



MATHEUS HERNANDES LEIRA

**SUSCEPTIBILIDADE DE SERRASALMINÍDEOS
E SEUS HÍBRIDOS A PARASITOS EM SISTEMA
DE RECIRCULAÇÃO INDOOR E DE PEIXES
EM POLICULTIVO A BACTÉRIAS**

LAVRAS - MG

2016

MATHEUS HERNANDES LEIRA

**SUSCEPTIBILIDADE DE SERRASALMINÍDEOS E SEUS HÍBRIDOS A
PARASITOS EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO INDOOR E DE
PEIXES EM POLICULTIVO A BACTÉRIAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Genética, Reprodução e Sanidade em Animais Aquáticos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Coorientadora

Dra. Adriana Mello Garcia

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Leira, Matheus Hernandes.

Susceptibilidade de serrasalminídeos e seus híbridos a parasitos em sistema de recirculação indoor e de peixes em policultivo a bactérias / Matheus Hernandes Leira. – Lavras : UFLA, 2016.
98 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.
Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.
Bibliografia.

1. Sanidade de Animais Aquáticos. 2. Peixes Nativos. 3. Doença de peixes. 4. Pacu. 5. Tambaqui. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MATHEUS HERNANDES LEIRA

**SUSCEPTIBILIDADE DE SERRASALMINÍDEOS E SEUS HÍBRIDOS A
PARASITOS EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO INDOOR E DE
PEIXES EM POLICULTIVO A BACTÉRIAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 14 de dezembro de 2015.

Dra. Adriana Mello Garcia	UFLA
Dra. Aline Assis Lago	UFLA
Dra. Marinez Moraes de Oliveira	UFLA
Dra. Ariane Flavia do Nascimento	UNIFENAS

Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas
Orientador

LAVRAS - MG

2015

Aos meus avós Jose Hernandez e Hermínia Lamonato Hernandez

*À minha mãe, Zelma Hernandez, meus
irmãos, Arthur e Ayla*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e São Francisco de Assis por ter mostrado o caminho junto aos animais, razão por ter me formado em Medicina Veterinária.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Medicina Veterinária (DMV), pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

Ao professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela orientação, apoio, paciência, conselhos e ensinamentos durante o doutorado.

À professora Adriana Mello Garcia pela coorientação, dedicação e ensinamentos, conselhos, amizade, companheirismo e por ter - me acolhido no momento de maior necessidade, minha eterna gratidão.

Ao professor Marcio Gilberto Zangeronimo, coordenador do Programa em Ciências Veterinárias, pela paciência e ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, (Processo: 473549/2012-3) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Ricardo Massato Takemoto, pela identificação dos parasitas e grande incentivo na pesquisa.

À Aline Assis Lago e ao Adriano Carvalho Costa pelo ajuda, apoio, paciência e muita compreensão com as análises estatísticas.

Ao técnico do setor de piscicultura, Eleci Pereira, pelos ensinamentos, conselhos e farras juntos e à técnica Dirceia Costa por sempre estar junto no laboratório nos momentos de necessidade.

Aos amigos e companheiros de Pós-Graduação, Aline Assis Lago, Antonio Carlos, Carlos Cicinato, Hortência Aparecida Botelho, Marinez Moraes, Ulisses Nascimento, Luis Felipe, Tatiana Abreu, Adriano Carvalho, Mirian Silva Braz, Fábio Raphael Bruhn, Roseane Oliveira, Rafaela Bergmann, Jorge Henrique Vilela, Diego, Renan pela amizade e apoio durante o curso.

Aos Professores que transmitiram seus conhecimentos e se tornaram grandes amigos, Paulo Pompeu, Priscila Vieira e Rosa, Raimundo Vicente, Marcio Zangeronimo, Geraldo Marcio, Maria Emilia, Edison J. Fassani, Jose Antonio Viana (UFV), Tânia V. Cavalcante (UFPI), Gerson Fausto (UFT), Kenia Rodrigues (UFT), Francisca Elda F. Dias (UFT), Stanley Mulford (*in memoriam*), Virginia Teófilo (UNIFENAS).

Aos amigos da graduação, Eric Ribeiro, Marcelo Tanaka, Nayara, Jady, Amanda, Pedro, João Luis, Lucas Spósito (Goma), Mariano Marcilio, Henrique (Pirdido), Caio P. Martins (Pé de Cueio), Felipe Gabarra, Andre (Smigol), Gustavo Felisberto, Jose Reis, Edgar pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos violeiros, Luis Faria, Patrick da viola, Marcelo, Mauricio Viola, Wendel, Liu (*in memoriam*) e Zico (*in memoriam*).

Aos primos, Gabriel e Rafael Paulino da Costa, à sua Mãe Marisa, à sua avó dona Neire e ao seu avô, o grande Lulu (*in memoriam*), por serem grandes companheiros em minha vida, mesmo que distantes fisicamente, sempre presentes no coração.

À Marilu Martins Gioso, Calil Jose Miguel, Vanessa Franzo, Fabiana Caldara, Aline de Assis Lago, Andre Augusto R. Zumas, Carolina Gomes, Ana Paula Salvador, Maria Conceição V. Lacerda e Andreia Castro que sempre me apoiaram na luta por esta conquista.

Ao Reitor da "UNIFENAS" Edson Antonio Vellano (*in memoriam*) por grande incentivo no passado.

Ao mantenedor da "FACICA" , Dilermando Rabelo, por toda confiança depositada em mim.

Aos amigos da República Frei Caneco que me receberam de braços abertos, muito obrigado, enfim a Frei não é uma república e, sim, uma grande família, tendo como mãe a Rosa Helena Ramos.

À minha cachorra Pinga, inseparável amiga fiel e legal.

Aos amigos inocentes da Rua Nair Verônica, onde foram realizadas as melhores festas.

A todos os meus familiares, Amigos, Colegas, Parceiros, Amores, Amantes pelo apoio.

E a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

(Cora Coralina)

"Atiraram tanta pedra em meu caminho
Que com elas construí o meu altar
A lei divina manda só fazer o bem
Pros inimigos no altar eu vou rezar
Para aqueles que só sabem jogar pedras
Como resposta peço a Deus pra perdoar"

Jose Dias Nunes (*Tião Carreiro*)

RESUMO GERAL

O aumento da suscetibilidade às enfermidades parasitárias, bacteriológicas e infecciosas tem causado grandes prejuízos na piscicultura. A ocorrência de parasitas e bactérias é uma das maiores causas de perdas nas pisciculturas industrial e esportiva e, ainda, temos o fato de que o ambiente aquático facilita a reprodução, dispersão e sobrevivência dos agentes patogênicos. Pesquisas na área de sanidade em peixes são escassas, principalmente, quando relacionadas a espécies nativas. O aumento da aquicultura continental despertou maior interesse de produtores e pesquisadores quanto aos aspectos sanitários, visando ao aprimoramento das técnicas de produção. Nesse contexto foram realizados dois estudos relacionados à sanidade de peixes. O primeiro estudo foi realizado no intuito de quantificar a carga parasitaria de pacu, tambaqui e pirapitinga e seus híbridos, o paqui, o pirapicu e Pós F1. No segundo estudo, objetivou-se isolar e relatar a incidência da estreptococose e outros possíveis patógenos em pisciculturas de policultivo da região de Lavras – MG. Para as análises parasitológicas, foram feitas coletas brânquias de representantes de cada grupo genético, no qual foram encontrados dois gêneros de parasitas monogenéticos, *Anacanthorus sp.* e *Mymarolhecium sp.* Foram realizados cálculos dos parâmetros de prevalência, intensidade média, abundância e fator de condição. Para a identificação bacteriológica, foram coletadas amostras aleatórias de peixes em sete criatórios de policultivo de peixes da microrregião de Lavras, que contemplam as seguintes cidades: Lavras, Itutinga, Itumirim, Nepomuceno, Carrancas, São Sebastião da Vitória e Ingaí. Exemplares de tilápia, dourado, cará, curimba, surubim e piracanjuba foram analisados. Amostras de órgãos dos peixes coletadas e semeadas em meio de cultura. Após o período de incubação, a identificação dos microrganismos foi efetuada, segundo as características de cultura da bactéria, morfológicas, tintoriais e bioquímicas. Foram identificadas colônias de *Streptococcus*, *Aeromonas* e *Edwardsiella*. As doenças bacterianas foram encontradas apenas em tilápia, cará e curimba.

Palavras-chave: Sanidade em animais aquáticos. Ectoparasitas. Bactérias. Peixes nativos.

GENERAL ABSTRACT

Increased susceptibility to parasitic, bacterial and infectious diseases has caused great losses in fish farming. The incidence of parasites and bacteria are a major cause of losses in industrial and sport fish farms. The aquatic environment facilitates the reproduction, dispersal and survival of pathogens. Research on the area of fish health are scarce, especially when regarding native species. The increase in continental aquaculture aroused greater interest of producers and researchers regarding the health aspects in order to improve production techniques. In this context, two studies regarding fish health were conducted. The first study was conducted in order to quantify the parasite load on pacu, tambaqui and pirapitinga, as well as on the hybrids, paqui, pirapicu and Post F1. In the second study, the objective was to isolate and report the incidence of streptococcus and other potential pathogens in polyculture fish farms in Lavras, Minas Gerais, Brazil. For parasitological analysis, we collected gills from representatives of each genetic group, in which we verified two kinds of monogeneans parasites, *Anacanthorus sp.* and *Mymarolhecium sp.* We calculated the parameters of prevalence, average intensity, abundance and condition factor. For bacterial identification, random fish samples were collected from seven polyculture fish farms of the micro-region of Lavras, which include the following municipalities: Lavras, Itutinga, Itumirim, Nepomuceno, Carrancas, Sao Sebastiao da Vitoria and Ingai. Specimens of tilapia, dourado, cara, curimba, catfish and piracanjuba were analyzed. Samples of fish organs were collected and seeded in culture medium. After the incubation period, the identification of the microorganisms was conducted according to the traits of the bacterium culture, morphological, and biochemical dyeing. *Streptococcus*, *Aeromonas* and *Edwardsiella* colonies were identified. Bacterial diseases were found only in tilapia, cara and curimba.

Keywords: Sanity in aquatic animals. Ectoparasites. Bacteria. Native fish.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Espécies de interesses zootécnicos para aquicultura Brasileira	15
2.2	Pacu <i>Piaractus mesopotamicus</i>	16
2.3	Tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	17
2.4	Pirapitinga <i>Piaractus brachyopomus</i>	18
2.5	Híbridos	20
2.6	Aspectos Sanitários	23
2.7	Parasitologia em peixes	29
2.7.1	Monogenéticos	32
2.7.2	Gênero <i>Anacanthorus</i> Mizelle e Price (1965)	36
2.7.3	Gênero <i>Mymarothecium</i> Kritsky, Boeger e Jégu (1996)	39
2.8	Bactérias	42
2.9	Efeitos dos patógenos sobre o desempenho	43
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	47
	REFERÊNCIAS	48
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	56
	ARTIGO 1 Susceptibilidade a parasitas monogenéticos em <i>Serrasalminídeos</i>	56
1	INTRODUÇÃO	58
2	MATERIAL E MÉTODOS	61
2.1	Local	61
2.2	Obtenção dos grupos genéticos	62
2.3	Identificação dos parasitas	62
2.4	Cálculo dos parâmetros parasitológicos	63
2.5	Análises estatísticas	64
3	RESULTADOS	65
3.1	Parâmetros de qualidade de água	65
3.2	Identificação dos grupos genéticos	65
3.3	Avaliação parasitológica	66
4	DISCUSSÃO	69
5	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	75
	Artigo 2 Estudo epidemiológico e identificação de bactérias em pisciculturas de policultivo	80
1	INTRODUÇÃO	82
2	MATERIAIS E MÉTODOS	85
3	RESULTADOS	87

4	DISCUSSÃO.....	90
5	CONCLUSÃO.....	93
	REFERÊNCIAS.....	96

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial cresce mais do que qualquer outro setor de atividade primária, entre outros fatores, tem sido estimulada pelo aumento crescente da população e a demanda por alimentos saudáveis e ricos em nutrientes (BORGHETTI; OSTRENSKY; BORGHETTI, 2003; OLIVEIRA FILHO et al., 2010). O Brasil segue uma tendência mundial em consumir alimentos que tragam benefícios à saúde. O consumo de carne de peixe vai ao encontro dessa nova realidade, pois é rica em proteínas, vitaminas hidrossolúveis do complexo B e lipídeos, além de ser fonte de minerais fisiologicamente importantes (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO, 2014).

O aproveitamento dos recursos hídricos existentes tem proporcionado o desenvolvimento da piscicultura, com a criação de peixes em tanques-rede, tanque escavado ou açudes. É uma alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, apontada como um agronegócio capaz de melhorar as condições sociais, ambientais e econômicas de uma região (BRASIL, 2012).

A rápida expansão da piscicultura no Brasil está diretamente ligada a sua rentabilidade, a qual é aprimorada ao adotar sistemas que utilizam rações balanceadas e de boa qualidade, por permitirem o aumento da produtividade com menor impacto ambiental. Entre os peixes nativos brasileiros de maior interesse na piscicultura se encontram: o pacu *Piaractus mesopotamicus* o tambaqui *Colossoma macropomum* e seus híbridos (BORGES et al., 2012).

Há uma forte concorrência entre produtos oriundos da pesca e da aquicultura, pois muitas espécies exploradas pelo extrativismo ainda não possuem pacote tecnológico disponível para criação (BOSCOLO et al., 2011).

Dados referentes à estatística pesqueira do país mostram que o pacu, o tambaqui, a pirapitinga e os diversos híbridos, resultantes do cruzamento entre espécies nativas, até o momento, são os únicos peixes com expressiva importância econômica na piscicultura brasileira (KUBITZA; ONO; CAMPOS, 2007).

A produção de pacu e seus híbridos tem apresentado uma tendência crescente nas pisciculturas brasileiras, como resultado do desenvolvimento de pesquisas que visam ao aprimoramento das técnicas de produção de peixes em geral, sobretudo de espécies nativas (KUBITZA; ONO; CAMPOS, 2007).

Nas últimas décadas, os parasitos e bactérias de espécies de peixes introduzidas em sistemas de criação têm recebido atenção em virtude das implicações econômicas, sobretudo no caso das pisciculturas intensivas. Um grande número de parasitas pode causar grande mortalidade nas pisciculturas, sendo o tratamento um processo difícil e caro ao produtor (MARTINS et al., 2010).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espécies de interesses zootécnicos para aquicultura Brasileira

Os peixes pertencem à classe de vertebrados que possuem o maior número de representantes, com mais de 22.000 espécies catalogadas, entre peixes de água doce e salgada. Isto confere à piscicultura uma imensa gama de espécies com potencial zootécnico (SOARES et al., 2006).

A produção aquícola nacional de origem continental aumentou de forma significativa no triênio 2008-2010, resultado de um incremento de, aproximadamente, 40% durante este período. Na transição de 2009 para 2010, a produção passou de 337.353 t em 2009 para 394.340 t. No Brasil, dentre espécies nativas e exóticas, são cultivadas mais de 40 espécies de peixes e 6 híbridos interespecíficos (GODINHO, 2007; HASHIMOTO et al., 2012). A tilápia e a carpa foram as espécies mais cultivadas, as quais somadas representaram 63,4% da produção nacional de pescado em 2010. Contudo, também merece destaque a produção de tambaqui, pacu e híbridos, que, juntos, representaram 24,6% da produção (BRASIL, 2013).

Além da demanda por peixes de produção, a expansão do turismo ligado à pesca esportiva promove crescimento de sistemas de policultivo, sendo algumas espécies cultivadas para este fim, como as tilápias, surubim, curimba, piracanjuba, cará, dourado, além dos peixes redondos. Neste intuito, a criação em cativeiro destas espécies pode se tornar uma alternativa viável, através do subsídio de informações sobre o seu manejo em cativeiro, e melhora na sua conversão alimentar, para então obter sucesso em empreendimentos ligados à aquicultura (CYRINO, 2000).

Os maiores problemas econômicos e ecológicos estão associados aos parasitos e bactérias que fazem parte da microbiota dos peixes ou microflora da

água, os quais atuam como limitadores da produtividade, pois provocam atraso no crescimento dos peixes e altas taxas de mortalidade (SANTANA; SOARES; VAZ-PIRES, 2011).

2.2 Pacu *Piaractus mesopotamicus*

O pacu (Figura 1) é uma espécie da família *Characidae*, originária da Bacia do Prata, podendo ser encontrado nas Bacias do Paraná, Paraguai e Uruguai. É uma das espécies mais estudadas no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e recebe os nomes de caranha, pacu caranha ou pacu-guaçu (FROESE; PAULY, 2011; URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010).

O pacu é dos peixes mais estudados no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. É um peixe onívoro, que se alimenta de folhas, caule, frutos e sementes e, oportunamente, alimenta-se de insetos, aracnídeos, moluscos e outros peixes. Conforme a região, pode receber outros nomes como caranha, pacu-guaçu e pacu-caranha, possui o corpo discoide e estreito, podendo atingir até 20 kg no ambiente natural (URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010).

Dentre os peixes de cultivo no Brasil, o pacu é a espécie mais acometida com infestações parasitárias. Neste cenário, estudos que maximizem o crescimento e as respostas imunológicas dos peixes, reduzindo a utilização de quimioterápicos, são de extrema importância para garantir ao consumidor um produto final de qualidade (MARTINS et al., 2002; URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010).



Figura 1 Pacu *Piaractus Mesopotamicus*

2.3 Tambaqui *Colossoma macropomum*

O tambaqui (Figura 2) é uma espécie pertencente à família *Serrasalminidae* e à subfamília *Serrasalminae*. Peixe de piracema nativo das bacias dos rios Solimões, Amazonas e Orinoco é amplamente distribuído na parte tropical da América do Sul e na Amazônia Central e muito apreciado por seu sabor; sendo importante fonte de proteína animal, o tambaqui é onívoro com tendência a herbívoro, filtrador e frugívoro. Tem grande capacidade de digerir proteína animal e vegetal e de fácil adaptação à alimentação fornecida (SONG et al., 2011).

O tambaqui é a principal espécie amazônica cultivada no Brasil e considerada o segundo maior peixe de escamas da bacia amazônica, perdendo em porte somente para o pirarucu *Arapaima gigas*. A facilidade de produção de alevinos e o rápido crescimento fizeram do tambaqui um dos peixes mais populares da piscicultura brasileira. Contudo, o risco de alta mortalidade, durante os meses de inverno, tem desencorajado o cultivo do tambaqui nos estados das regiões Sul e Sudeste, particularmente, em locais onde a água pode atingir temperaturas abaixo dos 17°C (LOPERA-BARRERO et al., 2011). É

uma espécie relativamente bem adaptada às condições de cativeiro, aceitando rações artificiais e completas com índices desejáveis de crescimento e conversão alimentar. Ainda alcança preços atrativos nos exigentes mercados das grandes cidades amazônicas como Manaus, principal polo consumidor dessa espécie (ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005). O cultivo de tambaqui em tanques-rede, aproveitando recursos hídricos disponíveis, tem alcançado boa produtividade, indicando que essa modalidade de piscicultura intensiva é promissora para a criação do tambaqui em todo território nacional (LOPERA-BARRERO et al., 2011).



Figura 2 Tambaqui *Colossoma Macropomum*

2.4 Pirapitinga *Piaractus brachyopomus*

A pirapitinga (Figura 3) pertence à ordem *Characiformes*, família *Characidae* e são originárias das bacias dos rios Amazonas, Solimões e Orinoco e seus afluentes, pode atingir 80 cm de comprimento e 20 kg de peso. Possui um rápido crescimento, carne de grande aceitação no mercado e excelentes condições para a piscicultura. De hábito alimentar onívoro, a pirapitinga se alimenta de frutas, folhas, sementes e microcrustáceos. A pirapitinga é a única

espécie do gênero *Piaractus* encontrada na Bacia Amazônica, na América do Sul (FROESE; PAULY, 2011). É uma espécie rústica de rápido crescimento, carne de grande aceitação no mercado, excelentes condições para a piscicultura e de grande importância econômica para cultivo em escala comercial na Colômbia, Brasil, Peru, Venezuela e América Central (ALCÂNTARA; OLIVEIRA; NOBRE, 1990; VÁSQUEZ-TORRES; PEREIRA; ARIAS-CASTELLANOS, 2002).

No Brasil os primeiros trabalhos, visando à produção de alevinos em larga escala e a avaliação do desempenho da pirapitinga em cultivo, foram realizados pelo DNOCS na década de 70. Em virtude de apresentar um crescimento mais lento do que o tambaqui, o cultivo comercial da pirapitinga não se tornou tão popular no Brasil, no entanto, esse peixe tem sido utilizado em cruzamentos para obtenção de híbridos com o pacu (patinga) e com o tambaqui (tambatinga) (ZORRO et al., 2012).



Figura 3 Pirapitinga *Piaractus brachypomum*

2.5 Híbridos

Segundo Chevassus (1983), os estudos de hibridação em peixes iniciaram-se ao final do século dezenove e tiveram impulso a partir de 1919, na América do Norte, com Carl Leavitt Hubbs e seus colaboradores, ao estudarem hibridização de peixes de água doce na natureza. Em estudos realizados com híbridos de espécies do gênero *Epomis*, Hubbs (1955) começou a compreender melhores fatores básicos do processo de hibridação interespecífica e as vantagens apresentadas por este processo. Os exemplares híbridos das espécies estudadas geralmente apresentavam características taxonômicas intermediárias entre as espécies parentais, podendo até mesmo superá-las em certos aspectos, tais como crescimento rápido, maior brilho e intensidade de coloração, domínio no ambiente e até maior capacidade de capturar o alimento. Em resumo, tais híbridos apresentaram “vigor híbrido” ou “heterose” (CHEVASSUS, 1983).

Os híbridos se originam a partir de acasalamentos entre grupos populacionais de base genética distinta em uma ou mais características hereditárias. A hibridização pode envolver tanto cruzamentos entre linhagens diferentes dentro de uma mesma espécie, quanto entre indivíduos de espécies diferentes (BARTLEY; RANA; IMMINK, 2001).

A aplicação da técnica de hibridação nas grandes pisciculturas visa produzir animais que possam obter melhor desempenho que as espécies parentais (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001).

Em peixes, a hibridação é um fenômeno bastante comum, se comparado aos diversos grupos de vertebrados (ALLENDORF; WAPLES, 1996). Isto ocorre pelas características peculiares do grupo, entre elas a fertilização externa, mecanismos de isolamento, competição por territórios de desova, abundância de espécies e sobrevivência em ambientes limitados. Além do mais, metade dos eventos de hibridação em peixes tem sido atribuída à intervenção humana, com

as atividades de aquicultura sendo o principal fator, seguidas de introduções de espécies fora do seu local de origem e alterações de hábitat, como observado por Scribner, Page e Bartron (2001).

A maioria das linhagens de peixes geneticamente melhoradas que alcançam a indústria da aquicultura foi desenvolvida através de métodos tradicionais de manipulação genética, que incluem seleção, hibridação e endogamia (HULATA, 2001).

Muitas vezes, as características climáticas regionais levam o produtor a buscar espécies mais adaptadas ao local de cultivo, outras vezes a disponibilidade de alevinos e insumos tem provocado a escolha do peixe a ser trabalhado. A demanda do mercado, também, pode ter forte influência na escolha de uma determinada espécie, como se tem observado ultimamente com as tilápias. Entretanto muitas dessas espécies são frequentemente selecionadas de forma errônea, quando o piscicultor, motivado principalmente pela propaganda, deixa de considerar a adequação de uma espécie às características ambientais de sua região ou à forma de comercialização de que ele dispõe (PAVANELLI; EIRA; TAKEMOTO, 2008).

Atualmente, a produção de híbridos de peixes envolve várias espécies Neotropicais, com produtos viáveis e de grande interesse para os produtores (PORTO-FORESTI; FORESTI, 2010).

A subfamília *Serrasalminae* inclui 15 gêneros e 80 espécies, com uma distribuição estritamente na região Neotropical, atualmente, este grupo é classificado em nível de família, denominado *Serrasalmidae* (MIRANDA; RIBEIRO, 2010) e engloba os peixes conhecidos popularmente como Pacus e Tambaquis. Com base em dados moleculares, os *serrasalmídeos* são compreendidos por três grupos principais: “Piranha”, “Myleus” e “Pacu” (CRUZ; VENCOVSKY, 2010).

Atualmente, é por meio da técnica de hibridação interespecífica que o cultivo deste grupo de peixes tem merecido grande destaque na piscicultura brasileira. Para a obtenção de híbridos, os principais cruzamentos interespecíficos envolvem as espécies *Colossoma macropomum*, *Piaractus mesopotamicus* e *P. brachypomus*, que podem gerar uma grande heterogeneidade de produtos. Estes são produzidos discriminadamente e comercializados em larga escala pelas pisciculturas brasileiras (HASHIMOTO et al., 2012).

A produção de híbridos interespecíficos tornou-se uma prática comum nas pisciculturas brasileiras e já foi demonstrado que a hibridização entre pacu e tambaqui é viável, as alterações no crescimento ponderal, morfométrico e alométrico; no desenvolvimento das gônadas sexuais; nas características de qualidade da carcaça e da carne e reprodutivas advindas da produção de híbridos envolvendo cruzamento entre as espécies pacu, tambaqui e pirapitinga, ainda não foram devidamente estudadas (Pavanelli; EIRAS; TAKEMOTO, 2008).

Para a identificação dos híbridos, existem diversas metodologias propostas na literatura, que podem ser aplicadas na busca de informações diagnósticas. Algumas dessas técnicas, muitas vezes de difícil execução e custo elevado, podem envolver análises morfogenéticas; análises de marcadores citogenéticos, realizadas através de estudos de cariótipos e da aplicação de vários tipos de bandamentos cromossômicos; uso de marcadores genético-bioquímicos, obtidos pela eletroforese de alozimas e isozimas; métodos genético-moleculares, com a análise de regiões específicas do DNA nuclear e mitocondrial (DAL PAI-SILVA, 2003).

Tabela 1 Relação de cruzamentos entre pacu, pirapitinga e tambaqui

Genitora	Genitor	Híbrido
Pacu <i>P. mesopotamicus</i>	Pirapitinga <i>P. brachypomus</i>	Patinga
Pacu <i>P. mesopotamicus</i>	Tambaqui <i>C. macropomum</i>	Paqui
Pirapitinga <i>P. brachypomus</i>	Pacu <i>P. mesopotamicus</i>	Piracu
Pirapitinga <i>P. brachypomus</i>	Tambaqui <i>C. macropomum</i>	Pirapiqui
Tambaqui <i>C. macropomum</i>	Pacu <i>P. mesopotamicus</i>	Tambacu
Tambaqui <i>C. macropomum</i>	Pirapitinga <i>P. brachypomus</i>	Tambatinga

Fonte: (PORTO-FORESTI et al., 2008)

2.6 Aspectos Sanitários

Com a expansão da piscicultura no Brasil, a partir da década de 80, observou-se um crescente interesse por parte dos criadores no que diz respeito aos prejuízos econômicos causados pela mortalidade de peixes (THATCHER, 2006). Devido às implicações econômicas, sobretudo no caso das pisciculturas intensivas, o interesse em pesquisas com parasitas e bactérias de peixes tem sido renovado, nas últimas décadas. As altas taxas de infestações ou infecções parasitárias podem causar mortalidade apreciável nas diversas espécies de peixes cultivadas. Em alguns casos, o tratamento é muito difícil ou não existem atualmente processos terapêuticos eficazes (SCHALCH; MORAES; MORAES, 2006). Os prejuízos causados pelos parasitas podem ser verificados de um modo indireto, seja através da redução das taxas de assimilação e desempenho, reduzindo o valor do produto final (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006).

Inúmeros organismos têm sido relacionados com parasitoses em peixes; estes organismos, embora ocorram em ambientes naturais, tornam-se mais abundantes em condições de cultivo intensivo. Dependendo das condições da criação pode ter efeito deletério dos animais. Dentre esses organismos, podemos citar os trematódeos monogenéticos, como o *Anacanthorus sp.* e o

Mymarothecium sp. Estes parasitas se fixam principalmente nas brânquias dos peixes. Além disso, alguns crustáceos, como *Argulus*, *Lernaea* e *Ergasilus*, microcrustáceos da família *Copepodidae*, são parasitas e vetores de bactérias e vírus e podem facilitar a ocorrência de infecções secundárias (SCHALCH; MORAES; MORAES, 2006).

O cultivo intensivo de peixes pode ser afetado por quatro grandes grupos de patógenos, parasitas (ecto e endo), fungos, bactérias e organismos produtores de toxinas (cianobactérias). A alta densidade de peixes na piscicultura pode propiciar a proliferação desses agentes patogênicos, pois em ambientes em equilíbrio essas doenças são controladas naturalmente. Porém, más condições de manejo zootécnico, com cultivo de espécies exóticas, podem ser responsáveis por doenças tanto nos animais em criação como nas espécies de fluxos autóctones. Em ambientes eutrofizados, esta situação pode vir a se agravar devido à presença de muitas espécies de hospedeiros intermediários, facilitando o ciclo de vida de muitos parasitas (ZANOLO, 2004).

As condições sanitárias são fatores importantes, na criação de peixes em cultivo, visto que vários fatores como altas densidades de estocagem, a má qualidade da água, uma alimentação que não atenda às exigências nutricionais da espécie, o estresse ocasionado pela despesca e o transporte, podem facilitar o acesso e a invasão de agentes patogênicos, acarretando prejuízos econômicos incalculáveis. Em geral os danos causados ao hospedeiro estão relacionados à espécie de parasito, bem como à sua forma de alimentação, ao órgão ou tecido do hospedeiro afetado, à intensidade parasitária e ao estado geral do hospedeiro e aos fatores ambientais (EIRAS; TAKAMOTO; PAVANELLI, 2010).

No tanque de piscicultura deve haver equilíbrio entre a saúde do hospedeiro, a proliferação de agentes patógenos e as condições do ambiente aquático. Desse modo, a má qualidade de água, a redução de oxigênio dissolvido, alterações bruscas de temperatura, alta densidade de peixes, manejo

inadequado ou nutrição desequilibrada são fatores capazes de produzir estresse aos animais, predispondo-os a diferentes infecções bacterianas, fúngicas e parasitárias. Considera-se a água um ambiente extremamente favorável para a proliferação destes agentes sendo as parasitoses responsáveis por grandes perdas nas pisciculturas em nível mundial, sendo de maior relevância no neotrópico, devido às características climáticas destas regiões (THATCHER, 1994).

A disseminação de doenças parasitas e bacterianas para os cursos d'água é um fenômeno recorrente no Brasil. Quarentenas e controle sanitário rigoroso das fontes produtoras de alevinos, bem como monitoramentos periódicos da qualidade sanitária dos efluentes e de tanques de cultivo são necessários e devem estar explicitados no projeto de piscicultura (PÁDUA et al., 2012b).

O manejo inadequado pode causar graves problemas de doenças nos peixes cultivados nos diversos sistemas de criação (TAVARES-DIAS, 2011). Parasitos, bacterias, fungos e vírus são os principais patógenos diagnosticados em estudos realizados a campo em diferentes unidades produtoras de peixes (PÁDUA et al., 2012a, 2012b). A sanidade é um ponto crítico na criação e, também, limita a qualidade do pescado produzido. Grande parte dos problemas sanitários na piscicultura é decorrente de erros de manejo. Além disso, casos humanos de parasitoses transmitidas pelo consumo de peixes têm sido descritos em vários países, principalmente, onde há o hábito de consumo de pescado cru (BARROS; CASTRO; PATRÍCIO, 2006).

A resistência individual do peixe é importante e está relacionada com o estado nutricional do animal. Além disso, problemas com excesso de densidade e qualidade de água contribuem para o aparecimento de doenças. O estresse resultante das falhas de manejo ocasiona redução na resistência do organismo, fazendo com que em pouco tempo o peixe doente ou parasitado possa morrer (TAVARES-DIAS, 2011).

Quando as situações estressantes são inevitáveis e previsíveis, tais como a chegada do inverno nas regiões sudeste e sul do país ou a limitada disponibilidade de água de boa qualidade e quantidade, o piscicultor pode promover o aumento na capacidade de resistência dos animais cultivados através da continuação das práticas usuais de manejo. Uma dieta com maior qualidade é uma das melhores formas de melhorar o estado de saúde dos peixes (MARTINS et al., 2002).

No Brasil são poucos os estudos realizados para testar a eficácia e os efeitos secundários de drogas utilizadas para combater parasitoses e bactérias em peixes, principalmente, nas criações intensivas (MARTINS et al., 2002).

Sem a comprovação científica de sua eficácia, não é possível prever a extensão do prejuízo e, em muitos casos, parece ser melhor sacrificar o plantel, drenar e desinfetar o tanque e, a seguir, recomençar a criação (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008). Assim, o manejo adequado da piscicultura é, sem dúvida, a medida mais importante a ser tomada para evitar que os peixes sejam acometidos pelos mais variados parasitos. Todos os peixes no ambiente natural apresentam uma fauna parasitária e bacteriana característica, muitas vezes, sem manifestação patogênica que, entretanto, pode aparecer em condição de piscicultura devido ao aumento da densidade populacional. É de fundamental importância o controle rígido da qualidade da água, do nível do oxigênio, da temperatura, do pH, do fluxo de água nos tanques e da densidade populacional. O transporte adequado dos peixes também é um fator significativo, pois o estresse e as lesões podem facilitar diversas infecções (MARTINS et al., 2002).

Quando os organismos aquáticos se encontram intensamente parasitados ou com lesões profundas, dificilmente recuperam sua normalidade com tratamentos. Portanto, é fundamental o uso de diversas medidas profiláticas. (PÁDUA et al., 20012a)

Os peixes nem sempre adoecem e morrem quando são desafiados por agentes estressores. Normalmente, adaptam-se ao estresse por um período de tempo finito. Durante este período, os peixes podem parecer normais, embora estejam utilizando reservas energéticas e redirecionando o uso da energia em função das exigências extras impostas. Nesta condição, deixam de crescer e de se reproduzir, priorizando o retorno à condição de homeostase. Se há necessidade de redistribuição de energia, os peixes devem estar preparados, principalmente, para prover energia, além de outros compostos como vitaminas e minerais que agirão como substrato para o funcionamento adequado do sistema imunológico (BARTON; IWAMA, 1991).

De acordo com Pavanelli, Eiras e Takemoto (2008), uma forma de minimizar, ou até de evitar todos esses problemas de transmissão de doenças parasitárias e bacteriológicas, pode ser a adoção por parte dos órgãos públicos, de medidas preventivas com o objetivo de disciplinar o transporte de peixes de um local para outro. Seria a exigência do chamado “Certificado Ictiossanitário”. Este documento comprovaria, através de exames efetuados pelos especialistas, que os peixes de determinadas pisciculturas se apresentam negativos para doenças e, portanto, podem ser transportados sem perigo para outras pisciculturas. Este procedimento, sem dúvida, diminuiria drasticamente as possibilidades de disseminação das doenças parasitárias em peixes no Brasil como já foi feito na América do Norte e em vários países da Europa.

A identificação e quantificação de parasitos e bactérias podem fornecer subsídios para um melhor procedimento no controle de enfermidades em ambientes controlados e, ainda, como indicadores de qualidade ambiental, para que se possam sugerir práticas de manejo profiláticas adequadas e, quando possível, realizar intervenções terapêuticas (SCHALCH; MORAES; MORAES, 2006).

Estudos comprovam que o pacu é hospedeiro natural de monogenoides da espécie *Anacanthorus penilabiatus* (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008), e *Mymarothecium viatorum* (COHEN; KHON, 2005). Em pacus cultivados, tem sido relatada a ocorrência de *A. penilabiatus*, *A. spathulatus*, *Urocleidoides sp.* e *M. viatorum* (URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010). Em pirapitingas, também, já foi registrada a ocorrência de *A. penilabiatus* e *M. viatorum* (COHEN; KHON, 2005).

Parasitas e bactérias, de uma forma geral, podem ser encontradas tanto em peixes de populações naturais como em animais criados em cativeiro. Na literatura, há vários relatos sobre a ocorrência de parasitas em pacus e pirapitingas, no entanto, não há dados sobre o parasitismo no híbrido patinga, provavelmente, por ser uma linhagem relativamente recente. Entre as classes de helmintos parasitas de pacu e pirapitinga procedentes de populações naturais ou criadas em sistemas intensivos, já foram relatados monogenoides, nematoides, trematódeos, cestoides e acantocéfalos, além de infestações por protozoários, mixosporídeos e crustáceos (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010).

Estudos comprovam que o pacu é hospedeiro natural de monogenoides da espécie *Anacanthorus penilabiatus* (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008), e *Mymarothecium viatorum* (COHEN; KHON, 2005). Em pacus cultivados, tem sido relatada a ocorrência de *Anacanthorus penilabiatus*, *A. spathulatus*, *Urocleidoides sp.* e *M. viatorum* (URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010). Em pirapitingas, também já foi registrada a ocorrência de *A. penilabiatus* e *M. viatorum* (COHEN; KHON, 2005).

Um cruzamento que vem sendo muito realizado em pisciculturas com objetivo de obter tais características desejáveis é entre as espécies pacu e tambaqui (PAMPLONA-BASILIO; KOHN; FEITOSA, 2001). Os híbridos provenientes desse cruzamento são conhecidos como Tambacu fêmea de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e macho de pacu (*Piaractus*

mesopotamicus), Paqui (fêmea de pacu e macho de tambaqui) e Pirapicu fêmea de Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), e macho Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). O cruzamento entre essas duas espécies é bem sucedido, por elas possuírem o mesmo número de cromossomos ($2n = 54$), o que permite o pareamento e a formação de embriões (TAVARES-DIAS et al., 2001).

2.7 Parasitologia em peixes

Um dos grandes desafios da piscicultura no Brasil é reduzir as perdas na produção relacionadas ao manejo inadequado no sistema de criação. Estes procedimentos acabam promovendo o desenvolvimento de doenças infecciosas e parasitárias (MARTINS et al., 2002).

Na maioria dos casos, a seleção natural resulta em organismos que causam um mínimo de prejuízo ao hospedeiro. As epizootias são o resultado de uma ruptura no relacionamento equilibrado do hospedeiro com o parasita, criada por condições artificiais. O principal sinal clínico dessas doenças é a intensa produção de muco nas brânquias e superfície corporal do peixe (PAVANELLI; EIRAS; TAKAMOTO, 2008).

A parasitologia é a que mais integra as escalas biológicas promovendo um forte paradigma que conecta a ecologia, sistemática, evolução, biogeografia, comportamento e uma coleção de fenômenos biológicos que vão do molecular ao nível de organismos através da sucessão de micro e macroparasitas e seus hospedeiros vertebrados e invertebrados. Parasitos podem ser importantes em avaliações de impactos antropogênicos e naturais de fauna e ecossistema. Em sistemas marinhos, por exemplo, fenômenos climatológicos, oscilações ou mudanças cíclicas de circulação atmosférica influenciam os padrões oceânicos e das massas de água, os quais refletem nas estruturas das teias alimentares e na fauna parasitária (JERÔNIMO et al., 2011; TAVARES-DIAS et al., 2001).

Em condições de piscicultura intensiva onde a proximidade entre hospedeiros é favorecida esses parasitos podem se tornar um problema. Os peixes acometidos podem apresentar asfixia o que pode significar um impacto negativo para os sistemas de piscicultura (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008).

A intensificação dos cultivos culmina em problemas relacionados à qualidade de água, alimentação, doenças infecciosas e parasitárias com significativos prejuízos econômicos (JERÔNIMO et al., 2011; MARTINS et al., 2002).

Os estudos com parasitas e outros patógenos de organismos aquáticos ganharam destaque, principalmente entre as espécies de peixes com potencial para a comercialização (MARTINS et al., 2010).

Em um viveiro de piscicultura deve haver equilíbrio entre hospedeiro / parasito / ambiente, desse modo, o manejo inadequado, altas densidades de estocagem, alterações bruscas de temperatura, redução de oxigênio dissolvido, nutrição inadequada e a degradação da qualidade de água, são fatores que favorecem estresse dos animais, tornando-os assim susceptíveis a enfermidades (ZANOLO; YAMAMURA, 2006).

Os sistemas de produção intensiva como, por exemplo, a criação de peixes em tanques-rede, utilizam altas densidades de estocagem, sendo comuns neste tipo de criação problemas de manejo, má qualidade da água, carências nutricionais e também doenças e surtos de parasitos. Estes problemas podem causar estresse nos peixes, predispondo-os ao ataque de vários organismos patogênicos, principalmente protozoários e monogenoídeos (CARVALHO et al., 2012; KUBTIZA; KUBTIZA, 2004).

Existem registros de ocorrência de vários parasitas com potencial patogênico em criações intensivo de peixes nativos entre eles encontram-se os mixosporídeos, os crustáceos, os acantocéfalos e, ainda, os helmintos

monogenoides e este último grupo é o que apresenta altos valores de intensidade parasitária registrados em peixes cultivados. Com relação aos monogenoides, as espécies de maior ocorrência são *anacanthorus spathulatus*, *linguadactyloides brinkmanni* e *notozothecium sp.* Altas taxas de infestações parasitárias podem afetar o desempenho dos peixes sob cultivo e aumentar a taxa de mortalidade (MACIEL et al., 2011).

Tendo os parasitos como indicadores da biologia do hospedeiro, de contaminantes ambientais e estrutura de cadeia alimentar, a comunidade parasitária de peixes pode ser um bom demonstrativo de estresse ambiental e biodiversidade (LIZAMA et al., 2007).

Bons indicadores podem ser excepcionalmente sensíveis às modificações ambientais, e as alterações significativas no número de indivíduos nas populações podem ser utilizadas como um alerta das condições deteriorantes, antes da maioria dos organismos menos sensíveis serem seriamente afetados (MACKENZIE et al., 1995).

O ciclo de alguns parasitos depende de organismos pequenos e delicados e a mínima variação ambiental atinge esses organismos, refletindo sobre o parasitismo dos peixes. A escolha de qual parasito apresenta condições de ser utilizado como ferramenta de análise ambiental é complexa (MACIEL; TASCA; DE CARLI, 2011).

A utilização de monogenéticos como indicadores de alterações ambientais foi citada por Mackenzie et al. (1995), ao afirmarem que o baixo nível de poluição pode produzir um efeito hormético em alguns ectoparasitas, aumentando a reprodução e causando um aumento marcante nas populações parasitas.

A identificação das espécies de monogenoides parasitas de peixes está baseada principalmente em aspectos morfológicos, sendo as estruturas esclerotizadas do háptor importantes para a taxonomia. Recentemente, tem sido

sugerido o uso de técnicas moleculares, em especial o RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), para auxiliar na identificação específica destes helmintos. Os monogenóides parasitas de peixes de água doce são predominantemente representados por espécies das famílias *Gyrodactylidae* e *Dactylogyridae* (EIRAS; TAKEMOTO, PAVANELLI, 2006).

Com o desequilíbrio na integridade biótica do ecossistema aquático, variações nas comunidades de peixes e seus parasitos refletem a perda da qualidade ambiental. Ectoparasitos de peixes cultivados, por sua vez, mostram variações na sua composição diante de inadequado manejo alimentar e aquático (CHAGAS et al., 2007).

2.7.1 Monogenéticos

Por muito tempo os monogenéticos foram considerados uma ordem da classe Trematoda e o nome Monogênea foi amplamente aceito. Com a elevação do grupo ao nível de classe e a proposta de uma emenda que sugeriu a mudança do nome do grupo para Monogenoidea, ocorreu uma aparente confusão na nomenclatura. Alguns autores aceitaram essa classificação e outros rejeitaram a divisão e continuaram a tratar os monogenéticos como uma ordem, outros aceitaram a elevação do grupo ao nível de classe e continuaram a usar o nome Monogênea, que é uma adaptação do nome original em Francês, “monogénèses” a um sufixo latinizado. Uma resolução adotada no 4º congresso internacional de parasitologia em 1978 chegou ao consenso de adotar Monogenea como nome da classe. Apesar da rejeição por parte de alguns pesquisadores, que argumentavam a inaplicabilidade do código de nomenclaturas às altas categorias taxonômicas, abrindo precedente para o uso do nome Monogenoidea, o nome Monogenea permaneceu com a justificativa de que Monogênea e Monogenoidea referem-se ao mesmo grupo de organismos. Na ausência de regras, o nome a ser aplicado

em um táxon superior pode ser determinado por consenso entre especialistas, sendo o nome *Monogenea* mais amplamente usado por estes (ABDALLAH; AZEVEDO; LUKE, 2006).

Os Monogenoideas são helmintos pertencentes ao Filo *Platyhelminthes*, que desempenham o papel de ectoparasitas na superfície do corpo, brânquias, cavidade nasal e sistema urinário de peixes são hermafroditas com ciclo de vida direto, em peixes habitam brânquias, pele, fossas nasais, ureter e intestino. Em anfíbios e répteis aquáticos podem ser encontrados na boca, cloaca ou bexiga urinária. O háptor é uma estrutura muito importante na identificação dos monogenéticos (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010; TAKEMOTO et al., 2004).

Os girodactilídeos, em geral, são vivíparos e, na sua maioria, parasitam a superfície do corpo e brânquias dos peixes e podem apresentar um ou dois pares de manchas ocelares (olhos), facilmente identificadas por microscopia. Estes parasitas quase sempre são encontrados nas brânquias, podendo se alojar também nas cavidades nasais e superfície do corpo (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008). Os membros da classe monogenea são ectoparasitos de brânquias, pele e orifícios de peixes, anfíbios e répteis e, menos frequentemente, do trato esofágico e vesícula (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010).

Calcula-se que há mais de 3.000 espécies de monogenéticos parasitas de peixes, muitos dos quais específicos para determinada espécie hospedeira (CRUZ-LACIERDA et al., 2000).

Os monogenéticos são ectoparasitos do grupo dos platelmintos (trematódeos), presentes na maioria dos ambientes aquáticos e relacionados a infecções em diversas espécies de peixes. Os monogenéticos possuem estruturas específicas, denominadas de háptor, que dispõem de ganchos para a fixação aos hospedeiros. Geralmente são encontrados no corpo e nas nadadeiras, embora possa, eventualmente, instalar-se nas brânquias. O parasito provoca aumento na

secreção de muco, prurido e irritação do epitélio. Nas brânquias infecções severas, resultam na inflamação e destruição do epitélio branquial, ruptura dos capilares sanguíneos, prejudicando a respiração e o equilíbrio osmorregulatório dos peixes. A intensificação dos sistemas de produção, com o aumento na densidade de estocagem e nos níveis de arraçoamento, favorece a infecção por provocarem aumento da carga orgânica e redução na qualidade da água. Os monogenéticos são capazes de se reproduzir eficientemente sob condições de baixa qualidade de água e se aproveitam da queda de resistência dos peixes para causar sérias infecções (KUBITZA; KUBITZA, 2004).

De acordo com Cruz-Lacierda et al. (2000), os monogenéticos são um grupo bem diversificado e de alta especificidade em relação ao hospedeiro. O ciclo de vida dos monogenéticos é direto e todos os estágios se completam em um único hospedeiro, podem ser vivíparos ou ovovivíparos.

A ocorrência de Monogenoideas nas brânquias dos peixes pode ocasionar hiperplasia celular, hipersecreção de muco e, em alguns casos, fusão de filamentos das lamelas das brânquias. Nos casos onde há produção excessiva de muco, pode ocorrer impermeabilização das brânquias, com isso dificultando a respiração e levando os indivíduos à morte por asfixia (EIRAS et al., 2012).

O háptor localiza-se na extremidade posterior do parasito, podendo ser armado com estruturas esclerotizadas tais como âncoras, barras e ganchos; em alguns gêneros podem estar presentes grampos. O sistema reprodutor masculino inclui testículo, vesícula seminal, peça acessória e órgão copulatório masculino. Já o sistema reprodutor feminino é formado por germário, oviduto, receptáculo seminal (podendo estar ausente) e vagina. O sistema digestório consiste em boca, faringe, esôfago e cecos intestinais. Os monogenéticos podem ser vivíparos (como alguns da família Gyrodactylidae) ou ovíparos (todas as outras famílias) e seu estágio larval chama-se oncomirácidium. São divididos geralmente em dois maiores grupos chamados *Polyopisthocotylea* e

Monopisthocotylea, diferenciados de acordo com a morfologia do órgão de fixação dos adultos (GUIDELLI et al., 2011).

Quando esses ectoparasitas encontram-se aderidos ao tegumento, comumente causam lesões mais brandas, porém, podem abrir portas de entrada para eventuais infecções secundárias. As doenças causadas por Monogenoideas estão entre as mais importantes para a piscicultura, uma vez que provocam elevadas taxas de mortalidade nos peixes (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008).

As lesões provocadas podem ser secundariamente invadidas por fungos e bactérias, podendo ocasionar, para os hospedeiros, consequências mais graves. Pode ocorrer patogenia ocular, podendo levar à opacidade e ulceração de córnea, ruptura do globo ocular e degeneração das estruturas internas do mesmo. Muitos estudos demonstram que a mortalidade pode ser elevada, em espécies cultivadas. Apesar de não constituírem geralmente uma preocupação para piscicultores, sob o ponto de vista parasitológico, os monogenéticos podem ser de importância econômica considerável (EIRAS et al., 2012).

Apesar de esforços dos taxonomistas, a diversidade de monogenéticos neotropicais ainda é largamente desconhecida. A estimativa é de que menos que 3% de monogenéticos de água doce sejam conhecidos (GUIDELLI et al., 2011).

A biodiversidade representa uma sucessão através de uma variedade de escalas, componentes numéricos, ecológicos e filogenéticos numa estrutura temporal e espacial. Esses componentes envolvem habitats, ecossistemas e comunidades, diversidades genéticas nas populações de espécies, genealogia e taxonomia, história e geografia (GUIDELLI et al., 2011).

Considerando-se a gravidade desta parasitose e também a dificuldade de se erradicar essa enfermidade, depois de instalada na piscicultura, sugere-se que todos os novos peixes adquiridos sejam submetidos a banhos profiláticos e à quarentena, pois são de ciclo evolutivo direto, o que facilita sua propagação. O

tratamento pode ser feito por imersão em formalina comercial, diluída em 1:4.000, durante uma hora ou em cloreto de sódio de 1 a 3% de 30 minutos a 3 horas (EIRAS et al., 2012).

2.7.2 Gênero *Anacanthorus* Mizelle e Price (1965)

MONOGENEA Bychowsky (1937)

DACTYLOGYRINEA Bychowsky (1937)

DACTYLOGYRIDEA Bychowsky (1937)

DACTYLOGYRIDAE Bychowsky (1933)

ANACANTHORINAE Price (1967)

Anacanthorus Mizelle e Price (1965)

Descrição do gênero *Anacanthorus* (Figura 4), Mizelle e Price (1965), parasito de brânquias de espécies de peixes Characiformes, conforme Kritsky, Boeger e Van Every (1992); Thatcher (2006). Corpo fusiforme dividido em região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor. A região peduncular pode ser ondulada. Tegumento fino e liso. Lobos cefálicos, órgãos da cabeça e glândulas cefálicas presentes. Quatro lobos cefálicos, dois terminais e dois laterais. Glândulas cefálicas compreendendo dois grupos bilaterais de células que se encontram posterior e dorsal à faringe. Quatro ou dois ocelos, com o par de ocelos posterior maior; grânulos dos ocelos presentes ou ausentes. Faringe bulbosa, muscular e glandular, uma subunidade. Esôfago presente. Dois cecos intestinais confluentes e posteriores ao testículo, sem divertículo lateral. Ganchos dactilogirídeos com a porção proximal do pedúnculo inflada, dividida em duas porções evidentemente definidas, ou simples. 14 ganchos com distribuição anacantorine (6 dorsais e 8 ventrais). Gênero reconhecido principalmente pela ausência de âncoras e barras. Gônadas sobrepostas, entre os

cecos intestinais; testículo posterior ao ovário, sendo esse localizado próximo à região média do tronco. Canal deferente estende-se até a vesícula seminal fusiforme, com uma alça antes de sua entrada na base do órgão copulatório masculino (OCM), pode enlaçar-se no ceco intestinal esquerdo. Vesícula seminal fusiforme. Reservatório prostático arredondado a oval. Complexo copulatório constituído pelo OCM esclerotizado e peça acessória, presente ou ausente; peça acessória em formato de J, sinuosa, um pouco reta ligeiramente encurvada ou enrolada. Uma peça acessória, não articulada ou articulada diretamente ao OCM. Ovário oval a alongado; sólido. Oviduto curto. Vagina ausente. Receptáculo seminal geralmente ausente. Útero bem desenvolvido com a porção terminal constituída por uma parede interna levemente esclerotizada. Poro genital comum medioventral. Vitelinos distribuídos por todo o parênquima desde a faringe até o pedúnculo, mas pode se estender desde a região marginal cefálica até o haptor.

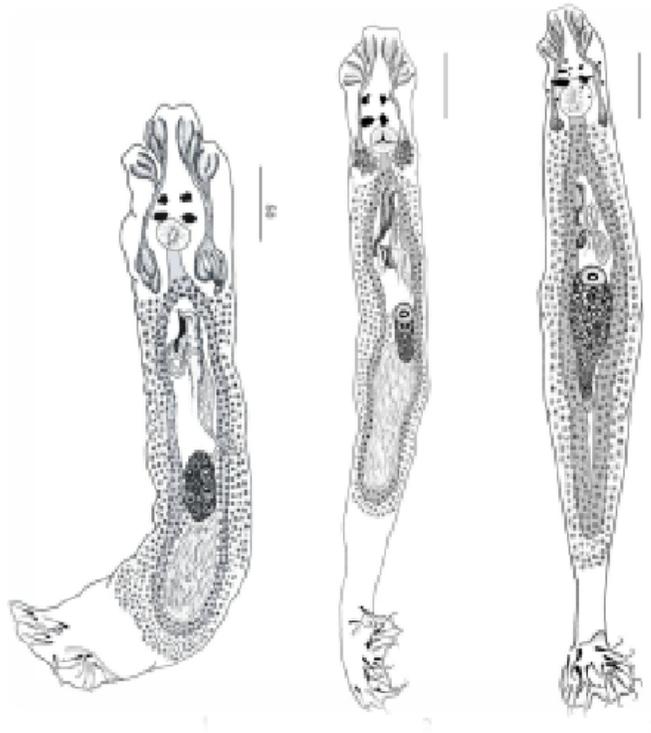


Figura 4 Desenhos de 01 - 03. Espécies *Anacanthorus* sp. (holótipo, ventral).

Todas as figuras são apresentadas na escala de 50 micrômetros

Fonte: (TAKEMOTO et al., 2004).

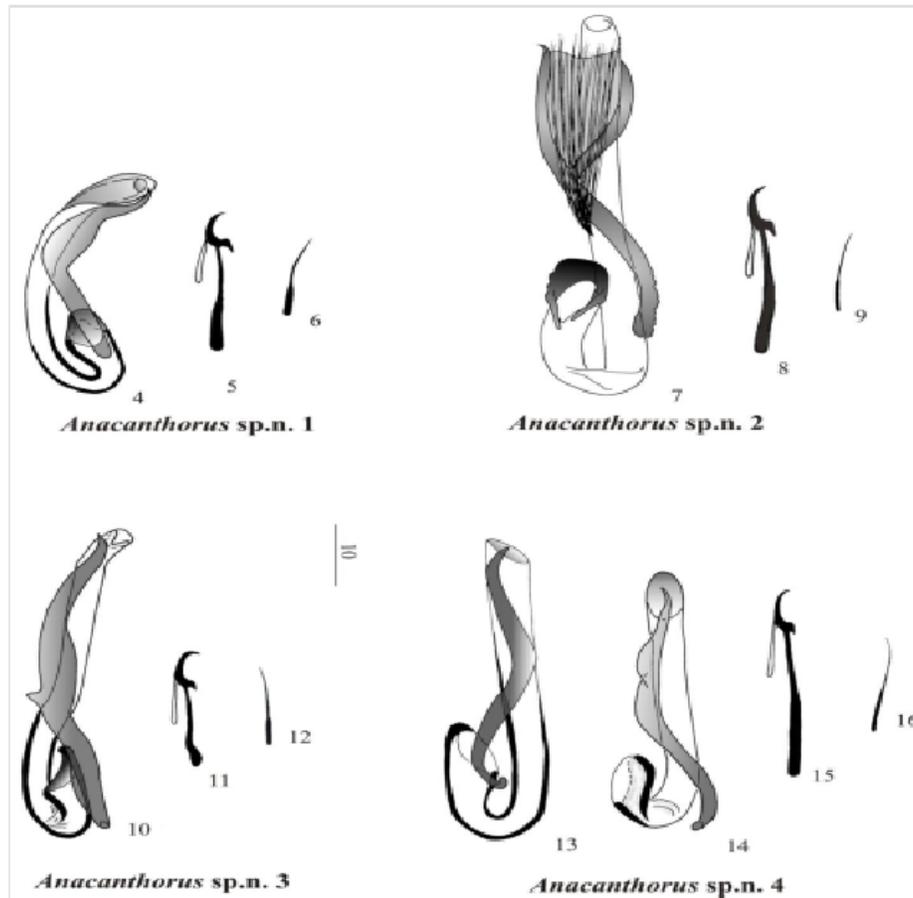


Figura 5 Desenho de 04 a 16. Estruturas esclerotizadas de *Anacanthorus sp.*
 Figuras 4 a 6. 1 a 4. Órgão copulatório masculino. 5. Gancho. 6. 4A.
 Figuras 7 - 9. 7, Órgão copulatório masculino. 8, Gancho. 9. 4A.
 Figuras 10-12. 10. Órgão copulatório masculino. 11. Gancho. 12. 4A.
 Figuras 13-16. 13-14, Órgão copulatório masculino. 15, Gancho. 16.
 4A. Todas as figuras são representadas em escala de 10 micrômetros

Fonte: (TAKEMOTO et al., 2004).

2.7.3 Gênero *Mymarothecium* Kritsky, Boeger e Jégu (1996)

MONOGENEA Bychowsky (1937)

DACTYLOGYRIDEA Bychowsky (1937)

DACTYLOGYRIDAE Bychowsky (1933)

ANCYROCEPHALINAE Bychowsky (1937)

Mymarothecium Kritsky, Boeger e Jégu (1996)

Descrição do gênero *Mymarothecium* (Figura 5), Kritsky, Boeger e Jégu (1996), parasito de brânquias de espécies de peixes pertencentes à família Serrasalminidae (Characiformes), segundo Kritsky, Boeger e Jégu (1996); Thatcher (2006): Corpo fusiforme dividido em região cefálica, tronco, pedúnculo e haptor. Tegumento fino e liso, com anulações escaladas. Quatro lobos cefálicos, dois terminais e dois laterais; órgãos da cabeça presentes. Glândulas cefálicas unicelulares presentes. Quarto ocelos; grânulos dos ocelos ovais presentes ou ausentes. Boca subterminal e medioventral. Faringe bulbosa, glandular e muscular, uma subunidade. Esôfago curto. Cecos intestinais confluentes posteriores ao testículo, sem divertículo. Haptor sub-hexagonal, com o complexo âncora/barra ventral e dorsal. Ganchos dactilogirídeos com o pedúnculo em duas porções claramente definidas; 14 ganchos similares com distribuição ancirocefaline (4 dorsais e 10 ventrais); ganchos com a ponta delicada, polegar saliente, haste expandida compreendendo duas subunidades com a subunidade proximal de comprimento variável entre os pares de gancho; laço do filamento do gancho que se estende até a união das subunidades da haste. Dois pares de âncoras bem definidos. Âncora ventral com eixo, ponta e raízes bem definidas. Âncora dorsal com eixo, ponta e base composta por duas raízes. Barra ventral em forma de haste com projeções medianas, posterior e anterior, presentes ou ausentes. Barra dorsal ligeiramente em forma de U ou em forma de haste; com projeção anterior, presente ou ausente, e a projeção posterior ausente. Gônadas sobrepostas, entre os cecos intestinais; testículo dorsal ao ovário; ovário oval ou alongado, sólido. Canal deferente aparentemente enlaçado no ceco intestinal esquerdo. Vesícula seminal, dilatação sigmoide do canal deferente. Dois reservatórios prostáticos; pequeno,

arredondado a oval. Complexo copulatório constituído pelo OCM e peça acessória; OCM reto ou ligeiramente curvado. Peça acessória articulada diretamente ao OCM ou articulada a esse por um ligamento copulatório. Vagina não esclerotizada, dilatada, muscular, com a abertura na superfície médio-dorsal, dorsal à direita ou ventral à direita próximo à região mediana do tronco. Receptáculo seminal fusiforme ou ausente. Poro genital medioventral próximo à bifurcação dos cecos intestinais.

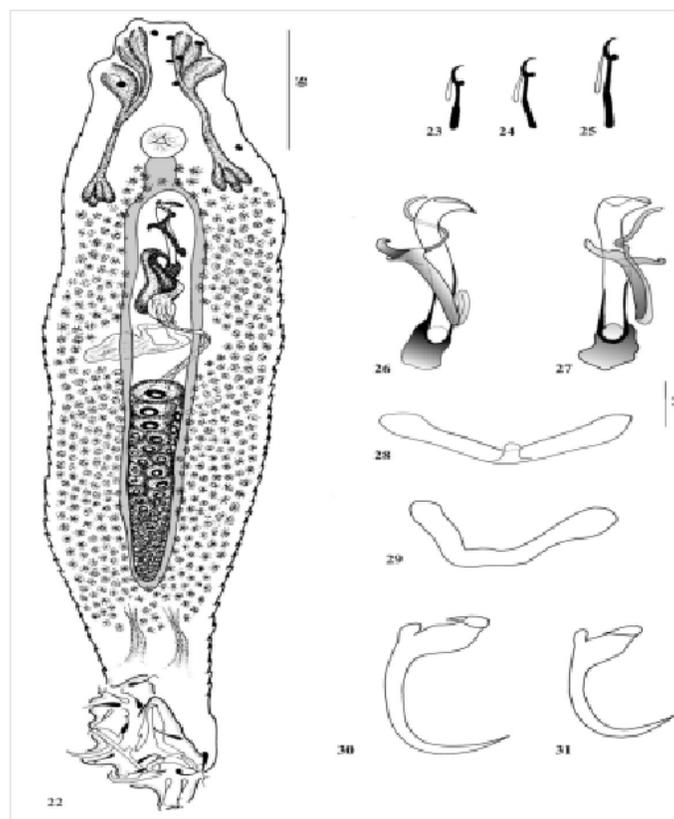


Figura 6 Desenho de 22-31. *Mymarothecium* sp. na Figura 22. Holótipo (vista ventral). 23. Gancho par 1. 24. Gancho par 2. 25. Gancho par 2. 26. Gancho par 2. 27. Órgão copulatório masculino. 28. Barra ventral. 29. Barra dorsal. 30. Âncora dorsal. 31. Âncora ventral

Fonte: (TAKEMOTO et al., 2004).

2.8 Bactérias

As bactérias que causam perdas econômicas de importância para a piscicultura são consideradas oportunistas. Estão presentes na água e na microbiota dos peixes e desencadeiam enfermidades quando o hospedeiro encontra-se debilitado em decorrência de alguns fatores. Entre os quais, podemos ressaltar o estresse provocado por alterações na qualidade da água, associados à elevada densidade de estocagem de peixes, favorecendo o aumento de populações bacterianas e outros agentes patogênicos ou oportunistas (EIRAS et al., 2012;).

As bactérias constituem importantes patógenos na piscicultura intensiva, devido a sua facilidade de disseminação e por apresentarem um caráter oportunista. Embora existam inúmeras bactérias patogênicas, algumas delas são de ocorrência frequente e apresentam maior impacto econômico na produção comercial de peixes cultivados, como: *Aeromonas spp*, *Edwardsella spp*, *Flavobacterium columnare*, *Francisella spp*, *Streptococcus spp*. (LEIRA et al., 2015).

Os peixes podem ser portadores de agentes etiológicos sem, contudo apresentar sintomas clínicos, podendo ocorrer uma proliferação se houver alteração nas condições ambientais ou no hospedeiro. A combinação de um agente infeccioso e o estresse provocado pelos fatores ambientais causa a progressão da enfermidade e morte (TAVARES-DIAS, 2011).

A intensificação dos cultivos representa um dos principais fatores estressantes para os peixes, contribuindo para a permanência e disseminação do agente no ambiente, principalmente quando associada a variações abruptas nos parâmetros de manejo a que estão acostumadas (TAVARES-DIAS, 2011).

Enfermidades bacterianas em peixes são comuns em sistemas aquáticos, porém práticas de manejo adequadas podem prevenir mortalidades. Para que um

diagnóstico preciso e confiável seja realizado, é necessária a contribuição do piscicultor, no sentido de fornecer dados corretos sobre o sistema de criação, manejo empregado, espécies trabalhadas, tratamentos utilizados, enfermidades já identificadas na propriedade, qualidade da água e, principalmente, enviar amostras de peixes e água adequadas. Dessa forma, o diagnóstico será rápido e as devidas soluções serão em prática para que o problema seja o mais rapidamente resolvido (GOMES; SIMÕES; ARAÚJO-LIMA, 2010).

Na tentativa de controlar doenças bacterianas em humanos e na produção animal, aumentou-se, significativamente, o uso indiscriminado de antibióticos para profilaxia e tratamento de doenças, resultando em resistência de bactérias comensais e patogênicas a múltiplos agentes antimicrobianos. Por este motivo, torna-se cada vez maior a preocupação com o desenvolvimento de patógenos resistentes e o potencial risco desta resistência ser transferida a patógenos humanos através da ingestão de produtos e subprodutos animais contaminados, tornando-se um dos principais problemas de saúde pública (GUIDELLI et al., 2011).

2.9 Efeitos dos patógenos sobre o desempenho

O fenótipo de um indivíduo é resultante da interação entre o seu genótipo e o ambiente a que este indivíduo é exposto ao longo de sua história de vida. A variação na interação entre genótipos e os diversos fatores ambientais ao longo da trajetória da vida dos indivíduos gera a variabilidade fenotípica, e a ação da seleção natural sobre esta, produz as suas diferenças em aptidão. Adicionalmente, a expressão fenotípica resulta da complexidade dos fatores individuais, seus arranjos dentro de hierarquias e de suas interações (GUIDELLI et al., 2011).

Como parte das variáveis ambientais, os parasitas afetam a trajetória ontogenética e influenciam a expressão de inúmeros caracteres fenotípicos de seus hospedeiros como estratégia para sua sobrevivência e transmissão (OMEJI; SOLOMON; OBANDE, 2010).

A forma e o grau desses efeitos são determinados pelos caracteres relacionados à virulência, resistência e tolerância e de como esses caracteres afetam a aptidão do hospedeiro. Esses efeitos podem ocorrer desde a vida embrionária até a morte do hospedeiro (OMEJI; SOLOMON; OBANDE, 2010).

O desenvolvimento de constante ação e reação entre hospedeiro e parasita ao longo do estabelecimento da associação entre estes resulta em alterações na fisiologia e morfologia do hospedeiro (OGUT; AKYOL; ALKAN, 2005).

Adicionalmente, diversos estudos têm demonstrado que esta reorganização fenotípica do hospedeiro pode envolver também diversos aspectos de seu comportamento, alterando a forma como o complexo hospedeiro-parasita interage com o ambiente (EIRAS et al., 2012).

Tais alterações refletem respostas ao estresse associado ao parasitismo, de forma a trazer as condições funcionais do hospedeiro para valores o mais próximo possível da condição de homeostase (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010).

O acúmulo de evidências de efeitos diretos e indiretos da infecção sugere fortemente que a carga parasitária deve ser um importante determinante do valor adaptativo (fitness) do hospedeiro (GOME; SIMÕES, ARAÚJO-LIMA, 2010). Deste modo, a compreensão de quais são as características fenotípicas do hospedeiro afetadas pelos parasitas, bem como suas consequências sobre a aptidão, é determinante para estabelecer a importância do parasita como agente seletivo dos indivíduos hospedeiros. Para tanto, é necessário compreender como

os parasitas se relacionam com diferentes aspectos da organização hierárquica do fenótipo (LEMOS et al., 2007).

No paradigma da organização hierárquica do fenótipo, proposto por Lopera-Barreto et al. (2011) e complementado por Martins e Romero (1996), a expressão dos caracteres morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (massa corpórea e de seus órgãos constituintes, densidade mitocondrial e atividade de enzimas nas mais diversas vias metabólicas nos diferentes órgãos, quantidade de hemáceas e leucócitos na corrente sanguínea, por exemplo), bem como suas interrelações, dependem da interação entre o genótipo e o meio ambiente em que o indivíduo se encontra e são responsáveis por caracterizar os diferentes aspectos da habilidade de desempenho do organismo (eficiência digestória, metabólica e da defesa imunitária, taxas de crescimento, desempenho locomotor aeróbico e anaeróbico, por exemplo). O desempenho, por sua vez, limita as opções comportamentais do organismo em seu ambiente. O comportamento do indivíduo é responsável, por sua vez, pela sua sobrevivência (sucesso nas disputas por obtenção de recursos energéticos, uso de diferentes padrões de defesa antipredatórias, por exemplo) e reprodução (sucesso nas disputas intra e/ou intersexual na obtenção de acasalamentos), afetando sua aptidão. A partir desse pressuposto, a organização hierárquica do fenótipo pode ser dividida em um gradiente de desempenho (influência dos caracteres morfológicos, fisiológicos e bioquímicos no desempenho do indivíduo) e um gradiente de aptidão (influência do desempenho no comportamento e aptidão do indivíduo) e, a partir desta divisão, mostrar a atuação da seleção natural sobre os indivíduos e os padrões de coevolução entre os diferentes aspectos morfológicos, fisiológicos e comportamentais que integram o fenótipo (MORAIS et al., 2009).

Os parasitas e bactérias, juntamente com os efeitos no gradiente de desempenho, podem afetar caracteres relacionados ao comportamento dos hospedeiros que é fundamental para os caracteres de forrageamento como, por

exemplo, busca de alimentos, defesa antipredatória e comportamento reprodutivo (MORAIS et al., 2009).

Essas alterações comportamentais estão relacionadas, geralmente, aos danos parasitários nos órgãos infectados, comprometendo o funcionamento normal do órgão. Outro fator são as alterações nos níveis nutricionais do hospedeiro, tanto de energia como de materiais, pela competição e queda da eficiência de assimilação de nutrientes e anorexia. Outra possibilidade são as modulações parasitárias nos sistemas neuroendócrinos do hospedeiro que ocorrem, principalmente, nas relações entre parasitas e hospedeiros intermediários (SANTOS; SANTOS, 2005).

Estudos com peixes e répteis têm mostrado como infecções parasitárias alteram os níveis de atividades do hospedeiro e como isso se relaciona com a busca de alimentos e a defesa antipredatória.

Omeji, Solomon e Obande (2010) mostraram que metacercárias (*Diplostomum spathaceum*) alojadas na retina podem prejudicar a acuidade visual de peixes, aumentando o tempo por busca de alimentos, levando a uma redução na eficiência alimentar e aumentando o risco dos indivíduos serem predados, tanto pelo aumento do tempo gasto forrageando quanto pela redução da resposta de fuga.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em pisciculturas, os parasitas e bactérias que acometem os peixes, destacam-se como importantes redutores da produtividade, pois provocam atraso no crescimento dos peixes e altas taxas de mortalidade. A suscetibilidade dos peixes aos patógenos varia em função da espécie de peixe cultivada, de indivíduo para indivíduo e das condições ambientais. A suscetibilidade, também, aumenta quando as condições de qualidade das águas são inadequadas.

Parasitas podem ser encontrados em todos os órgãos dos peixes, entre eles, as brânquias, causando alterações estruturais graves. As brânquias são estruturas de vital importância no metabolismo e homeostase dos peixes, visto que as parasitoses nesse órgão podem trazer comprometimento nas trocas gasosas, afetando a saúde do animal.

Ao longo dos anos, a produção de peixes vem se consolidando e ocupando maior espaço no mercado. Paralelamente a este aumento, a intensificação dos sistemas de produção demonstra que a produção fundamentada exclusivamente no rápido crescimento do animal não é suficiente para manter a atual produtividade sem afetar o meio e a resistência orgânica dos peixes, gerando impactos ambientais e econômicos em toda a cadeia produtiva.

Para contribuir com a descrição de achados parasitários em brânquias de peixes de água doce, neste trabalho, brânquias de Pacus, Pirapitingas, Tambaquis e seus Híbridos parasitados por monogenea foram colhidas e estudadas.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, V. D.; AZEVEDO, R. K.; LUQUE, J. L. Ecologia da comunidade de metazoários parasitos do tamboatá *Hoplosternum littorale* (Hancock 1828) (Siluriformes: Callichthyidae) do rio Guandu, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 413-419, out./dez. 2006.

ALCÂNTARA, P. F.; OLIVEIRA, A. A.; NOBRE, M. I. S. N. Considerações sobre a amostragem da pirapitinga, *Colossoma brachypomum*, Cuvier, no estado do Ceará (Brasil). **Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 21, n. 1/2, p. 43-49, jun./dez. 1990.

ALLENDORF, F. W.; WAPLES, R. S. Conservation and genetics of salmonid fishes. In: AVISE, J. C.; HAMRICK, J. L. (Ed.). **Conservation genetics: case histories from nature**. New York: Chapman and Hall, 1996. chap. 4, p. 238-280.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOMES, L. Tambaqui *Colossoma macropomum*. In: GOMES, L. C.; BALDISEROTTO, B. (Ed.). **Natives species to fish farming in Brazil**. Santa Maria: UFSM, 2005. v. 1, p. 175-202.

BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathológica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 239-246, jul./set. 2006.

BARTLEY, D. M.; RANA, K.; IMMINK, A. J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 10, n. 1, p. 325-337, Jan. 2001.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiology changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, Danvers, v. 1, p. 3-26, 1991.

BORGES, S. R. S. et al. Proposição de um modelo para a cadeia produtiva do arroz vermelho da Paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 353-362, 2012.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura**: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo. Curitiba. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2003. 128 p.

BOSCOLO, W. R. et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, p. 145-154, 2011. Suplemento Especial.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília, 2013. 6 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2012**: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, 2012. 151 p.

CARVALHO, E. D. et al. Ecological features of large neotropical reservoirs related to health of cage reared fish. In: **HEALTH and environment in aquaculture**. Rijeka: Intech, 2012. chap. 7, p. 361-382.

CHAGAS, E. C. et al. Produtividade de tambaqui em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1109-1115, jul./ago. 2007.

CHEVASSUS, B. Hybridization in fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 33, n. 3/4, p. 254-262, June 1983.

COHEN, S. C.; KOHN, A. A new species of *Mymarothecium* and new host and geographical records for *M. viatorum* (Monogenea: Dactylogyridae), parasites of freshwater fishes in Brazil. **Folia Parasitologica**, Prague, v. 52, n. 4, p. 307-310, Nov. 2005.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialética. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 425-436, 2010.

CRUZ-LACIERDA, E. R. et al. Marine leech (*Zeylanicobdella arugamensis*) infestation in cultured orangespotted grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 185, n. 3/4, p. 191-196, 2000.

CYRINO, J. E. P. Conceitos atuais e perspectivas da alimentação e nutrição de peixes carnívoros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE A AQUICULTURA NA AMAZÔNIA, 1., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus, 2000. p. 12-26.

DAL PAI-SILVA, M. et al. Muscle growth in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): histochemical, ultrastructural and morphometric study. **Tissue & Cell**, Essex, v. 35, n. 3, p. 179-187, June 2003.

EIRAS, J. C. et al. Checklist of protozoan parasites of fishes from Brazil. **Zootaxa**, Auckland, v. 3221, p. 1-25, Mar. 2012.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010. 333 p.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá: EDUEM, 2006. 171 p.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 199, n. 3/4, p. 197-227, Aug. 2001.

FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.). The occurrence of metazoan endoparasites of *Schilbe intermedius* Ruppel. In: FISH Base a global information system on fishes. Ottawa: World Wide Web Electronic Publication, 2011. Disponível em: <www.fishbase.org>. Acesso em: 07 de jan. 2015.

GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 351-360, jul./set. 2007.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010. cap. 7, p. 175-204.

GUIDELLI, G. et al. Relative condition factor and parasitism in anostomid fishes from the floodplain of the Upper Paraná River, Brazil. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 177, n. 1/2 p. 145-151, Apr. 2011.

HASHIMOTO, D. T. et al. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aquaculture**, London, v. 4, n. 15, p. 108-118, May 2012.

HULATA, G. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. **Genética**, Dordrecht, v. 111, n. 1/3, p. 155-173, 2001.

JERÔNIMO, G. T. et al. Seasonal variation on the parasitic communities of Nile Tilapia cultured in three regions in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 71, n. 2, p. 365-373, May 2011.

KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A.; JÉGU, M. Neotropical Monogenoidea. 28. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminidae) from Brazil and French Guiana: species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Mymarothecium* gen. n. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 63, n. 10, p. 153-175, Sept. 1996.

KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A.; VAN EVERY, L. R. Neotropical Monogenoidea. 17. *Anacanthorus* Mizelle and Price, 1965 (Dactylogyridae, Anacanthorinae) from characoid fishes of the central Amazon. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 59, n. 6, p. 25-51, June 1992.

KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M. M. **Principais parasitoses e doenças de peixes cultivados**. 4. ed. Jundiaí: F. Kubitza, 2004. 118 p.

KUBITZA, F.; ONO, E. A.; CAMPOS, J. L. Os caminhos da produção de peixes nativos no Brasil: uma análise da produção e obstáculos da piscicultura. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 7, p. 14-23, jul./ago. 2007.

LEIRA, M. H. et al. Importância da estreptococose nas pisciculturas do sul de Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 13, n. 24, p. 21-42, jan. 2015.

LEMOS, J. G. et al. Parasitos nas brânquias de *Brycon amazonicus* (Characidae, Bryconinae) cultivados em canais de igarapé do Turumã-Mirim, estado do Amazonas, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 217-222, 2007.

LIZAMA, M. A. P. et al. Relação parasito-hospedeiro em peixes de piscicultura da região de Assis, estado de São Paulo, Brasil: 2 *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 437-445, 2007.

LOPERA-BARRERO, N. M. et al. As principais espécies produzidas no Brasil. In: _____. **Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Guaíba: Agrolivros, 2011. cap. 12, p. 143-215.

MACIEL, G. P.; TASCA, T.; DE CARLI, G. A. Aspectos clínicos, patogênese e diagnóstico de *Trichomonas vaginalis*. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 152-160, jun. 2011.

MACIEL, P. O. et al. *Myxobolus* sp. (Myxozoa) in the circulating blood of *Colossoma macropomum* (Osteichthyes, Characidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 80-82, Jan./Mar. 2011.

MACKENZIE, K. et al. Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. **Advances in Parasitology**, London, v. 35, p. 85-144, Sept. 1995.

MARTINS M. L. et al. Can the parasitic fauna on Nile tilapias be affected by different production systems? **Academia Brasileira de Ciências Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 82, n. 2, p. 493-500, June 2010.

MARTINS, M. L. et al. Recent studies on parasitic infections of freshwater cultivated fish in the state of São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum**, Pirassununga, v. 24, n. 4, p. 981-985, 2002.

MARTINS, M. L.; ROMERO, N. G. Efectos del parasitismo sobre el tejido branquial en peces cultivados: estudio parasitológico e histopatológico. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 489-500, 1996.

MIRANDA, M. O. T.; RIBEIRO, L. P. Características zootécnicas do surubim (*Pseudoplastystoma coruscans*). In: MIRANDA, M. T. (Org.). **Surubim**. Belo Horizonte: IBAMA, 2010. cap. 8, p. 43-56 (Coleção Meio-Ambiente, Série Estudos Pesca, 19).

MORAIS, A. M. et al. A fauna de parasitos em juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characidae: Serrasalminae) criados em tanques-rede em lago de várzea da Amazônia central. **Biologia Geral Experimental**, Manaus, v. 9, n. 1, p. 14-23, 2009.

OGUT, H.; AKYOL, A.; ALKAN, M. Z. Seasonality of *Ichthyophthirius multifiliis* in trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms of the eastern Black Sea region of Turkey. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Trabzon, v. 5, n. 1, p. 23-27, Apr. 2005.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C. de et al. Quality of sausage elaborated using minced Nile Tilapia submitted to cold storage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 183190, Mar./Apr. 2010.

OMEJI, S.; SOLOMON, S. G.; OBANDE, R. A. A comparative study of the common protozoan parasites of *Heterobranchus longifilis* from the wild and cultured environments in Benue State. **Pakistan Journal of Nutrition**, Faisalabad, v. 9, n. 9, p. 865-872, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/sofia/en>>. <<http://www.fao.org/3/d1eaa9a1-5a71-4e42-86c0-f2111f07de16/i3720e.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

PÁDUA, S. B. et al. Ictiofitiríase: conhecendo a doença para elaborar estratégias de controle. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 131, p. 22-23, 25, 27, 29-31, maio/jun. 2012a.

PÁDUA, S. B. et al. Parasitic infestations in hybrid surubim catfish fry (*Pseudoplatystomareticulatum* x *P. corruscans*). **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 235-240, July/Sept. 2012b.

PAMPLONA-BASILIO, M. C.; KOHN, A.; FEITOSA, V. A. New host records and description of the egg of *Anacanthorus penilabiatus* (Monogenea, Dactylogyridae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 667-668, July 2001.

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

PORTO-FORESTI, F. et al. Cytogenetic markers as diagnoses in the identification of the hybrid between Piauçu (*Leporinus macrocephalus*) and Piapara (*Leporinus elongatus*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 1, p. 195-202, 2008. Supplement.

PORTO-FORESTI, F.; FORESTI, F. Genética e biotecnologia em piscicultura: usos na produção, manejo e conservação dos estoques de peixes. In: CYRINO, J. P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2010. cap. 7, p. 195-215.

SANT'ANA, L. S.; SOARES, S. M.; VAZ-PIRES, P. Development of a Quality Index Method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). **Food Science Technology**, London, v. 44, n. 10, p. 2253-2259, June 2011.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 165-182, maio/ago. 2005.

SCHALCH, S. H.C.; MORAES, F. R.; MORAES, J. R. E. Efeitos do parasitismo sobre a estrutura branquial de *Leporinus macrocephalus* Garavello e Britsk, 1988 (Anastomidae) e *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 15, n. 3, p. 110-115, 2006.

SCRIBNER, K.T.; PAGE, K. S.; BARTRON, M. L. Hybridization in freshwater fishes: a review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 10, n. 1, p. 293-323, Jan. 2001.

SOARES, E. C. et al. Substituição de proteína animal por proteínas de origem vegetal na dieta para o tucunaré paca *Cichla* sp. **Boletim Técnico-Científico Cenopor**, Belém, v. 6, n. 1, p. 121-131, mar. 2006.

SONG, Y. et al. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). **Food Control**, London, v. 22, n. 2/4, p. 608-615, Mar./Apr. 2011.

TAKEMOTO, R. M. et al. Parasitos de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. (Org.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Varela, 2004. cap. 6, p. 179-198.

TAVARES-DIAS, M. F. R. et al. Fauna parasitária de peixes oriundos de “pesque-pague” do município de Franca, São Paulo, Brasil: II. Metazoários. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 18, p. 81-95, jul. 2001. Suplemento 1.

TAVARES-DIAS, M. F. R. **Piscicultura continental no estado do Amapá: diagnóstico e perspectivas**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. 38 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 81).

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. 2nd ed. Sória: Pensoft, 2006. 509 p.

THATCHER, V. E. Patologia dos peixes da Amazônia brasileira: aspectos gerais. **Acta Amazonas**, Manaus, v. 11, n. 1, p. 125-140, 1994.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D.; TAKAHASHI, L. S. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010. cap. 8, p. 205-244.

VÁSQUEZ-TORRES, W.; PEREIRA M. F.; ARIAS-CASTELLANOS, J. A. Estudos para composição de uma dieta referência semipurificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 283-292, jan./fev. 2002, Suplemento.

ZANOLO, R. **Influência do parasitismo branquial por monogenóides no desenvolvimento de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) criadas em sistemas de tanque-rede na represa de Capivara, PR**. 2004. 216 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.

ZANOLO, R.; YAMAMURA, M. H. Parasitas em tilápias-do-nilo criadas em sistema de tanques rede. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 281-288, abr./jun. 2006.

ZORRO, A. et al. Determinação da lipoperoxidação em óleo alimentar. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, Lisboa, v. 5, n. 15, p. 39-42, ago. 2012.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 Susceptibilidade a parasitas monogenéticos em
*Serrasalminídeos***

Matheus Hernandes Leira *

Aline Assis Lago

Mirian Silva Braz

Adriana Mello Garcia

Adriano Carvalho Costa

Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003).

* matheushernandes@uol.com.br, Médico Veterinário e Mestre em Ciência Animal -
Doutorando em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Lavras. Professor do
curso de Medicina Veterinária - FACICA

RESUMO

O desenvolvimento das atividades relacionadas à aquicultura tem aumentado consideravelmente a relevância dos estudos sobre parasitas e outros patógenos de organismos aquáticos, principalmente, daqueles hospedeiros com potencial para o cultivo e comercialização. O objetivo deste estudo foi avaliar a (susceptibilidade) ocorrência de infecções por monogenéticos em pacus, tambaquis e pirapitingas e seus híbridos paquis, pirapicus e, também, indivíduos Pós F1. Os animais foram cultivados por 10 meses em sistema de recirculação fechado. As necrópsias foram realizadas com remoção total das brânquias. Essas foram analisadas a fresco e as positivas para monogenéticos foram fixadas em formol a 5%. Os parasitos foram removidos dos filamentos branquiais com o auxílio de um microscópio estereomicroscópio. Os monogenéticos presentes nas brânquias de cada peixe, foram quantificados e 10 exemplares de cada amostra foram submetidos ao preparo de lâminas para identificação dos gêneros. Nenhum peixe coletado apresentou sinais clínicos de infecções parasitárias. Durante a realização das análises parasitológicas das brânquias, foram identificados dois gêneros de monogenéticos *Anacanthorus sp.* e *Mymarolhecium sp.*. O pacu e os híbridos pirapicu e Pós F1 foram os animais mais resistentes.

Palavras-chave: Monogenéticos. Brânquias. *Piaractus mesopotamicus*. *Coossoma macropomum*. *Piaractus brachyopoms*.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial cresce mais que qualquer outro setor de atividade primária. Entre os fatores está o aumento da população e a demanda por alimentos saudáveis e ricos em nutrientes (BORGHETTI; OSTRENSKY; BORGHETTI, 2003; OLIVEIRA FILHO et al., 2010). Em 2010, a produção aquícola nacional foi de 479.399, representando um incremento de 15,3% quanto à produção de 2009, havendo um evidente crescimento do setor no país, com um incremento de 31,2% na produção durante o triênio 2008-2010 (BRASIL, 2013). O Brasil tem feito grandes progressos na investigação de desenvolvimento de novas técnicas de cultivo para os peixes, promovendo um aumento no número de espécies de peixes que podem ser criados na aquicultura. Dentre as espécies cultivadas destacam-se os peixes redondos. O tambaqui é o segundo peixe mais cultivado no país (BRASIL, 2012). A produção de pacu, tambaqui e pirapitinga e seus híbridos tem apresentado uma tendência crescente nas pisciculturas brasileiras. Nas espécies nativas, ainda existe uma hibridação descontrolada no Brasil, na tentativa de melhorar a produção (BRASIL, 2012).

Hibridação interespecífica foi usada em explorações piscícolas para produzir animais com melhor desempenho do que as espécies parentais (vigor híbrido), que inclui melhorias nas características tais como uma melhor qualidade da carne, menor taxa de conversão alimentar, crescimento rápido e a resistência aos agentes patogênicos (BEKELE; HAILEMARIAM, 2010).

A composição da fauna parasitária de peixes, em geral, depende da localização geográfica, da estação do ano, das características da água, da fauna presente naquele habitat, entre muitos outros fatores (DOGIEL, 1970). As patogenicidades em peixes têm aspectos diferentes dependendo do habitat, o qual pode ser de ambiente natural ou de criação (OBIEKEZIE; TAEGER, 1991).

Parasitas podem ser encontrados em todos os órgãos dos peixes, entre eles, as brânquias, podendo causar desde pouco ou nenhum prejuízo até alterações estruturais graves, como observado por Tavares-Dias et al. (2001) e Takemoto et al. (2004), em peixes de criação e de rio, respectivamente. As brânquias são estruturas de vital importância no metabolismo e homeostase dos peixes e as parasitoses, nesse órgão, podem trazer comprometimento nas trocas gasosas e iônicas, afetando a saúde do animal (ROBERTS, 2001).

Na literatura, há vários relatos sobre a ocorrência de parasitas em pacus e pirapitingas, no entanto, não há dados sobre o parasitismo no híbrido patinga, provavelmente, por ser uma linhagem relativamente recente (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010).

Estudos comprovam que o pacu é hospedeiro natural de monogenóides da espécie *Anacanthorus penilabiatus* (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008), e *Mymarothecium viatorum* (COHEN; KHON, 2005). Em pacus cultivados, tem sido relatada a ocorrência de *Anacanthorus penilabiatus*, *A. spathulatus*, *Urocleidoides sp.* e *M. viatorum* (URBINATI; GONÇALVES; TAKAHASHI, 2010). Em pirapitingas, também, já foi registrada a ocorrência de *A. penilabiatus* e *M. viatorum* (COHEN; KHON, 2005).

No entanto, poucos estudos têm sido realizados para determinar se híbridos possuem tais características desejáveis em relação ao parental o que pode influenciar a escolha das espécies na produção (FRANCESCHINI et al., 2013).

O presente trabalho objetivou-se em identificar e analisar a carga parasitária nas espécies redondas e seus híbridos, em sistema de produção fechado, bem como a suscetibilidade da carga parasitária em relação aos grupos genéticos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

Os dados utilizados são oriundos de um experimento realizado na estação de piscicultura da Universidade Federal de Lavras, com duração de 10 meses de experimento. O ensaio experimental foi conduzido em um laboratório de recirculação de água, provido com 16 caixas d'água, com capacidade de 500 litros. Este sistema é composto por biofiltro, sonda pt 100, controlador de temperatura (n540) e uma bomba (1/3 cv da somar).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente nas 16 caixas d'água do sistema de recirculação, sendo duas caixas por grupo genético em uma densidade de seis animais por caixa. O sistema de recirculação foi controlado para que houvesse três renovações totais a cada hora e a temperatura mantida a 28°C durante todo o período experimental. Os animais foram alimentados *ad libitum* com ração comercial com 32% de proteína bruta, ofertada três vezes ao dia até atingirem 100 gramas de peso vivo (8, 12 e 16 horas) e, duas vezes ao dia, após esta faixa de peso (8 e 14 horas). O oxigênio dissolvido foi monitorado diariamente e a amônia, nitrito, nitrato e ph, a cada três dias, aos 180 dias de idade os animais foram contabilizados dentro das caixas.

2.2 Obtenção dos grupos genéticos

Foram adquiridos 96 juvenis de *Serrasalminae* de duas pisciculturas comerciais do estado de São Paulo, sendo informado pelos fornecedores que havia 12 juvenis (30 dias de idade) de cada um dos seguintes grupos genéticos (espécies e seus híbridos): pacu, pirapitinga, tambaqui, paqui (♀pacu x ♂tambaqui), tambacu (♀tambaqui x ♂pacu). Foram coletadas amostras de DNA dos animais para análises molecular com a finalidade de se obter a confirmação das espécies e dos grupos híbridos. As análises moleculares foram realizadas na Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), no Laboratório de Genética de Peixes (LAGENPE), seguindo a metodologia de Hashimoto et al. (2012).

2.3 Identificação dos parasitas

Para as análises parasitológicas, os animais foram encaminhados ao Laboratório de Helminologia, Departamento de Medicina Veterinária, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Primeiramente os animais passaram por exames clínicos. Em seguida, foram obtidos os dados de peso corporal (g) e comprimento padrão (cm). Foram realizadas as necrópsias dos peixes onde foram feitas incisões abaixo do opérculo para a remoção total das brânquias segundo Jerônimo et al. (2012). O órgão foi removido e colocado em placas de petri identificadas para imediato exame a fresco dos filamentos branquiais feito entre lâmina e lamínula,

utilizando solução salina (0,85% NaCl), sob microscópio óptico para verificar a presença de parasitos.

Os arcos branquiais, depois de examinados, quando positivos, foram colocados em frascos etiquetados contendo formol a 5%. Após a fixação dos parasitos, eles foram removidos dos filamentos branquiais com o auxílio de um microscópio estereomicroscópio e quantificados. Os monogênicos presentes nas brânquias de cada peixe foram quantificados e 10 exemplares de cada amostra foram encaminhados para o preparo de lâminas em meio de Hoyer's (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2006), para o estudo das estruturas esclerotizadas, como ganchos, âncoras e barras do haptor e complexo copulatório, importantes na identificação dos gêneros e espécies desse grupo. As espécies de monogênea, encontradas em *Piaractus mesopotamicus*, *Piaractus brachyopomus*, *Colossoma macropomum* e nos peixes híbridos das espécies citadas, foram identificadas de acordo com Eiras, Takemoto e Pavanelli (2006); Kritsky, Boeger e Jégu (1996); Kritsky; Boeger; Van Every (1992); Thatcher (2006).

2.4 Cálculo dos parâmetros parasitológicos

Com base na quantificação, foram estabelecidas a intensidade de parasitismo e ocorrência de parasitos. A intensidade de parasitismo ou carga parasitária foi definida como o número total de parasitos, de cada espécie, dividido pelo número de hospedeiros. A ocorrência, que é razão entre o número de hospedeiros infectados e o número de hospedeiros examinados, foi calculada de acordo com Bush et al. (1997).

A prevalência mede quantos animais estão doentes, incidência mede quantos animais tornaram-se doentes. Ambos os conceitos envolvem espaço e tempo – quem está ou ficou doente num determinado lugar numa dada época. A prevalência foi calculada segundo a fórmula: $\text{prevalência} = \text{número de peixes infectados} / \text{número de peixes examinados} \times 100$ e a intensidade média = número de parasitos / número de peixes parasitados. Abundância média = número total de parasitos/número total de peixes da amostra. O Fator de condição (Fc) utilizado foi o Fulton, com a seguinte fórmula: $Fc = P/CT^3$ (P: peso e CT: comprimento padrão) (BUSH et al., 1997).

2.5 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R versão 3.1.1 (R CORE TEAM, 2014). Para avaliação da carga parasitária, intensidade média e abundancia foi utilizada a função *kruskal()* da biblioteca *agricolae* (MENDIBURU, 2015), para a realização do teste de Kruskal-Wallis e comparação múltipla para dados não paramétricos a 5% de significância. O coeficiente de correlação de Spearman (rs) foi usado para verificar a correlação entre a carga parasitária, peso e fator de condição.

3 RESULTADOS

3.1 Parâmetros de qualidade de água

Após o período de adaptação, verificou-se que não houve mortalidade dos animais e os parâmetros de qualidade de água, durante o período experimental, estiveram dentro dos níveis adequados, de acordo com os limites recomendados pela Resolução n ° 357, de 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005) e valores de referência indicados por Urbinati, Gonçalves e Takahashi (2010).

3.2 Identificação dos grupos genéticos

Os animais foram identificados por meio das análises de técnicas de biologia molecular e foram identificados 10 pacus, 7 tambaquis e 10 pirapitingas. Quanto aos híbridos, foram identificados 13 paquis e 7 pirapicus. Foram identificados, também, 22 indivíduos Pós F1, contudo não foi possível definir a composição genética deste grupo. Totalizaram – se 69 animais que foram submetidos à avaliação parasitológica.

A media dos pesos, comprimento padrão e fator de condição dos indivíduos avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Médias e desvio padrão de peso, comprimento padrão e fator de condição dos grupos genéticos de pacus, pirapitingas, tambaquis e seus híbridos

	Peso (g)	Comprimento Padrão (cm)	Carga parasitária total	Fator de condição
<i>Puros</i>				
Pacu	541,50 (156,38)	24,57 (2,21)	3030	0,036 (0,001)
Tambaqui	1522,86 (220,42)	34,19 (1,60)	5459	0,038 (0,002)
Pirapitinga	816,00 (147,60)	29,01 (1,65)	6079	0,033 (0,002)
<i>Híbridos</i>				
Paqui	694,69 (252,28)	28,18 (3,42)	5367	0,037 (0,003)
Pirapicu	622,00 (176,11)	24,80 (2,50)	2489	0,035 (0,002)
<i>Pós F1</i>	843,91 (353,73)	27,54 (3,67)	4545	0,039 (0,005)

Não foram observadas correlações significativas ($p > 0,05$) entre carga parasitária, peso e fator de condição.

3.3 Avaliação parasitológica

Nenhum peixe coletado apresentou sinais clínicos de infecções parasitárias. Durante a realização das análises parasitológicas das brânquias, foram identificados dois gêneros de monogenéticos *Anacanthorus sp.* e *Mymarolhecium sp.* (Tabela 2). No entanto, nenhum peixe coletado apresentou sinais clínicos de infecções parasitárias.

Tabela 2 Índices parasitários referentes à incidência de *Anacanthorus sp.* e *Mymarolthecium sp* em pacus, pirapitingas, tambaquis e híbridos*

	<i>Anacanthorus sp</i>					<i>Mymarolthecium sp</i>				
	Contagem média dos parasitas	Contagem total de parasitas	Prevalência %	Intensidade media	Abundância média	Contagem média de parasitas	Contagem total de parasitas	Prevalência %	Intensidade média	Abundância média
<i>Puros</i>										
Pacu	25,00 b	250	100,00	25,00	25,00	278,00 b	2780	100,00	278,00	278,00
Tambaqui	51,57 a	361	100,00	51,57	51,57	728,29 a	5098	100,00	728,29	728,29
Pirapitinga	93,70 a	937	100,00	93,70	93,70	514,20 a	5142	100,00	514,20	514,20
<i>Híbridos</i>										
Paqui	72,38 a	941	100,00	72,38	72,38	340,46 b	4426	92,31	368,83	340,46
Pirapicu	22, 29 b	156	100,00	22,29	22,29	333,29 b	2333	100,00	333,29	333,29
<i>Pós FI</i>	13,50 b	297	95,45	14,14	13,50	193,09 b	4248	100,00	193,09	193,09

*Médias seguidas da mesma letra na coluna diferem a 5% de significância

Entre os animais analisados de espécies pura, o pacu foi o que apresentou menor carga de *Anacanthorus sp.* e entre os híbridos foram o pirapicu e Pós F1. A pirapitinga apresentou maior susceptibilidade ao *Anacanthorus sp.* O tambaqui e o paqui apresentaram infestação intermediária. Já, para o *Mymarolhecium sp.*, o pacu e todos os híbridos apresentaram menor carga do que o tambaqui e a pirapitinga. Para a contagem total de parasitas, todos os animais apresentaram números inferiores de *Anacanthorus sp.* em relação ao *Mymarolhecium sp.* Para a prevalência, o grupo Pós F1 apresentou valores inferiores em virtude da presença de animais negativos para o *Anacanthorus sp.* enquanto para o *Mymarolhecium sp.* o grupo do paqui apresentou valores menores.

A intensidade média e abundância para *Anacanthorus sp.* apresentaram diferença apenas para o Pós F1, por causa da presença de animais negativos; os demais grupos foram iguais e, para o *Mymarolhecium sp.*, o que apresentou diferença foi o paqui, nos demais não houve diferença.

4 DISCUSSÃO

Os experimentos foram conduzidos em sistema de recirculação com parâmetros liminológicos controlados. Contudo, como os animais são provenientes de duas pisciculturas comerciais, o transporte de peixes entre as pisciculturas e o laboratório atuou como elemento disseminador de agentes com potencial patogênico no sistema de produção. O transporte, além de atuar como disseminador, também, atua como elemento estressante, uma vez que os animais ficam expostos à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, alta concentração de amônia, variações bruscas de temperatura e pH, predispondo-os a várias enfermidades parasitárias e infecciosas (MARTINS et al., 2002).

Os monogenóides *Anacanthorus sp* e *Mymarothecium sp* estavam presentes em todos os grupos genéticos, evidenciando alta prevalência e baixa especificidade, contrariando dados da literatura (TAKEMOTO et al., 2004). Isto deve estar associado ao fato de que tais parasitas possuem ciclo monoxeno e se reproduzem com grande rapidez, sobretudo em ambientes em que há alta concentração de hospedeiros, facilitando seu ciclo de desenvolvimento (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2008; TAKEMOTO et al., 2004) e, também, em decorrência do sistema de recirculação. Os monogenéticos podem, também, ser transmitidos de hospedeiro a hospedeiro ativamente, ao contrário dos endoparasitos que, na maioria, são transmitidos troficamente (YAMADA; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2008). Deste modo, o confinamento de peixes favorece a proliferação destes parasitas e facilita a sua propagação, principalmente, em razão da proximidade entre os hospedeiros (FRANCESCHINI et al.,

2013). Os resultados encontrados por Bush et al. (1997) concordam com os apresentados no presente estudo. Os autores evidenciaram elevada abundância de *Anacanthorus sp.* em ambientes artificiais, tais como pisciculturas. O *Anacanthorus sp.* também foi relatado parasitando brânquias de pirapitinga e tambaqui cultivados no Estado do Ceará (PAMPLONA-BASILIO; KOHN; FEITOSA 2001). O primeiro relato de ocorrência de infestação por *Mymarothecium*, em peixes da subfamília *Serrasalminae*, foi relatado por Boeger, Piasecki e Sobecka (2002). Posteriormente, Cohen e Kohn (2005), também, relataram a ocorrência de *Mymarothecium sp.* em brânquias de pacu e pirapitinga.

O presente estudo mostrou que os grupos tambaqui e pirapitinga apresentaram maior carga parasitária quando comparados ao pacu. Este fato se deve à especificidade apresentada pelos monogenóides em relação ao hospedeiro. Os parasitas dos gêneros *Anacanthorus sp.* e *Mymarothecium sp.* foram descritos em peixes de populações naturais da Bacia Amazônica, como é o caso do tambaqui e da pirapitinga (COHEN; KOHN, 2005; THATCHER, 2006). Embora todos os animais analisados estivessem infestados por *Anacanthorus sp.* e *Mymarothecium sp.*, de modo geral, os pacus, pirapicus e Pós F1 apresentaram maior resistência às infestações parasitológicas. O pacu é proveniente da Bacia do Prata, que apresenta condições diversas às encontradas na Bacia Amazônica (FROESE; PAULY, 2011; URBINATI; CONÇALVES; TAKAHASHI, 2010). No entanto, de acordo com Yamada, Takemoto e Pavanelli (2008), alterações limnológicas podem afetar o sistema dinâmico da interação parasito-hospedeiro, o que pode justificar a presença de *Anacanthorus sp.* e *Mymarothecium sp.* em pacus.

Uma provável causa para a resistência do pirapicu seria pelo fato de um dos parentais ser o pacu, pois o pirapicu é proveniente do cruzamento da fêmea pirapitinga com o macho pacu. Desta forma, é possível dizer que a resistência é proveniente da complementariedade alélica entre as espécies utilizadas no cruzamento, ou seja, vigor híbrido. Sendo assim, sugere-se que sejam feitos estudos futuros a respeito dos cruzamentos entre os peixes redondos quanto à heterose relacionada à resistência a parasitas monogenoídeos.

5 CONCLUSÃO

Em todos os grupos genéticos foram encontrados parasitas, porém houve diferença na susceptibilidade para *Anacanthorus sp.*. No grupo dos animais puros, o que mais apresentou menor carga foi o pacu e, nos híbridos, o pirapicu e Pós F1. Para o *Mymarothecium sp.*, o pacu, também, apresentou resistência e os híbridos foram paqui, pirapicu e Pós F1.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo: 473549/2012-3), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG e à Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (Convênio: 01.10.0724.00).

Monogeneans susceptibility to parasites in sierra *salmonidae*

ABSTRACT

Development activities related to aquaculture have greatly increased the relevance of studies on parasites and other pathogens of aquatic organisms, especially hosts with potential for growing and marketing. The aim of this study was to evaluate the (susceptibility) occurrence of infections monogeneans in pacu, tambaqui and pirapitinga, as well as in hybrids paqui pirapicus and post F1 individuals. The animals were raised for 10 months in a closed recirculation system. We conducted autopsies with total removal of the gills. These were analyzed fresh, and those positive for monogeneans were fixed in 5% formaldehyde. The parasites were removed from the gill filaments with the aid of a stereo microscope. Monogeneans present in the gills of each fish specimens were quantified, and 10 of each sample were subjected to the preparation of laminas for identifying genres. There were no clinical signs of parasitic infections. During parasitological analysis of gills, we identified two kinds of monogeneans, *Anacanthorus sp.* and *Mymarolhecium sp.*. The pacu, pirapicu and post F1 hybrids were the most resistant animals.

Keywords: Monogeneans. Gills. *Piaractus*. *Mesopotamicus*. *Coossoma macropomum*. *Piaractus brachyopomus*.

REFERÊNCIAS

- BEKELE, S.; HAILEMARIAM, A. Population dynamics and environment in Ethiopia: an overview. In: ETHIOPIAN environment review. Addis Ababa: Forum for Environment, 2010. chap. 2, p. 23-53.
- BOEGER, W. A.; PIASECKI, W.; SOBECKA, E. Neotropical monogenoidea. 44. *Mymarothecium viatorum* sp. n. (Ancyrocephalinae) from the gills of *Piaractus brachypomus* (Serrasalminae, Teleostei) captured in a warm-water canal of a Power Plant in Szczecin. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, Szczecin, v. 32, n. 2, p. 157-161, 2002.
- BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba. Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2003. 128 p.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília, 2013. 6 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2012: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, 2012. 151 p.
- BUSH A. O. et al. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 83, n. 4, p. 575- 583, Aug. 1997.

COHEN, S. C.; KOHN, A. A new species of *Mymarothecium* and new host and geographical records for *M. viatorum* (Monogenea: Dactylogyridae), parasites of freshwater fishes in Brazil. **Folia Parasitologica**, Prague, v. 52, n. 4, p. 307-310, Nov. 2005.

DOGIEL, V. A. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: DOGIEL, V. A.; PETRUSHEVSKI, G. K.; POLYANSKY, Y. I. (Ed.). **Parasitology of fishes**. London: Olivier & Boyd, 1970. chap. 20, p. 52-68.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010. 333 p.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá: EDUEM, 2006. 171 p.

FRANCESCHINI, L. et al. Eficácia do extrato aquoso de *Terminalia catappa* em juvenis de tambaqui parasitados por monogenéticos e protozoários. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 407-414, jul./set. 2013.

FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.). The occurrence of metazoan endoparasites of *Schilbe intermedius* Ruppel. In: FISH Base a global information system on fishes. Ottawa: World Wide Web Electronic Publication, 2011. Disponível em: <www.fishbase.org>. Acesso em: 07 de jan. 2015.

HASHIMOTO, D. T. et al. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aquaculture**, London, v. 4, n. 15, p. 108-118, May 2012.

JERÔNIMO, G. T. et al. *Trichodina colisae* (Ciliophora: Trichodinidae): new parasite records for two freshwater fish species farmed in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v. 21, n. 4, p. 366-371, Oct./Dec. 2012.

KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A.; JÉGU, M. Neotropical Monogenoidea. 28. Ancyrocephalinae (Dactylogyridae) of piranha and their relatives (Teleostei, Serrasalminae) from Brazil and French Guiana: species of *Notozothecium* Boeger and Kritsky, 1988, and *Mymarothecium* gen. n. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 63, n. 10, p. 153-175, Sept. 1996.

KRITSKY, D. C.; BOEGER, W. A.; VAN EVERY, L. R. Neotropical Monogenoidea. 17. *Anacanthorus* Mizelle and Price, 1965 (Dactylogyridae, Anacanthorinae) from characoid fishes of the central Amazon. **The Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 59, n. 6, v. 59, p. 25-51, June 1992.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C. de et al. Quality of sausage elaborated using minced Nile Tilapia submitted to cold storage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 183-190, Mar./Apr. 2010.

MARTINS, M. L. et al. Recent studies on parasitic infections of freshwater cultivated fish in the state of São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 981-985, 2002.

MENDIBURU, F. **Agricolae**: Statistical Procedures for Agricultural Research: R package version 1.2-3. Lima, 2015. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

OBIEKEIZIE, A. I.; TAEGER, M. Mortalities in hatchery-reared fry of African catfish, *clarias gariepinus* (Burchell) caused by *Cyrodactulus groschaiti* Ergens, 1973. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, Madrid, v. 11, n. 2, p. 82-85, 1991.

PAMPLONA-BASILIO, M. C.; KOHN, A.; FEITOSA, V. A. New host records and description of the egg of *Anacanthorus penilabiatus* (Monogenea, Dactylogyridae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 667-668, July 2001.

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

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

ROBERTS, R. J. **Fish pathology**. London. WB Saunders, 2001. 472 p.

TAKEMOTO, R. M. et al. Parasitos de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. (Org.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Varela, 2004. cap. 6, p. 179-198.

TAVARES-DIAS, M. et al. Physiological responses of "tambaqui" *Colossoma macropomum* (Characidae) to acute stress. **Boletim do Instituto de Pesca**, Manaus, v. 27, n. 1, p. 43- 48, dez. 2001.

THATCHER, V. E. **Amazon fish parasites**. Sória: Pensoft, 2006. 509 p.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D.; TAKAHASHI, L. S. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010. cap. 8, p. 205-244.

YAMADA, F. H.; TAKEMOTO, M. R.; PAVANELLI, G. C. *Perulernaea gamitanae* (Copepoda: Lernaeidae) parasitizing tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Characidae) and the hybrids tambacu and tambatinga, cultured in northern Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 213-217, Mar. 2008.

Artigo 2 Estudo epidemiológico e identificação de bactérias em pisciculturas de policultivo

Matheus Hernandes Leira¹

Aline de Assis Lago²

Mirian Silvia Braz³

Antônio Carlos Silveira Gonçalves²

Vanessa Soube Franzo⁴

Rilke Tadeu Fonseca de Freitas⁵

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003).

RESUMO

O conhecimento das doenças e a ausência de agentes patogênicos, em todas as etapas do processo de produção aquícola, são fundamentais para a obtenção de produtos de boa qualidade e proteção da saúde pública. Neste contexto, objetivou-se isolar e relatar a incidência da estreptococose e outros possíveis patógenos em pisciculturas de policultivo da região de Lavras – MG. Foram coletadas amostras aleatórias de peixes, em sete criatórios de policultivo de peixes da região Lavras, que contemplam as seguintes cidades: Lavras, Itutinga, Itumirim, Nepomuceno, Carrancas, São Sebastião da Vitória e Ingaí. Exemplares de tilápia, dourado, cará, curimba, surubim e piracanjuba foram analisados. Amostras de órgãos dos peixes coletadas e semeadas em meio de cultura. Após o período de incubação, a identificação dos microrganismos foi efetuada, segundo as características de cultura da bactéria, morfológicas, tintoriais e bioquímicas. Foram identificadas colônias de estreptococos, aeromonas e edwardsiella. As doenças bacterianas foram encontradas apenas em tilápia, cará e curimba. Conclui-se que foram identificadas as bactérias estreptococos, aeromonas e edwardsiella, nas pisciculturas de policultivo da região de Lavras, sul de Minas Gerais, indicando a necessidade de maior controle sanitário e o desenvolvimento de novas pesquisas para tratamentos de doenças relacionadas a essas bactérias.

Palavras-chave: Peixes. Sanidade. Produção. Streptococcus. Aeromonas. Edwardsiella.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é o ramo da produção de proteína de origem animal que mais cresce em todo mundo, com uma elevação na produção total de menos de um milhão de toneladas nos anos 1950 para, aproximadamente, 52,5 milhões de toneladas em 2008 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO, 2014). O Brasil ocupa o 12º lugar no ranking de produção aquícola mundial, com cerca de 707 mil toneladas em 2012 (FAO, 2014). As regiões sudeste e centro-oeste são responsáveis por 30% da produção nacional (BRASIL 2012; KUBITZA; CAMPOS; ONO, 2012).

A tilápia *Oreochromis niloticus* tornou-se a principal espécie cultivada no Brasil com 155.450 toneladas em 2010 (BRASIL, 2012). As espécies nativas representam uma grande parcela da produção nacional, na qual os peixes redondos (tambaqui, o pacu e seus híbridos) aparecem em segundo lugar, somando a produção de 102.880 toneladas em 2010 (BRASIL, 2012; KUBITZA, CAMPOS; ONO, 2012). Contudo, há espécies nativas, com grande potencial produtivo, ainda pouco exploradas na produção comercial, porém apreciadas por pescadores, pequenos produtores e encontradas em pesque pagues, como dourado *Salminus brasiliensis*, piracanjuba *Brycon orbignyanus*, surubim *Pseudoplatystoma spp.*, curimba *Prochilodus lineatus* e o cará *Geophagus brasiliensis* (KUBITZA, CAMPOS; ONO, 2012).

Com a intensificação da produção, houve um aumento dos problemas de manejo, culminando em surtos de doenças, ocasionando

grandes prejuízos econômicos para os produtores (EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010; VERA-CALDERÓN; FERREIRA, 2004). Observam-se, na literatura, alguns relatos de surtos de doenças nas pisciculturas brasileiras, que, inclusive, acarretam altos índices de mortalidade (BOSCOLO et al., 2011; EIRAS; TAKEMOTO; PAVANELLI, 2010; KUBTIZA; CAMPOS; ONO, 2012). Entre as principais bacterioses em peixes de água continental estão as causadas por bactérias dos gêneros *Streptococcus* (ZHANG; XU; KLESIUS, 2013), *Aeromonas* (HAWKE et al., 2013), *Edwardsiella* (PARK; AOKI; JUNG, 2012).

Em peixes, a patogênese dos processos infecciosos causados pela *S. agalactiae* é pouco compreendida. Apesar de ser a mesma espécie bacteriana, as amostras isoladas de peixes apresentam padrão genético distinto das isoladas de seres humanos e bovinos (JOHRI; PAOLETTI; GLASER, 2006; PEREIRA; MIAN; OLIVEIRA, 2010). A transmissão da Estreptococose ocorre de forma horizontal por contato direto entre peixes infectados com peixes sadios e por contato indireto, pela bactéria presente na água, permitindo que a doença se manifeste, gradativamente, em uma mesma propriedade e/ou por meio de fontes, que podem ser qualquer objeto inanimado ou substância capaz de absorver, reter e transportar organismos infecciosos de um local para outro, como baldes, puçás e classificadores (BOTREL et al., 2010; EVANS; KLESIUS; GILBEBERT, 2000; SALVADOR, 2008). As enfermidades de peixes representam impactos negativos, incluindo perdas econômicas substanciais. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo principal isolar e relatar a presença da Estreptococose, em pisciculturas da

região de Lavras, sul de Minas Gerais, bem como identificar outras possíveis bactérias patogênicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No período de agosto de 2012 e março de 2013, foram coletadas amostras aleatórias de peixes, em sete criatórios de policultivo de peixes da região Lavras, que contemplam as seguintes cidades: Lavras, Itutinga, Itumirim, Nepomuceno, Carrancas, São Sebastião da Vitória e Ingaí, no sul de Minas Gerais, Brasil. As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Bacteriologia do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

As amostras apresentaram exemplares de tilápia, dourado, cará, curimba, surubim e piracanjuba. Os peixes não apresentavam sinais clínicos de doenças e apresentaram peso médio de 700 gramas. A biomassa dos viveiros de origem (criatórios) variou de 50 a 350 kg/m³. As coletas foram realizadas aleatoriamente nos tanques dos criatórios, nos quais os peixes não apresentaram sinais clínicos de patologias. Os animais foram capturados, acondicionados em sacos plásticos contendo água do próprio local, transportados até o laboratório e examinados imediatamente.

Os peixes foram anestesiados, segundo Zahl, Samuelsen e Kiessling (2012), submetidos ao exame físico externo, necropsiados e as alterações macroscópicas observadas foram registradas. Foram coletados assepticamente amostras de rim, encéfalo, fígado, baço e trato intestinal de todos os animais, além de raspado de pele.

Inicialmente as amostras de órgãos foram semeadas em placas de ágar BHI (Brain Heart Infusion – Difco), suplementadas com 5% de sangue ovino desfibrinado, sendo incubadas a 27°C, em atmosfera de

aerofilia, durante um período de até sete dias. Após o período de incubação, a identificação dos microrganismos foi efetuada, segundo as características de cultura da bactéria, morfológicas, tintoriais e bioquímicas (KRIEG; HOLT, 1984).

Para a identificação de estreptococos no ágar BHI, as colônias devem apresentar coloração cinza, translúcidas, circulares, ligeiramente convexas, puntiformes e não hemolíticas.

Posteriormente, as culturas devem ser submetidas à prova de látex-aglutinação, em que a presença do antígeno carboidrato indica que as colônias pertencem ao grupo B de Lancefield. As colônias de bactérias caracterizadas pela prova da catalase, oxidase, KOH e a prova de crescimento em azul de metileno, NaCl a 6,5%, e confirmação pela PCR *real time* (reação em cadeia da polimerase).

O DNA genômico bacteriano foi extraído de 20-50 mg dos órgãos por intermédio do Kit Qiagen para extração de tecidos, segundo protocolo do fabricante. Todas as amostras foram diluídas em 50 µL de água ultrapura autoclavada. Uma sequência do gene 16S rRNA, alvo de *S. agalactiae*, foi amplificada, utilizando-se um ensaio de real time PCR, para quantificação de células equivalentes/DNA bacteriano. Todas as reações de real time PCR foram realizadas em triplicatas.

3 RESULTADOS

Foram identificadas colônias de estreptococos no ágar BHI. As colônias apresentaram coloração cinza, translúcidas, circulares, ligeiramente convexas, puntiformes e não hemolíticas. Todas as cepas apresentaram resultado negativo nas provas da catalase, crescimento em NaCl a 6,5%, bile 40%, esculina e azul de metileno. No entanto foram, também, encontradas colônias com características distintas dos estreptococos caracterizadas como *aeromonas* e *edwardsiella*. Em dois criatórios foram confirmados oito casos de estreptococose por *S. agalactiae*.

Nos criatórios visitados, todos os tanques eram escavados, apenas três confirmaram a presença de bactérias patogênicas nos peixes e, no criatório A, foram encontradas três tilápias contaminadas por estreptococos e uma curimba; no criatório C, foram encontradas duas tilápias contaminadas por estreptococos e um cará, nos demais criatórios não foram encontrados mais estreptococos. Na propriedade F, foi encontrado *edwardsiella* em três surubins. As bactérias foram encontradas em tilápia, cará e curimba, possivelmente, por estarem no mesmo tanque. Entretanto, espécies como o surubim, piracanjuba e dourado não apresentaram contaminação (Tabela 1).

Tabela 1 Identificação das bactérias que acometem as espécies de peixes produzidas nos criatórios situadas no sul de Minas Gerais (criatórios de A a G)

Criatório	N animais	N animais infectados	KOH	Catalase	Oxidase	Gram	PCR
A							
Tilápias	10	03	-	-	-	Cocos ⁺	<i>S. Agalactiae</i>
Surubim	01		+	-	-	Cocobastonete ⁻	Negativo
Curimba	01	01	-	-	-	Cocos ⁺	<i>S. Agalactiae</i>
Piracanjuba	02		-	-	-	Cocos ⁻	Negativo
Cará	02	01	+	+	+	Cocobastonete ⁻	<i>Aeromonas</i>
B							
Tilápias	06		+	-	+	Bacilo ⁺	Negativo
Surubim	02		-	+	-	Bacilo ⁺	Negativo
Curimba	01		+	+	-	Cocos ⁺	Negativo
C							
Tilápias	13	02	-	-	-	Cocos ⁺	<i>S. Agalactiae</i>
Dourados	01		-	+	+	Cocos ⁺	Negativo
Surubim	02		+	+	+	Cocos ⁺	Negativo
Curimba	01		-	+	+	Cocos ⁻	Negativo
Piracanjuba	01		+	+	+	Cocos ⁺	Negativo
Cará	01	01	-	-	-	Cocos ⁺	<i>S. Agalactiae</i>

“Tabela 1, conclusão”

Criatório	N animais	N animais infectados	KOH	Catalase	Oxidase	Gram	PCR
D							
Tilápias	09		-	-	-	Cocos ⁻	Negativo
Dourados	01		-	+	+	Cocos ⁻	Negativo
Surubim	01		-	+	-	Cocos ⁻	Negativo
Curimba	01		+	+	-	Cocos ⁻	Negativo
E							
Tilápias	06		+	+	+	Cocobastonete ⁻	Negativo
Surubim	01		+	+	-	Cocobastonete ⁺	Negativo
Curimba	01		-	-	-	Cocos ⁻	Negativo
F							
Tilápias	11		+	+	+	Cocobastonete ⁺	Negativo
Surubim	06	03	+	+	-	Cocobastonete ⁻	<i>Edwardsiella</i>
Piracanjuba	01		+	-	+	Cocos ⁻	Negativo
Cará	02		+	+	-	Cocos ⁻	Negativo
G							
Tilápias	09		+	-	+	Cocos ⁺	Negativo
Dourados	02		+	+	+	Cocos ⁺	Negativo
Piracanjuba	01		+	+	+	Cocos ⁻	Negativo

4 DISCUSSÃO

Uma possível causa pode ser atribuída à alta densidade de peixes mantidos em tanques, quantidade elevada de matéria orgânica e a diversidade de espécies em um mesmo tanque. Não foram observados relatos na literatura comparando a susceptibilidade entre diferentes espécies de peixes a bactérias patogênicas.

Os estreptococos são bactérias amplamente distribuídas no ambiente aquático e sua patogenicidade está associada às condições de estresse do hospedeiro, tais como má qualidade da água, manejo inadequado e condições de criação intensiva (FIGUEIREDO, 2012). Os estreptococos podem sobreviver mesmo em condições ambientais adversas, possuem predileção durante os meses de verão, diminuindo durante o outono e inverno entrando em sua forma latente, podendo voltar a ocorrer surtos no próximo verão (FIGUEIREDO, 2012).

Alguns autores sugerem, observando o padrão de mortalidade em algumas pisciculturas de tilápia no Texas, a existência de fonte permanente de estreptococos no meio aquático. Quando as condições são favoráveis, tais como grande quantidade de matéria orgânica, o aumento da temperatura da água e densidade animal elevada ocorre a infecção nos peixes (BOTREL et al., 2010; PEREIRA; MIAN; OLIVEIRA, 2010). A ausência de sinais clínicos visíveis nos animais analisados pode ser justificada pelo possível período de latência da bactéria.

A observação de aeromonas e edwardsiella nos peixes de estudo, deve-se ao fato de estar onipresentes no ambiente aquático e habitarem normalmente o intestino dos peixes, Holliman (1993). Portanto, as

septicemias causadas por essas bactérias são um problema comum em todo o mundo, em todas as espécies de peixes de água doce (HOLLIMAN, 1993).

Embora o início da septicemia não seja necessariamente crítica, estressores ambientais como flutuações de temperatura, grau de qualidade da água e superlotação podem aumentar a incidência e a gravidade da doença em peixes. É importante considerar o impacto destas bactérias zoonóticas. Vários pesquisadores afirmam que a exposição ao ecossistema aquático e seus habitats parecem ser precursores de doenças por aeromonas e edwardsiella (WIEDENMAYER; EVANS; KLESIUS, 2006). São consideradas bactérias oportunistas, organismos patogênicos facultativos e manifestam-se em hospedeiros enfraquecidos e/ou atacados por outros agentes etiológicos, sendo considerados invasores secundários, estabelecendo-se, ao mesmo tempo em que outras infecções bacterianas, virais, parasitárias ou em decorrência de problemas nutricionais ou de estresse (BOTREL et al., 2010; PAVANELLI; MACHADO; TAKEMOTO, 1998).

As bactérias se manifestam com maior frequência em águas quentes que contenham grande quantidade de material orgânico em associação com fatores estressantes. Estes incluem altas densidades de estocagem, temperatura elevada, mudanças bruscas de temperatura, traumatismos decorrentes de manejo, transferência de peixes e baixos níveis de oxigênio, condição nutricional deficiente, lesões externas na pele, infecções por fungos ou parasitas que contribuem para as mudanças fisiológicas e aumento da susceptibilidade à infecção (AOKI, 1999; HAWKE et al., 2013; PARK; AOKI; JUNG, 2012).

A correta caracterização e identificação dos problemas de enfermidades e seus agentes causais é necessária para que se possa conhecê-los adequadamente em relação a seu comportamento, estabelecer a epidemiologia e lançar mão de métodos de controle e profilaxia. Com base em tais conhecimentos, será possível o desenvolvimento de métodos preventivos, evitando-se quebra na produção de pescado e grandes perdas econômicas, ampliando e consolidando a atividade aquícola, além de permitir a identificação e seleção de espécies mais resistentes a doenças, (HAWKE et al., 2013). Neste contexto, o atual estudo apresenta relevância científica e prática para o controle sanitário de pisciculturas comerciais.

Como medidas preventivas, deve ser realizada a manutenção adequada dos viveiros e condições ambientais e da boa nutrição nos peixes; descarte de animais mortos ou sintomáticos (com exoftalmia, pele escurecida, ascite e perda de apetite, por exemplo); e realizar com frequência testes laboratoriais para certificar que a produção está isenta do agente bacteriano (FIGUEIREDO, 2012).

5 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, podemos constatar a presença dos estreptococos, aeromonas e edwardsiella nas pisciculturas da região de Lavras, sul de Minas Gerais. Esse fato indica a necessidade de maior controle sanitário e o desenvolvimento de novas pesquisas de caráter epidemiológico em nível nacional.

Com relação à diversidade entre as espécies, novas pesquisas devem ser realizadas para identificar aquela que apresenta maior susceptibilidade às bactérias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo: 473549/2012-3), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG e à Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (Convênio: 01.10.0724.00).

Epidemiological research and identification of bacteria in polyculture fish farms

ABSTRACT

Knowledge of the disease and presence of pathogens in all stages of the aquaculture production process are key to obtaining good quality products and protect public health. In this context, the objective was to isolate and report the incidence of streptococcus and other potential pathogens in polyculture fish farms in Lavras, Minas Gerais, Brazil. Fish samples were collected from seven polyculture fish farms in the region of Lavras, which include the following municipalities: Lavras, Itutinga, Itumirim, Nepomuceno, Carrancas, Sao Sebastiao da Vitoria and Ingai. Specimens of tilapia, dourado, cara, curimba, catfish and piracanjuba were analyzed. Samples of fish organs were collected and seeded in culture medium. After the incubation period, the identification of the microorganisms was conducted according to the traits of the bacterium culture, morphological and biochemical dyeing. Colonies of *Streptococcus*, *Aeromonas* and *Edwardsiella* were identified. Bacterial diseases were found only in tilapia, cara and curimba. We conclude that we identified *Streptococcus*, *Aeromonas* and *Edwardsiella* on polyculture fish farms in Lavras. This indicates the need for greater sanitary control and the development of new research for the treatments of diseases related to these bacteria.

Keywords: Fish. Health.. Production. *Streptococcus*. *Aeromonas*. *Edwardsiella*.

REFERÊNCIAS

- AOKI, T. Motile aeromonads (*aeromonas hydrophila*). In: WOO, P. T. K.; BRUNO, D. W. (Ed.). **Fish diseases and disorders**. Oxon: Cabi, 1999. v. 3, chap. 11, p. 247-453.
- BOSCOLO, W. R. et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, p. 145-154, 2011. Suplemento Especial.
- BOTREL, M. A. et al. Distribution and antimicrobial resistance of clinical and subclinical mastitis pathogens in dairy cows in Rhône-Alpes, France. **Foodborne Pathogens and Disease**, Larchmont, v. 7, n. 5, p. 479-487, May 2010.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Produção da aquicultura continental por espécie. In: _____. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura em 2010**. Brasília, 2012. cap. 21, p. 66-67.
- EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec, 2010. 333 p.
- EVANS, J. J.; KLESIUS, P. H.; GILBERT, P. M. Characterization of β -haemolytic group b *streptococcus agalactiae* in cultured seabream, *sparus auratus* L., and wild mullet, *liza klunzingeri* (day), in kuwait. **Journal of Fish Diseases**, Oxford, v. 25, n. 9, p. 505-513, 2000.
- FIGUEIREDO, H. C. P. Estreptococose em tilápia do Nilo - parte 1. **Panorama da Aquicultura**, Belo Horizonte, v. 19, n. 103, p. 52-72, set./out. 2012.
- HAWKE, J. P. et al. Edwardsiellosis caused by *edwardsiella ictaluri* in laboratory populations of zebrafish *Danio rerio*. **Journal of Aquatic Animal Health**, Bethesda, v. 25, n. 3, p. 171-183, Sept. 2013.

HOLLIMAN, A. The veterinary approach to trout. In: BROWN. L. (Ed.). **Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine**. Oxford: Pergamon, 1993. chap. 14, p. 223-247.

JOHRI, A. K.; PAOLETTI, L. C.; GLASER, P. Group b streptococcus: global incidence and vaccine development. **Nature Reviews. Microbiology**, London, v. 4, n. 12, p. 932-942, Dec. 2006.

KRIEG, N. R.; HOLT, J. G. **Bergey's manual of systematic bacteriology**. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1984. 722 p.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; ONO, E. A. Panorama da piscicultura no Brasil: estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. **Panorama da Aquicultura**, Belo Horizonte, v. 22, n. 132, p. 14-25, jul./ago. 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/d1eaa9a1-5a71-4e42-86c0-f2111f07de16/i3720e.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

PARK, S. B.; AOKI, T.; JUNG, T. S. Pathogenesis of and strategies for preventing Edwardsiella tarda infection in fish. **Veterinary Research**, Paris, v. 43, n. 1, p. 1-11, Oct. 2012.

PAVANELLI, G. C.; MACHADO, M. H.; TAKEMOTO, R. M. Fauna helmíntica de peixes do rio Paraná, região de Porto Rico, Paraná. In: VAZZOLER, A. E. A. de M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconmicos**. Maringá: EDUEM, 1998. cap. 28, p. 307-309.

PEREIRA, U. P.; MIAN, G. F.; OLIVEIRA, I. C. M. Genotyping of *streptococcus agalactiae* strains isolated from fish, human and cattle and their virulence potential in Nile tilapia. **Veterinary Microbiology**, Amsterdam, v. 140, n. 1/2, p. 186-192, May 2010.

SALVADOR, R. **Imunização e inflamação por *streptococcus agalactiae* em tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com parede celular de *saccharomyces cerevisiae*.** 2008. 136 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VERA-CALDERÓN, L. E.; FERREIRA, A. C. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 7-17, jan. 2004.

WIEDENMAYER, A. A.; EVANS, J. J.; KLESIUS, P. H. Experimental edwardsiella tarda infection in nonabraded channel catfish ictalurus punctatus by immersion. **Fisheries Science**, Tokyo, v. 72, n. 5, p. 1124-1126, Oct. 2006.

ZAHL, I. H.; SAMUELSEN, O.; KIESSLING, A. Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. **Fish Physiologic and Biochemical**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 201-218, Feb. 2012.

ZHANG, Q.; XU, D. H.; KLESIUS, P. H. Evaluation of an antiparasitic compound extracted from galla chinensis against fish parasite ichthyophthirius multifiliis. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 198, n. 1/2, p. 45-53, Feb. 2013.

Artigo submetido em 14/07/2015 no formato das normas preliminares da revista CIÊNCIA ANIMAL BRASILEIRA e-ISSN 1809-6891, considerando que o conselho editorial da revista poderá sugerir alterações para adequá-lo ao seu próprio estilo.