio dissolvido acima de 4,0 mg L⁻¹ (BOYD, 1990; LI, 1992b). O desempenho zootécnico é prejudicado em ambientes com temperaturas extremas, geralmente associadas à redução da ingesta alimentar (LIM et al., 2006). Esse ciclídeo possui diversas características favoráveis ao cultivo, como rápido crescimento, alta prolificidade e fácil adaptação aos diferentes sistemas de cultivo e alimentos (KUBITZA, 2000).

A tilápia possui importante papel econômico, contribuindo na renda de pequenos produtores e também de grandes empresas no Brasil, que utilizam tecnologias para a sua produção e a comercializam amplamente nos mercados nacional e internacional (FITZSIMMONS et al., 2011).

1.2 PARASITISMO EM PISCICULTURAS

Apesar da atividade aquícola frequentemente favorecer as economias locais e regionais, a prática de cultivo em reservatórios leva a uma série de impactos ambientais (AGOSTINHO et al., 2016; LIMA et al., 2016). Fatores como a perda da biodiversidade, por meio da introdução de espécies exóticas, e as conseqüentes mudanças na teia trófica, podem alterar as condições naturais dos ecossistemas aquáticos (AZEVEDO et al., 2011; ZHOU et al., 2011; VENTUROTI et al., 2015).

Situações de confinamento animal constituem sempre um fator que favorece o surgimento de doenças (DINIZ et al., 2012). Neste sentido, os peixes são submetidos ao estresse, resultante entre outras causas, de alta densidade de estocagem, manipulação inerente aos cultivos, desinfecções, tratamentos, transporte, reprodução artificial e da degradação da qualidade da água (OBA et al., 2009). Todos esses fatores afetam seu sistema imunológico, diminuindo a capacidade de defesa aos microrganismos patogênicos. Tais condições são deletérias, ainda, para o desenvolvimento zootécnico dos animais cultivados, bem como ocasionam alterações patológicas e morfológicas relacionadas às enfermidades, afetando a saúde dos animais (LIMA et al., 2006).

As parasitoses são consideradas um entrave na piscicultura mundial, pois estão relacionadas a grandes surtos de mortalidade dos plantéis e, conseqüentemente, a prejuízos econômicos na produção de peixes (BORGHETTI et al., 2003). Esses eventos são mais relevantes na região tropical, pelas características climáticas, que propiciam a rápida e constante propagação dos parasitos (THATCHER et al., 1994).

Portanto, para garantir condições adequadas de cultivo, com redução da mortalidade nos planteis e até o aumento da lucratividade, é importante executar ações preventivas a fim de evitar surtos de enfermidades parasitárias. Estas incluem a manutenção da qualidade da água, nutrição adequada, desinfecção de pessoas e unidades de cultivo, esterilização dos instrumentos e manuseio adequado dos animais, para evitar o estresse e reduzir os efeitos negativos do parasitismo (PAVANELLI et al., 2008).

1.3 CLASSE MONOGENEA

Juntamente com os protozoários, os parasitos Monogenea figuram entre os principais grupos que acometem cultivos comerciais de tilápia-do-nilo (SHOEMAKER et al, 2000) e são responsáveis pela parasitose mais importante da piscicultura brasileira (MARTINS, 1998; SHINN et al., 2015). As lesões causadas pela fixação dos parasitos nos hospedeiros servem de porta de entrada para infecções secundárias (TAKEMOTO et al., 2013; VALLADÃO et al., 2014) e, além disso, alguns trabalhos sugerem que os parasitos são também vetores de outros patógenos (PILLOUX et al., 2015; XU et al., 2012). Estes helmintos são responsáveis por perdas econômicas significativas quando presentes simultaneamente com infecções bacterianas (XU et al., 2007), principalmente pelas elevadas taxas de mortalidade que podem provocar aos seus hospedeiros (PAVANELLI et al., 2008).

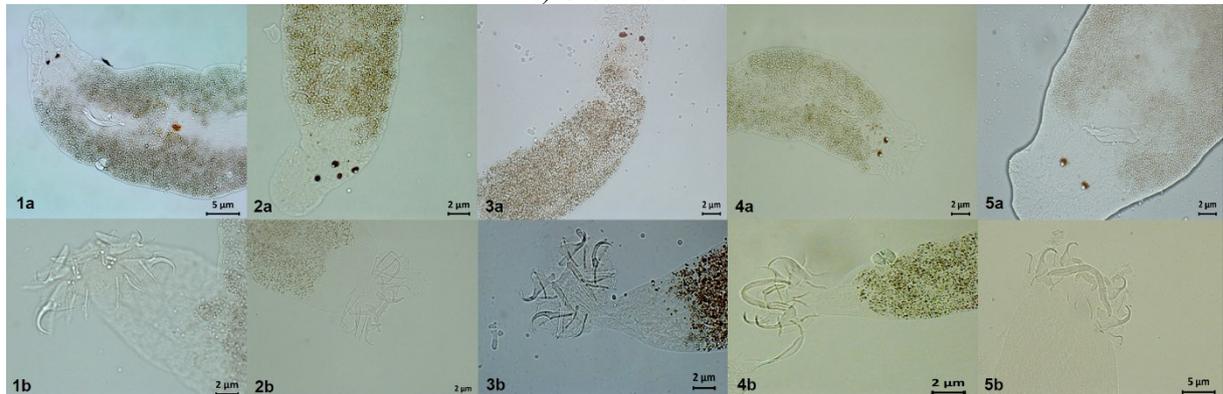
A classe Monogenea pertence ao Filo dos Platelminetos e são ectoparasitos que podem ser encontrados em órgãos internos como o estômago (JERÔNIMO et al, 2010), porém seu sítio

de infecção mais comum são as brânquias e o tegumento de peixes (PAVANELLI et al, 2013). Um dos fatores que determinam a patogenicidade destes helmintos, é o seu órgão de fixação (haptor), que se adere ao epitélio do hospedeiro causando danos aos tecidos (HARMS, 1996). Algumas espécies alimentam-se diretamente do sangue dos seus hospedeiros, levando, dentre outros sinais clínicos, à anemia. Este é um efeito negativo consequente da sobrecarga parasitária, que, em alguns casos, pode causar letargia e/ou levar o hospedeiro à morte (OBIEKEZIE, 1991; BUCHMANN; BRESCIANI, 2006). Em exames patológicos, observou-se que *Monogenea* pode causar hiperplasia celular e hipersecreção de muco nas brânquias, alterações que se agravam com a intensidade parasitária. No tegumento, as lesões normalmente são menos acentuadas, mas pode haver necrose celular, destruição de escamas e produção excessiva de muco (PAVANELLI et al., 1998).

Com relação a anatomia, estes platelmintos caracterizam-se pela presença de um órgão de fixação posterior, o haptor, equipado com ganchos, âncoras e ventosas. Possuem de 1 a 5 mm de comprimento, mas alguns alcançam 20 mm (EIRAS et al., 2010). O corpo do adulto é composto por prohaptor, tronco, pedúnculo e haptor. A região pode apresentar uma ventosa oral muscular ao redor da boca, ou a ventosa pode estar ausente e glândulas adesivas são usadas para a fixação (RUPERT et al., 2005). O sistema digestório é simples, com boca, pré-faringe, esôfago e dois cecos intestinais (MARCOTEGUI, 2011). Todos são hermafroditas, com testículo único ou folicular e espermatozoides evacuados para um órgão copulador especializado, frequentemente esclerotizado. Os órgãos femininos incluem o ovário e as glândulas vitelinas foliculares. O útero geralmente contém não mais do que um ou apenas alguns óvulos (PAPERNA, 1996). A subdivisão taxonômica de *Dactylogyroidea* é baseada na variação estrutural dos órgãos de fixação esclerotizados, presentes no haptor (para a divisão genérica) e na morfologia do Complexo Copulatório Masculino (CCM), esclerotizado (para diferenciação específica) (Figura 1). A diferenciação específica de *Monogenea* requer a consideração de uma ampla gama de caracteres morfológicos e anatômicos (BYCHOWSKY, 1957; PAPERNA, 1979).

Vários tipos de órgãos sensoriais são encontrados no tegumento e nos órgãos de fixação destes parasitos. Entre as estruturas sensíveis estão receptores individuais e compostos, sensilas e pequenas papilas, que provavelmente exercem papel fundamental para o sucesso do seu encontro com o hospedeiro (BUCHMANN et al., 2002; TAKEMOTO et al., 2013).

Fig. 1: Espécimes de Monogenea identificados através da visualização do Complexo Copulatório Masculino (a) e das estruturas do haptor (b). 1) *Cichlidogyrus halli*; 2) *C. thurstonae*; 3) *Scutogyrus longicornis*; 4) *C. tilapiae*; 5) *C. sclerosus*.



Tanto espécies como os gêneros pertencentes a esta classe, demonstram alto grau de especificidade parasitária e seguem seus respectivos hospedeiros específicos ao longo de sua faixa de distribuição geográfica (PAPERNA, 1996; EIRAS et al, 2006). Na África, a família Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937 é a mais representativa da classe Monogenea, que infestam as brânquias de tilápia. As espécies desta família estão distribuídas em vários gêneros, mas dois se destacam: *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 e *Scutogyrus* Pariselle e Euzet, 1995 (PARISELLE, 1995; PARISELLE e EUZET, 2009). *Cichlidogyrus* é um gênero amplamente distribuído, ocorrendo em quase todos os lugares onde peixes ciclídeos existem (PAPERNA, 1996; JIMÉNEZ-GARCÍA et al., 2001).

No Rio Nilo, local de origem da tilápia-do-nilo, esse peixe acumula espécies como *Cichlidogyrus tilapiae*, *C. sclerosus*, *C. aegypticus*, *C. cirratus*, *C. halli*, *C. thurstonae*, *C. arthracanthus*, *Scutogyrus longicornis*, *Gyrodactylus cichlidarum* e *Enterogyrus cichlidarum* (LACERDA et al., 2013b). Até o momento, a maioria das espécies de *Cichlidogyrus* que ocorrem em *O. niloticus* africanas estão representadas por *C. sclerosus* e *C. tilapiae* (PAPERNA, 1996). Alguns estudos mostraram que os gêneros *Cichlidogyrus* sp. e *Scutogyrus* sp. são os parasitos Monogenea branquiais mais comumente encontrados em tilápia-do-nilo em regiões tropicais (AGUIRRE-FEY et al., 2015; AKOLL et al., 2012; TOMBI et al., 2014).

No Brasil, a fauna parasitária em *O. niloticus* de ecossistemas naturais está constituída principalmente por ectoparasitos, uma vez que a riqueza de endoparasitos é extremamente reduzida (LACERDA et al., 2013b). Após 40 anos da introdução desse ciclídeo no país, a assembleia de parasitos em pisciculturas é dominada por espécies de seu local de origem e também por espécies adquiridas da ictiofauna nativa (LACERDA et al., 2013b). Dentro da família Ancyrocephalidae, espécies africanas *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *Scutogyrus longicornis*, *C. cirratus*, *C. sclerosus*, *C. tilapiae* e *C. rognoni* foram encontradas nas regiões

sul, sudeste e norte do Brasil (RANZANI-PAIVA et al., 2005; GHIRALDELLI et al., 2006; LIZAMA et al., 2007; JERÔNIMO et al., 2011; PANTOJA et al., 2012; MARTINS et al., 2014; ZAGO et al., 2014; BRITTO et al., 2017).

A ordem Dactylogyridae, em que a família Ancyrocephalidae está inserida, compreende parasitos Monogenea ovíparos, que produzem constantemente ovos que são liberados no meio ambiente (EIRAS, 1994). Em algumas espécies, a eclosão do ovo não exige nenhum estímulo, em outras, a eclosão só ocorre na presença de substâncias provenientes de secreções dos hospedeiros, o que assegura mais chances da larva sobreviver (BUCHMANN; BRESCIANI, 2006). A eclosão também pode ser estimulada pela turbulência da água, fotoperíodo e principalmente a temperatura, portanto estes são considerados interventores no sucesso do ciclo de vida destes parasitos (EIRAS, 1994; TAKEMOTO et al., 2013).

As espécies da família Ancyrocephalidae além de serem ovíparas, são monoxenas, ou seja, tem um ciclo de vida direto, em um único hospedeiro. Os ovos eclodem em um estágio infeccioso de natação livre, o oncomiracídio, que procura um novo hospedeiro e, caso não o encontre, não sobrevive no ambiente. A eclosão, sobrevivência, capacidade de infestação e expectativa de vida desse grupo de parasitos dependem da temperatura. Desse modo, em uma faixa de temperatura de 20 a 28 ° C, os ovos eclodem em 2 a 6 dias e a infectividade dura de 12 a 48 horas. O parasito amadurece em 4 a 6 dias, e tem uma vida útil de até 40 dias. Ao entrar em contato com o hospedeiro, transforma-se em um verme adulto completando seu ciclo. Esse ciclo tem duração média de 15 dias, sendo que, em temperaturas mais altas o ciclo pode ser mais rápido. (PAPERNA, 1996).

Madi & Ueta (2009) descrevem que o parasito que melhor respondeu às alterações de qualidade de água foi o parasito Monogenea pertencente à família Ancyrocephalidae que, além de possuir ciclo direto, é considerado um parasito espécie-específico. Os ectoparasitos estão em contato direto com o ambiente e, conseqüentemente, respondem mais rapidamente às alterações ocorridas no meio (LAFFERTY, 1997).

1.4 FATORES ABIÓTICOS

Os parasitos de organismos aquáticos são componentes que estão intimamente relacionados às características do ambiente em que existem. As variações dos fatores bióticos e abióticos, em ambiente natural ou de cultivo, são determinantes para o estabelecimento da composição parasitária e da diversidade de espécies (ADAMS; GREELEY, 2000).

A variação sazonal da temperatura é considerada o fator abiótico mais importante na regulação da abundância de helmintos Monogenea, uma vez que esta variável afeta a fisiologia

dos ectoparasitos. Em geral, a produção e eclosão de ovos, assim como o crescimento e desenvolvimento do parasito, são intensificados com o aumento da temperatura da água (BUCHMANN; BRESCIANI, 2006). Estudos realizados em regiões temperadas mostraram que a infestação por *Monogenea* ovíparos das brânquias está positivamente associada à temperatura (BUCHMANN; BRESCIANI, 2006; RUBIO-GODOY; TINSLEY, 2003).

As variáveis abióticas associadas à oscilação do nível hidrométrico afetam a abundância parasitária ao atuarem diretamente sobre o ciclo de vida dos patógenos, uma vez que oncomiracídeos apresentam dificuldades em termos de natação e chegada no hospedeiro. (ESCH et al.1990; ROHDE et al. 1995; PAPERNA, 1996; LAMKOVÁ et al., 2007; AKOLL et al, 2012). No período de poucas chuvas, uma maior densidade dos peixes é encontrada, favorecendo a infestação por parasitos monoxenos. A elevada densidade de hospedeiros e o estresse causado pela variação térmica contribuem para que os helmintos *Monogenea* encontrem facilidade para completarem seu ciclo de vida (PAVANELLI et al.,2004).

A maioria dos estudos relacionados a este tema ocorreram em zonas temperadas, as quais possuem uma dinâmica climática muito diferente de zonas tropicais. De acordo com Aguirre-Fey et al. (2015), ainda não está claro como, em regiões tropicais, os parâmetros de qualidade de água, estações do ano e outros fatores influenciam na dinâmica de infecção por parasitos *Monogenea*, sendo ainda os relatos escassos e muitas vezes conflitantes.

No Brasil, Martins et al. (2014) observaram um aumento significativo das espécies *Scutogyrus longicornis*, *Cyathodogyrus sclerosus*, *C. thurstonae* e *C. tilapiae* na primavera (20,1 °C) e verão (26,9 °C) de 2008 e outono (20,4 °C) de 2009, que coincidiu com as estações onde a temperatura da água foi mais alta. Outros trabalhos também observaram um aumento nas taxas de parasitismo por *Monogenea* em meses de alta temperatura (ou seja, na primavera e verão), que correspondem às estações chuvosas brasileiras (RANZANI-PAIVA et al.,2005; JERÔNIMO et al.,2011; ZAGO et al., 2014). Já em Uganda, Akoll et al. (2012) observaram quantidades maiores dos parasitos *Cyathodogyrus tilapiae* e *C. sclerosus* durante os meses secos de junho e agosto (inverno), em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede. Nas quatro espécies de tilápia cultivadas em Veracruz, México, a abundância de infecção por *C. sclerosus*, *C. dossoui* e *Scutogyrus* sp. exibiu uma associação negativa significativa com a temperatura mais alta durante os meses da pesquisa (AGUIRRE-FEY et al, 2015). Além da temperatura, os ciclos de *Monogenea* também podem ser afetados por outros fatores, como o tipo de habitat (AKOLL et al., 2012), salinidade da água (BAKER et al., 2008) e eutrofização (SHAH et al., 2013).

A resposta imune do hospedeiro também é influenciada por parâmetros de qualidade de água, como: o aumento da temperatura, fotoperíodo, pH, salinidade, oxigênio e concentração

de amônia, que geralmente aumentam a resposta imune dos peixes, dificultando a infestação por parasitos (BOWDEN, 2008).

Além dos fatores ambientais, fatores endógenos também podem influenciar a resposta imunológica nos peixes. O estresse, que é resultado das condições impostas pelo cultivo comercial como transporte, adensamento, manuseio dos animais e baixa qualidade de água, provocam a liberação de hormônios como os corticosteroides, que causam imunodepressão (HARRIS; BIRD, 2000).

Ao compreender que a distribuição e a dinâmica de infecção dos parasitos estão relacionadas às tolerâncias abióticas, percebe-se também a dependência das relações com os indivíduos hospedeiros.

1.5 FATORES BIÓTICOS

Parasitos são organismos que vivem em associação com seus hospedeiros, dos quais retiram os recursos necessários à sua sobrevivência (EIRAS, 1994). O equilíbrio entre estas populações é influenciado tanto pela patogenicidade do parasito quanto pela resposta imune e outras defesas do hospedeiro (RICKLEFS, 2011).

Substâncias presentes no tegumento do hospedeiro incluem aminoácidos, ácidos graxos, carboidratos, vitaminas e minerais assistem a infestação e a reprodução dos parasitos. Sua composição química e física também é responsável pela regulação da especificidade dos helmintos Monogenea. As estruturas anatômicas presentes nas superfícies dos peixes apresentam maior compatibilidade com mecanismos de fixação destes parasitos. Assim, os estímulos químicos emitidos pelo hospedeiro atraem os patógenos e até mesmo iniciam certas mudanças comportamentais e fisiológicas nos peixes (BUCHMANN; LINDENSTRØM, 2002).

Para o sucesso de uma infestação, o parasito deve ser capaz de resistir às várias reações imunológicas montadas pelo hospedeiro. A pele e o muco representam um importante mecanismo de defesa não-específico, no entanto, quando os patógenos penetram nos tecidos, uma resposta inflamatória não-específica é desencadeada (ALVAREZ-PELLITERO, 2008). A imunidade inata (inespecífica), que não requer reconhecimento específico do antígeno e é considerada a primeira linha de defesa, representa uma parte considerável do sistema imune em peixes (VERLHAC; GABAUDAN, 2000). Componentes da resposta inata e adquirida, como fatores do sistema complemento, lectinas e macrófagos podem se ligar aos parasitos Monogenea e causar-lhes danos, dificultando a infestação. Dessa forma, a resposta imune do

hospedeiro possui grande importância frente ao parasitismo (BUCHMANN; LINDENSTRØM, 2002).

Estudos relataram a influência da imunidade do hospedeiro associada ao seu tamanho, sexo e idade em infestações por *Monogenea*. Foi avaliada a dinâmica populacional de *Gyrodactylus salaris* em salmão do Atlântico, em que a intensidade de infecção do parasito em machos maduros foi significativamente maior do que em machos e fêmeas sexualmente imaturos (APPLEBY; MO, 1997). Correlações positivas entre a abundância de *Gyrodactylus* spp. e a medida de massa da gônada das fêmeas de *Barbatula barbatula* indicam que, estas são mais suscetíveis à infestação em períodos de alto investimento energético com relação ao período reprodutivo (SIMKOVÀ et al., 2004). A influência do sexo em *O. niloticus* foi observada com *C. halli*: as fêmeas foram mais infestadas do que os machos na região oeste africana, entretanto, o tamanho não teve efeito no parasitismo (BOUNGOU et al., 2008). Segundo Zago et al., (2014) as tilápias *O. niloticus* nas fases intermediária e adulta apresentaram maior parasitismo por *S. longicornis* e *Cichlidogyrus* sp, com taxas superiores às da fase inicial, na região sudeste do Brasil.

Em geral, um peixe maior tem mais probabilidade de estar sexualmente maduro e de ter sido exposto a parasitos por mais tempo, podendo ter uma maior diversidade, ou espécies diferentes de parasitos, do que peixes menores (ZAPATA et al., 2006; MUNOZ; ZAMORA, 2011). O desenvolvimento das gônadas está associado com um nível elevado de hormônios esteroides, que pode suprimir a função imunológica e aumentar o risco do hospedeiro ser mais suscetível a infecção por parasitos (LAMKOVA et al, 2007).

É importante ressaltar que fatores isolados não constituem um ecossistema como um todo. Por isso, é necessário entender o conjunto de variáveis e como elas se relacionam entre si. Os padrões de ocorrência e intensidade de infecção podem estar relacionados em maior ou menor grau aos efeitos de fatores abióticos, mas também a fatores bióticos como: a espécie hospedeira, seu comportamento, imunidade, estado hormonal ou à interação de todos esses fatores, além do estado nutricional do hospedeiro (TAVARES-DIAS et al., 2001).

1.6 RELAÇÃO PARASITO/HOSPEDEIRO/AMBIENTE

Existe um “fino balanço” entre parasitos, seus hospedeiros e o ambiente, que é extremamente sensível, e qualquer variação em um desses fatores, pode levar ao acometimento de doenças nos peixes (SIDALL et al., 1994).

Atualmente, parasitos *Monogenea* e peixes são utilizados como modelos para estudos referentes à relação parasito-hospedeiro, em que são abordados aspectos como ecologia,

evolução, patologia, sistemática e taxonomia (PAVANELLI et al, 2013). Cada espécie tem uma resposta singular frente às mudanças no ambiente. Isso se deve às complexas relações entre os diversos atributos ecológicos, tais como tolerâncias abióticas e interações bióticas, ou seja, aspectos que variam no tempo e no espaço (LORTIE et al., 2004; FERRIER et al., 2006; ALGAR et al., 2009).

Da mesma forma, os fatores inerentes ao peixe são muito importantes, como o estado nutricional, o ciclo reprodutivo e a situação do sistema imune, que é muito favorecida em altas temperaturas (ANDERSON, 1974).

Os fatores ambientais funcionam como um dos maiores agentes estressantes, que influenciam na resposta imune dos hospedeiros e nos ciclos de vida de parasitos em geral. Fatores como as variações térmicas e luminosas, composição físico-química da água e os constantes traumatismos naturais também participam deste quadro, e ainda, impactam na fisiologia e comportamento dos peixes de várias maneiras (MARTTY, 1986). O desenvolvimento de uma compreensão sobre este assunto, leva à capacidade de prever mudanças deletérias na saúde dos peixes e diminuir a ocorrência de doenças (BOWDEN, 2008). O desequilíbrio em qualquer um desses fatores, acarreta no surgimento de doenças nos peixes.

Portanto, estudos sobre a dinâmica das comunidades parasitárias, e a maneira como elas impactam em seus hospedeiros, são importantes ferramentas que visam ao melhor entendimento da relação parasito, hospedeiro e ambiente (BUSH et al., 1997).

1.7 ÍNDICES PARASITOLÓGICOS

A taxonomia e a biologia dos parasitos oferecem uma compreensão limitada de sua provável importância econômica na criação de peixes. Portanto, é necessário avaliar os índices parasitológicos que refletem como seria a dinâmica de infecção, a composição e estrutura da comunidade parasitária para determinar medidas de intervenção para diminuir a mortalidade dos peixes e as consequências econômicas associadas (LACERDA et al., 2013b). Os principais índices, que foram revistos e ampliados segundo Bush et al. (1997) são:

Prevalência: número de hospedeiros infectados por um ou mais indivíduos de uma espécie particular de parasito, ou grupo taxonômico, dividido pelo número de hospedeiros examinados para essa espécie de parasito. É comumente expresso como porcentagem, quando utilizado descritivamente (taxa de prevalência).

$$\text{Taxa de prevalência (\%)} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de peixes parasitados} \times 100)}{(\text{N}^\circ \text{ de peixes examinados})}$$

Intensidade Média de Infecção: número de indivíduos de uma espécie particular de parasito em todos os hospedeiros infectados por aquela espécie, é denominado intensidade média.

$$\text{Intensidade Média de Infecção} = \frac{\text{Quantidade de uma espécie de parasito}}{(\text{N}^{\circ} \text{ de hospedeiros infectados por aquela espécie de parasito})}$$

Abundância Média: número total de indivíduos de uma espécie em particular de parasito em uma amostra de uma determinada espécie de hospedeiro, dividido pelo número total de hospedeiros examinados, parasitados e não parasitados.

$$\text{Abundância Média} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ total de parasitos}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de peixes}}$$

Ainda em Bush et al. (1997) é dito que diversidade é o conceito que descreve a composição de uma comunidade em termos de número de espécies presentes em algum fator que pese a igualdade relativa da distribuição de cada espécie. É definido na prática por um índice particular de diversidade escolhido para descrevê-la. De maneira semelhante Ludwig & Reynolds (1988) afirmam que a diversidade é composta por dois componentes distintos: o número total de espécies e a uniformidade, ou seja, como os dados de abundância são distribuídos entre as espécies.

Várias maneiras que definem e medem a diversidade foram propostas, mas deve ser enfatizado que a diversidade é uma simples estatística na qual o número de espécies (riqueza) e a uniformidade são confundidas, portanto, alguma ambiguidade nesse sentido é inevitável. Riqueza de espécies é o número de espécies presentes em uma amostra. As medidas de diversidade mostram as variações que ocorrem na comunidade quando esta se comporta como um único elemento, não destacando nenhuma espécie individualmente (MADI; UETA, 2012).

Muitos estudos de diversidade optam por uma contagem simples de riqueza de espécies sendo o índice de Shannon o mais utilizado principalmente em estudo de diversidade estrutural, porém a utilização deste índice deve ser bem justificada. O índice de Berger-Parker apresenta uma simples e fácil interpretação para a medida de dominância, que diminui conforme aumenta a riqueza em pequenas comunidades (MAGURRAN, 1988; 2006).

O uso da parasitologia como ferramenta para acompanhar as variações de infestação por *Monogenea*, pode ser uma medida de monitoramento, a fim de prever os picos de infestação e evitar a utilização de tratamentos convencionais que impactam o ambiente. O controle destes parasitos dentro dos cultivos tem sido feito por meio de intervenção química, com o uso do

sulfato de cobre, formaldeído, cloreto de sódio, peróxido de hidrogênio (BUCHMANN; BRESCIANI, 2006). Portanto, a atenção deve ser concentrada no manejo sanitário da criação, tendo em vista que a administração de produtos químicos pode trazer consequências para o peixe, meio ambiente e saúde do consumidor. Conhecendo-se um pouco da época em que ocorrem ou do ciclo biológico dos parasitos e mantendo a água com boa qualidade, dificilmente registrará doenças (MARTINS, 2004).

A erradicação de doenças na piscicultura trata-se de uma prática inviável, devido a questões técnicas e econômicas. Assim, o gerenciamento de estratégias para o controle de enfermidades na produção de peixes, sendo o estudo da parasitologia associada aos fatores bióticos e abióticos uma delas, desempenha papel fundamental e serão ainda mais importantes no futuro (NOGA, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Observar como os fatores abiótico (estação do ano) e biótico (ontogenia) influenciam no parasitismo de *Monogenea* em brânquias de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em tanques-rede, em uma região tropical.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar as espécies de *Monogenea* presentes nas diferentes fases de vida de tilápia-do-nilo;
2. Determinar os índices parasitológicos de *Monogenea* em tilápia-do-nilo;
3. Relacionar os índices parasitológicos com os fatores biótico (ontogenia do peixe) e abiótico (estações do ano).

3 CAPÍTULO 1

Influência das estações do ano e ontogenia no parasitismo por *Monogenea* em tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivada em tanque-rede

Elisabeth de A. Bertaglia^a; William E. Furtado^a; Manoela C. Fernandes^a; Scheila A. Pereira^a; Elenice M. Brasil^{a,b}; José L. P. Mouriño^a; Ângela T. Silva-Souza^a; Maurício L. Martins^a

^aLaboratório AQUOS – Sanidade de Organismos Aquáticos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod Admar Gonzaga 1346, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

^bLaboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR), Departamento de Aquicultura, UFSC, Servidão dos Corôas 7, 88061-600, Barra da Lagoa, Florianópolis, SC, Brasil.

Autor correspondente: Elisabeth de A. Bertaglia (elisabethbertaglia@gmail.com), Laboratório AQUOS–Sanidade de Organismos Aquáticos, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Artigo submetido para a revista *Parasitology Research*

Resumo

O objetivo deste estudo foi observar como fatores abióticos e biótico de uma região tropical influenciam nos índices de parasitismo por Monogenea em tilápias-do-nylo *Oreochromis niloticus* cultivada em tanque-rede. Um total de 220 tilápias foram coletadas e analisadas, sendo 20 animais de cada estágio ontogenético para cada estação do ano, perfazendo-se 60 juvenis, 80 intermediários e 80 adultos. Os peixes foram coletados de uma piscicultura comercial localizada na represa de Capivara, região do baixo rio Paranapanema, Paraná, Brasil, nos meses de abril, agosto, novembro e fevereiro. Foram coletados 3290 parasitos Monogenea, de seis espécies distintas, nas brânquias dos animais analisados, sendo as mais prevalentes: *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *Scutogyrus longicornis*, *C. cirratus*, *C. sclerosus* e *C. tilapiae*, respectivamente. Os maiores índices parasitológicos foram observados nas estações mais frias e com menor pluviosidade. O outono (com uma pluviosidade total de 8,9 mm) teve os maiores valores dos índices parasitários e foi significativamente diferente ($p < 0,05$) das demais estações do ano, considerando o total de parasitos Monogenea e também para cada espécie. Uma correlação negativa ($r = -0,278680$) foi registrada entre os parasitos Monogenea, as estações do ano e a pluviosidade. Com relação à ontogenia, uma correlação positiva ($r = 0,287442$) foi estabelecida entre o parasitismo por Monogenea e o estágio ontogenético, com os adultos apresentando uma carga parasitária maior, tanto para o total de Monogenea quanto para cada espécie. Com os resultados obtidos, é possível estabelecer estratégias de manejo e controle sanitário adequados em pisciculturas, a fim de prever os períodos de alta taxa de infestação por Monogenea.

Palavras-chave: Monogenea; sazonalidade; tanque-rede; fator abiótico; dinâmica de infecção.

Abstract

The aim of this study was to observe how abiotic and biotic factors in a tropical region influence the rates of parasitism by Monogenea in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultivated in net tanks. A total of 220 tilapia were collected and analyzed, with 20 animals from each ontogenetic stage for each season of the year, making up 60 juveniles, 80 intermediate and 80 adults. The fish were collected from a commercial fish farm located at the Capivara dam, in the lower Paranapanema river region, Paraná, Brazil, in the months of April, August, November and February. 3290 Monogenea parasites, from six different species, were collected from the gills of probable animals, the most prevalent being: *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *Scutogyrus longicornis*, *C. cirratus*, *C. sclerosus* and *C. tilapiae*, respectively. The highest parasitological indexes were observed in the colder seasons and with less precipitation. Autumn (with a total rainfall of 8.9 mm) had the highest values of parasitic indices being significantly different ($p < 0.05$) when compared with the other seasons, considering the total of Monogenea parasites and also for each species. A negative correlation ($r = -0.278680$) was recorded between the Monogenea parasites, the seasons and rainfall. In relation to ontogeny, a positive correlation ($r = 0.2887442$) was performed between parasitism by Monogenea and the ontogenetic stage, with increased adults a greater parasitic load, both for the total of Monogenea and for each species. With the results obtained, it is possible to establish a possible objective of management and adequate control in fish farms, to predict periods of high rate of infestation by Monogenea.

Key words: Monogenea; seasonality; net cages; abiotic factors; infection dynamics.

3.1 INTRODUÇÃO

A tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* é um peixe ciclídeo africano que foi introduzido no Brasil na década de 50, sendo atualmente a principal espécie criada em tanques-rede dentro de reservatórios de água doce do país (Roriz et al., 2017; PeixeBr, 2020). Ainda, é um hospedeiro adequado para uma variedade de parasitos da classe Monogenea, incluindo os da família Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937 (Ergens, 1981; Jiménez-García et al., 2001; Pariselle et al., 2003). No continente africano, esta é a família mais representativa de ectoparasitos, sendo as espécies que infestam as brânquias de *O. niloticus*, distribuídas em dois gêneros: *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 e *Scutogyrus* Pariselle e Euzet, 1995 (Pariselle 1995, Pariselle e Euzet 2009). Parasitos Monogenea e a dinâmica de sua população tendem a ser favorecidos por altas temperaturas. Em uma faixa de temperatura de 20-28 °C, os ovos de *Cichlidogyrus* eclodem dentro de 2-6 dias, tornam-se oncomiracídeos (fase infectante) com natação livre, amadurecem de 4 a 6 dias quando fixado em seu hospedeiro, onde podem viver por até 40 dias (Paperna, 1996).

Sob condições de cultivo intensivo, estes parasitos se aproveitam dos mais variados fatores estressantes ao seu hospedeiro e, seja por infecções primárias ou secundárias, podem resultar na mortalidade dos peixes e gerar perdas econômicas à piscicultura (Xu et al., 2007; Abd El-GaliL e Aboelhadid 2012; Valladão et al 2013).

Vários fatores bióticos e abióticos são capazes de impactar o parasitismo por Monogenea. O hospedeiro e sua resposta imune tem um papel importante, uma vez que componentes do sistema inato (complemento, lectinas e macrófagos) podem se ligar aos monogenéticos e causar danos graves aos parasitos, evitando a infestação (Buchmann et al 2002). Entretanto, em um sistema de cultivo, o adensamento dos animais e a submissão destes às práticas de manejo inadequadas, impõem condições estressantes aos peixes, tornando-os mais propensos à infecção por patógenos através da depleção da resposta imune (Buchmann e Bresciani, 2006). Além disso, parâmetros de qualidade de água e a frequência das chuvas afetam a abundância parasitária ao impactarem diretamente no ciclo de vida de ectoparasitos Monogenea: temperaturas altas favorecem a eclosão dos ovos, a dinâmica da população parasitária e um volume maior de água causado pelas chuvas, pode dificultar a natação e a chegada dos oncomiracídeos em seu hospedeiro (Esch et al.1990; Rohde et al. 1995; Paperna, 1996; Lamková et al., 2007; Akoll et al, 2012). A relação entre o tamanho e o sexo de tilápia-do-nilo, com as taxas de infestação por parasitos Monogenea também pode ser estabelecida (Boungou et al., 2008; Aguirre-Fey et al, 2015).

A maioria desses estudos ocorreram em zonas temperadas, as quais possuem uma dinâmica climática muito diferente de zonas tropicais. De acordo com Aguirre-Fey et al. (2015), ainda não está claro como, em regiões tropicais, os parâmetros de qualidade de água, estações do ano e outros fatores influenciam na dinâmica de infecção por parasitos Monogenea, sendo ainda os relatos escassos e muitas vezes conflitantes. Além disso, os efeitos adversos da modificação do habitat do hospedeiro, do natural para o confinado, podem afetar a distribuição e transmissão de parasitos (Marcogliese, 2001; Lafferty, 2008).

Os índices parasitológicos constituem ferramenta essencial nos estudos de saúde aquática, e o entendimento da biologia dos parasitos é importante para o estabelecimento de estratégias de manejo e controle sanitário adequados, principalmente em pisciculturas. As espécies da classe Monogenea possuem um ciclo de vida curto e direto, portanto, a sua prevalência, intensidade e abundância média são sensíveis e relacionam-se aos fatores bióticos e abióticos prevaescentes. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi observar como os fatores abiótico (estação do ano) e biótico (ontogenia) influenciam no parasitismo de Monogenea em tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* cultivadas em tanques-rede, em uma região tropical, a fim de prever possíveis picos de infestação parasitária e evitar perdas econômicas em pisciculturas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Coleta e análise dos peixes (fatores bióticos)

Um total de 220 tilápias revertidas sexualmente foram analisadas, sendo 20 peixes de cada estágio ontogenético coletados em cada estação do ano, perfazendo-se 60 juvenis ($8,67 \pm 1,30$ cm; $23,85 \pm 10,29$ g), 80 intermediários ($18,73 \pm 2,61$ cm; $247,89 \pm 110,67$ g) e 80 adultos ($22,84 \pm 2,01$ cm; $436,49 \pm 124,63$ g). Dessa forma, 60 animais foram amostrados no outono, 60 na primavera, 60 no verão e 40 no inverno, pois os juvenis não puderam ser analisados nessa determinada coleta. A coleta foi realizada em uma piscicultura localizada na represa de Capivara, região do baixo rio Paranapanema, Paraná, Brasil ($22^{\circ}47'22.36''S$, $51^{\circ}17'46.53''W$). Após a captura, os peixes foram imediatamente transportados por uma caminhonete, em baldes com aeração artificial contendo água do próprio local de coleta e foram, até o Laboratório da Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina (LEPUEL), onde foram acondicionados em gelo para posterior avaliação biométrica (comprimento padrão em cm e peso em g) e análise parasitológica.

3.2.2 Coleta e análise dos fatores abióticos

Os parâmetros de qualidade de água foram mensurados pontualmente em cada uma das coletas. A concentração de oxigênio dissolvido e de temperatura foram feitas *in situ*, utilizando oxímetro modelo Y55 e um Termistor, respectivamente. Em seguida, amostras de água foram coletadas para realizar as seguintes determinações: pH, por emprego do pHmetro eletrônico de bancada Quimis; alcalinidade total, por titulação com ácido sulfúrico diluído; e concentração do nitrito, expresso em mg L⁻¹, utilizando o método espectrofotométrico clássico baseado na reação de Griess (Carmouse, 1994). Os dados das precipitações pluviométricas totais, da semana anterior até o dia de coleta (perfazendo 8 dias de análise), foram fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água e pluviosidade aferidos no momento da coleta dos peixes, de abril de 2010 a fevereiro de 2011, no rio Paranapanema, PR.

| | Outono | Inverno | Primavera | Verão |
|--|-------------|------------|-------------|-------------|
| Temperatura (°C) | 24,3 ± 0,0 | 19,4 ± 0,0 | 26,5 ± 0,0 | 28,9 ± 0,05 |
| pH | 7,6 ± 0,05 | 8,3 ± 0,0 | 8,0 ± 0,0 | 7,7 ± 0,05 |
| OD (mg L ⁻¹) | 6,2 ± 0,3 | 7,5 ± 0,0 | 7,1 ± 0,0 | 5,2 ± 0,51 |
| Alcalinidade total (mg L ⁻¹) | 31,3 ± 0,57 | 35 ± 0,0 | 29 ± 0,0 | 30 ± 1,00 |
| Nitrito (mg L ⁻¹) | 0,03 ± 0,0 | 0,03 ± 0,0 | 0,04 ± 0,0 | 0,06 ± 0,01 |
| Amônia (mg L ⁻¹) | 0,10 ± 0,0 | 0,13 ± 0,0 | 0,12 ± 0,0 | 0,17 ± 0,04 |
| Pluviosidade total (mm) | 8,9 ± 3,14 | 0,0 ± 0,0 | 15,7 ± 5,55 | 69,6 ± 6,41 |

3.2.3 Análise parasitológica

Os arcos branquiais foram removidos, individualizados e examinados com auxílio de estereomicroscópio. Os parasitos Monogenea encontrados foram fixados em solução A.F.A (ácido acético, formaldeído e álcool etílico 70%) e preservados em Álcool 70%. A quantificação parasitológica foi realizada com auxílio de lupa e os espécimes coletados foram montados entre lâmina e lamínula, na posição ventral, em meio Hoyer's (Eiras et al., 2000). A avaliação das estruturas esclerotizadas dos espécimes encontrados foi executada com base em descrições prévias publicadas por Paperna (1964), Paperna e Thurston (1969), Ergens (1981), Douëllou (1993), Pariselle (1995) e Pariselle et al. (2003). Os índices de Prevalência (P%), Intensidade Média de Infestação (IMI) e Abundância Média de Infestação (AMI) foram calculados tanto para o total de parasitos quanto para cada espécie (Bush et al., 1997). Exemplares de cada espécie coletada foram depositadas no Acervo Helmintológico do Instituto

Oswaldo Cruz (CHIOC), Rio de Janeiro, Brasil (CHIOC 39278, 39279, 39280, 39281, 39282, 39283, 39284, 39285). Os índices de riqueza e diversidade parasitária foram calculados utilizando o software Past 4 (Hammer et al, 2001).

3.2.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Statistica 10.0[®], utilizando teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação das médias entre a quantidade total de parasitos Monogenea e de cada espécie com a ontogenia, estações do ano e pluviosidade. Os gráficos foram gerados a partir da inserção dos dados do levantamento parasitológico no site heatmapper.ca disponível *online*. As correlações entre os índices parasitários e os fatores biótico e abiótico foram verificadas com o coeficiente de correlação de Spearman, onde o nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Os índices parasitários do total de Monogenea e de cada espécie foram comparados também com a ontogenia, estações do ano utilizando software Quantitative Parasitology disponível online, utilizando *bootstrap t-tests* com 1000 réplicas e 95% de intervalo de confiança. (Rozsa et al, 2000; Reiczigel et al, 2019).

3.3 RESULTADOS

Do total de 3290 espécimes coletados das brânquias de tilápia-do-nilo, seis espécies de Monogenea foram identificadas, sendo *Cichlidogyrus halli* Price & Kirk 1967 (46,81%) a espécie mais prevalente durante todo o período analisado; seguida de *C. thurstonae* Ergens 1981 (40,45%), *Scutogyrus longicornis* Paperna & Thurston 1969 (34,54%), *C. cirratus* Paperna 1964 (26,36%), *C. sclerosus* Paperna e Thurston 1969 (15,45%) e *C. tilapiae* Paperna 1960 (2,27%).

Primeiramente, uma associação dos parasitos sem distinção de espécie, foi realizada para analisar a relação dos índices parasitários com as estações do ano e ontogenia. O mesmo processo foi realizado para cada espécie. Os índices de prevalência, intensidade e abundância média dos parasitos Monogenea agrupados e de cada espécie com relação as estações do ano estão apresentados na tabela 2 e com relação ao estágio ontogenético, na tabela 3. Os maiores valores das taxas parasitárias foram observados nas estações mais frias e com menores valores de pluviosidade: o outono (com 24,3 °C de temperatura e pluviosidade total de 8,9 mm) teve os maiores valores dos índices parasitários e foi significativamente diferente ($p < 0,05$) das demais estações do ano, seguido do inverno (19,4 °C de temperatura e pluviosidade de 0 mm). O verão (temperatura de 28,9 °C e pluviosidade de 69,6 mm) foi a estação com os valores mais baixos de infestação parasitária. Dessa forma, uma correlação negativa ($r = -0,278680$) foi registrada

entre os parasitos *Monogenea*, as estações do ano e a pluviosidade. Com relação à ontogenia, a prevalência e abundância média apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) nos peixes adultos em comparação aos intermediários e juvenis. Uma correlação positiva ($r = 0,287442$) foi estabelecida entre o parasitismo por *Monogenea* e o estágio ontogenético, com os adultos apresentando uma carga parasitária maior.

Tabela 2 - Parâmetros epizootiológicos da infestação parasitária pela associação de todas as espécies de *Monogenea* e das espécies individualmente em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede no Rio Paranapanema, PR, Brasil entre abril (outono) de 2010 e fevereiro (verão) de 2011. N = valor bruto de parasitos; P% = prevalência; AM = abundância média; IM = intensidade média de infecção; SD = desvio padrão

| Espécie | Índices | Outono | Inverno | Primavera | Verão | P value |
|-----------------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------|
| <i>Monogenea</i> | N | 2352 ^a | 428 ^b | 306 ^{bc} | 204 ^c | 0,000 |
| | P% | 81,7% ^a | 62,5% ^b | 55,0% ^{bc} | 26,7% ^c | <0,0001 |
| | IM±SD | 48,0 ± 53,34 ^a | 17,12 ± 26,76 ^b | 9,27 ± 14,77 ^{bc} | 12,75 ± 14,0 ^c | 0,001 |
| | AM±SD | 39,20 ± 51,63 ^a | 10,70 ± 22,61 ^b | 5,10 ± 11,83 ^{bc} | 3,40 ± 9,06 ^c | 0,001 |
| <i>C. sclerosus</i> | N | 28 ^a | 7 ^a | 4 ^a | 10 ^a | 0,0006 |
| | P% | 31,7% ^a | 10,0% ^b | 6,7% ^b | 11,7% ^b | 0,0015 |
| | IM±SD | 1,47 ± 0,69 | 1,75 ± 0,95 | 1,00 ± 0,00 | 1,42 ± 0,78 | 0,422 |
| | AM±SD | 0,46 ± 0,79 | 0,17 ± 0,59 | 0,06 ± 0,25 | 0,16 ± 0,52 | 0,675 |
| <i>C. thurstonae</i> | N | 1130 ^a | 77 ^b | 109 ^b | 57 ^b | 0,000 |
| | P% | 76,7% ^a | 30,0% ^b | 31,7% ^b | 20,0% ^b | <0,0001 |
| | IM±SD | 24,57 ± 30,80 ^a | 6,41 ± 7,89 ^b | 5,73 ± 13,21 ^b | 4,75 ± 3,04 ^b | 0,001 |
| | AM±SD | 18,83 ± 28,87 ^a | 1,92 ± 5,14 ^b | 1,81 ± 7,77 ^b | 0,95 ± 2,32 ^b | 0,002 |
| <i>C. tilapiae</i> | N | 1 | 0 | 3 | 1 | 0,841 |
| | P% | 1,7% | 0,0% | 3,3% | 1,7% | 0,9090 |
| | IM±SD | 1,00 ± NA | - | 1,50 ± 0,70 | 1,00 ± NA | - |
| | AM±SD | 0,01 ± 0,12 | 0,00 ± 0,00 | 0,05 ± 0,28 | 0,01 ± 0,12 | 0,468 |
| <i>S. longicornis</i> | N | 558 ^a | 48 ^b | 37 ^b | 33 ^b | 0,0000 |
| | P% | 65,0% ^a | 32,5% ^b | 25,0% ^b | 15,0% ^b | <0,0001 |
| | IM±SD | 14,31 ± 13,12 ^a | 3,69 ± 2,78 ^b | 2,46 ± 1,40 ^b | 3,66 ± 2,91 ^b | 0,001 |
| | AM±SD | 9,30 ± 12,58 ^a | 1,20 ± 2,33 ^b | 0,61 ± 1,27 ^b | 0,55 ± 1,70 ^b | 0,001 |
| <i>C. halli</i> | N | 529 ^a | 96 ^{ab} | 112 ^{ab} | 94 ^b | 0,0013 |
| | P% | 78,3% ^a | 45,0% ^b | 41,7% ^b | 21,7% ^b | <0,0001 |
| | IM±SD | 11,26 ± 12,43 ^a | 5,33 ± 5,47 ^b | 4,48 ± 7,50 ^b | 7,23 ± 8,35 ^b | 0,028 |
| | AM±SD | 8,81 ± 11,93 ^a | 2,40 ± 4,50 ^b | 1,86 ± 5,27 ^b | 1,56 ± 4,82 ^b | 0,001 |
| <i>C. cirratus</i> | N | 106 ^a | 200 ^a | 41 ^{ab} | 9 ^b | 0,0000 |
| | P% | 30,0% ^b | 47,5% ^a | 25,0% ^b | 10,0% ^b | 0,0004 |
| | IM±SD | 5,88 ± 5,02 | 10,53 ± 21,36 | 2,73 ± 2,12 | 1,50 ± 0,83 | 0,69 |
| | AM±SD | 1,76 ± 3,83 | 5,00 ± 15,46 | 0,68 ± 1,57 | 0,15 ± 0,51 | 0,174 |

Letras distintas indicam diferença significativa nas linhas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) comparadas entre as estações do ano.

Tabela 3 - Parâmetros epizootiológicos da infestação parasitária pela associação de todas as espécies de Monogenea e das espécies individualmente em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede no Rio Paranapanema, PR, Brasil em diferentes estágios ontogenéticos. N = valor bruto de parasitos; P% = prevalência; AM = abundância média; IM = intensidade média de infecção; SD = desvio padrão

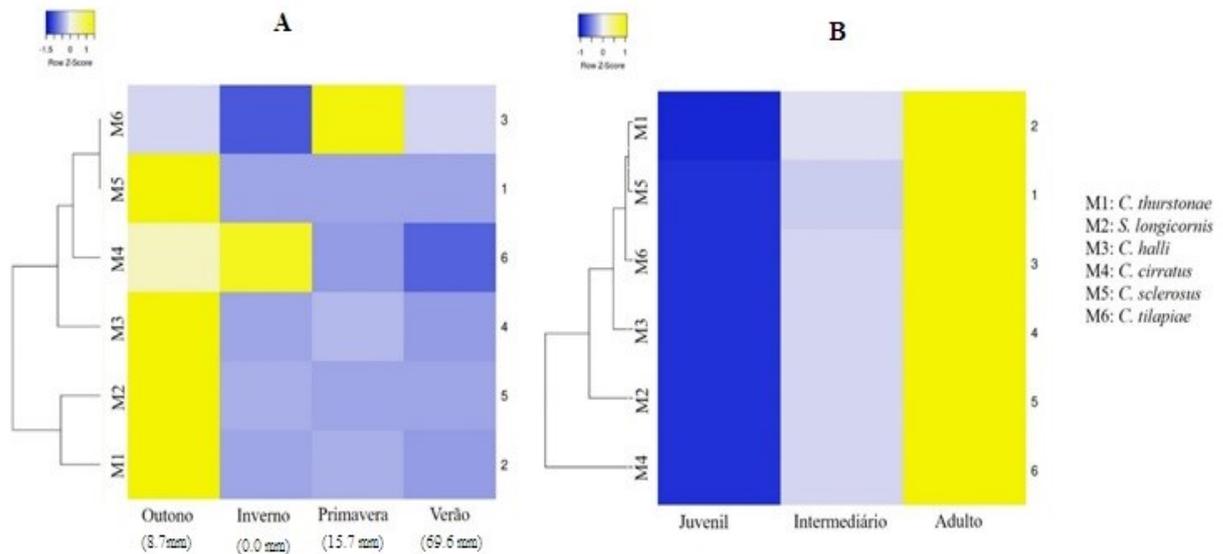
| Espécie | Índices | Juvenil | Intermediário | Adulto | P-value |
|-----------------------|---------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
| Monogenea | N | 280 ^c | 763 ^b | 2247 ^a | 0,000 |
| | P% | 33,3% ^b | 50,0% ^b | 78,8% ^a | <0,0001 |
| | IM±SD | 14,00 ± 9,13 | 19,08 ± 23,48 | 35,67 ± 52,00 | 0,055 |
| | AM±SD | 4,66 ± 8,43 ^b | 9,53 ± 19,08 ^b | 28,09 ± 48,35 ^a | 0,015 |
| <i>C. sclerosus</i> | N | 1 ^b | 16 ^b | 32 ^a | 0,0003 |
| | P% | 1,7% ^b | 15,0% ^{ab} | 26,2% ^a | 0,0001 |
| | IM±SD | 1,00 ± NA | 1,33 ± 0,65 | 1,52 ± 0,75 | - |
| | AM±SD | 0,01 ± 0,12 ^b | 0,20 ± 0,53 ^{ab} | 0,40 ± 0,77 ^a | 0,007 |
| <i>C. thurstonae</i> | N | 95 ^b | 333 ^a | 945 ^a | 0,000 |
| | P% | 30,0% | 40,0% | 48,8% | 0,0841 |
| | IM±SD | 5,27 ± 3,95 ^b | 10,41 ± 13,36 ^{ab} | 24,23 ± 33,68 ^a | 0,046 |
| | AM±SD | 1,58 ± 3,23 | 4,16 ± 9,81 | 11,81 ± 26,35 | 0,08 |
| <i>C. tilapiae</i> | N | 1 | 2 | 2 | 0,8418 |
| | P% | 1,7% | 1,2% | 2,5% | 1,000 |
| | IM±SD | 1,00 ± NA | 2,00 ± NA | 1,00 ± 0,00 | - |
| | AM±SD | 0,01 ± 0,12 | 0,02 ± 0,22 | 0,02 ± 0,15 | 0,959 |
| <i>S. longicornis</i> | N | 12 | 164 | 500 | 0,0564 |
| | P% | 11,7% ^b | 40,0% ^a | 46,2% ^a | <0,0001 |
| | IM±SD | 1,71 ± 1,49 ^b | 5,12 ± 6,73 ^a | 13,51 ± 12,98 ^a | 0,016 |
| | AM±SD | 0,20 ± 0,73 ^b | 2,05 ± 4,91 ^a | 6,25 ± 11,08 ^a | 0,014 |
| <i>C. halli</i> | N | 171 ^c | 199 ^b | 461 ^a | 0,0000 |
| | P% | 33,3% ^b | 32,5% ^b | 71,2% ^a | <0,0001 |
| | IM±SD | 8,55 ± 6,33 | 7,65 ± 10,72 | 8,08 ± 11,26 | 0,965 |
| | AM±SD | 2,85 ± 5,42 | 2,48 ± 7,02 | 5,76 ± 10,17 | 0,154 |
| <i>C. cirratus</i> | N | 0 ^b | 49 ^b | 307 ^a | 0,0000 |
| | P% | 0,0% ^b | 22,5% ^b | 50,0% ^a | <0,0001 |
| | IM±SD | 0 | 2,72 ± 1,87 | 7,67 ± 15,21 | 0,146 |
| | AM±SD | 0,00 ± 0,00 ^b | 0,61 ± 1,43 ^b | 3,83 ± 11,36 ^a | 0,032 |

Letras distintas indicam diferença significativa nas linhas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) comparadas entre os estágios ontogenéticos.

As seis espécies de Monogenea estão distribuídas em todas as estações do ano exceto para *C. tilapiae* no inverno (Figura 1; tabela 2). Para a maioria das espécies, exceto para *C. cirratus* e *C. tilapiae*, as taxas parasitárias mais altas também foram obtidas no outono, que apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) das demais estações. Observando a ocorrência das espécies nas estações do ano, as mais prevalentes foram: no outono, *C. halli* (78,3 %); no inverno, *C. cirratus* (47,5 %); na primavera, *C. halli* (41,7 %); e no verão, *C. halli* (21,7%). *Cichlidogyrus tilapiae* foi a espécie menos prevalente em todas as estações avaliadas. Foi observada uma correlação negativa entre cada espécie e as estações do ano, com exceção de *C.*

tilapiae (*C. cirratus*: $r = -0,312939$; *C. halli*: $r = -0,266010$; *C. sclerosus*: $r = -0,208046$; *C. thurstonae*: $r = -0,304670$; *S. longicornis*: $r = -0,559090$).

Fig. 1. Heatmap indicando as variações entre a presença (amarelo forte) e ausência (azul escuro) das espécies de Monogenea associadas com as estações do ano/pluviosidade e o estágio ontogenético da tilápia-do-nilo.



Praticamente todas as espécies foram encontradas em todos os estágios ontogenéticos, exceto *C. cirratus* que não foi encontrada em peixes juvenis (Figura 1b). *Cichlidogyrus halli* e *C. cirratus* tiveram as taxas de prevalência mais altas em peixes adultos, que foram significativamente diferentes dos juvenis e intermediários. Os índices de prevalência e abundância média de *C. sclerosus* apresentaram os maiores valores nos peixes adultos, que tiveram diferença significativa apenas dos juvenis. O mesmo foi observado para *C. thurstonae*, mas apenas para a intensidade média de infecção. *S. longicornis* teve seus maiores índices parasitários tanto nos peixes adultos quanto em intermediários, ocorrendo uma diferença significativa dos juvenis. As espécies mais prevalentes em cada estágio ontogenético foram: nos juvenis, *C. halli* (33,3 %); nos intermediários, *C. thurstonae* (40,0 %); e nos adultos, *C. halli* (71,2 %). Observou-se correlação positiva entre cada espécie e o estágio ontogenético, exceto para *C. tilapiae* (*C. cirratus*: $r = 0,366151$; *C. halli*: $r = 0,515094$; *C. sclerosus*: $r = 0,270612$; *C. thurstonae*: $r = 0,366357$; *S. longicornis*: $r = 0,159850$).

Tabela 4 - Variação temporal da estrutura da comunidade componente de espécies Ancyrocephalidae encontradas nas brânquias de tilápia-do-nylo do estado do Paraná, Brasil, de abril de 2010 a fevereiro de 2011.

| Índices | Estações do ano | | | | Ontogenia | | |
|---------------|-----------------|---------|-----------|-------|-----------|---------------|--------|
| | Outono | Inverno | Primavera | Verão | Juvenil | Intermediário | Adulto |
| Taxa_S | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| Dominância_D | 0,33 | 0,31 | 0,29 | 0,32 | 0,48 | 0,30 | 0,28 |
| Shannon | 1,31 | 1,22 | 1,36 | 1,32 | 0,84 | 1,31 | 1,36 |
| Brillouin | 1,21 | 1,28 | 1,32 | 1,26 | 0,81 | 1,29 | 1,35 |
| Berger-Parker | 0,48 | 0,46 | 0,36 | 0,46 | 0,61 | 0,43 | 0,42 |

O inverno apresentou a menor riqueza de espécies. A maior dominância foi observada no outono, porém com a menor diversidade. Os peixes juvenis obtiveram a menor riqueza, maior dominância e menor diversidade de espécies. Já nas tilápias adultas, uma maior diversidade e riqueza da comunidade componente foi observada, assim como a menor dominância (Tabela 4).

3.4 DISCUSSÃO

Todas as seis espécies identificadas, já foram registradas parasitando brânquias de tilápia-do-nylo nas regiões norte, sudeste e sul do Brasil (Ranzani-Paiva *et al.* 2005, Ghiraldelli *et al.* 2006, Lizama *et al.* 2007, Jerônimo *et al.* 2011, Pantoja *et al.* 2012, Martins *et al.* 2014; Zago *et al.* 2014, Britto *et al.* 2017).

O local de coleta deste estudo está situado na região sul do Brasil, zona tropical, com um clima de savana tropical úmida, em que os meses mais chuvosos coincidem com a primavera e o verão (setembro a março) e os de estiagem, com o outono e inverno (abril a setembro) (Koppen e Geiger, 1928, modificado por Aparecido *et al.* 2016).

Neste trabalho, as estações mais frias e com menor incidência pluviométrica refletiram em valores maiores dos índices parasitários, estabelecendo-se uma correlação negativa entre o parasitismo por *Monogenea* e as estações do ano. Em regiões temperadas, vários trabalhos relataram como a eclosão dos ovos, sobrevivência, capacidade de infestação, dinâmica de população e expectativa de vida de parasitos *Monogenea* são dependentes de temperaturas elevadas (Paperna, 1996; Gannicott e Tinsley, 1998). Entretanto, em regiões tropicais, existem tanto trabalhos que corroboram que o parasitismo está inerente a altas temperaturas, inclusive no Brasil (Jerônimo *et al.* 2012; Martins *et al.* 2014), quanto alguns autores que também se depararam com o aumento das taxas parasitárias em temperaturas mais baixas. Akoll *et al.* (2012) observaram quantidades maiores dos parasitos *Cichlidogyrus tilapiae* e *C. sclerosus*

durante os meses secos de junho e agosto (inverno), em tilápia-do-nilo cultivada em tanques-rede em Uganda. Nas quatro espécies de tilápia cultivadas em Veracruz, México, a abundância de infecção por *C. sclerosus*, *C. dossoui* e *Scutogyrus* sp. exibiu uma associação negativa significativa com a temperatura mais alta durante os meses da pesquisa (Aguirre-Fey et al, 2015). Esse fato pode estar relacionado com o aumento da resposta imune do hospedeiro, que é influenciado positivamente por temperaturas mais altas (Andersen e Buchmann, 1998; Bowden, 2008; Lamková et al., 2007).

O fator de baixa pluviosidade corrobora os estudos anteriores, em que a precipitação e as mudanças hidrológicas associadas, como inundações e correntes de água, desempenham um papel importante nos padrões de infecção de *Monogenea* (Chapman et al., 2000; Pech et al., 2010). Com relação ao habitat, *O. niloticus* criados em tanques-rede em Uganda e coletados durante a estação seca, abrigaram um maior número de *C. tilapiae* e *C. sclerosus* do que aqueles coletados durante a estação chuvosa (Akoll et al, 2012). É plausível que as chuvas influenciem de forma a diminuir a transmissão dos oncomiracídios, que possuem natação livre, através do aumento do volume de água formando correntes, alterando o tamanho do habitat e parâmetros de qualidade de água (Akoll et al, 2012). Em períodos secos, a contração do tamanho do habitat, leva à aglomeração de hospedeiros com o aumento da disponibilidade e proximidade destes aos oncomiracídios, em que a eclosão dos ovos é estimulada na presença de muco dos peixes (Shaharom-Harrison, 1986; Chapman et al., 2000; Lamková et al., 2007). Sugere-se também que os ovos de *Monogenea* podem eclodir nas brânquias de peixes infectados e imunossuprimidos, contribuindo para o sucesso do parasitismo em ambientes com menor volume de água (Paperna, 1996; Akoll et al 2012).

Acreditamos que a influência das chuvas é tão significativa quanto a temperatura e demais parâmetros de qualidade de água, e como esses fatores relacionam entre si deve ser observado. Uma vez que a estação que promoveu o maior sucesso do parasitismo foi o outono, quando a temperatura atingiu 24,3°C e a pluviosidade foi de 8,9 mm. Esse valor de temperatura, é considerado médio entre a faixa de temperatura ótima para *Monogenea*, que associado com pluviosidade baixa, acarretou maior sucesso do parasitismo. Por outro lado, no inverno, a temperatura de 19,4°C, que está abaixo da faixa de temperatura ótima para eclosão de ovos e propagação do parasito, em associação com nenhuma pluviosidade, teve o segundo maior valor bruto de parasitos e dos índices parasitários. Os menores valores brutos e de índices parasitários foram obtidos no verão, em que acredita-se ser por causa da alta pluviosidade, mesmo associada a temperatura mais alta. Isto enfatiza a importância da resposta imune do hospedeiro, que está

alta no verão, associada com o grande volume de água causado pelas chuvas que diminui a transmissão dos oncomiracídeos.

Com relação a ontogenia, os maiores índices parasitários foram encontrados nos adultos, analisando tanto por Monogenea em geral quanto entre as espécies (exceto para *C. tilapiae*). Resultados opostos foram encontrados por Akoll et al (2012), quanto maior o tamanho da tilápia-do-nilo resultaria em diminuição no número de parasitos Monogenea. Ou ainda, nenhuma associação significativa pôde ser detectada entre o tamanho de tilápia-do-nilo, fator de condição corporal, nem parâmetros de qualidade da água além da temperatura e os índices de infecção de *Cichlidogyrus* spp. e *Scutogyrus* sp. (Boungou et al, 2008; Aguirre-Fey et al, 2015). Os resultados deste trabalho corroboram os achados de Ibrahim (2012) em tilápia vermelha *Tilapia zilli*, com uma correlação positiva entre a riqueza de espécies, a prevalência e o tamanho do peixe e de Lamková (2007) em *Squalius cephalus*. Pode-se prever que o desenvolvimento das gônadas está associado com um nível elevado de hormônios esteroides, que pode suprimir a função imunológica e aumentar o risco de o hospedeiro ser mais suscetível a infecção por parasitos (Lamková et al, 2007). Em geral, um peixe maior tem mais probabilidade de estar sexualmente maduro e de ter sido exposto a parasitos por mais tempo, podendo ter uma maior diversidade, ou espécies diferentes de parasitos, do que peixes menores (Zapata et al., 2006; Munoz e Zamora, 2011; Bush et al., 2003; Zander, 2005).

Além disso, a exploração de hospedeiros por várias espécies do mesmo gênero de Monogenea também foi relatada por Buckmann e Lindenstrom (2002) e Simková et al. (2004). De acordo com Guegan & Hugueny (1994), a estrutura da comunidade parasitária é determinada pela biologia do hospedeiro, que influencia o subconjunto de parasitos disponíveis. Assim, a presença de duas ou mais espécies de parasitos no mesmo hospedeiro facilita a infecção bem-sucedida e intensiva por outras espécies. Portanto, a comunidade componente de espécies de Ancyrocephalidae infestando as brânquias de *O. niloticus* pode ser considerado previsível e bem estruturada (Britto et al, 2017).

Dessa forma, uma associação complexa de fatores abióticos e bióticos embasam as diferentes interações de peixes hospedeiros e parasitos Monogenea. Chama-se a atenção para o fato de que vários outros fatores possíveis podem ter afetado os hospedeiros e parasitos e que não puderam ser correlacionados. Portanto, os resultados apresentados refletem a condição única e exata deste ambiente, animais e parasitos analisados sob condições de cultivo. Além da temperatura, o aumento de outros parâmetros como fotoperíodo, pH, salinidade e oxigênio geralmente aumentam a resposta imune dos peixes (Bowden, 2008), e alguns desses índices variaram ao longo deste estudo. O mesmo se aplica aos parasitos, pois além da temperatura, os

ciclos de *Monogenea* também são afetados por outros fatores, como o tipo de habitat (Akoll et al., 2012), salinidade da água (Baker et al., 2008), eutrofização (Shah et al., 2013), gênero do hospedeiro, idade, tamanho e ecologia (Akoll et al 2012; Antonelli et al., 2010; Luo e Yang, 2010).

3.5 CONCLUSÃO

A precipitação pluviométrica em conjunto com a temperatura influenciou o parasitismo por *Monogenea* em tilápia-do-nilo, assim como a ontogenia também foi capaz de causar essa interferência. Dessa forma, os índices parasitários são uma ferramenta que podem ser utilizadas para auxiliar nas estratégias de manejo e controle sanitário adequados em pisciculturas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado à E.A. Bertaglia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa à M.L. Martins (CNPq 306635/2018-6) e J.L.P. Mouriño (CNPq 301524/2017-3), à CAPES pela bolsa de Pós-Doutorado à E.M. Brasil (CAPES/PNPD). Este estudo foi parcialmente financiado pela CAPES (finance code 001).

Referências

- Abd El-Galil MA, Aboelhadid SM (2012) Trials for the control of trichodinosis and gyrodactylosis in hatchery reared *Oreochromis niloticus* fries by using garlic. **Vet Parasitol** 185:62–73
- Aguirre-Fey D, Benítez-Villa GE, León GPP, Rubio-Godoy M (2015) Population dynamics of *Cichlidogyrus* spp. and *Scutogyrus* sp. (*Monogenea*) infecting farmed tilapia in Veracruz, México. **Aquaculture** 443: 11-15
- Akoll P, Fioravanti ML, Konecny R, Schiemer F (2012) Infection dynamics of *Cichlidogyrus tilapiae* and *C. sclerosus* (*Monogenea*, *Ancyrocephalinae*) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) from Uganda. **J Helminthol** 86:302–310.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X11000411>
- Andersen PS, Buchmann K (1998) Temperature dependent population growth of *Gyrodactylus dejarvini* on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **J Helminthol** 72:9–14.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X00000900>.
- Antonelli, L., Quilichini, Y., Marchand, B. (2010). *Sparicotyle chrysophrii* (Van Beneden and

Hesse 1863) (Monogenea: Polyopisthocotylea) parasite of cultured Gilthead sea bream *Sparus aurata* (Linnaeus 1758) (Pisces: Teleostei) from Corsica: ecological and morphological study. **Parasitol Res** 107, 389–398. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-010-1876-0>.

Aparecido LEO, Rolim GS, Richetti J, Souza PS, Johann JA (2016) Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Cienc Agrotec** 40:405-417.

Bowden TJ (2008) Modulation of the immune system of fish by their environment. **Fish Shellfish Immunol** 25: 373–383. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.017>.

Britto YCT, Silva-Souza AT (2017) Temporal variation of monogenoideans component community in the gills of *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in fish farming in northern Parana state, Brazil. **Panamjas** 12(4):333-342

Boungou M, Kabre GB, Marques A, Sawadogo L (2008). Dynamics of a population of five parasitic monogeneans of *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 in the Dam of Loumbil and possible interest in intensive pisciculture. **Pak J Biol Sci**, v.11, p. 1317–1323.

Buchmann K, Lindenstrøm T (2002). Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. **Int J Parasitol**, v. 32, p. 309–319.

Buchmann K, Bresciani J (2006) Monogenea (Phylum Platyhelminthes). In: Woo, P.T.K. (Ed.), Fish diseases and disorders. Protozoan and metazoan infections vol. 1. **CAB International**, Wallingford, pp. 294–341

Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **J Parasitol** 83(4):575-583.

Bush AO, Fernandez J, Esch GW, Seed J (2003) Parasitism: The Diversity and Ecology of Animal Parasites. Cambridge University, Cambridge, England, Pages: 556.

Carmouse, J.P (1994). O metabolismo dos ecossistemas aquáticos - Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas: Editora FAPESP. p 253.

Chapman LJ, Lanciani CA, Chapman CA (2000) Ecology of a *Diplozoon* parasite on the gills of the African cyprinid *Barbus neumayeri*. **Afr J Ecol** 38:312–320.

Douëllou L (1993) Monogeneans of the genus *Cichlidogyrus* Paperna 1960 (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) from cichlid fishes of lake Kariba (Zimbabwe) with descriptions of five new species. **Syst Parasitol** 625:159-186.

Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC (2000) Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. **EDUEM**, Maringá, 171 p.

Ergens R (1981) Nine species of the genus *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea: Ancyrocephalinae) from egyptian fishes. **Folia Parasitol** 28:205-214.

Esch GW, Bush AO, Aho JM (1990) Parasite communities: patterns and processes. Chapman & Hall, London, UK

Gannicott AM, Tinsley RC, (1998) Environmental effects on transmission of *Discocotyle sagittata* (Monogenea): egg production and development. **Parasitol** 117:499–504.

García-Vásquez A, Hansen H, Shinn AP (2007) A revised description of *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968 (Gyrodactylidae) from the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus niloticus* (Cichlidae), and its synonymy with *G. niloticus* Cone, Arthur et Bondad-Reantaso, 1995. **Folia Parasitol** 54:129–140

Ghiraldelli L, Martins ML, Jerônimo GT, Yamashita MM, Adamante WB (2006) Ectoparasites communities from *Oreochromis niloticus* cultivated in State of Santa Catarina, Brazil. **J Fish Aquat Sci** 1(2):181-190

Guegan J. F, Hugueny B. (1994). A nested parasite species subset pattern in tropical fish: host as major determinant of parasite infracommunity structure. **Oecologia** 100: 184–189.

Hammer O, Harper D, Ryan P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4. 1-9.

Hassan MAH (1999) Trichodiniasis in farmed freshwater tilapia in eastern Saudi Arabia. **J King Abdulaziz Univ Mar Sci** 10:157–168

Jerônimo GT, Speck GM, Cechinel MM, Gonçalves ELT, Martins ML (2011) Seasonal variation on the ectoparasitic communities of Nile tilapia cultured in three regions in southern Brazil. **Braz J Biol** 71(3):365-373

Jiménez-García MI, Vidal-Martínez VM, López-Jiménez S (2001) Monogeneans in introduced and native Cichlids in México: Evidence for transfer. **J Parasitol** 87(4):907-909

Lafferty, Kevin. (2008). Ecosystem consequences of fish parasites*. **J Fish Biol.** 73. 2083 - 2093. 10.1111/j.1095-8649.2008.02059.x.

Lamková K, Šimková A, Palíková M, Jurajda P, Lojek A (2007) Seasonal changes of immunocompetence and parasitism in chub (*Leuciscus cephalus*), a freshwater cyprinid fish. **Parasitol Res** 101: 775–789. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-007-0546-3>.

Lizama MAP, Takemoto RM, Ranzani-Paiva MJT, Ayroza LMS, Pavanelli GC (2007) Relação parasito-hospedeiro em peixes de pisciculturas da região de Assis, Estado de São Paulo, Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). **Acta Sci Biol Sci** 29(2): 223-231

Luo, Y.F., Yang, T.B., (2010). Seasonal population dynamics of the monogeneans *Pseudorhabdosynochus coioidesis* and *P. serrani* on wild versus cultured groupers in Daya Bay, South China Sea. **Helminthologia** 47, 241–250. <http://dx.doi.org/10.2478/s11687-010-0038-3>.

Marcogliese, David. (2001). Implication of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. **Can J Zool.** 79. 1331-1352. 10.1139/cjz-79-8-1331.

Martins ML, Sá ARS, Jerônimo GT, Tancredo KR, Gonçalves ELT, Bampi D, Speck GM, Sandin AM (2014) Microhabitat preference and seasonality of gill monogeneans in Nile Tilapia reared in Southern Brazil. **Neotrop Helminthol** 8(1):47-58

Ibrahim MM (2012) Variation in Parasite Infracommunities of *Tilapia zillii* in Relation to Some Biotic and Abiotic Factors. **Int J Zool Res** 8: 59-70

Munoz, G, Zamora L (2011) Ontogenetic variation in parasite infracommunities of the Clingfish *Sicyases sanguineus* (Pisces: Gobiesocidae). **J Parasitol** 97:14-19

Pantoja WMF, Neves LR, Dias MKR, Marinho RGB, Montagner D, Tavares-Dias M (2012) Protozoan and metazoan parasites of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. **Rev MVZ Córdoba** 17(1): 2812-2819

Paperna I (1964) Parasitic helminths of inland-water fishes in Israel. **Isr J Zool** 13:1-26

Paperna I, Thurston JP (1969) Monogenetic Trematodes collected from cichlid fish in Uganda; including the description of five new species of *Cichlidogyrus*. **Rev Zool Bot Afr** 79: 15-33

Paperna I (1996) Parasites, infections and diseases of fishes in Africa - An update. **CIFA Techn Pap.** Rome, FAO. 31. 220p.

Pariselle A (1995) Etudes des parasites de Cichlidae en Afrique de l'Ouest. *In*: Agnese, J. F. (Ed.). **Compt Rend D'Atel Biod Aquac.** Centre de Recherches Oceanographiques, Abidjan, Cote D'Ivoire, 115p, pp. 44-52

Pariselle A, Bilong Bilong CF, Euzet L (2003) Four new species of *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea, Ancyrocephalidae) all gill parasites from African mouthbreeder tilapias of the genera *Sarotherodon* and *Oreochromis* (Pisces, Cichlidae), with a re-description of *C. thurstonae* Ergens, 1981. **Syst Parasitol** 56:201-210

Pariselle A, Euzet L (2009) Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlid fishes in Africa, the Levant and Madagascar. **Zoosystema** 31(4): 849- 898

Pech D, Aguirre-Macedo ML, Lewis JW, Vidal-Martínez VM (2010) Rainfall induces time-lagged changes in the proportion of tropical aquatic hosts infected with metazoan parasites. **Int J Parasitol** 40:937–944

PeixeBr - Associação Brasileira de Piscicultura - Anuário PeixeBr da Piscicultura, p. 136, 2020. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2020/AnuarioPeixeBR2020.pdf?>

Ranzani-Paiva MJT, Felizardo NN, Luque JL (2005) Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. **Acta Sci Biol Sci** 27(3): 231-237

Reiczigel J, Marozzi M, Fábán I, Rózsa L. Biostatistics for Parasitologists (2019). A Primer to Quantitative Parasitology. **Trends Parasitol** 35(4):277-281. doi:10.1016/j.pt.2019.01.003

Rohde K, Hayward C, Heap M (1995) Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. **Int J Parasitol** 25:945–970.

- Roriz, GD, Delphino MKVC, Gardner IA, Gonçalves VSP (2017) Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. **Aquac Rep** 6:43–48. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.002>.
- Rózsa L, Reiczigel J, Majoros G (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. **J Parasitol**. Apr; 86(2):228-32. doi: 10.1645/0022-3395(2000)086[0228:QPISOH]2.0.CO;2. PMID: 10780537.
- Rubio-Godoy M, Sigh J, Buchmann K, Tinsley RC (2003) Immunization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* against *Discocotyle sagittata* (Monogenea). **Dis Aquat Org** 55: 23–30.
- Sandoval-Gío JJ, Rodríguez-Canul R, Vidal-Martínez VM (2008) Humoral antibody response of the tilapia *Oreochromis niloticus* against *Cichlidogyrus* spp. (Monogenea). **J Parasitol** 94:404–409. <http://dx.doi.org/10.1645/GE-1382.1>.
- Shah H.B, Yousuf AR., Chishti M.Z, Ahmad F (2013). Seasonal changes in infrapopulations of *Diplozoon kashmirensis* Kaw, 1950 (Monogenea: Diplozoidae) along a eutrophic gradient. **Parasitol. Res**, v. 112, p. 3347–3356.
- Shaharom-Harrison F (1987) The effect of hydrocortisone on *Cichlidogyrus* infection on *Tilapia* under controlled conditions. **Trop Biomed** 4:196–198
- Valladão GMR, Pádua SB, Gallani SU, Menezes-Filho RN, Dias-Neto J, Martins ML, Ishikawa MM, Pilarski F (2013) *Paratrichodina africana* (Ciliophora): a pathogenic gill parasite in farmed Nile tilapia. **Vet Parasitol** 197:705–710
- Xu D-H, Shoemaker CA, Klesius PH (2007) Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **J Fish Dis** 30:233–238
- Zago AC, Franceschini L, Garcia F, Schalch SHC, Gozi KS, Silva RJ (2014) Ectoparasites of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cage farming in a hydroelectric reservoir in Brazil. **Braz J Vet Parasitol** 23(2): 171-178
- Zander CD (2005) Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the southwest Baltic: III: Parasite species diversity and applicability of monitoring. **Parasitol Res** 95:136-144
- Zapata A, Diez B, Cejalvo T, Gutierrez CF, Corts A (2006) Ontogeny of the immune system of fish. **Fish & Shellfish Immunol** 20: 126-136

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Registros na literatura já demonstravam que a temperatura e a variação no regime hidrológico eram capazes de influenciar no parasitismo de *Monogenea*, entretanto, nenhum trabalho conseguiu estabelecer o peso da importância dessas variáveis juntas. Os maiores índices parasitológicos foram observados nas estações mais frias e com menor pluviosidade, que contrastam com muitos trabalhos a respeito da temperatura, porém corroboram os trabalhos sobre o regime de chuvas. Dessa forma, observou-se que a pluviosidade tem tanta importância em influenciar o parasitismo, quanto a temperatura.

Com os resultados obtidos, é possível estabelecer estratégias de manejo e controle sanitário adequados em pisciculturas, a fim de prever os períodos de alta taxa de infestação por *Monogenea* evitando ou diminuindo o uso de químicos nocivos ao ambiente e aos peixes.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ADAMS, S.M.; GREELEY, M.S. Ecotoxicological indicators of water quality: using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. **Wat. Air Soil Pollut.**, v. 123, p. 103–115, 2000.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SANTOS, N.C.L.; ORTEGA, J.C.G.; PELICICE, F.M. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: colonization patterns, impacts and management. **Fish. Res.**, v. 173, p. 26-36, 2016.
- AGUIRRE-FEY, D.; BENÍTEZ-VILLA, G. E.; LEÓN, G. P. P.; RUBIO-GODOY, M. Population dynamics of *Cichlidogyrus* spp. and *Scutogyrus* sp. (Monogenea) infecting farmed tilapia in Veracruz, México. **Aquaculture**, v. 443, p. 11-15, 2015.
- AKOLL, P.; FIORAVANTI, M. L.; KONECNY, R.; SCHIEMER, F. Infection dynamics of *Cichlidogyrus tilapiae* and *C. sclerosus* (Monogenea, Ancyrocephalinae) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) from Uganda. **J. Helminthol.**, v. 86, p. 302-310, 2012.
- ALGAR AC, KHAROUBA HM, YOUNG ER, KERR JT. Predicting the future of species diversity: macroecological theory, climate change, and direct tests of alternative forecasting methods. **Ecography**, v. 32, p. 22–33, 2009.
- ANDERSON, D.P. Diseases of fishes. **Fish Immunology**. Neptune City: T.F.H., v. 4, p. 108, 1974.
- APPLEBY, C.; MO, A.T. Population dynamics of *Gyrodactylus salaris* (Monogenea) infecting Atlantic salmon, *Salmo salar*, parr in the River Batnfjordselva, Norway. **J Parasitol**, v. 83, p. 23–30, 1997.
- AZEVEDO P.A.; PODEMSKI, C.L.; HESSLEIN, R.H.; KASIAN, S.E.M.; FINDLAY, D.L.; BUREAU, D.P. Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality. **Aquaculture**, v. 311, p. 175-186, 2011.
- BAKKE, TOR & CABLE, JO & HARRIS, P.D. The Biology of Gyrodactylid Monogeneans: The “Russian-Doll Killers”. **Adv. Parasitol.**, v. 64, p. 161-376, 2007.
- BAKER, T.G.; PANTE, E.; LEVESQUE, E.M.; ROUMILLAT, W.A.; DE BURON, I. *Metamicrocotyla macracantha*, a polyopisthocotyloid gill parasite of the striped mullet, *Mugil cephalus*: population dynamics in South Carolina estuaries. **Parasitol. Res.**, v. 102, p. 1085–1088, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-008-0920-9>.
- BORGHETTI, N.R.B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. Aquicultura: Uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, Curitiba, PR, p. 128, 2003.
- BOUNGOU, M.; KABRE, G.B.; MARQUES, A.; SAWADOGO, L. Dynamics of a population of five parasitic monogeneans of *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 in the Dam of Loumbil and possible interest in intensive pisciculture. **Pak J Biol Sci**, v.11, p. 1317–1323, 2008.
- BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. 1990.

BOWDEN TJ. Modulation of the immune system of fish by their environment. **Fish Shellfish Immunol.**, v. 25, p. 373–383, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.017>.

BRITTO Y.C.T, SILVA-SOUZA A.T. Temporal variation of monogenoideans component community in the gills of *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in fish farming in northern Parana state, Brazil. **Panamjas**, v. 12, n. 4, p. 333-34, 2017.

BUCHMANN, K.; LINDENSTRØM, T. Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. **Int J Parasitol**, v. 32, p. 309–319, 2002

BUCHMANN K, BRESCIANI J. Monogenea (Phylum Platyhelminthes). In: Woo, P.T.K. (Ed.), Fish diseases and disorders. Protozoan and metazoan infections vol. 1. **CAB Internat.**, Wallingford, pp. 294–341, 2006.

BUSH AO, LAFFERTY KD, LOTZ JM, SHOSTAK AW. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **J. Parasitol.**, v. 83, n. 4, p. 575-583, 1997.

BYCHOWSKY, B.E. Monogenetic trematodes their system and phylogeny. **Izd. Akadem.**, Nauk SSSR, Moskwa (In Russian), 1957.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. **Jaboticabal: FUNEP**, p. 189, 1992b.

DINIZ, N. M.; HONORATO, C. A. Algumas alternativas para diminuir os efeitos do estresse em peixes de cultivo - revisão. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, v. 15, n. 2, p. 149-154, 2012.

EIRAS, J. C. Elementos de Ictioparasitologia. Porto: Fundação Eng. Antonio de Almeida, p. 339, 1994.

EIRAS, J.C.; PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. 2. ed. rev. e ampl. Maringá: EDUEM, p. 199, 2006.

EIRAS, J.; TAKEMOTO, R.; PAVANELLI. Diversidade de parasitas de peixes de água doce do Brasil, 2010.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesca e aquicultura**. Palmas: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/>>.

ESCH G.W, BUSH A.O, AHO J.M. Parasite communities: patterns and processes. Chapman & Hall, London, UK, 1990.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, p. 200, 2016.

FERRIER S, GUISAN A. Spatial modelling of biodiversity at the community level. **J. App. Ecol.**, v. 43, p. 393–404, 2006.

FITZSIMMONS, K.; MARTINEZ-GARCIA, R.; GONZALES-ALANIS, P. Why tilapia is becoming the most important food fish on the planet. In: LIPING, L., FITZSMMONS, K. Better science, better fish, better life: proceedings of the ninth international symposium o tilapia in aquaculture. **Shangai: Aquafish**, CRPS, p. 9-18, 2011.

GHIRALDELLI L, MARTINS ML, JERÔNIMO GT, YAMASHITA MM, ADAMANTE WB. Ectoparasites communities from *Oreochromis niloticus* cultivated in State of Santa Catarina, Brazil. **J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 1, n. 2, p. 181-190, 2006.

HARMS, C.A. Treatments for Parasitic Diseases of Aquarium and Ornamental Fish. Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine, v. 5, n 2, p. 54-63, 1996.

HARRIS, J.; BIRD, D.J. Modulation of the immune system by hormones. **Vet. Immunol. Immunopathol**, v. 77, p. 163-176, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da pecuária municipal 2013. Rio de Janeiro, p.103, 2013.

JERÔNIMO, G.T.; SPECK, G.M.; MARTINS, M.L. First report of *Enterogyrus cichlidarum* Papterna 1963 (Monogeneoidea: Ancyrocephalidae) on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. **Neotrop. Helminthol.**, v. 4, n. 1, p. 75-80, 2010.

JERÔNIMO GT, SPECK GM, CECHINEL MM, GONÇALVES ELT, MARTINS ML. Seasonal variation on the ectoparasitic communities of Nile tilapia cultured in three regions in southern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 71, n. 3, p. 365-373, 2011.

JIMÉNEZ-GARCÍA, M. I.; VIDAL-MARTÍNEZ, V. M.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, S. Monogeneans in introduced and native Cichlids in México: Evidence for transfer. **J. Parasitol.**, v. 87, n. 4, p. 907-909, 2001.

KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Ed. Do autor, p. 289, 2000.

LACERDA, A.C.F.; YAMADA, F.H.; ANTONUCCI, A.M.; DIAS, M.T. Peixes introduzidos e seus parasitos. In: Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem., p. 169-193, 2013b.

LAFFERTY KD. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? **Parasitol. Tod.**, v. 13, p. 251–255, 1997.

LAMKOVÁ K, ŠIMKOVÁ A, PALÍKOVÁ M, JURAJDA P, LOJEK A. Seasonal changes of immunocompetence and parasitism in chub (*Leuciscus cephalus*), a freshwater cyprinid fish. **Parasitol. Res.**, v. 101, p. 775–789, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-007-0546-3>.

LIM, C.; WEBSTER, C. D. Tilapia: biology, culture, and nutrition. New York, Food Products Press, p. 704, 2006.

LIMA A.C.; AGOSTINHO, C.S.; SAYANDA, D.; PELICICE, F.M.; SOARES, A.M.V.M.; MONAGHAN, K.A. The rise and fall of fish diversity in a Neotropical river after impoundment. **Hydrobiologia**, v. 763, p. 207-221, 2016.

LIMA, C.; RIBEIRO, L.P.; LEITE, R.C.; MELOD, C. Estresse em peixes. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v. 30, n. 3, p. 113-117, 2006.

LIZAMA MAP, TAKEMOTO RM, RANZANI-PAIVA MJT, AYROZA LMS, PAVANELLI GC. Relação parasito-hospedeiro em peixes de pisciculturas da região de Assis,

- Estado de São Paulo, Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 29, n. 2, p. 223-231, 2007.
- LORTIE CJ, BROOKER RW, CHOLER P, KIKVIDZE Z, MICHALET R, PUGNAIRE FI, CALLAWAY RM. Rethinking plant community theory. *Oikos*.107:433–438, 2007.
- MADI, E.E.; UETA, M.T. O papel de Ancyrocephalinae (Monogenea: Dactylogyridae), parasito de *Geophagus brasiliensis* (Pisces: Cichlidae), como indicador ambiental. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, v. 18, n. 2, p. 38-41, 2009.
- MADI, R. R.; UETA M. T. Parasitas de peixes como indicadores ambientais. In *Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos*, A. T. Silva-Souza, M. A. P. Lizama, R. M. Takemoto (eds.). Maringá, Massoni, pp. 33-58, 2012.
- MAGURRAN, A.E. Ecological diversity and its measurement. Princeton, **Princeton Univ. Press**, p. 179, 1988.
- MAGURRAN, A.E. Measuring biological diversity. Oxford, **Blackwell Publ.**, p. 256, 2006.
- MARCOTEGUI, P.; MARTORELLI, S. A new species of *Demidospermus* (Platyhelminthes, Monogenea, Ancyrocephalidae) from the catfish *Parapimelodus valenciennis* in Samborombón Bay, Argentina. **Act. Parasitol.**, v.56, p. 116-121, 2011.
- MARTINS, M. L. Doenças infecciosas e parasitárias de peixes. 2.ed. Jaboticabal: Funep, Boletim Técnico, n.3, 1998.
- MARTINS, M.L. Manejo sanitário na piscicultura. *Sanidade de Organismos Aquáticos*, v. 15, p. 323-332, 2004.
- MARTINS, ML.; SÁ, A.R.S.; JERÔNIMO, G.T.; TANCREDO, K.R.; GONÇALVES, E.L.T.; BAMPI, D.; SPECK, G.M.; SANDIN, A.M. Microhabitat preference and seasonality of gill monogenean in Nile Tilapia reared in southern Brazil. **Neotrop. Helminthol.**, v.8, n.1, p.47–58, 2014.
- MARTTY, H. Los peces y sus enfermedades. Buenos Aires: Albatros, v. 2, 1986.
- MUNOZ, G, ZAMORA L. Ontogenetic variation in parasite infracommunities of the Clingfish *Sicyases sanguineus* (Pisces: Gobiesocidae). **J. Parasitol.**, v. 97, p. 14-19, 2011.
- NOGA, E. J. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. 2a. ed. Iowa Staty University: Library of Congress Catalogin, 519 p., 2010.
- OBA, T.E.; MARIANO, S.W.; ROMAGUEIRA, L. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. Macapá: Embrapa, 2009.
- OBIEKEZIE, A.I. The principal pathogens and diseases of cultured fishes in Nigeria. In: IFS (Eds). **Aquac. Afric.**, pp. 197-207, 1991.
- PAMPOULIE, C.; ROSECCHI, E.; BOUCHEREAU, J.; CRIVELLI, A.J. Do environmental changes influence the occurrence and effect of parasites. **J. Negat. Res. (Ecol. Evolut. Biol.)**, v. 1, p. 8-15, 2004.

PANTOJA WMF, NEVES LR, DIAS MKR, MARINHO RGB, MONTAGNER D, TAVARES-DIAS M. Protozoan and metazoan parasites of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. **Rev. MVZ Córdoba**, v. 17, n. 1, p. 2812-2819, 2012.

PAPERNA, I. Monogenea of inland water fish in Africa. *Annal. Mus. Roy. d'Afr. Cent. Tervurn Belg.*, Ser. IN-8 Science Zoologiques, n. 226, p. 131, 1979.

PAPERNA, I. Parasites, infections and diseases of fishes in Africa - An update. **CIFA Tech. Pap.** Rome, FAO, v. 31, 220p, 1996.

PARISELLE, A. Etudes des parasites de Cichlidae en Afrique de l'Ouest. *In: Agnese, J. F. Compt. Rend. D'Atel. Biod. Aquacult.* Centre de Recherches Oceanographiques, Abidjan, Cote D'Ivoire, p. 115, 1995.

PARISELLE, A.; EUZET, L. Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlid fishes in Africa, the Levant and Madagascar. **Zoosystema**, v.31, n. 4, p. 849-898, 2009.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C., TAKEMOTO, R. M. Doenças de Peixes: Profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá: EDUEM, p. 264, 1998.

PAVANELLI, G.C.; MACHADO, M.H.; TAKEMOTO, R.M.; GUIDELLI, G.M.; LIZAMA, MAP. Helminth fauna of fishes: diversity and ecological aspects. *In THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. and HAHN, NS. (Eds.). The Upper Paraná river and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation.* Leiden: Backhuys Publishers. p. 309-329, 2004.

PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 3ed. Maringá: Eduem, p. 311, 2008.

PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M.; EIRAS, J.C. Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem, p. 452, 2013.

PILLOUX, L.; AEBY, S.; GAÜMANN, R.; BURRI, C.; BEURET, C.; GREUB, G. The high prevalence and diversity of *Chlamydiales* DNA within *Ixodes ricinus* ticks suggest a role for ticks as reservoirs and vectors of Chlamydia-related bacteria. **App. Environm. Microbiol.**, v. 81, n. 23, p. 8177-8182, 2015.

RANZANI-PAIVA MJT, FELIZARDO NN, LUQUE JL. Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 27, n. 3, p. 231-237, 2005.

RICKLEFS, R. A Economia da Natureza. Tradução de Pedro Paulo de Lima-e-Silva. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

ROHDE K, HAYWARD C, HEAP M. Aspects of the ecology of metazoan ectoparasites of marine fishes. **Int. J. Parasitol.**, v. 25, p. 945-970, 1995.

RORIZ, G.D.; DELPHINO, M.K.; DE, V.C.; GARDNER, I.A.; GONÇALVES, V.S.P. Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. **Aquac. Rep.**, v. 6, p. 43-48, 2017.

RUBIO-GODOY M, SIGH J, BUCHMANN K, TINSLEY R.C. Immunization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* against *Discocotyle sagittata* (Monogenea). **Dis. Aquat. Org.**, v. 55, p. 23–30, 2003.

RUPPERT, E. E.; FOX. R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados. São Paulo: Roca, 1145p, 2005.

SHAH, H.B.; YOUSUF, A.R.; CHISHTI, M.Z.; AHMAD, F. Seasonal changes in infrapopulations of *Diplozoon kashmirensis* Kaw, 1950 (Monogenea: Diplozoidae) along a eutrophic gradient. **Parasitol. Res.**, v. 112, p. 3347–3356, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00436-013-3514-0>.

SHINN, A.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J.; PALADINI, G.; BROOKER, E.; BROOKER, A. Economic Impacts of Aquatic Parasites on Global Finfish Production. **Global Aquac. Adv.**, p. 82-84, 2015.

SHOEMAKER, C.A.; KLESZIUS, P.H.; EVANS, J.J. Diseases of tilapia with emphasis on economically important pathogens. In: Proceedings of the 5th International Symposium on tilapia Aquaculture, 2000.

SIDDALL, R., PIKE, A.W., McVICAR, A.H. Parasites of flatfish in relation to sewage sludge dumping. **J. Fish Biol.**, v. 45, p. 193-209, 1994.

SILVA, A.G.; MARTINEZ, C.B.R. Morphological changes in the kidney of a fish living in an urban stream. 2000. **Environm. Toxicol. Pharmacol.**, v. 23, n. 2, p. 185-192, 2007.

SIMKOVA, A.; JARKOVSKY, J.; KOUBKOVA, B.; BARUS, V.; PROKES, M. Associations between fish reproductive cycle and the dynamics of metazoan parasite infestation. **Parasitol. Res.**, v. 95, p. 65–72, 2004.

TAKEMOTO, R.M.; LUQUE, J.S.; BELLAY, S.; LONGHINI, C.E.; GRAÇA, R.J. Monogenea. In: PAVANELLI, G.C.; TAKEMOTO, R.M.; EIRAS, J.C. (Org.) Parasitologia de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Eduem; p. 273-299, 2013.

TAVARES-DIAS, M. Piscicultura continental no estado do Amapá: diagnóstico e perspectivas. **Bol. Pesq. Desenv.**, Embrapa Amapá, 81:1-38, 2011.

THATCHER, V.E.; BRITES-NETO, J. Diagnóstico, prevenção e tratamento das enfermidades de peixes neotropicais de água doce. **Rev. Bras. Med. Vet.**, v.16, n.3, p. 111-128, 1994.

TOMBI, J.; AKOUMBA, J.F.; BILONG, C.F.B. The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaounde, Cameroon. **Int. J. Modern. Biol. Res.**, v. 2, p. 16–23, 2014.

VALLADÃO, G.M.R.; GALLANI, S.U.; PÁDUA, S.B.; MARTINS, M.L.; PILARSKI, F. *Trichodina heterodentata* (Ciliophora) infestation on *Prochilodus lineatus* larvae: a host-parasite relationship study. **Parasitology**, v. 141, n. 5, p. 662-669, 2014.

VENTUROTI G.P.; VERONEZ, A.C.; SALLA, R.V.; GOMES, L.C. Variation of limnological parameters in a tropical lake used for tilapia cage farming. **Aquac. Rep.**, v. 2, p. 152-157, 2015.

VERLHAC, V.; GABAUDAN, J. The effect of vitamin C on fish health. DSM Nutritional Products, 2000. Disponível em:

<www.dsm.com/en_US/downloads/dnp/51644_VitaminC.pdf>.

XU, D.H.; SHOEMAKER, C.A.; KLESIUS, P.H. Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **J. Fish Dis.**, v. 30, p. 233-238, 2007.

XU, D.H.; PRIDGEON, J.W.; KLESIUS, P.H.; SHOEMAKER, C.A. Parasitism by protozoan *Ichthyophthirius multifiliis* enhanced invasion of *Aeromonas hydrophila* in tissues of channel catfish. **Vet. Parasitol.**, v. 184, p. 101–107, 2012.

ZAGO A.C, FRANCESCHINI L, GARCIA F, SCHALCH S.H.C, GOZI K.S, SILVA R.J. Ectoparasites of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cage farming in a hydroelectric reservoir in Brazil. **Braz. J. Vet. Parasitol.**, v. 23, n. 2, p. 171-178, 2014.

ZAPATA A, DIEZ B, CEJALVO T, GUTIREZ CF, CORTS A. Ontogeny of the immune system of fish. **Fish & Shellfish Immunol.**, v. 20, p. 126-136, 2006.

ZHOU H., C. JIANG, L. ZHU, X. WANG, X. HU, J. CHENG, M. XIE. Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. **Water Sci. Eng.**, v. 4, p. 92-100, 2011.

APÊNDICE - PROCEDÊNCIA DOS DADOS

Este trabalho é parte de um projeto maior que esteve sob a orientação da Dra. Ângela Teresa Silva-Souza, professora adjunta na Universidade Estadual de Londrina (UEL), que realizou a coleta dos parâmetros de qualidade de água e dos parasitos. Os peixes foram doados pela piscicultura e chegaram ao laboratório armazenados em gelo, por isso não foi necessária a aprovação pela Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA). Algumas informações como o arraçoamento, medidas de manejo, mortalidades, etc não foram divulgados por parte da piscicultura. Os parasitos conservados foram enviados ao Laboratório AQUOS para a quantificação e identificação parasitológica, além da escrita e apresentação do trabalho.