



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

ASPECTOS SANITÁRIOS DO JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) NA
REGIÃO LITORAL CENTRO DO ESTADO DE SANTA
CATARINA, BRASIL

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-graduação em Aquicultura da
Universidade Federal de Santa
Catarina, para obtenção do Grau de
Mestre em Aquicultura.

Orientador: Maurício Laterça Martins

ALINE BRUM FIGUEREDO

FLORIANÓPOLIS
2013

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

Figueredo, Aline Brum

Aspectos sanitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) na região Litoral Centro do estado de Santa Catarina, Brasil / Aline Brum Figueredo ; orientador, Maurício Laterça Martins - Florianópolis, SC, 2013.

88 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Sanidade de peixes. 3. Hematologia. 4. Parasitologia. 5. Histopatologia. I. Martins, Maurício Laterça. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Aspectos sanitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) na região Litoral
Centro do Estado de Santa Catarina, Brasil**

Por

ALINE BRUM FIGUEREDO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Maurício Laterça Martins – *Orientador*

Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério

Dr. Felipe do Nascimento Vieira

Dr. José Luiz Pedreira Mouriño

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me conceder tantas capacidades e oportunidades;

A meus avós Natálio Rodrigues de Brum (*in memoriam*) e Glória Terezinha Genro de Brum e minha mãe Márcia Genro de Brum, que sempre acreditaram em mim e me fizeram quem sou, jamais encontrarei palavras para agradecer;

Ao professor Dr. Maurício Laterça Martins, por quem tenho grande admiração, agradeço pela oportunidade, confiança e por todos os ensinamentos;

À Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério, ao Dr. Felipe do Nascimento Vieira e ao Dr. José Luiz Pedreira Mouriño pela participação em minha banca de defesa com excelentes sugestões;

A Geovana Dotta, minha “fada-madrinha”, por ter me ajudado e me incentivado em todos os momentos;

A meu namorado Rafael Ruschel pela companhia, carinho e amizade, além da compreensão quando precisei me dedicar a este trabalho;

A Patrícia Garcia, por conduzir as análises histopatológicas e por sua dedicação em ensinar;

A Katina Roubedakis pelas revisões de texto e sugestões;

A Natália Marchiori pela identificação dos parasitos monogenéticos e por ter esclarecido diversas dúvidas;

A Micael Bianchi, Samantha Fontanella e Gabriela Jerônimo, que além de todos os auxílios foram grandes amigos;

A todos os demais integrantes do Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS), cuja ajuda foi essencial para a realização das coletas e análises;

À professora Vildes Maria Scussel, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela quantificação de clomazone nas amostras de água do Rio da Madre;

Ao professor Fábio Ferreira Gonçalves, da Universidade Federal do Rio Grande, por ceder o princípio ativo do clomazone;

A Juan Esquivel Garcia, da Piscicultura Panamá, por ter nos recebido em sua propriedade e pela doação dos animais utilizados neste estudo;

Aos colegas do Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola, pelos momentos de descontração durante os intervalos;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, pela contribuição em nosso crescimento profissional;

A Carlito Klunk, pela paciência e disposição em ajudar;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto.

RESUMO

O jundiá *Rhamdia quelen* é uma espécie nativa importante na pesca e aquicultura na região Sul. A pesca é comprometida pela degradação dos ambientes aquáticos naturais, e no cultivo as perdas são frequentemente relacionadas a enfermidades, sendo fundamental estabelecer ferramentas de diagnóstico para implantar medidas adequadas. Durante dois anos, este estudo analisou a hematologia e histologia de jundiás do Rio da Madre, Paulo Lopes, SC, em um ponto que recebe efluentes de rizicultura e outro à montante. Os pontos apresentaram em média 3,40 e 1,31 $\mu\text{g.L}^{-1}$ do herbicida clomazone, respectivamente. Peixes de ambos os locais apresentaram alterações histológicas nas brânquias e no fígado e aumento de monócitos no sangue em peixes do ponto mais contaminado. Também utilizou-se parâmetros hematológicos e parasitológicos como indicadores de saúde para o jundiá cultivado no município de Paulo Lopes, onde 137 peixes foram coletados e seus parâmetros hematológicos e parasitológicos relacionados aos parâmetros de qualidade da água, de acordo com a época do ano. Na estação quente observou-se aumento na intensidade de parasitismo, e nos números totais de leucócitos, trombócitos e linfócitos, e redução de monócitos. A hematologia, a histopatologia e a parasitologia mostram-se ferramentas eficazes de diagnóstico na piscicultura e em ambiente natural.

Palavras-chave: sangue, histologia, contaminação, Monogenea, *Aphanoblastella mastigatus*, *Scleroductus*

ABSTRACT

The silver catfish *Rhamdia quelen* is a native species important in fisheries and aquaculture in Southern Brazil, and its production is compromised by degradation of aquatic environments, as well as diseases, being essential to establish diagnostic tools to implement appropriate measures. For two years, this study examined the haematology and histology in silver catfish from the Madre River, Paulo Lopes, SC, in a site that receives effluent from rice farming and other upstream. Water samples from these sites showed an average 3.40 and 1.31 $\mu\text{g.L}^{-1}$ clomazone, respectively. Fish from both sites showed histological changes in the gills and liver, and fish from the most contaminated site showed higher monocytes number in blood. Haematological and parasitological indexes were utilized as health indicators for silver catfish farmed in Paulo Lopes, where 137 fish were collected and their hematological and parasitological parameters related to water quality, according to the season. In the hot season, we observed an increase in the intensity of parasitism, increase in total numbers of leucocytes, thrombocytes and lymphocytes, and reduction in monocytes number. Haematology, histopathology and parasitology show up effective diagnostic tools in aquaculture and natural environment.

Keywords: blood, histology, contamination, Monogenea, *Aphanoblastella mastigatus*, *Scleroductus*

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Peixes da espécie <i>Rhamdia quelen</i> , variedade albino | 21 |
| Figura 2 - Estrutura molecular do clomazone, {2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona}, herbicida utilizado em riziculturas | 26 |
| Figura 3 – Localização da área de estudo, com destaque para o Rio da Madre (seta). Barra: 2679m..... | 28 |

ARTIGO 1

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Área de estudo e pontos de coleta de amostras de água para detecção de clomazone no Rio da Madre: PC – ponto do rio com resíduos da rizicultura; PR – ponto referência, à montante; CP – controle positivo (rizicultura). A barra vermelha equivale a 480m..... | 39 |
| Figura 2- Alterações histológicas em jundiás <i>Rhamdia quelen</i> coletados no Rio da Madre, Paulo Lopes, SC. A - Brânquia: Hipertrofia em célula de muco (seta preta), infiltração de LG-PAS (seta vermelha) com degranulação (seta branca) e hiperplasia do epitélio interlamelar em peixe do ponto mais contaminado. B - Brânquia: Infiltração de LG-PAS (células mais escuras) e fusão de lamelas secundárias em peixe do ponto que recebe efluentes. C - Fígado: Congestão de sinusóides (seta branca) e fibrose (seta preta), em peixe do ponto referência. D - Fígado: Necrose e infiltração de leucócitos, em peixe do ponto próximo à rizicultura. Coloração: tricrômico de Masson | 44 |

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Detecção e níveis de clomazone em amostras de água em diferentes pontos de coleta na Bacia do Rio da Madre, município de Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil | 42 |
| Tabela 2 – Média \pm erro padrão dos parâmetros hematológicos de jundiás <i>Rhamdia quelen</i> provenientes de dois locais no Rio da Madre, um que recebe efluentes de rizicultura e outro que não os recebe, no município de Paulo Lopes, SC, Brasil | 43 |

ARTIGO 2

| | |
|---|----|
| Tabela 1 –Valores médios \pm erro padrão do comprimento total (cm) e peso (g) do jundiá <i>Rhamdia quelen</i> cultivado em Paulo Lopes, SC, Brasil, por estação e no total. n= número de peixes analisados..... | 61 |
| Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água medidos nos viveiros de cultivo de jundiá <i>Rhamdia quelen</i> em Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil, em diferentes épocas do ano | 62 |
| Tabela 3 – Parâmetros hematológicos (média \pm erro padrão) de jundiás <i>Rhamdia quelen</i> cultivados em Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil, em diferentes épocas do ano | 63 |
| Tabela 4 – Índices parasitológicos do jundiá <i>Rhamdia quelen</i> proveniente de piscicultura em Paulo Lopes, Santa Catarina. PI: peixes infectados, PE: peixes examinados, EP: erro padrão | 63 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO GERAL | 17 |
| Enfermidades parasitárias na piscicultura | 18 |
| Biologia e cultivo do jundiá <i>Rhamdia quelen</i> (Quoy e Gaimard, 1824) | 20 |
| Hematologia de peixes e suas aplicações | 23 |
| Histopatologia aplicada ao monitoramento ambiental | 24 |
| O herbicida clomazone | 25 |
| Área de estudo e histórico de degradação ambiental | 28 |
| JUSTIFICATIVA | 31 |
| OBJETIVO GERAL | 31 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 31 |
| ARTIGO 1 – “Hematologia e histopatologia de jundiás <i>Rhamdia quelen</i> expostos ao herbicida clomazone no Rio da Madre, Santa Catarina, Sul do Brasil” | 33 |
| Resumo | 34 |
| Abstract | 35 |
| Introdução | 36 |
| Material e métodos | 38 |
| <i>Área de estudo e peixes</i> | 38 |
| <i>Deteção da presença de clomazone na água</i> | 39 |
| <i>Análises hematológicas</i> | 40 |
| <i>Análises histopatológicas</i> | 41 |
| <i>Análise estatística</i> | 41 |
| Resultados | 41 |
| Discussão | 45 |
| Conclusões | 48 |
| Agradecimentos | 48 |
| Referências | 49 |
| ARTIGO 2 – “Monitoramento hematológico e parasitológico em jundiá <i>Rhamdia quelen</i> cultivado no Sul do Brasil, com ênfase em parasitos branquiais” | 55 |
| Abstract | 56 |
| Resumo | 57 |
| Introdução | 58 |
| Material e métodos | 60 |
| Resultados | 61 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Discussão | 63 |
| Agradecimentos | 66 |
| Referências..... | 66 |
| CONCLUSÕES GERAIS..... | 71 |
| REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO..... | 72 |

INTRODUÇÃO GERAL

O pescado constitui importante fonte de proteína animal para grande parte da população, por isso peixes e outros produtos pesqueiros estão entre os itens alimentares mais comercializados no mundo. Enquanto a captura pesqueira encontra-se estagnada (cerca de 90 milhões de toneladas ao ano), a aquicultura se mantém em franca expansão (83,7 milhões de toneladas em 2011, a uma taxa de crescimento de 7,2% em relação ao ano anterior). Algumas espécies já têm a aquicultura como principal fonte, superando a pesca. A aquicultura se destaca entre as atividades de produção de alimento de origem animal, com previsões de que na próxima década a produção aquícola somada à pesqueira ultrapasse a produção de bovinos, suínos e aves (FAO, 2012; 2013a).

Peixes de água doce lideram a produção aquícola mundial, com 33,7 milhões de toneladas ao ano, contribuindo com 56,7% do total. Nos últimos anos, em diversas partes do mundo, ocorre sobrepesca em águas continentais, além da degradação destes corpos d'água por ação antrópica (FAO, 2012), o que evidencia a importância da aquicultura como garantia de oferta de peixes de água doce. O cultivo pode, inclusive, servir para a mitigação de impactos ambientais, em programas de repovoamento (BALDISSEROTTO et al., 2009).

Na América, o Brasil é o segundo maior produtor de organismos aquáticos cultivados destinados à alimentação humana, contribuindo com 479.399 toneladas (18,61%) no ano de 2010 (FAO, 2012). No ano de 2010, a produção oriunda de águas continentais representou 82,3% do volume total, com crescimento de 40% nos últimos três anos. A região Sul obteve a maior produção do pescado do país, correspondendo a 33,8% da produção nacional (MPA, 2012). O país tem condições de se tornar um dos maiores produtores mundiais, devido à abundância de recursos hídricos e de espécies nativas com potencial de cultivo e comercialização (LAZZARI, 2006).

Em sistema de cultivo, os organismos são altamente vulneráveis a enfermidades, que já causaram grandes perdas econômicas em diversos setores da aquicultura (FAO, 2012). A enfermidade surge no momento em que ocorre perda do equilíbrio hospedeiro-patógeno-ambiente. Nos ambientes naturais, existe normalmente grande número de indivíduos que, embora abriguem diversos patógenos, não apresentam nenhum tipo de sintoma ou lesão. Isto normalmente ocorre

porque o estado nutricional e fisiológico dos peixes está ajustado ao ambiente, evitando a manifestação da doença (MARTINS, 1997; PAVANELLI et al., 2008).

Diversos tipos de inadequações ambientais podem refletir no mecanismo de defesa dos peixes, que passam a apresentar sintomas por estarem mais sujeitos à ação dos patógenos. Este problema é frequente em condições de cultivo. O manejo inadequado, altas densidades, alterações bruscas de temperatura, redução do oxigênio dissolvido, nutrição inadequada e degradação da qualidade da água são fatores que interferem na fisiologia nos animais cultivados, tornando-os susceptíveis a enfermidades (CAVICHIOLO et al., 2002; MORAES; MARTINS, 2004; ZANOLO; YAMAMURA, 2006). As enfermidades causam prejuízos econômicos, seja devido ao atraso no desenvolvimento dos animais, ao custo dos tratamentos necessários ou, nos casos mais graves, à mortalidade dos animais (MARTINS, 1997).

Enfermidades parasitárias na piscicultura

As enfermidades provocadas por parasitos constituem a principal causa de perdas econômicas em piscicultura (MORAES; MARTINS, 2004). Alguns dos parasitos que mais causam prejuízos em cultivos possuem pouca ou nenhuma relevância em ambiente natural, sendo considerados somente comensais, o que ressalta a influência das condições de cultivo sobre a ocorrência do parasitismo (PAVANELLI et al., 2008).

Os peixes cultivados estão sujeitos à infecção por numerosas espécies de parasitos, tanto protozoários quanto metazoários. As doenças provocadas por parasitos monogenéticos estão entre as mais importantes na piscicultura, provocando altas mortalidades. Isto se deve à proximidade entre os indivíduos no cultivo, facilitando a transmissão do parasito. A propagação de monogenéticos na piscicultura é rápida e de difícil controle depois de instalada, pois são organismos hermafroditas com ciclo de vida direto (MARTINS et al., 2000a; PAVANELLI et al., 2008).

São predominantemente ectoparasitos, pertencentes à classe Monogenea (filo Platyhelminthes) e caracterizam-se por possuir estruturas esclerotizadas de fixação (LUQUE, 2004). Alimentam-se de muco, células epiteliais ou sangue do hospedeiro (BUCHMANN; LINDENSTRØM, 2002). Costumam atacar principalmente as brânquias

(PAVANELLI et al., 2008), órgãos vitais relacionados a trocas gasosas e iônicas e à excreção de substâncias tóxicas. Parasitam também a superfície corporal, olhos, narinas e sistema urinário dos peixes (LUQUE, 2004; TAKEMOTO et al., 2004). Provocam intensa produção de muco nas brânquias e superfície do corpo (PAVANELLI et al., 2008). Os ferimentos provocados pelo haptor (estrutura de fixação) facilitam a instalação de agentes como fungos e bactérias, que podem causar infecções secundárias (MARTINS; ROMERO, 1996). Infestações severas podem provocar a morte por asfixia, pois causam fusão das lamelas secundárias e/ou produção excessiva de muco, impermeabilizando a brânquia. Também pode ocorrer modificação no comportamento dos peixes, como anorexia levando ao emagrecimento dos animais (LUQUE, 2004) e o ato de se esfregar na lateral dos tanques e aquários devido ao incômodo causado pelos parasitos. Este comportamento pode provocar ferimentos no peixe, agravando o risco de infecções secundárias (PAVANELLI et al., 2008).

Dentre os relatos nacionais de infestação por *Monogenea* no jundiá *Rhamdia quelen*, estão *Aphanoblastella juizforense* nas brânquias em peixes coletados no Rio Paraibuna (CARVALHO et al., 2009), *Scleroductus* sp. e *Urocleidoides mastigatus* nas brânquias de jundiá no Rio São Francisco (FERRARI-HOEINGHAUS et al., 2006), *Kritskyia moravecii* na bexiga urinária e ureteres de jundiá de reservatório no Rio Grande do Sul (KOHN; COHEN, 1998), e *Aphanoblastella mastigatus* nas brânquias de jundiá de cultivo em Santa Catarina (MARCHIORI et al., 2013). No México, em jundiás de ambiente natural, foram também encontradas: *Pavanelliella scaphiocotylus* nas narinas (KRITSKY; MENDOZA-FRANCO, 2003), *Scleroductus lyrocleithrum* na superfície do corpo (KRITSKY et al., 2013), *Urocleidoides chavarriai* nas brânquias (MENDOZA-FRANCO et al., 1999) e *Aphanoblastella travassosi* também nas brânquias (MENDOZA-FRANCO et al., 2007).

Os monogenéticos costumam apresentar estreita especificidade de hospedeiro, na qual o desenvolvimento do parasito só é possível em uma determinada espécie de hospedeiro, ou em um conjunto limitado de espécies. Acredita-se, que na fauna tropical, existam cinco espécies de *Monogenea* para cada espécie de peixe. Apesar do vasto número de espécies de peixes brasileiras (mais de 2000), cerca de 250 de *Monogenea* estão identificadas (PAVANELLI et al., 2008), levando a concluir que a maior parte ainda está para ser futuramente descrita.

Estudos anteriores mostram que o padrão anual de infestação por *Monogenea* é bem definido, com maiores cargas parasitárias nos meses mais quentes (FLORES-CRESPO et al., 1992; MARTINS et al., 2000b;

SCHALCH; MORAES, 2005). Além da temperatura, a proliferação destes parasitos também está relacionada a outros fatores ambientais, como o aumento da concentração de matéria orgânica (GHIRALDELLI et al., 2006) e da amônia (SKINNER, 1982), além da redução do pH e da condutividade elétrica da água (GARCIA et al., 2003). O controle destes parâmetros na água no cultivo auxilia na prevenção do parasitismo.

Análises parasitológicas de longo prazo são importantes para avaliar a relação entre o parasitismo e fatores ambientais, fornecendo conhecimento para adotar medidas sanitárias adequadas a cada situação. Em um estudo que examinou peixes cultivados no Sudeste do Brasil durante um período de cinco anos, Martins et al. (2000c) constataram monogenéticos como o principal grupo de parasitos responsável por alterações de comportamento e mortalidade. Lizama et al. (2007 a, b) também realizaram monitoramentos parasitológicos durante um ano em cultivos de tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) e pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887), respectivamente, na região Sudeste, bem como Godoi et al. (2012) em cultivos de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) na região Norte, e todos relataram os monogenéticos como parcela significativa da fauna parasitária de peixes cultivados.

As ações preventivas para evitar surtos de enfermidades parasitárias incluem a manutenção da qualidade da água, nutrição adequada, desinfecção de pessoas e unidades de cultivo, esterilização dos instrumentos e manuseio adequado dos animais, para evitar o estresse. Também se deve tomar cuidado ao introduzir no cultivo animais de outras localidades, realizando procedimentos de quarentena e banhos profiláticos. (PAVANELLI et al., 2008).

Biologia e cultivo do jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824)

O jundiá *Rhamdia quelen* (Figura 1) é um teleósteo siluriforme de água doce que ocorre na região Neotropical, do sudeste do México ao Norte até o centro da Argentina ao Sul (SILFVERGRIP, 1996). No Brasil é conhecido popularmente como jundiá, jundiá-tinga, jandiá, jandiá-tinga, mandi e sapipoca (GOMES et al., 2000), e é denominado mundialmente como bagre sul-americano (“South American catfish”)

(FAO, 2013b). Sua coloração varia de marrom-avermelhado a cinza-ardósia, não possui dentes nem escamas e apresenta barbilhões cujo tamanho é de, no mínimo 28,8% do comprimento corporal total (GUEDES, 1980; SILFVERGRIP, 1996). Vivem em lagos e poços fundos de rios, preferindo os ambientes de menor correnteza com substrato de areia e lama, junto às margens e vegetação. Escondem-se entre pedras e troncos apodrecidos, e saem para se alimentar no período noturno (GOMES et al., 2000). São onívoros, com preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos (GUEDES, 1980; MEURER; ZANIBONI FILHO, 1997). Os barbilhões possuem função sensorial, sendo estruturas adaptativas para viver em águas turvas, onde há redução do campo visual (DAVIS; MILLER, 1967). Larvas e alevinos de jundiá em cativeiro mostraram acentuada aversão à luz e busca de locais escuros (PIAIA et al., 1999).

Jundiás da variedade cinza são habitantes naturais de muitos lagos, rios, lagoas e mananciais de água doce no Sul do Brasil. Com o avanço da reprodução artificial, foi feita uma seleção genética de indivíduos albinos (Figura 1). Estes não são facilmente encontrados na natureza, certamente devido ao alto grau de predação que sofrem (VARGAS; MOREIRA, 1998).



Figura 1 – Peixe da espécie *Rhamdia quelen*, variedade albino.
Fonte: <http://psiculturaliberdade.webnode.com.br/especies/jundia>.

É uma espécie resistente a amplas variações em diversos parâmetros de qualidade da água. Considerado estenoalino, suporta até 9 g.L^{-1} de NaCl por 96 h, o que possibilita o tratamento de enfermidades à

base de banhos de sal (MARCHIORO, 1997) . Suportam também grandes variações na concentração de oxigênio dissolvido (GUEDES, 1980) e uma ampla faixa de pH, de 4,0 a 8,5 ou mais (MARCHIORO, 1997). Podem ainda ser considerados euritérmicos, sendo que larvas aclimatadas a 31°C suportam variações de 15 a 34°C. Caso sejam aclimatados em temperaturas mais baixas, o limite inferior pode ser ainda menor (CHIPPARI GOMES, 1998). Há registro de captura de jundiá com espinhel na região do Alto Rio Uruguai em água a 11°C, mostrando que a espécie não apenas suporta esta temperatura, como continua se alimentando (ZANIBONI FILHO, 2004). É uma espécie muito apropriada para cultivo no Sul do Brasil, por ser naturalmente adaptado ao clima da região.

O crescimento dos alevinos é rápido, atingindo em média 5 cm de comprimento padrão com 30 dias de idade, e aumenta com o incremento da temperatura (GOMES et al., 2000). Aceita rações comerciais desde a fase larval, apresenta fácil adaptação ao cultivo intensivo, resistência ao manejo, docilidade, boa conversão alimentar, reprodução facilmente induzida, com altas taxas de fertilização e fecundação, além da rusticidade em relação aos parâmetros de qualidade da água (CARNEIRO, 2004). Por tolerar invernos rigorosos e crescer bem nos meses mais quentes, é cultivado no Sul do Brasil. Em densidade de dois a quatro peixes por m², pode alcançar de 600 a 800 g em oito meses (BARCELLOS et al., 2003).

A produção nacional de jundiá cultivado cresceu nos últimos anos, tendo atingido 1.275 toneladas no ano de 2010 (MPA, 2012). O Estado de Santa Catarina é o principal produtor nacional de jundiá, tendo produzido 756 toneladas no ano de 2011, com aumento de 40% na produção em relação ao ano anterior (EPAGRI, 2012). No Rio Grande do Sul, piscicultores que comercializam a produção para frigoríficos relatam receber cerca de R\$ 4,50 por quilo de jundiá, 50% a mais do que o valor pago pelo quilo de tilápia (PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA FUNDA, 2012). Com base neste valor, é possível estimar a receita de produção de jundiá em aproximadamente de R\$ 5,7 milhões no ano de 2010. Esta espécie possui boa aceitação no mercado, sendo muito apreciado tanto na pesca esportiva quanto como peixe de mesa, pela carne com baixo teor de gordura e poucos espinhos intramusculares (LUCHINI; AVENDAÑO, 1982; FRACALOSI et al., 2004; CARNEIRO, 2004).

O jundiá é também uma espécie apropriada para a rizipiscicultura (CRESTANI et al., 2007), podendo ser utilizado para ampliar o rendimento nas vastas áreas de rizicultura no Sul do Brasil. A

rizipiscicultura representa alternativa benéfica aos produtores, consumidores e ao meio ambiente. Oferece incremento na subsistência e renda do produtor, pela diversificação de itens produzidos e melhora no rendimento da área utilizada. Neste sistema, os peixes se alimentam das pragas e sementes de plantas espontâneas que competem com o arroz, reduzindo a necessidade do uso de defensivos químicos. Outra vantagem é que a excreção dos peixes disponibiliza nitrogênio para as plantas de arroz, reduzindo também a demanda de fertilizantes químicos na lavoura (XIE et al., 2012). A ração e os fertilizantes utilizados nesta modalidade de cultivo são melhor aproveitados e convertidos em produção, assim como a descarga de nutrientes e resíduos químicos na natureza é minimizada.

Hematologia de peixes e suas aplicações

A avaliação hematológica de peixes é de grande valia no estudo de condições adversas que possam afetar a homeostase, colaborando assim no diagnóstico de condições mórbidas (TAVARES-DIAS et al., 1999). Uma vez estabelecidos os valores sanguíneos de referência para uma determinada espécie, é possível monitorar alterações destes valores sob condições controladas (RANZANI-PAIVA; SILVA-SOUZA, 2004). Os parâmetros hematológicos são susceptíveis às mudanças do ambiente aquático, auxiliando na compreensão do processo de adaptação ao ambiente (RANZANI-PAIVA et al., 2005). Podem também sofrer alterações em condições inerentes ao cultivo, como o estresse de captura, transporte, superpopulação, dieta inadequada e qualidade da água imprópria (MORAES; MARTINS, 2004). Doenças infecciosas e infestações parasitárias também podem ter impacto sobre os valores hematológicos (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004), portanto a hematologia também pode servir como técnica complementar de diagnóstico de enfermidades. Os parâmetros hematológicos também podem ser afetados por fatores bióticos, como a idade, sexo, maturação gonádica e abióticos, como os parâmetros de qualidade da água e a sazonalidade (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004).

Além da análise das condições de saúde em peixes de cultivo, os parâmetros sanguíneos são de grande utilidade em estudos toxicológicos e de monitoramento ambiental. Estudos mostram que os parâmetros sanguíneos podem ser alterados sob exposição a diversos tipos de defensivos agrícolas, como o glifosato (GLUSCZAK et al.,

2006), o diazinon (KÖPRÜCÜ et al., 2006), a cipermetrina (PARMA et al., 2007), o diflubenzuron (PEREIRA-MADUENHO; MARTINEZ, 2008) e o clomazone (CRESTANI et al., 2006; PEREIRA et al., 2013).

Apesar da grande importância comercial do jundiá, o estudo de suas variáveis hematológicas em cultivo é recente, iniciando com a descrição de valores médios e intervalos de referência das séries vermelha e branca (TAVARES-DIAS et al., 2002). Posteriormente foram publicados novos valores de referência (BORGES et al., 2004a). Outros autores avaliaram a influência do estresse (BARCELLOS et al., 2004), composição da dieta (MELO et al., 2006; VARGAS et al., 2008) e exposição a substâncias tóxicas (BORGES et al., 2004b; MABILIA; SOUZA, 2006; VIEIRA et al., 2006; KREUTZ et al., 2011; PAMPLONA et al., 2011) sobre os parâmetros hematológicos de jundiás. Os demais estudos para esta espécie avaliam apenas parâmetros referentes à série vermelha, sob influência da temperatura (LERMEN et al., 2004), salinidade (CAMARGO et al., 2006) e composição da dieta (CAMARGO et al., 2005; HIGUCHI et al., 2011; LAZZARI et al., 2011)

Histopatologia aplicada ao monitoramento ambiental

Animais que habitam ambientes aquáticos poluídos absorvem, em maiores ou menores cargas, as substâncias poluentes presentes na água (WHITTLE et al., 1977). Os poluentes podem ser absorvidos por meio das brânquias, superfície do corpo ou trato digestório, e o potencial de impacto destes sobre os organismos varia de acordo com suas propriedades químicas intrínsecas e sua probabilidade de degradação ou biotransformação (JAMES; KLEINOW, 1994). Os defensivos agrícolas, uma vez no organismo, podem prejudicar drasticamente certos processos fisiológicos e bioquímicos (BANAEE et al., 2011). As análises histopatológicas oferecem informação a respeito do estado de saúde e da funcionalidade dos órgãos, constituindo ferramenta apropriada para estudos toxicológicos e de monitoramento ambiental (BANAEE et al., 2013).

As brânquias são órgãos vitais para os peixes, executando funções como a troca gasosa, troca iônica, excreção de produtos nitrogenados, bem como a captação e excreção de diversos xenobióticos (EVANS et al., 2005). Devido ao contato direto com o meio aquático, são uma interface de captação dos poluentes diluídos. Diversos estudos

envolvendo peixes expostos a defensivos agrícolas relatam alterações estruturais nas brânquias, como hipertrofia e hiperplasia do epitélio lamelar e interlamelar, hiperplasia de células de muco, fusão das lamelas secundárias, ruptura das células pilares, aneurismas, necrose e infiltração de leucócitos (NESKOVIC et al., 1996; JIRAUNGKOORSKUL et al., 2002; HENARES et al., 2008; ALBINATI et al., 2009; RUDNICKI et al., 2009; SHIOGIRI et al., 2012; MELA et al., 2013). Estas alterações constituem respostas de defesa do organismo, porém causam danos à integridade morfo-funcional da brânquia, reduzindo sua eficiência em cumprir as funções fisiológicas (MALLAT, 1985).

O fígado é considerado um bom marcador histológico de contaminação ambiental, por ser o centro metabólico de detoxificação do organismo. A presença de xenobióticos pode afetar o processo metabólico, produzindo lesões patológicas (FERREIRA et al., 2010). A exposição de peixes a herbicidas e outros produtos químicos utilizados na agricultura já foi associada por diversos autores a danos hepáticos como degeneração dos hepatócitos, necrose, infiltração de leucócitos, hipertrofia de hepatócitos e núcleos, hemorragia, estagnação de bile, hiperemia, congestão de sinusóides, fibrose e vacuolização nos hepatócitos e seus núcleos (NESKOVIC et al., 1996; CRESTANI et al., 2007; LANGIANO; MARTINEZ, 2008; ALBINATI et al., 2009; FERREIRA et al., 2010; MELA et al., 2013). Muitas destas alterações são consideradas regressivas, nas quais há redução ou mesmo perda funcional do órgão (BERNET et al., 1999), levando o animal à morte.

O herbicida clomazone

O clomazone {2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona} (Figura 2) pertence ao grupo químico das isoxazolidinonas, sendo um herbicida comercializado na forma de concentrado emulsionável 36 ou 50%, sob os nomes comerciais Gamit[®] e Command EC[®]. É amplamente utilizado no controle de plantas espontâneas, tanto de folhas largas quanto gramíneas (ZANELLA et al., 2002), em diversas culturas agrícolas, como arroz, soja, algodão, cana-de-açúcar, milho, tabaco, entre outras (LIU et al., 1996). Seu mecanismo de ação sobre as plantas espontâneas é bidirecional, consistindo em inibir a produção de clorofila e de pigmentos protetores da mesma. As plantas emergem brancas, por falta de clorofila, morrendo em pouco

tempo por impossibilidade de realizar fotossíntese (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

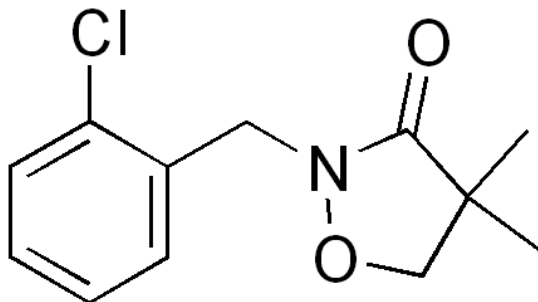


Figura 2 – Estrutura molecular do clomazone, {2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona}, herbicida utilizado em riziculturas. Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Clomazone>

No estado de Santa Catarina, os cultivos de arroz são conduzidos em sistema pré-germinado, e na região Litoral Centro a semeadura é feita entre setembro e novembro, dependendo da cultivar utilizada. O clomazone é aplicado uma vez por ciclo no período de pré-emergência, ou seja entre a semeadura do arroz e o início da emergência das plantas (EMBRAPA, 2007) A principal desvantagem da aplicação do herbicida é o risco de contaminação de cursos d'água nas proximidades. A aplicação de defensivos agrícolas diretamente na água, sem a diluição recomendada, agrava a contaminação de rios e lençóis freáticos (SCHERER et al., 2006).

Estudos prévios afirmam que um herbicida pode contaminar águas subterrâneas caso sua solubilidade seja mais alta do que 30 mg.L^{-1} , K_{oc} (coeficiente de partição na fração orgânica do solo) menor do que 300 mL.g^{-1} , seu K_d (coeficiente de distribuição) menor do que 5 mL.g^{-1} e meia-vida no solo maior do que 3 semanas (HATRÍK; TEKEL, 1996; WINTERSTEIGER et al., 1999). O clomazone se encaixa em todas estas características, sendo altamente solúvel em água (1100 mg.L^{-1}), apresentando K_{oc} de 150 mL.g^{-1} , K_d variando de 0,47 a $5,30 \text{ mL.g}^{-1}$ e meia-vida de 4 a 12 semanas, dependendo do tipo de solo (MERVOSH et al., 1995). Estes dados evidenciam que o clomazone é uma substância com alto potencial de contaminação de corpos d'água, incluindo lençóis freáticos.

Zanella et al. (2002) coletaram durante quatro meses amostras de água em rios da região central do Rio Grande do Sul, onde o clomazone é amplamente utilizado nas lavouras de arroz, e detectaram a presença deste herbicida em 90% das amostras, com concentrações acima de $1\mu\text{g.L}^{-1}$ em 50% do total. Em 2009, o clomazone ficou entre os dez herbicidas mais comercializados no Brasil (IBAMA, 2010), sendo classificado pela Legislação Brasileira como um produto de toxicidade média ou classe III (SILVA et al., 2010). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, ainda não possui legislação específica que estabeleça os limites admissíveis de clomazone em águas brasileiras. Na Comunidade Européia, a legislação para qualidade de água destinada a consumo humano admite uma concentração máxima de $0,1\mu\text{g.L}^{-1}$ para pesticidas medidos individualmente, e de $0,5\mu\text{g.L}^{-1}$ para a soma das concentrações de todos os pesticidas presentes na água (ZANELLA et al., 2002).

Estes compostos causam contaminação de corpos d'água não somente por despejo direto, mas também por serem transportados pelo solo por percolação (DUBUS et al., 2000). Isto compromete seriamente a integridade do ecossistema, pois a exposição a defensivos agrícolas causa prejuízos fisiológicos a diversos organismos. Estudos prévios relatam alterações fisiológicas em peixes expostos ao clomazone (MORAES et al., 2007; MIRON et al., 2008; MORAES et al., 2009), em especial no jundiá *R. quelen* sob condições experimentais (MIRON et al., 2005; CRESTANI et al., 2006; 2007; BECKER et al., 2009; MENEZES et al., 2011). Estudos de toxicidade relatam que a CL_{50} (96 h) do clomazone é de $19\mu\text{g.L}^{-1}$ para a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, $34\mu\text{g.L}^{-1}$ para o “bluegill” *Lepomis macrochirus* (VENCIL, 2002) e $27,3\mu\text{g.L}^{-1}$ para o lambari *Hyphessobrycon scholzei* (JONSSON et al., 1998) e $7,32\mu\text{g.L}^{-1}$ para o jundiá, este último em destaque por mostrar maior sensibilidade ao herbicida (MIRON et al., 2005).

É uma espécie que pode ser utilizada na rizipiscicultura (CRESTANI et al., 2007), porém antes de iniciar esta prática, é necessário conhecer os efeitos da exposição crônica a herbicidas como o clomazone, comumente utilizado nas lavouras de arroz. Com relação ao presente estudo, Garcia et al., (2007) relatam que o jundiá possui importância econômica na região do Rio da Madre e é consumido por pescadores locais, desta forma, a contaminação do rio pode colocar em risco a saúde da população local que mantém este hábito. Conhecer os processos de biotransformação de um determinado contaminante na cadeia trófica aquática é de suma importância para definir os riscos da

poluição, tanto para os organismos aquáticos quanto para os seres humanos, como consumidores finais de muitos desses organismos (JAMES; KLEINOW, 1994).

Área de estudo e histórico de degradação ambiental

A bacia hidrográfica do Rio da Madre possui área total de 551 km² e faz parte da região hidrográfica Litoral-Centro (RH-8) de Santa Catarina, que compreende também as bacias dos rios Tijucas, Cubatão do Sul e Biguaçu, todas independentes e com drenagem em direção ao oceano (FATMA, 2000 apud QUADROS; REBOLLAR, 2009). O Rio da Madre tem sua nascente no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e, ao longo de seu curso, demarca a divisa entre os municípios de Palhoça e Paulo Lopes, desembocando no Oceano Atlântico, na praia da Guarda do Embaú (Figura 3). O Parque Estadual da Serra do Tabuleiro é uma das maiores unidades de conservação de Santa Catarina, com área total de 87.405 hectares e compreende os últimos remanescentes de Mata Atlântica primária do Estado (FATMA, 2002; GASPARINI; VIEIRA, 2010). Abrange nove municípios catarinenses, com suas respectivas proporções: Florianópolis (1%), Garopaba (5%), São Martinho (8%), Imaruí (14%), São Bonifácio (22%), Águas Mornas (24%), Palhoça (54%), Paulo Lopes (59%) e Santo Amaro da Imperatriz (63%) (MONTEIRO, 2005).

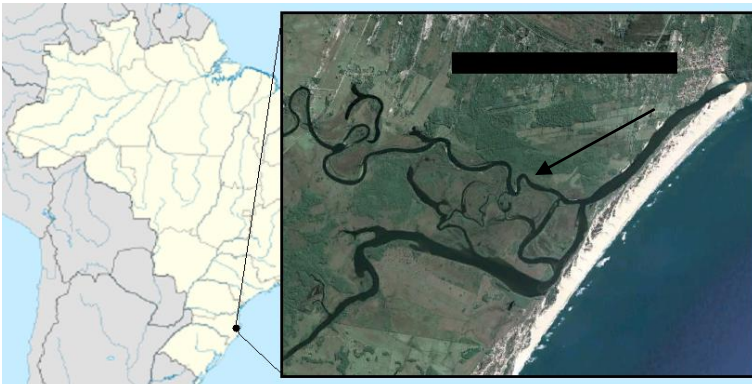


Figura 3 – Localização da área de estudo, com destaque para o Rio da Madre (seta). Barra: 2679m.

O município de Paulo Lopes, situado entre a Unidade Geomorfológica Serra do Tabuleiro e a planície litorânea de Santa Catarina, tem como principais atividades econômicas a agricultura, sendo o arroz o principal produto, e a pesca, como sexto município da região em captura de peixes e crustáceos (QUADROS; REBOLLAR, 2009). Outras culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, feijão, fumo e milho também são responsáveis pela dinamização da socioeconomia local (GASPARINI; VIEIRA, 2010). O cultivo de arroz na região Litoral Centro de Santa Catarina constitui 40% da área agrícola (GARCIA et al., 2007), colocando o estado como o centro de produtividade de arroz irrigado no Brasil (ADJORI, 2004), que, excluindo os países do continente asiático, é o maior produtor mundial de arroz (EMBRAPA, 2005).

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), todas as intervenções humanas passíveis de causar qualquer impacto sobre a população ou o ambiente devem ser monitoradas pelo governo federal, estadual e municipal, e pela coletividade. A agricultura convencional, que faz uso de fertilizantes e defensivos químicos, é uma atividade que apresenta alto potencial de degradação ambiental, porém, apesar da extensão das áreas agrícolas no Sul do Brasil, poucas constituem foco de avaliações ambientais (QUADROS; REBOLLAR, 2009).

O enquadramento legal do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro é amparado pelo Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), instituído pela Lei nº 11.986 de 12/11/2001, que estabelece normas para a gestão de Unidades de Conservação em todo o território catarinense (SANTA CATARINA, 2001). Para garantir a preservação dos recursos naturais, utiliza-se ainda outro recurso administrativo, denominado Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), no qual o agente causador do dano admite ter plena consciência do impacto negativo que está provocando sobre o ambiente, além de comprometer-se a restabelecer o dano dentro de um prazo pré-estabelecido (SANTOS, 2006). Em junho de 2006, foram assinados Termos de Ajustamento de Conduta (TAC), com a finalidade de possibilitar o início do licenciamento ambiental da rizicultura em áreas já plantadas. A partir do momento em que assinaram o TAC, os rizicultores assumiram o compromisso de afastar as lavouras próximas aos cursos d'água e empregar defensivos agrícolas de maneira racional (SANTOS, 2007 apud QUADROS, 2009).

Além dos prejuízos ao ecossistema, os efeitos dos herbicidas podem atingir os seres humanos, tanto de forma mais direta, a exemplo

da exposição a que os trabalhadores rurais estão sujeitos, ou de maneira indireta, ocasionado pela ingestão de alimentos e exposição a ambientes contaminados (GASPARINI;VIEIRA, 2010). Tendo em vista que o Rio da Madre é local de pesca para a comunidade ribeirinha e que os compostos podem se acumular ao longo da cadeia trófica, a contaminação deste rio por herbicidas constitui não apenas um impacto para o ecossistema aquático, mas também uma questão de saúde pública.

JUSTIFICATIVA

O jundiá *Rhamdia quelen* representa fonte de renda para diversos piscicultores no Sul do Brasil e sua produtividade é frequentemente comprometida por enfermidades. As análises hematológicas e parasitológicas a longo prazo permitem observar variações no estado de saúde dos animais e relacioná-lo a fatores como parâmetros de qualidade de água, que sofrem variação de acordo com a época do ano, permitindo adequar o manejo sanitário às características regionais. A histopatologia, em conjunto com a hematologia, permite observar alterações relacionadas à contaminação aquática em ambiente natural, servindo como ferramenta para verificar os impactos de efluentes da rizicultura sobre o Rio da Madre, importante recurso hídrico local situado em Área de Conservação, cuja bacia hidrográfica ainda é considerada uma das mais preservadas da região.

OBJETIVO GERAL

Utilizar a hematologia, a parasitologia e a histopatologia como ferramentas auxiliares de diagnóstico em jundiás *Rhamdia quelen* cultivados e de ambiente natural no município de Paulo Lopes, Santa Catarina, Sul do Brasil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a presença e concentração do herbicida clomazone em um ponto próximo e outro à montante de local de descarga de efluentes de rizicultura no
- Rio da Madre, Paulo Lopes-SC;
- Avaliar os parâmetros hematológicos de peixes coletados nos pontos do Rio da Madre acima citados;

- Verificar alterações histológicas no fígado e nas brânquias de jundiás coletados nos pontos do Rio da Madre acima citados.
- Avaliar a influência da época do ano sobre os parâmetros hematológicos de jundiás *Rhamdia quelen* provenientes de piscicultura no município de Paulo Lopes-SC;
- Avaliar a influência da época do ano sobre a prevalência, abundância média e intensidade média de infecção por parasitos branquiais em jundiás *Rhamdia quelen* provenientes de cultivo no município de Paulo Lopes-SC;

O presente estudo está dividido em dois artigos, apresentados a seguir: O primeiro intitulado “Hematologia e histopatologia de jundiás *Rhamdia quelen* expostos ao herbicida clomazone no Rio da Madre, Santa Catarina, Sul do Brasil”, redigido sob as normas do periódico “*Boletim do Instituto de Pesca*” e o segundo intitulado ‘Monitoramento hematológico e parasitológico em jundiá *Rhamdia quelen* cultivado no Sul do Brasil, com ênfase em parasitos branquiais”, sob as normas do periódico “*Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*”.

**ARTIGO 1 – “Hematologia e histopatologia de jundiás
Rhamdia quelen expostos ao herbicida clomazone no Rio da Madre,
Santa Catarina, Sul do Brasil”**

Redigido conforme as normas do periódico “**Boletim do
Instituto de Pesca**” (Qualis B2, fator de impacto 0,223)

Resumo

O presente estudo avaliou a influência da contaminação pelo herbicida clomazone sobre os parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas, em jundiá *Rhamdia quelen* no Rio da Madre, no município de Paulo Lopes, SC, Brasil. Entre março/2010 e janeiro/2012, os peixes foram coletados em dois pontos distintos do Rio da Madre: um que recebe resíduos provenientes de rizicultura irrigada (n=49) e outro que à montante (n=48), considerado referência. A análise de resíduos detectou a presença do herbicida clomazone a uma concentração média de $3,40 \pm 4,99 \mu\text{g.L}^{-1}$ no local onde há descarga de efluentes da rizicultura, e de $1,31 \pm 0,83 \mu\text{g.L}^{-1}$ no local à montante (referência). Os animais oriundos do local onde ocorre a descarga de efluentes apresentaram incremento significativo no número de monócitos, consistindo em uma possível resposta inespecífica ao estresse ambiental. Não houve diferença significativa no percentual de hematócrito, contagem de eritrócitos, trombócitos, leucócitos totais, linfócitos e neutrófilos. Peixes de ambos os locais apresentaram alterações hispatológicas. No ponto que recebe resíduos, 82% dos indivíduos mostraram alterações de moderadas a severas nas brânquias, enquanto no ponto referência à montante isto ocorreu em 100% dos animais analisados. No fígado, 84% dos indivíduos no local contaminado e 90% no local referênciao apresentaram alterações de moderadas a severas. Estas alterações sugerem efeito da exposição crônica ao herbicida.

Palavras-chave: Siluriformes; rizicultura; isoxazolidinona; sangue; fígado; brânquias

Abstract

This study evaluated the influence of the clomazone herbicide contamination on the hematological and histopathological parameters of silver catfish *Rhamdia quelen* from Madre River, Santa Catarina State, Southern Brazil. Between March 2010 and January 2012, the fish were collected in two different sites in the Madre River, that receive residual water (contaminated site) from rice culture (n=49) and other that do not receive residual water (reference site) (n=48). The herbicide clomazone analysis detected a concentration of $3.40 \pm 1.70 \mu\text{g.L}^{-1}$ in the contaminated site and $1.1 \pm 0.33 \mu\text{g.L}^{-1}$ in the reference site. Fish from contaminated site showed increased number of monocytes suggesting the possible defense response as a result of chronic exposure to clomazone. On the other hand, no difference was found in the hematocrit percentage, red blood cell count, total thrombocyte number, white blood cell count, lymphocytes and neutrophils number. Fishes from both sites showed histopathological changes. At the most contaminated point, 82% showed moderate to severe gill alterations, while in the reference site these changes occurred in 100% of the fishes. In the liver, 84% of fishes from the contaminated site and 90% from the reference showed moderate to severe changes. These results suggest the effect of the herbicide in chronic exposure.

Keywords: Siluriformes; rice culture; isoxazolidinone; blood; liver; gills

Introdução

O jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824) é uma espécie de grande interesse econômico, devido a sua adaptação a diferentes ambientes e dietas artificiais, por apresentar resistência ao manejo e boa aceitação comercial, sendo uma das espécies nativas locais mais promissoras para o cultivo intensivo (ZANIBONI-FILHO, 2004). O cultivo do jundiá é especialmente interessante para a região Sul do Brasil, tendo em vista que é capaz de suportar invernos rigorosos e de crescer rapidamente nos meses mais quentes, chegando ao tamanho de abate após 6 a 8 meses de engorda (BARCELLOS *et al.*, 2004). Nesta região, é comum a proximidade entre lavouras e viveiros de piscicultura, desta forma os defensivos agrícolas podem chegar à água dos viveiros, bem como a cursos d'água naturais, através da percolação (VAN DER OOST *et al.*, 2003).

A bacia hidrográfica do Rio da Madre, situada na região Litoral Centro do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil, ocupa uma área de 375 km², entre os municípios de Palhoça e Paulo Lopes, os quais juntamente com os municípios de Garopaba, Imaruí e Imbituba, são banhados pelo rio D'Una e seus afluentes, que vêm sofrendo impactos relacionados à agricultura no entorno, especialmente em relação ao cultivo de arroz, que abrange mais de 40% da área agrícola da região (GARCIA *et al.*, 2007).

O clomazone é um herbicida largamente empregado nas culturas de arroz, soja, algodão, cana-de-açúcar, milho e tabaco, entre outras. O objetivo de sua aplicação é o controle de plantas espontâneas (ZANELLA *et al.*, 2002), sendo classificado pela Legislação Brasileira como um produto de toxicidade média ou classe III (SILVA *et al.*, 2010). É muito utilizado na região Sul do Brasil, principalmente na rizicultura com grande potencial de contaminação aquática, em virtude de sua alta solubilidade em água (1100 mg.L⁻¹) e longo período de dissipação, podendo ser detectado na água até 130 dias após a aplicação. No caso da rizicultura, o clomazone costuma ser diluído na água de irrigação e 10 dias depois de aplicado, esta água contendo herbicida é descartada, a fim de evitar prejuízos no desenvolvimento das plantas de arroz, de acordo com ZANELLA *et al.* (2002), em cujo estudo foi detectado clomazone em 90% das amostras de água coletadas de rios adjacentes a regiões produtoras de arroz no Estado do Rio Grande do

Sul. Tendo em vista que o clomazone é um produto considerado essencial na agricultura convencional, é de suma importância investigar seus efeitos sobre os ecossistemas aquáticos situados no entorno de áreas agrícolas.

Estudos recentes relatam alterações fisiológicas em peixes expostos ao clomazone (MIRON *et al.*, 2008; MORAES *et al.* 2009;), em especial no jundiá sob condições experimentais (MIRON *et al.*, 2005; CRESTANI *et al.*, 2006; 2007; BECKER *et al.*, 2009; MENEZES *et al.*, 2011), sendo um bom indicador de poluição por pesticidas em locais próximos a campos agrícolas (BECKER *et al.*, 2009). Estudos de toxicidade relatam que a CL_{50} (96 h) do clomazone é de $19 \mu\text{g.L}^{-1}$ para a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, $34 \mu\text{g.L}^{-1}$ para o “bluegill” *Lepomis macrochirus* (VENCIL, 2002) e $27,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ para o lambari *Hypphessobrycon scholzei* (JONSSON *et al.*, 1998). Em contraste, para *R. quelen* é de $7,32 \mu\text{g.L}^{-1}$, valor baixo comparado ao de outras espécies, mostrando que o jundiá é bastante sensível ao clomazone (MIRON *et al.*, 2005).

Os parâmetros hematológicos são bons indicadores de efeitos subletais de diferentes poluentes sobre a fisiologia dos peixes. Devido ao contato direto com o meio aquático, as características sanguíneas de peixes estão intimamente relacionadas com a resposta do animal ao ambiente. Por isso, alterações nos parâmetros hematológicos podem ser um indicativo de condições inadequadas do ambiente ou da presença de fatores estressantes, como produtos químicos tóxicos (BARCELLOS *et al.*, 2004).

O estudo de alterações histopatológicas em peixes constitui uma maneira precisa de diagnosticar efeitos tóxicos de compostos químicos em órgãos-alvo, portanto, são indicadores potentes da exposição prévia a estressores ambientais (HINTON *et al.*, 1992). O nível de alteração tecidual depende do tipo de agente estressante, da duração do estresse e do ambiente a que os animais estão expostos (MORAES e MARTINS, 2004). A presença de poluentes na água induz alterações na estrutura do tecido branquial, pois as brânquias estão em contato direto com o meio aquático (MALLAT, 1985). O fígado é essencial no metabolismo e excreção de substâncias tóxicas, sendo considerado um órgão-alvo no qual é comum a ocorrência de alterações estruturais provocadas por contaminantes no meio aquático (HINTON *et al.*, 2001). O presente estudo teve como objetivo avaliar parâmetros hematológicos e

histopatológicos do jundiá proveniente de dois pontos localizados no rio da Madre, um que recebe resíduos de rizicultura e outro à montante, no município de Paulo Lopes, SC, Sul do Brasil.

Material e Métodos

Área de estudo e peixes

Um total de 97 jundiás foram coletados bimestralmente entre março de 2010 e abril de 2012, com rede, em dois pontos do Rio da Madre, no município de Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil (27°54'7"S 48°38'56"O). O primeiro ponto é um local que recebe despejo direto de efluentes de uma lavoura de arroz (n=49) e o segundo é um local à montante (n=48), afastado do ponto de despejo.

Após cinco dias de aclimação em caixas de 100L, sem alimentação, com aeração constante e temperatura mantida em $24 \pm 1^\circ$ C, os peixes foram anestesiados com eugenol (75 mg.L^{-1}) para biometria e análise hematológica.

Os locais de coleta na Bacia do Rio da Madre foram selecionados pelas diferentes influências de atividade agropecuária presente na região. Estes estão localizados no curso do rio da Madre, sendo um deles à montante das plantações, ou seja, longe do aporte de resíduos direto da rizicultura e seguindo o curso do rio, próximo ao local de aporte de resíduos direto da rizicultura foi estabelecido o segundo ponto. O terceiro ponto, que é a própria rizicultura, foi considerado o controle positivo para fins de análise química da água (Fig. 1). Foi considerado como controle negativo uma amostra de água proveniente de uma piscicultura na região, próxima à nascente do rio. No momento da captura dos peixes foram medidos os parâmetros de qualidade da água, temperatura e oxigênio dissolvido com oxímetro Hanna® HI9146, potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro Alfakit® AT310, condutividade elétrica com condutivímetro Bel Engineering® W12D, amônia total, nitrito e nitrato com kit colorimétrico (Alfakit®).



Figura 1 – Área de estudo e pontos de coleta de amostras de água para detecção de clomazone no Rio da Madre: PC – ponto do rio com resíduos da rizicultura; PR – ponto referênciã, à montante; CP – controle positivo (rizicultura). A barra vermelha equivale a 480m.

Deteccção da presença de clomazone na água

A análise dos resíduos do herbicida clomazone foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), de acordo com ZANELLA *et al.* (2002). Foi utilizada bomba isocrática e detector UV-visível (Gilson), com coluna cromatográfica C₁₈ de 250 mm de comprimento, 4,6 mm de diâmetro interno e tamanho de partícula de 5 µm (Thermo Scientific). Utilizou-se potenciômetro pH-Meter CG818 (Schott Gerate), coletor a vácuo, seringa Luer Lock, 100 µl, com agulha descartável (Hamilton) e banho ultrassônico (Branson do Brasil).

Foi utilizado o padrão de clomazone 99,6% (FMC, Uberaba, MG) diluído em metanol (MeOH) na concentração de 50 µg.mL⁻¹. Após a homogeneização da amostra, retirou-se uma porção de 200 mL, que foi passada através de filtros PTFE de 0,45 µm e acidificada com ácido fosfórico (pH 3,0) para realização da limpeza do filtrado. Após o condicionamento do cartucho, aplicou-se o filtrado, lavou-se o cartucho

e foi aplicado o clomazone. Para isso, o sistema foi condicionado passando através do cartucho 3 mL de MeOH, seguido do mesmo volume de água ultrapura (Milli-Q) e outro volume de água em pH 3,0. Em seguida, foi adicionado o filtrado das amostras da água coletada do rio e da rizicultura sob vácuo, com fluxo de 3 mL.min⁻¹. Para eluição do clomazone, foi adicionado 1 mL de MeOH, dividido em duas alíquotas de 500 µL. Após evaporação do eluato (extrato metanólico com clomazone) com corrente de nitrogênio, a fração sólida obtida foi redissolvida em 500 µL da fase móvel para posterior injeção no cromatógrafo (HPLC/UVD). Para quantificação do clomazone foi injetado 20 µL do extrato, filtrado com filtro PTFE descartável (conectado a seringa), em cromatógrafo líquido com detector de UV a 220 nm. A fase móvel foi previamente passada por filtro politetrafluoroetileno (PTFE) com 47 mm de diâmetro e porosidade 0,45 µm. Em seguida, foi feita a desgaseificação em banho ultrassônico por 15 min. Separou-se o clomazone pela coluna C₁₈ e fase móvel MeOH:H₂O 65:35 em pH 4,0, ajustado com ácido fosfórico, com fluxo de 1 mL.min⁻¹ e tempo total de eluição de 18 min. Condicionou-se o sistema, por 60 minutos, antes do uso. O tempo de retenção (t_r) do clomazone foi de 12,05 min. A solução padrão para calibração foi preparada por diluição com a fase móvel na concentração de 0,05; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0 e 10,0 mg.L⁻¹. Foi utilizada como branco uma amostra de água sem clomazone, coletada de local em que não foi aplicado esse composto na plantação e em região próxima.

Análises hematológicas

Para as análises hematológicas, após anestesia dos peixes com eugenol (75mg.L⁻¹), foi retirado aproximadamente 1,0 mL de sangue por punção do vaso caudal, com auxílio de seringas contendo EDTA 10%. Uma alíquota foi reservada para contagem total de eritrócitos em câmara de Neubauer, após diluição de 1:200 em solução de cloreto de sódio (0,65%). Outra alíquota foi destinada à determinação do percentual de hematócrito pelo método do microhematócrito (GOLDENFARB, 1971), e o restante utilizado para confecção de extensões sanguíneas coradas com May-Grünwald/Giemsa pelo método de ROSENFELD (1947) para contagem diferencial de leucócitos e contagens totais de trombócitos e leucócitos. Os números totais de trombócitos e leucócitos no sangue foram calculados pelo método indireto (ISHIKAWA *et al.*, 2008) a partir da leitura das extensões sanguíneas.

Análises histopatológicas

Após a coleta de sangue, os peixes foram eutanasiados por comoção cerebral (Comissão de Ética CEUA/UFSC PP00756) para retirada das brânquias e fígado, destinados à análise histológica (n=36 do local que recebe efluentes e n=40 do local referência). Fragmentos destes órgãos fixados em formalina 10% tamponada e foram preparados segundo técnicas histológicas de rotina, com inclusão em parafina. Cortes de 4 μm de espessura, em orientação transversal, foram corados com hematoxilina de Harris e eosina, para identificação padrão das estruturas. O corante tricrômico de Masson foi utilizado para identificação de fibrose no fígado e hipertrofia de células de muco nas brânquias, pois as fibras colágenas e o muco coram-se diferencialmente de verde. Foi possível também a identificação de leucócitos granulares PAS-positivos (LG-PAS), cujos grânulos citoplasmáticos coraram-se de púrpura, e eosinófilos, com grânulos citoplasmáticos esverdeados. Para confirmação da presença de eosinófilos, foram coradas lâminas com carbol-cromotope 2R, segundo LENDRUM (1944).

Análise estatística

Os dados hematológicos foram analisados com auxílio do software *Statistica 8.0*. Após transformar os dados referentes à contagem diferencial de leucócitos em raiz de x, e os demais em arco seno, aplicou-se teste t para comparação de médias. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

Resultados

Durante as coletas, os valores medidos na água do rio foram: temperatura $19,85 \pm 0,35$ e $22,75 \pm 2,47$ °C, oxigênio dissolvido $7,45 \pm 0,35$ e $6,90 \pm 0,14$ mg.L^{-1} , pH $7,50 \pm 0,00$ e $7,50 \pm 0,14$, condutividade $42,50 \pm 10,61$ e $92,50 \pm 17,68$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$, amônia total $0,05 \pm 0,07$ e $0,00 \pm 0,00$ mg.L^{-1} , nitrito $0,03 \pm 0,04$ e $0,10 \pm 0,00$ mg.L^{-1} e nitrato $0,15 \pm 0,21$ e $0,10 \pm 0,00$ mg.L^{-1} , nos pontos referência e contaminado, respectivamente.

A análise de amostras de água confirmou a presença e determinou as concentrações do herbicida clomazone, (2-(2-clorofenil) metil-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona), nos dois pontos da região de estudo (Tabela 1). O Limite de Detecção (LOD) do método foi de 0,177 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e o Limite de Quantificação (LOQ) foi de 0,531 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Em ambos os pontos do rio, houve momentos em que as concentrações mínimas detectáveis de clomazone estiveram abaixo do LOQ.

Tabela 2 - Detecção e níveis de clomazone em amostras de água em diferentes pontos de coleta na Bacia do Rio da Madre, município de Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil.

| Parâmetros (HPLC) | À montante (n=4) | Com efluentes (n=2) | Rizicultura (n=1) |
|---|---------------------|---------------------------|----------------------|
| Tempo médio de retenção (min.) | 19,72 | 19,04 | 19,96 |
| Volume da amostra (L) | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| Concentração de clomazone ($\mu\text{g.L}^{-1}$) | 1,31 \pm 0,83 | 3,40 \pm 4,99 | 24,47 |
| Amplitude de variação ($\mu\text{g.L}^{-1}$) | <0,531* - 2,43 | < 0,531 - 6,93 | - |

*Análito detectado, porém em concentração abaixo do Limite de Quantificação do método

Os peixes do local com resíduos da rizicultura pesaram 164,8 \pm 89,93g e mediram 26,2 \pm 3,30 cm de comprimento total; e os do local no rio que não recebia resíduos pesaram 140,4 \pm 88,80 g e mediram 24,7 \pm 3,64 cm. Com relação aos parâmetros hematológicos (Tabela 2), os números de monócitos foram significativamente mais altos ($p < 0,05$) no local próximo à descarga de efluentes da rizicultura. Os valores de hematócrito, eritrócitos, trombócitos, total de leucócitos, linfócitos e neutrófilos não mostraram diferença significativa entre os locais ($p \geq 0,05$).

Tabela 3 - Valores médios \pm erro padrão dos parâmetros hematológicos de jundiás *Rhamdia quelen* provenientes de dois locais no Rio da Madre, um que recebe efluentes de rizicultura e outro à montante, no município de Paulo Lopes, SC, Brasil.

| Parâmetros hematológicos | Com efluentes (n=49) | À montante (n=48) |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Hematócrito (%) | 32,98 \pm 1,39 | 28,80 \pm 1,27 |
| Eritrócitos ($\times 10^6 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 2,03 \pm 0,14 | 1,91 \pm 0,15 |
| Trombócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 19,07 \pm 1,74 | 19,61 \pm 1,80 |
| Leucócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 52,55 \pm 4,12 | 57,66 \pm 4,77 |
| Linfócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 26,79 \pm 2,95 | 33,35 \pm 3,06 |
| Neutrófilos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 16,34 \pm 2,87 | 20,29 \pm 2,88 |
| Monócitos ($\times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 9,35 \pm 2,10 ^a | 4,44 \pm 0,85 ^b |

Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste t ($p < 0,05$).

Quanto às análises histológicas (Figura 2), dentre os peixes provenientes do local que recebe efluentes, 18% apresentaram brânquias similares às normais, porém com alterações leves. Em 82%, as alterações no epitélio e sistema circulatório branquial apresentavam-se de moderadas à severas. Em peixes provenientes do ponto afastado do aporte de resíduos, 44,5% apresentavam brânquias com alterações moderadas 55,5% com alterações severas. De modo geral as alterações foram: edema intersticial nas lamelas secundárias, edema justa lamelar pronunciado, hipertrofia do epitélio respiratório, hiperplasia do epitélio interlamelar, fusão parcial a total das lamelas secundárias, hipertrofia de células de muco, vasodilatação de eixo vascular com perda de suporte pelas células pilares e formação de aneurismas, telangectasia eventual, corrugação no epitélio das lamelas secundárias e desorganização generalizada da estrutura da lamela secundária e necrose leve a severa.

No fígado, 16% dos animais provenientes do local que recebe resíduos apresentaram tecido hepático similar ao normal, com alterações leves. Os outros 84% apresentaram alterações de moderadas à severas, como redução do volume e modificação do formato dos hepatócitos, desestruturação do parênquima hepático, hipertrofia dos hepatócitos e seus núcleos, degeneração celular, micro e macro esteatose. Observou-se também diversas áreas de necrose, com infiltração de leucócitos mononucleares.

Nos peixes provenientes do ponto que não recebe diretamente os efluentes, 10% tinham alterações hepáticas leves e 90% de moderadas à severas, similares aos peixes do outro ponto de coleta. Havia também congestão severa e fibrose no parênquima hepático, além de micro e macro esteatose nos hepatócitos. Observou-se reação inflamatória focal a multifocal, com neutrófilos, linfócitos, eosinófilos, macrófagos e LG-PAS.

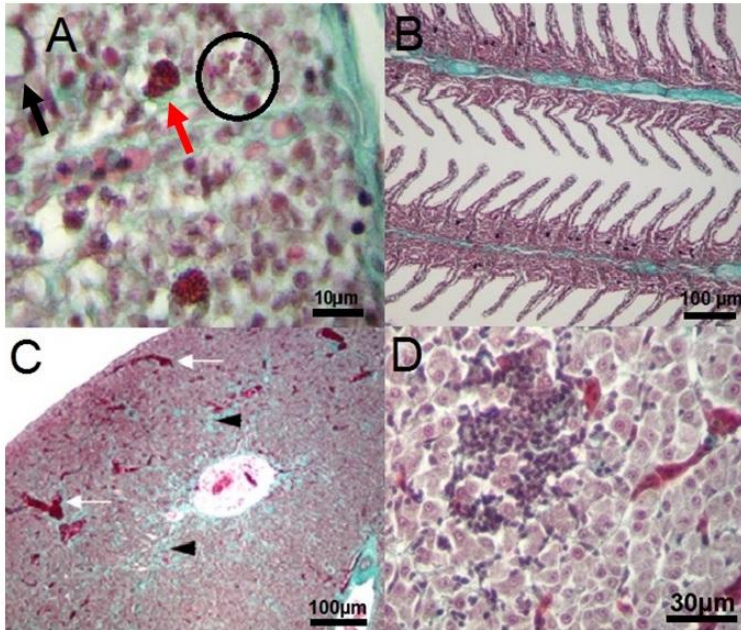


Figura 2- Alterações histológicas em jundiás *Rhamdia quelen* coletados no Rio da Madre, Paulo Lopes, SC. A - Brânquia: Hipertrofia em célula de muco (seta preta), infiltração de LG-PAS (seta vermelha) com degranulação (círculo) e hiperplasia do epitélio interlamelar em peixe do ponto mais contaminado. B - Brânquia: Infiltração de LG-PAS (células mais escuras) e fusão de lamelas secundárias em peixe do ponto que recebe efluentes. C - Fígado: Congestão de sinusóides (seta branca) e fibrose (seta preta), em peixe do ponto referência. D - Fígado: Necrose e infiltração de leucócitos, em peixe do ponto próximo à rizicultura. Coloração: tricrômico de Masson.

Discussão

Na água coletada da rizicultura, considerada o controle positivo para detecção do herbicida, foram detectados $24,474 \mu\text{g.L}^{-1}$ de clomazone. ZANELLA *et al.* (2002), ao analisar amostras de água de arrozais no Sul do Brasil, encontraram em média $441 \mu\text{g.L}^{-1}$ de clomazone uma hora após a aplicação do herbicida e uma média de $20,9 \mu\text{g.L}^{-1}$ depois de 14 dias. É possível presumir, portanto, que o herbicida tenha sido aplicado cerca de duas semanas antes do momento da coleta da amostra de água.

O ponto que não recebe resíduos de rizicultura apresentou concentração média de $1,31 \pm 0,83 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que a menor concentração encontrada foi abaixo do LOQ e a maior foi de $2,43 \mu\text{g.L}^{-1}$. Mesmo que este ponto esteja à montante do local onde os efluentes da rizicultura são lançados, os defensivos agrícolas podem ser transportados pelo solo por percolação, atingindo corpos d'água próximos à lavoura (DUBUS *et al.*, 2000). Quanto ao ponto que recebe diretamente os resíduos da rizicultura, a média foi de $3,40 \pm 4,99 \mu\text{g.L}^{-1}$, com a menor concentração abaixo do LOQ e a maior em $6,93 \mu\text{g.L}^{-1}$. Estas variações são influenciadas pela aplicação de clomazone nos arrozais, que percola até os rios, bem como pela pluviosidade e pela degradação do composto na água.

MIRON *et al.* (2005) testaram a toxicidade do clomazone sobre alevinos de jundiá, registrando uma CL_{50} de $7,32 \mu\text{g.L}^{-1}$ em 96 h de exposição, concentração próxima à observada em uma das amostras no ponto do rio que recebe resíduos de rizicultura, que chegou a $6,93 \mu\text{g.L}^{-1}$. Considerando que os animais do rio encontram-se em exposição crônica ao herbicida, sua presença pode ser prejudicial a ponto de causar redução na população local de peixes.

Os peixes têm a capacidade de reter diferentes xenobióticos presentes na água através de processos ativos ou passivos. Portanto, parâmetros medidos nos peixes podem ser usados para monitorar o potencial de contaminação de um pesticida, investigando seus efeitos biológicos (MIRON *et al.*, 2008). Os parâmetros hematológicos de peixes podem ser influenciados por compostos químicos presentes na água (WENDELAAR BONGA, 1997), desta forma, sua avaliação é importante ferramenta para elucidar os efeitos fisiológicos da contaminação aquática sobre estes organismos. As alterações hematológicas são, geralmente, as primeiras respostas detectáveis e

quantificáveis a mudanças ambientais (HAWKINS e MAWDESLEY, 2006).

O percentual de hematócrito não apresentou diferença significativa entre os locais de coleta (Tabela 2). Estudos anteriores registram o mesmo resultado em jundiá exposto ao herbicida glifosato (KREUTZ *et al.*, 2011) e ao inseticida cipermetrina (BORGES *et al.*, 2007). O número de eritrócitos também não sofreu influência significativa, corroborando o resultado de PEREIRA *et al.* (2013), que não encontraram alterações no número de eritrócitos em curimatá *Prochilodus lineatus* exposto experimentalmente ao clomazone a 10 mg.L⁻¹ por 96 h. Também não foram observadas alterações nos números totais de trombócitos e leucócitos, número de linfócitos e neutrófilos circulantes. Semelhantemente, tilápias injetadas com o inseticida lindano não apresentaram qualquer alteração na contagem diferencial de leucócitos (HART *et al.*, 1997). Não foram observados basófilos e eosinófilos, corroborando os resultados de BORGES *et al.* (2007), em cujo estudo foram registrados parâmetros hematológicos de jundiás *R. quelen* cultivados em tanques escavados no Sul do Brasil.

Os valores de monócitos foram significativamente mais altos no ponto que recebe resíduos da rizicultura. Corroborando o presente resultado, LI *et al.* (2011) observaram incremento na quantidade de monócitos em truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* expostas ao fungicida propiconazole, justificando esta alteração como resposta ao estresse (MURAD e HOUSTON, 1988). OLIVEIRA-RIBEIRO *et al.* (2006), ao estudar os efeitos da exposição a níveis subletais de metilmercúrio em traíra *Hoplias malabaricus*, também observaram aumento no número de monócitos. Alterações na contagem diferencial de leucócitos são indicadores de um possível estresse ambiental (COLE *et al.*, 2001), e o aumento na quantidade de monócitos indica que pode haver uma resposta inflamatória em curso (CLAUSS *et al.*, 2008). A resposta inflamatória acontece quando há tecidos injuriados ou quando a fagocitose não é suficiente para combater determinado agente invasor. Substâncias tóxicas frequentemente provocam inflamação por danificar os tecidos (BOLS *et al.*, 2001). Os monócitos são precursores sanguíneos dos macrófagos teciduais. Estas células atuam em processos de defesa frente a enfermidades e injúrias, realizando fagocitose e destruição de materiais exógenos, bem como resíduos celulares oriundos da resposta inflamatória (DIAS *et al.*, 2011).

Em relação às alterações histológicas, as alterações mais severas observadas nas brânquias de peixes de ambos os locais sugerem efeito de condições ambientais adversas. O tecido branquial é a principal

interface com o ambiente para o equilíbrio ácido-base, trocas gasosas, regulação iônica, captação e excreção de substâncias tóxicas (EVANS *et al.*, 2005). Agressões provocadas por xenobióticos geram alterações histopatológicas e respostas inflamatórias como as observadas neste estudo. Em todos os peixes, houve reação inflamatória com presença de leucócitos granulares PAS-positivos (LG-PAS), mostrando inclusive degranulação. As LG-PAS apresentam características citoquímicas e funcionais similares às dos mastócitos nos mamíferos, e fazem parte do sistema imune inato dos peixes (DEZFULI e GIARI, 2008). Tendem a acumular-se em tecidos expostos a xenobióticos, sendo observadas diversas alterações morfológicas, como a degranulação (SCHMALE *et al.*, 2004). Em pargo *Sparus aurata*, infiltrações de LG-PAS foram observadas nas brânquias como resultado de reação inflamatória em peixes expostos a bifenilos policlorados (LAURIANO *et al.*, 2012). A hipertrofia do epitélio lamelar, hiperplasia, edema e aumento de células de muco são consideradas alterações de defesa, pois aumentam a distância de difusão entre a água e o sangue, reduzindo a absorção do xenobiótico. Entretanto, estas mudanças podem prejudicar as trocas gasosas e reduzir a absorção de oxigênio, que auxilia no metabolismo oxidativo e processos de detoxificação (SHIOGIRI *et al.*, 2012).

A presença de contaminantes na água pode provocar danos ao tecido hepático, pois as espécies reativas de oxigênio (EROs), produzidas durante o processo de detoxificação, reagem com macromoléculas vitais, danificando componentes celulares e causando desordens histológicas (SEPICI-DINÇEL *et al.*, 2009). A necrose hepática é um dano estrutural e funcional irreversível, com sérias consequências para a homeostase (STENTIFORD *et al.*, 2003), e reflete uma série de desordens, como alterações na atividade de enzimas e no metabolismo de proteínas e carboidratos, perda da integridade de membranas celulares e estresse oxidativo (MELA *et al.*, 2013). Assim como no presente estudo, múltiplas áreas de degeneração celular, necrose e infiltração de leucócitos foram observadas no fígado de jundiás expostos ao herbicida atrazina, indicando processo inflamatório (MELA *et al.*, 2013). A degeneração celular prejudica as funções do fígado por reduzir a área metabolicamente ativa (LANGIANO e MARTINEZ, 2008). A hipertrofia dos hepatócitos indica intensificação da atividade metabólica, como resposta à intoxicação (TAKASHIMA e HIBYIA, 1995 *apud* LANGIANO e MARTINEZ, 2008). A vacuolização é frequentemente aparente no fígado de animais expostos a produtos tóxicos, podendo ser resultante de alterações no metabolismo dos lipídios e/ou na estrutura do citoesqueleto (MELA *et al.*, 2007).

CRESTANI *et al.* (2007) observaram vacuolização nos hepatócitos de jundiás expostos ao clomazone nas concentrações de 0,5 e 1,0 mg.L⁻¹ por até 192 h, dano persistente após 192 h em água limpa. Congestão de sinusóides e início de fibrose no parênquima hepático também foram relatados por NESKOVIC *et al.* (1996) em carpas, após exposição aguda ao herbicida glifosato. O grau de fibrose observado nos peixes do presente estudo evidencia um quadro de hepatite crônica, alteração histopatológica severa que pode levar os animais à morte. No rio, as concentrações de clomazone medidas nos pontos de coleta foram baixas em comparação com a literatura, porém, a exposição constante e crônica pode ter provocado graves alterações histológicas nos peixes de ambos os locais.

Conclusões

Os resultados mostram que, mesmo em baixas concentrações, a exposição crônica ao clomazone pode ter causado prejuízos à saúde dos peixes. O estudo da saúde destes animais é de grande interesse, uma vez que estão em contato direto com o meio aquático e servem como indicadores de qualidade ambiental. As análises de amostras de água mostraram que os níveis de clomazone estão acima do tolerável segundo a legislação, representando risco ao ecossistema e à comunidade local. O presente estudo demonstra que os parâmetros hematológicos e histológicos são sensíveis a mudanças ambientais e podem ser afetados pelo aporte de xenobióticos, constituindo ferramentas acessíveis e eficazes não somente para avaliar as condições de saúde dos peixes, mas também para programas de monitoramento ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro (CNPq 470411/2009-0) e pela bolsa de Produtividade em Pesquisa a M.L. Martins (CNPq 302493/2010-7, ao Prof. Dr. Fábio Ferreira Gonçalves (Departamento de Química Analítica da Universidade Federal do Rio Grande) por ceder o princípio ativo do clomazone e Sonia Silveira pela captura dos peixes.

Referências

- Barcellos, L.J.G.; Kreutz, L.C.; Souza, C.; Rodrigues, L.B.; Fioreze, I.; Quevedo, R.M.; Cericato, L.; Soso, A.B.; Fagundes, M.; Conrad, J.; Lacerda, L.A.; Terra, S. 2004 Hematological changes in silver catfish (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture*, Amsterdam, 237: 229–236
- Becker, A.G.; Moraes, B.S.; Menezes, C.C.; Loro, V.L.; Santos, D.R.; Reichert, J.M.; Baldissarotto, B. 2009 Pesticide contamination of water alters the metabolism of juvenile silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 72: 1734-1739.
- Bols, N.C.; Brubacher, J.L.; Ganassin, R.C.; Lee, L.E.J. 2001 Ecotoxicology and innate immunity in fish. *Developmental and Comparative Immunology*, Elmsford, 25: 853-873.
- Borges, A.; Scotti, L.V.; Siqueira, D.R.; Zanini, R.; Amaral, F.; Jurinitz, D.F.; Wassermann, G.F. 2007 Changes in hematological and serum biochemical values in jundiá *Rhamdia quelen* due to sub-lethal toxicity of cypermethrin. *Chemosphere*, Oxford, 69: 920-926.
- Clauss, T.M.; Dove, A.D.M.; Arnold, J.E. 2008 Hematologic disorders of fish. *Veterinary Clinics of North America – Foods* 11(3): 445-462.
- Cole, M.B.; Arnold, D.E.; Watten, B.J.; Krise, W.F. 2001 Haematological and physiological responses of brook charr, to untreated and limestone-neutralized acid mine drainage. *Journal of Fish Biology*, Oxford, 59: 79-91.
- Crestani, M.; Menezes, C.; Glusczak, L.; Miron, D.S.; Lazzari, R.; Duarte, M.F.; Morsch, V.M.; Pippi, A.L.; Vieira, V.P. 2006 Effects of clomazone herbicide on hematological and some parameters of protein and carbohydrate metabolism of silver catfish *Rhamdia quelen*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 65: 48-55.
- Crestani, M.; Menezes, C.; Glusczak, L.; Miron, D.S.; Spanevello, R.; Silveira, A.; Gonçalves, F.F.; Zanella, R.; Loro, V.L. 2007 Effect of clomazone herbicide on biochemical and histological aspects of silver catfish (*Rhamdia quelen*) and recovery pattern. *Chemosphere*, Oxford, 67: 2305-2311.

Dezfuli, B.S.; Giari, L. 2008 Mast cells in the gills and intestines of naturally infected fish: evidence of migration and degranulation. *Journal of Fish Diseases*, Oxford, 31: 845-852.

Dias, D.C.; Tachibana, L.; Seriani, R.; Santos, A.A.; Ranzani-Paiva, M.J.T.; Romagosa, E. 2011 Macrophagic migration time in matrinxã, *Brycon amazonicus*, through inoculation of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, technique. *Acta Amazonica*, Manaus, 41: 421-424.

Dubus, I.; Hollis, J.; Brown, C. 2000 Pesticides in rainfall in Europe. *Environmental Pollution*, Barking, 110: 331-334.

Evans, D.H.; Piermarini, P.M.; Choe, K.P. 2005 The multifunctional fish gills: dominant site for gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiological Reviews*, Bethesda, 85: 97-177.

Garcia, J.E.; Esquivel, B.M.; Emoto, S.; Petersen, R.; Muelbert, A.E. 2007 Ictiofauna dos rios Maciambu, da Madre e Duna no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 8., Caxambu, 23-28/set/. *Anais...* Caxambu: Sociedade Brasileira de Ecologia.

Goldenfarb, P.B.; Bowyer, F.P.; Hall, E.; Brosius, E. 1971 Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology*, Baltimore, 56: 35-39.

Hart, L.J.; Smith, B.J.; Smith, J.; Robertson, J.; Holladay, S.D. 1997 Exposure of tilapia fish to the pesticide lindane results in hypocellularity of the primary hematopoietic organ (pronephros) and the spleen without altering activity of phagocytic cells in these organs. *Toxicology*, Amsterdam, 118: 211-221.

Hawkins, R.I.; Mawdesley, T.L. 2006 Fish haematology – a bibliography. *Journal of Fish Biology*, Oxford, 4: 193-232.

Hinton, D.E.; Baumann, P.C.; Gardner, G.R.; Hawkins, W.E.; Hendricks, J.D.; Murchelano, R.A.; Okirino, M.S. 1992 Histopathology biomarkers. In: Hugget, R.J.; Kimerle, R.A.; Mehrle Jr, P.M.; Bergaman, H.L. *Biomarkers: Biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress*. Flórida: Lewis Publishers. p. 155-209.

Hinton, D.E.; Segner, H.; Braunbeck, T. 2001 Toxic responses of the liver. In: Daniel, S.; Benson, W.H. (Eds.) *Target*

organ toxicity in marine and freshwater teleosts. Londres: Taylor & Francis, p. 225-266.

Ishikawa, N.M.; Ranzani-Paiva, M.J.T.; Lombardi, J.V. 2008 Total leukocyte counts methods in fish, *Oreochromis niloticus*. *Archives of Veterinary Science*, Curitiba, 13: 54-63.

Jonsson, C.M.; Maia, A.H.N.; Ferreira, C.J.; Ribeiro, E.O. 1998 Risk assessment of the herbicide clomazone to aquatic life. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, Stuttgart, 26: 1724-1726.

Kreutz, L.C.; Barcellos, L.J.G.; Valle, S.F.; Silva, T.O.; Anziliero, D.; Santos, E.D.; Pivato, M.; Zanatta, R. 2011 Altered hematological and immunological parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) following short term exposure to sublethal concentration of glyphosate. *Fish and Shellfish Immunology* 30: 51-57.

Langiano, V.C.; Martinez, C.B.R. 2008 Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, Oxford, 147: 222-231.

Lauriano, E.R.; Calò, M.; Silvestri, G.; Zaccone, D.; Pergolizzi, S.; Cascio, P. 2012 Mast cells in the intestine and gills of the sea bream, *Sparus aurata*, exposed to a polychlorinated biphenyl, PCB 126. *Acta Histochemica*, Jena, 114: 166-171.

Lendrum, A.C. 1944 The staining of eosinophil polymorphs and enterochromaffin cells in histological sections. *Journal of Pathology and Bacteriology*, London, 56: 441-445.

Li, Z.H.; Velisek, J.; Grabic, R.; Li, P.; Kolarova, J.; Randak, T. 2011 Use of hematological and plasma biochemical parameters to assess the chronic effects of a fungicide propiconazole on a freshwater teleost. *Chemosphere*, Oxford, 83: 572-578.

Mallat, J. 1985 Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, 42: 630-648.

Mela, M.; Randi, M.A.F.; Ventura, D.F.; Carvalho, C.E.V.; Pelletier, E.; Oliveira-Ribeiro, C.A. 2007 Effects of dietary methylmercury on liver and kidney histology in the neotropical catfish *Hoplias malabaricus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 68: 426-435.

Mela, M.; Guiloski, I.C.; Doria, H.B.; Randi, M.A.F.; Oliveira-Ribeiro, C.A.; Pereira, L.; Maraschi, A.C.; Prodocimo, V.; Freire, C.A.; Silva de Assis, H.C. 2013 Effects of the herbicide atrazine in neotropical catfish (*Rhamdia quelen*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 93: 13-21.

Menezes, C.C.; Loro, V.L.; Fonseca, M.B.; Cattaneo, R.; Pretto, A.; Miron, D.S.; Santi, A. 2011 Oxidative parameters of *Rhamdia quelen* in response to commercial herbicide containing clomazone and recovery pattern. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, 100: 145-150.

Miron, D.S.; Crestani, M.; Shetinger, M.R.; Morsch, V.M.; Baldisserotto, B.; Tierno M.A.; Moraes, G.; Vieira, V.L.P. 2005 Effects of the herbicides clomazone, quinclorac, metsulfuron methyl on acetylcholinesterase activity in the silver catfish (*Rhamdia quelen*) (Heptapteridae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 61: 398-403.

Miron, D.S.; Pretto, A.; Crestani, M.; Gluszcak, L.; Schetinger, M.R.; Loro, V.L.; Morsch, V.M. 2008 Biochemical effects of clomazone herbicide on piava (*Leporinus obtusidens*). *Chemosphere*, Oxford, 74 (1), 1-5.

Moraes, B.S.; Loro, V.L.; Pretto, A.; Fonseca, M.B.; Menezes, C.; Marchesan, E.; Reimche, G.B.; Avila, L.A. 2009 Toxicological and metabolic parameters of the teleost fish *Leporinus obtusidens* in response to commercial herbicides containing clomazone and propanil. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, 95: 57-62.

Moraes F.R.; Martins, M.L. 2004 Favourable Conditions and Principal Teleostean Diseases in Intensive Fish Farming. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C; Fracalossi, D.M.; Castagnolli, N. (Eds.). *Especial Topics in Tropical Intensive Freshwater Fish Farming*. São Paulo: Tec Art Publ. p. 343-383.

Murad, A.; Houston, A.H. 1988 Leucocytes and leucopoietic capacity in goldfish, *Carassius auratus*, exposed to sublethal levels of cadmium. *Aquatic Toxicology*, Amsterdam, 13: 141-154.

Neskovic, N.K.; Poleksic, V.; Elezovic, I.; Karan, V.; Budimir, M. 1996 Biochemical and histopathological effects of glyphosate on carp, *Cyprinus carpio* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, 56: 295-302.

Oliveira-Ribeiro, C.A.; Filipak Neto, F.; Mela, M.; Silva, P.H.; Randi, M.A.F.; Rabbito, I.S.; Alves-Costa, J.R.M.; Pelletier, E. 2006 Hematological findings in neotropical fish *Hoplias malabaricus* exposed to subchronic and dietary doses of methylmercury, inorganic lead and tributyltin chloride. *Environmental Research*, New York, 101: 74-80.

Pereira L., Fernandes M.N., Martinez C.B.R. 2013 Hematological and biochemical alterations in the fish *Prochilodus lineatus* caused by the herbicide clomazone. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Amsterdam, 36(1): 1-8.

Rosenfeld, G. 1947 Corante pancrômico para hematologia e citologia clínica. Nova combinação dos componentes do May-Grünwald e do Giemsa num só corante de emprego rápido. *Memórias do Instituto Butantan*, São Paulo, 20: 329-334.

Schmale, M.C.; Vicha, D.; Cacal, S.M. 2004 Degranulation of eosinophilic granule cells in neurofibromas and gastrointestinal tract in the bicolor damselfish. *Fish and Shellfish Immunology* 17: 53-63.

Sepici-Dinçel, A.; Benli, A.Ç.K.; Selvi, M.; Sarikaya, R.; Sahin, D.; Özkul, I.A.; Erkoç, F. 2009 Sublethal cyfluthrin toxicity to carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings: Biochemical, hematological and histopathological alterations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, New York, 72: 1433-1439.

Shiogiri, N.S.; Paulino, M.G.; Carraschi, S.P.; Baraldi, F.G.; Cruz, C.; Fernandes, M.N. Acute exposure of a glyphosate-based herbicide affects the gills and liver of the Neotropical fish *Piaractus mesopotamicus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Amsterdam, 34: 388-396.

Silva, M.S.; Cocenza, D.S.; Melo, N.F.S.; Grillo, R.; Rosa, A.H.; Fraceto, L.F. 2010 Nanopartículas de alginato como sistema de liberação para o herbicida clomazone. *Química Nova*, São Paulo, 33(9): 1868-1873.

Stentiford, G.D.; Longshaw, M.; Lyons, B.P.; Jones, G.; Green, M.; Feist, S.W. 2003 Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Marine Environmental Research* 55: 137-159.

Van der Oost, R.; Beyer, J.; Vermeulen, N.P.E. 2003 Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Amsterdam, 13: 57-149.

Vencil, W.K.; Armbrust, K.; Hancock, H.G. 2002 *Herbicide Handbook*. 8^a ed. Lawrence: Weed Science Society of America. 493p.

Wendelaar Bonga, S.E. 1997 The stress response in fish. *Physiological Reviews*, Bethesda, 77: 591-625.

Zanella, R.; Primel, E.G.; Machado, S.L.O.; Gonçalves, F.F.; Marchezan, E. 2002 Monitoring of herbicide clomazone in environmental water samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. *Chromatographia*, Wiesbaden, 55: 573-577.

Zaniboni Filho, E. 2004 Piscicultura das espécies nativas de água doce. In: Poli, C.R.; Poli, A.T.B.; Andreatta, E.R.; Beltrame, E. *Aquicultura: Experiências Brasileiras*. Florianópolis: EdUFSC. p. 337-369

ARTIGO 2 – “Monitoramento hematológico e parasitológico em jundiá *Rhamdia quelen* cultivado no Sul do Brasil, com ênfase em parasitos branquiais”

“Haematological and parasitological assessment in jundiá *Rhamdia quelen* farmed in Southern Brazil, with emphasis on the gill parasites”

Redigido conforme as normas do periódico “**Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**” (Qualis B1, Fator de impacto 0,712)

Abstract

This study evaluated for two years the hematological parameters and the occurrence of gill parasites in silver catfish *Rhamdia quelen* farmed in Santa Catarina State, Southern Brazil. Between March 2010 and January 2012, a total of 137 fish were caught in a fish farm to compare the hematological and parasitological analysis, between hot season and cold season. Simultaneously, water quality parameters were measured in the pond, to analyze the relationship of environmental conditions with hematology and parasitism. In the hot season, there was an increase in the water temperature, electrical conductivity and ammonia followed by a decrease in dissolved oxygen, pH, transparency and alkalinity. Two species of Monogenea were observed in the gills: *Aphanoblastella mastigatus* (Dactylogyridae) and *Scleroductus* sp. (Gyrodactylidae). In hot season, there was a significant increase ($p < 0.05$) in intensity of infection by Monogenea, as well as total leukocytes number, thrombocytes and lymphocytes, and reduction in monocytes. The changes might be caused by environmental variations between seasons.

Keywords: Siluriformes, parasitology, gills, hematology, blood, seasons

Resumo

O presente estudo avaliou durante dois anos os parâmetros hematológicos e a ocorrência de parasitos branquiais em jundiá *Rhamdia quelen* cultivado no estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. Entre março de 2010 e janeiro de 2012, foram avaliados os parâmetros hematológicos e índices parasitológicos de 137 jundiás coletados em piscicultura, para comparar a análise hematológica e parasitológica entre estação quente e fria. Simultaneamente, foram medidos os parâmetros de qualidade da água do viveiro, para relacionas as condições ambientais com a hematologia e o parasitismo. Na estação quente houve aumento da temperatura, condutividade elétrica e amônia, e redução do oxigênio dissolvido, pH, transparência e alcalinidade. Duas espécies de Monogenea foram observadas nas brânquias: *Aphanoblastella mastigatus* (Dactylogyridae) e *Scleroductus* sp. (Gyrodactylidae). Na estação quente houve aumento significativo ($p < 0,05$) da intensidade média de infestação por Monogenea, bem como dos valores de leucócitos totais, trombócitos e linfócitos, e redução significativa dos monócitos. As diferenças observadas podem ter sido causadas pelas variações ambientais entre as estações.

Palavras-chave: Siluriformes, parasitologia, brânquias, sangue, estações

Introdução

O jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard, 1824) é um peixe siluriforme de distribuição neotropical, encontrado desde o sudeste do México até a região sul da Argentina (SILFVERGRIP, 1996), de grande interesse econômico na piscicultura continental, por apresentar boa adaptação a diferentes ambientes e dietas artificiais, resistência ao manejo e boa aceitação comercial, sendo uma das espécies nativas mais promissoras para o cultivo intensivo (ZANIBONI FILHO, 2004). Cultivado no Sul do Brasil, tolera o inverno rigoroso característico da região com boa taxa de crescimento nos meses mais quentes (BARCELLOS et al., 2004).

Com o desenvolvimento e intensificação da piscicultura, o grande desafio é reduzir os prejuízos econômicos relacionados a enfermidades, sendo que as doenças parasitárias constituem a principal causa de perdas na produção (MORAES; MARTINS, 2004). A condição de enfermidade surge no momento em que ocorre a quebra do equilíbrio hospedeiro-parasito-ambiente (MARTINS et al., 2002). As características climáticas da região neotropical permitem que a propagação de parasitoses seja rápida e constante (THATCHER; BRITES-NETO, 1994), sendo que o ambiente de cultivo oferece condições ideais para a transmissão de parasitos com ciclo de vida direto (BARKER; CONE, 2000).

Em um estudo parasitológico que examinou peixes cultivados no Sudeste do Brasil durante um período de cinco anos, Martins et al. (2000) constataram que o principal grupo de parasitos responsável por alterações de comportamento e mortalidade em hospedeiros foi o de helmintos monogenéticos. Lizama et al. (2007 a, b) também realizaram monitoramentos parasitológicos durante um ano em cultivos de tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) e pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887), respectivamente, na região Sudeste, bom como Godoi et al. (2012) em cultivos de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) na região Norte, e todos relataram a presença de monogenéticos.

Parasitos da classe Monogenea (Platyhelminthes) e são encontrados principalmente nas brânquias, podendo também ocorrer na superfície do corpo, cavidades nasais e sistema urinário dos peixes (TAKEMOTO et al., 2004), alimentando-se de sangue ou tecidos do hospedeiro (LUPCHINSKI JR et al., 2006). Além de provocar mortalidades por infestação severa, os monogenéticos podem também

ser vetores de microorganismos patogênicos (LUPCHINSKI JR et al., 2006).

Condições de enfermidade estão relacionadas a alterações no quadro hematológico, mostrando a importância do estudo dos parâmetros sanguíneos em animais de cultivo (TAVARES-DIAS et al., 2000). Devido ao contato direto com o meio aquático, as características sanguíneas de peixes estão fortemente relacionadas com a resposta do animal ao ambiente (GABRIEL et al., 2004). Alterações nos valores hematológicos podem ser decorrentes de mudanças nos parâmetros de qualidade da água, da presença de fatores estressantes, como o excesso de compostos orgânicos, alta densidade de estocagem e procedimentos de manejo (BARCELLOS et al., 2004). Estas situações causam alterações fisiológicas e podem levar à quebra da homeostase, momento em que o animal se torna susceptível à enfermidade (SELYE, 1950).

A condição de enfermidade surge no momento em que ocorre a quebra do equilíbrio hospedeiro-parasito-ambiente. Mudanças ambientais causam alterações fisiológicas e podem levar à quebra da homeostase, momento em que o animal se torna susceptível à enfermidade. A resposta imunológica do hospedeiro é fator importante na relação entre o peixe e o parasito (BUCHMANN; LINDENSTRØM, 2002). Diversos fatores podem interferir na capacidade imunológica dos peixes cultivados, dentre eles a qualidade da água (XU et al., 2007). Na região Sul, caracterizada por estações bem definidas e inverno rigoroso, Jerônimo et al. (2011) relacionaram as estações do ano aos índices de parasitismo por *Monogenea* em peixes cultivados. Mudanças ambientais causadas por variações na temperatura ao longo do ano podem ocasionar estresse e interferir na capacidade imunológica de peixes cultivados, o que reflete nas variáveis hematológicas.

Apesar das vantagens zootécnicas e da importância comercial do jundiá, ainda não existem estudos prévios que contenham um monitoramento do parasitismo, bem como das variáveis hematológicas, a longo prazo em jundiás cultivados. O estudo da distribuição anual de agentes causadores de enfermidades parasitárias é importante para que se possa implantar técnicas profiláticas adequadas no cultivo (SCHALCH; MORAES, 2005). O conhecimento da hematologia em peixes cultivados também é importante, pois permite estabelecer práticas de manejo que evitem perdas relacionadas a enfermidades em determinadas épocas do ano. O presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros hematológicos e índices de parasitismo por *Monogenea* em jundiá cultivado no Sul do Brasil, nas estações quente e fria, por um período de dois anos.

Material e Métodos

Um total de 137 jundiás foram coletados bimestralmente com rede em viveiros escavados entre março de 2010 e janeiro de 2012 na Piscicultura Panamá, situada no município de Paulo Lopes (27°57'38"S e 48°45'27"W), estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. No momento da coleta, pela manhã, foram medidos os seguintes parâmetros de qualidade da água do viveiro, temperatura e oxigênio dissolvido com oxímetro Hanna® HI9146, potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro Alfakit® AT310, condutividade elétrica com condutivímetro Bel Engineering® W12D, transparência com disco de Secchi, alcalinidade, nitrito, nitrato, amônia e fósforo com kit colorimétrico Alfakit®. Dados mensais referentes à temperatura do ar foram concedidos pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram/SC), medidos pela estação meteorológica mais próxima à região do estudo.

Para analisar o efeito da época do ano, o conjunto de meses que compreende a primavera e o verão (de outubro a março) foi definido como “estação quente” e o que compreende o outono e o inverno (de abril a setembro) foi definido como “estação fria”. Foram coletados de 30 a 42 animais por estação, somando ao longo do estudo 60 animais na estação quente e 77 na estação fria. Após cinco dias de aclimação em caixas de 100L, sem alimentação, com aeração constante e temperatura mantida em $24 \pm 1^\circ \text{C}$, os peixes foram anestesiados com eugenol (75 mg.L^{-1}) para biometria e análise hematológica. Foi retirado aproximadamente 1,0 mL de sangue por punção do vaso caudal, com seringas umedecidas com EDTA 10%. Uma alíquota foi reservada para contagem total de eritrócitos em câmara de Neubauer, após diluição 1:200 em solução de cloreto de sódio (0,65%). Outra alíquota usada para determinação do hematócrito pelo método do microhematócrito (GOLDENFARB et al., 1971), e o restante utilizado para confecção de extensões sanguíneas coradas com May-Grünwald-Giemsa pelo método de Rosenfeld (1947), para contagem diferencial de leucócitos e contagens totais de trombócitos e leucócitos. Os números totais de trombócitos e leucócitos no sangue foram calculados pelo método indireto a partir da leitura das extensões sanguíneas (ISHIKAWA et al., 2008).

Após a coleta de sangue, os animais foram eutanasiados por comoção cerebral para análise parasitológica, procedimento aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de

Santa Catarina (CEUA/UFSC PP00756). Os arcos branquiais foram retirados e armazenados em frascos contendo água a 55°C e, após agitar o frasco, seu conteúdo foi fixado em formalina 5%. Os parasitos foram posteriormente quantificados em estereomicroscópio. Alguns espécimes foram separados e montados em meio Hoyer's para observação das estruturas esclerotizadas, enquanto outros foram corados com tricrômico de Gômori para estudo das estruturas internas, e identificados segundo Mendoza-Palmero et al. (2012), Mendoza-Franco et al. (2007), Carvalho et al. (2009), Kritsky et al. (2000) e Suriano (1986). As taxas de prevalência (P%), abundância média (AM) e intensidade média de infecção (IMI) foram calculadas com o software Quantitative Parasitology[®] 3.0 (REICZIGEL; RÓZSA 2005). Os descritores parasitológicos estão de acordo com Bush et al. (1997).

Para a análise estatística, os dados foram analisados com auxílio do software *Statistica 8.0*, onde foi aplicado teste t para comparação entre médias. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

Resultados

Os peixes apresentaram comprimento total médio de $18,89 \pm 0,53$ cm e peso médio de $82,00 \pm 0,04$ g (Tabela 1). Os valores médios dos parâmetros de qualidade de água nos viveiros da piscicultura foram divididos de acordo com a época do ano (Tabela 2). A estação quente apresentou as temperaturas do ar e da água significativamente mais altas ($p < 0,05$) no verão, enquanto a transparência foi significativamente mais alta ($p < 0,05$) no inverno. Nos demais parâmetros, não houve diferença significativa entre as estações ($p \geq 0,05$).

Tabela 1 – Valores médios \pm erro padrão do comprimento total (cm) e peso (g) do jundiá *Rhamdia quelen* cultivado em Paulo Lopes, SC, Brasil, por estação e no total. n= número de peixes analisados.

| Período | Estação | n | Comprimento (cm) | Peso (g) |
|-------------------|---------|-----|------------------|-------------------|
| Mar/2010-Set/2010 | Fria | 42 | $20,29 \pm 0,63$ | $66,54 \pm 4,48$ |
| Out/2010-Mar/2011 | Quente | 30 | $18,85 \pm 0,16$ | $72,00 \pm 3,71$ |
| Abr/2011-Set/2011 | Fria | 35 | $17,79 \pm 1,36$ | $79,20 \pm 11,16$ |
| Out/2011-Jan/2012 | Quente | 30 | $21,83 \pm 0,59$ | $94,70 \pm 6,43$ |
| Total | - | 137 | $18,89 \pm 0,53$ | $82,00 \pm 0,04$ |

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água medidos nos viveiros de cultivo de jundiá *Rhamdia quelen* em Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil, em diferentes épocas do ano.

| Parâmetros | Quente | Fria |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Temperatura do ar (°C) | 23,3 ± 1,8 ^a | 19,8 ± 3,2 ^b |
| Temperatura da água (°C) | 23,0 ± 3,6 ^a | 18,8 ± 2,2 ^b |
| Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹) | 8,0 ± 1,4 | 8,7 ± 0,8 |
| pH | 6,5 ± 0,1 | 7,0 ± 0,9 |
| Transparência (cm) | 21 ± 4,0 ^a | 27 ± 2,5 ^b |
| Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹) | 38,0 ± 13,0 | 19,0 ± 12,0 |
| Alcalinidade (mg.L ⁻¹) | 40,0 ± 9,0 | 55,0 ± 15,0 |
| Amônia (mg.L ⁻¹) | 0,38 ± 0,18 | 0,13 ± 0,18 |
| Nitrito (mg.L ⁻¹) | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 |
| Nitrato (mg.L ⁻¹) | 0,1 ± 0,0 | 0,0 ± 0,0 |
| Fosfato (mg.L ⁻¹) | 0,025 ± 0,00 | 0,025 ± 0,00 |

Letras distintas indicam diferença significativa entre as estações (p<0,05) pelo teste t.

Em relação aos parâmetros hematológicos, não houve diferença significativa (p≥0,05) nos valores de hematócrito, eritrócitos e neutrófilos entre as estações. Os números de trombócitos, leucócitos totais e linfócitos foram significativamente mais altos na estação quente, enquanto que os de monócitos foram mais altos (p<0,05) na estação fria (Tabela 3). Na análise parasitológica, duas espécies de Monogenea foram observadas: *Aphanoblastella mastigatus* (Suriano, 1986) (Dactylogyridae) e uma espécie não identificada do gênero *Scleroductus* (Gyrodactylidae). A prevalência média foi de 92,21% na estação fria e 93,33% na estação quente, sem diferença significativa entre as estações (p>0,05). A abundância média e a intensidade média de infecção foram significativamente mais altas (p<0,05) na estação quente (Tabela 4).

Tabela 3 – Parâmetros hematológicos (média \pm erro padrão) de jundiás *Rhamdia quelen* cultivados em Paulo Lopes, Santa Catarina, Brasil, em diferentes épocas do ano.

| Parâmetros hematológicos | Quente (n=60) | Fria (n=77) |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Hematócrito (%) | 33,74 \pm 1,10 | 31,91 \pm 1,12 |
| Eritrócitos ($10^6 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 1,77 \pm 0,12 | 1,62 \pm 0,07 |
| Trombócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 34,29 \pm 3,93 ^a | 29,55 \pm 3,58 ^b |
| Leucócitos totais ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 51,55 \pm 5,81 ^a | 34,19 \pm 6,34 ^b |
| Linfócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 37,68 \pm 4,46 ^a | 18,66 \pm 1,83 ^b |
| Neutrófilos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 8,30 \pm 1,16 | 7,89 \pm 0,69 |
| Monócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$) | 2,25 \pm 0,33 ^a | 3,30 \pm 0,68 ^b |

Letras distintas indicam diferença significativa entre as estações ($p < 0,05$) pelo teste t.

Tabela 4- Índices parasitológicos do jundiá *Rhamdia quelen* proveniente de piscicultura em Paulo Lopes, Santa Catarina. PI: peixes infectados, PE: peixes examinados, EP: erro padrão.

| Índices parasitológicos | Quente | Fria |
|--|-------------------------------|-------------------------------|
| PI/PE | 56/60 | 71/77 |
| Prevalência (%) | 93,33 | 92,21 |
| Abundância média \pm EP | 22,17 \pm 3,20 ^a | 12,15 \pm 3,44 ^b |
| Intensidade média de infecção \pm EP | 23,75 \pm 3,44 ^a | 14,02 \pm 3,50 ^b |
| Amplitude de variação | (1-517) | (1-186) |

Letras distintas indicam diferença significativa entre as estações ($p < 0,05$) pelo teste t.

Discussão

Em ambas as estações, os valores médios dos parâmetros de qualidade da água estiveram dentro dos limites de tolerância do jundiá (GOMES et al., 2000). Os parasitos encontrados no presente estudo já foram observados em jundiás de ambiente natural (AZEVEDO et al., 2010). A fauna parasitária dos peixes responde a alterações nas características físico-químicas do ambiente aquático, bem como temperatura ambiental e modificações nas condições fisiológicas do hospedeiro (DOGIEL, 1970). Portanto, as oscilações anuais podem interferir na população de diferentes espécies de parasitos (TAVARES-

DIAS et al., 2001). Ectoparasitos Monogenea, que permanecem em contato direto com o ambiente, são considerados sensíveis a mudanças na qualidade da água (ZARGAR et al., 2012) e sua proliferação está diretamente relacionada ao aumento da temperatura (REPULLÉS-ALBELDA et al., 2013), concentração de matéria orgânica (GHIRALDELLI et al., 2006), amônia (SKINNER, 1982) e redução da condutividade elétrica (GARCIA et al., 2003). Estes fatores, em conjunto, podem estar relacionados ao aumento na intensidade de parasitismo na estação quente. Eiras (1994) afirmou que a maioria das espécies de monogenéticos apresenta padrão intra-anual de parasitismo bem definido, com aumento da intensidade nos meses mais quentes e redução nos meses mais frios, corroborando o presente resultado.

As variáveis hematológicas permitem estimar a magnitude da influência de um patógeno sobre a saúde de seu hospedeiro (Einszporn-Orecka e Wierzbicka, 1974), sendo que os efeitos da presença de parasitos podem ser verificados do hemograma (Hickey, 1976). Da mesma forma que os índices parasitológicos, os valores sanguíneos também podem ser influenciados por fatores ambientais, como as mudanças na qualidade da água e sazonalidade (Tavares-Dias e Moraes, 2004).

. O percentual de hematócrito e o número de eritrócitos não mostraram diferença significativa entre as estações. Por outro lado, Tavares-Dias e Moraes (2004) afirmam que é comum que os parâmetros relativos à série vermelha aumentem em épocas mais quentes, explicando este aumento como um mecanismo compensatório frente à menor saturação de oxigênio dissolvido na água. A constância destes parâmetros no presente estudo sugere que a oscilação das concentrações de oxigênio dissolvido não foi brusca a ponto de provocar alterações hematológicas. Níveis elevados de infestação parasitária também podem levar a processos anemiantes (Tavares-Dias *et al.*, 2002), porém, no presente estudo a intensidade de infestação não foi suficiente para causar redução de valores relativos à série vermelha.

Os valores de trombócitos e leucócitos totais foram significativamente mais baixos na estação fria, possivelmente em decorrência da imunossupressão característica de períodos com temperaturas mais baixas (Dexiang e Ainsworth 1991). Apesar das temperaturas terem se mantido dentro da faixa tolerada pelo jundiá, as flutuações estacionais podem ter provocado imunossupressão, pois a temperatura ótima para crescimento pode ser diferente da ótima para resposta imunológica (Langstron et al. 2002). Outra hipótese é que o número de leucócitos tenha aumentado na estação quente pela

intensificação do parasitismo, devido ao aumento na produção de células de defesa para combater o agente estressor, conforme relatado por Sopinska (1985) ao estudar carpas parasitadas por *Bothriocephalus acheilognathi* (Cestoda).

A contagem diferencial de leucócitos foi caracterizada por linfócitos como as células mais abundantes, seguidos de neutrófilos e monócitos, em conformidade com a proporção relatada por outros autores para peixes siluriformes (Tavares-Dias et al. 2002; Mabilia e Souza 2006; Jerônimo et al. 2009).

O número de linfócitos foi significativamente mais baixo na estação fria, coincidindo com a redução da temperatura da água. Estudos sugerem que baixas temperaturas induzem imunossupressão por provocar impacto negativo sobre a população de linfócitos (Dexiang e Ainsworth 1991). Os neutrófilos, por sua vez, não apresentaram variação estacional significativa, corroborando as observações de Ainsworth et al. (1991), que relataram que estas células parecem ser mais resistentes a variações na temperatura da água. Porém, em temperaturas reduzidas os peixes podem intensificar determinados mecanismos de defesa, como forma de preparo para combater infecções (Tavares-Dias e Moraes 2004). Isto implicaria em aumento significativo de monócitos na estação fria.

As infestações por *Monogenea* não foram severas o suficiente para provocar as alterações hematológicas usualmente descritas na literatura para peixes parasitados. Os parâmetros hematológicos mostraram relação mais evidente com as alterações nos parâmetros de qualidade da água entre uma estação e outra, com um possível quadro de imunossupressão durante a estação fria. Portanto, esta é uma época onde se deve intensificar cuidados relacionados à prevenção de enfermidades, bem como evitar procedimentos de manejo que causem estresse.

As mudanças ambientais provavelmente influenciaram o parasitismo por *Monogenea* entre as estações. Embora os parasitos observados neste estudo não sejam de notificação obrigatória segundo a Organização Internacional de Epizootias (OIE), quando em grande número podem trazer prejuízos ao produtor. O conhecimento da dinâmica de variação do parasitismo ao longo das estações é importante para a prevenção de enfermidades, uma vez que permite ao produtor tomar as medidas preventivas adequadas em cada época. Além de atender aos requerimentos biológicos da espécie cultivada, os procedimentos de manejo e técnicas profiláticas devem estar adaptados às particularidades de cada região, permitindo um controle mais eficaz de agentes patogênicos e evitando perdas econômicas relacionadas a

problemas sanitários. Este é o primeiro registro de um estudo hematológico e parasitológico por dois anos em uma piscicultura destinada à comercialização do jundiá, resultado importante para o desenvolvimento da atividade e aplicação de técnicas profiláticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro (CNPq 470411/2009-0) e bolsa de produtividade a M.L. Martins (CNPq 302493/2010-7), à CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de Mestrado a A. Brum, a Juan Esquivel Garcia (Piscicultura Panamá) pela doação dos animais utilizados no estudo e a Vera Lúcia Ranghetti (Ciram/Epagri) pelos dados meteorológicos.

Referências

Ainsworth AJ, Dexiang C, Waterstratt PR, Greenway T. Effect of temperature on the immune system of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). I. Leucocyte distribution and phagocyte function in the anterior kidney at 10°C. *Comp Biochem Physiol Part A* 1991; 100:907-912.

Azevedo RK, Abdallah VD, Luque JL. Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Myxozoa, Nematoda and Platyhelminthes parasites of fishes from the Guandu river, Rio de Janeiro, Brazil. *Check List* 2010; 6(4): 659-667.

Barcellos LJG, Kreutz LC, Souza C, Rodrigues LB, Fioreze I, Quevedo RM, Cericato L, Soso AB, Fagundes M, Conrad J, Lacerda LA, Terra S. Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture* 2004; 237: 229–236.

Barker DE, Cone DK. Occurrence of *Ergasilus celestas* (Copepoda) and *Pseudodactylogyrus angullae* (Monogenea) among wild eels (*Anguilla rostrata*) in relation to stream flow, pH and temperature and recommendations for controlling their transmission among captive eels. *Aquaculture* 2000; 187: 261-274.

Buchmann K, Lindenstrøm T. Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. *Int J Parasitol* 2002; 32(3): 309-319.

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

Carvalho AM, Tavares LER, Luque LJ. A new species of *Aphanoblastella* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae) from Southeastern Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2009; 31(3): 323-325.

Dexiang C, Ainsworth J. Effect of the temperature on the immune system of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) – II. Adaptation of anterior kidney phagocytes to 10°C. *Comp Biochem Physiol Part A* 1991; 100:913-918.

Dogiel VA. Ecology of the parasites of freshwater fishes. In: Dogiel VA, Petrushevski GK, Polyanski YI (Eds.) *Parasitology of Fishes*. London: Olivier & Boyd; 1970. p. 1-47.

Einszporn-Orecka T, Wierzbicka J. Hematological and histopathological changes in leukemia of bream *Abramis brama* (L.) *Acta Ichthyol Pisc* 1974; 4(1): 23-38..

Eiras JC. *Elementos de Ictioparasitologia*. Porto: Fundação Eng. Antônio de Almeida; 1994.

Gabriel UU, Ezeri GNO, Opabunmi OO. Influence of sex, source, health status and acclimation on the haematology of *Clarias gariepinus* (Burch, 1822). *Afr J Biotechnol* 2004; 3:463-467.

Garcia F, Fujimoto RY, Martins ML, Moraes FR. Parasitismo de *Xiphophorus* spp. por *Urocleidoides* sp. e sua relação com os parâmetros hídricos. *Bol Inst Pesca* 2003; 29(2): 123-131.

Ghiraldelli L, Martins ML, Yamashita MM, Jerônimo GT. Ectoparasites influence on the haematological parameters of Nile tilapia and carp cultured in the State of Santa Catarina, South Brazil. *J Fish Aquat Sci* 2006; 1: 270-276.

Godoi MMIM, Engracia V, Lizama MLAP, Takemoto RM. Parasite-host relationship between the tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) and ectoparasites, collected from the fish farms in the City of Rolim de Moura, State of Rondônia, Western Amazon, Brazil. *Acta Amazon* 2012; 42(4): 515-524.

Goldenfarb PB, Bowyer FP, Hall E, Brosius E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *Am J Clin Pathol* 1971; 56: 35-39.

Gomes LC, Golombieski JI, Gomes ARCH, Baldisserotto B. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). *Ciênc. Rural* 2000; 30(1): 179-185.

Hickey CR. Fish haematology, its uses and significance. *New York Fish Game J* 1976; 23(2): 170-175.

Ishikawa NM, Ranzani-Paiva MJT, Lombardi JV Total leukocytes counts methods in fish, *Oreochromis niloticus*. *Arch Vet Sci* 2008; 13: 54-63.

Jerônimo GT, Martins ML, Bachmann F, Greinert-Goulart JA, Schmitt-Junior AA, Ghiraldelli L. Hematological parameters of *Pimelodus maculatus* (Osteichthyes: Pimelodidae) from polluted and non-polluted sites in the Itajaí-Açu river, Santa Catarina State, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2009; 31(2): 179-183.

Jerônimo GT, Speck GM, Cechinel MM, Gonçalves ELT, Martins ML. Seasonal variation on the ectoparasitic communities of Nile tilapia cultured in three regions in southern Brazil. *Braz J Biol* 2011; 71(2): 365-373.

Kristky KC, Mendoza-Franco EF, Scholz T. Neotropical Monogenoidea. 36. Dactylogyrids from the gills of *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Pimelodidae) from cenotes of the Yucatan Peninsula, Mexico, with proposal of *Ameloblastella* gen. n. and *Aphanoblastella* gen. n. (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae). *Comp Parasitol* 2000; 67(1): 76-84.

Langstron AL, Hoare R, Stefansson M, Fitzgerald R, Wergeland H, Mulcahy M. The effect of temperature on non-specific defence parameters of three stains of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Fish Shellfish Immunol* 2002; 12:61-76.

Lizama MLAP, Takemoto RM, Ranzani-Paiva MJT, Ayroza LMS, Pavanelli GC. Host-parasite relationship in fish from fish farms in the Assis region, São Paulo State, Brazil 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Acta Sci Biol Sci* 2007a; 29(2): 223-231.

Lizama MLAP, Takemoto RM, Ranzani-Paiva MJT, Ayroza LMS, Pavanelli GC. Host-parasite relationship of fishes from fish farm in Assis region, São Paulo State, Brazil. 2. *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Acta Sci Biol Sci* 2007b; 29(4): 437-445.

Lupchinski Jr E, Vargas L, Ribeiro RP, Moreira HLM, Valentim M, Povh JA. A importância da utilização da técnica RAPD para a identificação de dactilogirídeos em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arq Ciênc Vet Zool UNIPAR* 2006; 9(1).

Mabilia RG, Souza SMG Efeito do tratamento com diflubenzuron na hematologia de jundiás, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae) infestados por *Lernaea cyprinacea* (Copepoda) em banhos de imersão de 24 horas. *Acta Sci Biol Sci* 2006; 28(2):159-163.

Martins ML, Moraes FR, Fujimoto RY, Onaka EM, Nomura DT, Silva CAH, Schalch SHC. Parasitic infections in cultivated freshwater fishes: a survey of diagnosticated cases from 1993 to 1998. *Rev Bras Parasitol Vet* 2000; 9(1): 23-28.

Martins ML, Onaka EM, Moraes FR, Bozzo FR, Paiva AMFC, Gonçalves A. Recent studies on parasitic infections of freshwater cultivated fish in the state of São Paulo, Brazil. *Acta Sci Biol Sci* 2002; 24: 981-985.

Mendoza-Franco EF, Aguirre-Macedo LA, Vidal-Martínez VM. New and previously described species of Dactylogyridae (Monogeneoidea) from the gills of Panamanian freshwater fishes (Teleostei). *J Parasitol* 2007; 93(4): 761-771.

Mendoza-Palmero CA, Scholz T, Mendoza-Franco EF, Kuchta R. New species and geographical records of dactylogyrids (Monogenea) of catfish (Siluriformes) from the peruvian Amazonia. *J Parasitol* 2012; 98(3): 484-497.

Moraes FR, Martins ML. Favourable Conditions and Principal Teleostean Diseases in Intensive Fish Farming. In: Cyrino JEP, Urbinati EC, Fracalossi DM, Castagnolli N. (Eds.). *Especial Topics in Tropical Intensive Freshwater Fish Farming*. São Paulo: Tec Art Publ.; 2004. p. 343-383.

Reiczigel J, Rózsa L. *Quantitative Parasitology 3.0* [online]. 2005 [cited 06 jun 2013]. Available from: <<http://www.zoologia.hu/qp/qp.html>>

Repullés-Albelda A, Kostadinova A, Raga JA, Montero FE. Seasonal population dynamics of *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) parasiting *Seriola dumerili* (Carangidae) in the Western Mediterranean. *Vet Parasitol* 2013; 193(1-3): 163-171.

Rosenfeld G. Corante pancrômico para hematologia e citologia clínica. Nova combinação dos componentes do May-Grünwald e do Giemsa num só corante de emprego rápido. *Mem Inst Butantan* 1947; 20:329-334.

Schalch SHC; Moraes FR. Distribuição sazonal de parasitos branquiais em diferentes espécies de peixes em pesque-pague no município de Guariba-SP, Brasil. *Braz J Vet Parasitol* 2005; 14(4): 141-146.

Selye H Stress and the general adaptation syndrome. *Brit Med J* 1950; 1:1383-1392.

Silfvergrip AMC A systematic revision of neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei: Pimelodidae). [Dissertação]. Estocolmo: Universidade de Estocolmo; 1999.

Skinner RH. The interrelation of water quality, gill parasites and gill pathology of some fishes from South Biscayne Bay, Florida. *Fish Bull* 1982; 80(2): 269-280.

Sopinska, A. Effects of physiological factors, stress, and disease on hematologic parameters of carp, with a particular reference to the leukocyte patterns. III. Changes in blood accompanying branchionecrosis and bothrioccephalosis. *Acta Ichthyol Pisc* 1985; 15 (2): 141-170.

Suriano DM. El género *Urocleidoidea* Mizelle y Price, 1964 (Monogenea: Ancyrocephalidae). Anatomia y posición sistemática. *Urocleidoidea mastigatus* sp. nov. y *U. travassosi* (Price, 1934) Molnar, Hanek y Fernando, 1974 parasitas de *Rhamdia sapo* (Valenciennes, 1840) Eigenmann y Eigenmann, 1888 y *Pimelodella laticeps* Eigenmann, 1917 (Pisces: Siluriformes) de la Laguna de Chascomus, República Argentina. *Physis* 1986; 44(107): 73-80.

Takemoto RM, Lizama MAP, Guidelli GM, Pavanelli GC. Parasitos de peixes de águas continentais. In: Ranzani-Paiva MJT, Takemoto RM, Lizama MAP (Eds.). *Sanidade de Organismos Aquáticos*. São Paulo: Varela; 2004. p. 179-197.

Tavares-Dias M, Martins ML, Moraes FR, Kronka SN. Fauna parasitária de peixes oriundos de “pesque-pague” do município de Franca, São Paulo, Brasil. II. Metazoários. *Ver Bras Zool* 2001; 18(1): 81-95.

Tavares-Dias M, Moraes FR. *Hematologia de peixes teleósteos*. Ribeirão Preto: Villimpress; 2004.

Tavares-Dias M, Melo JFB, Moraes G, Moraes FR. Haematological characteristics of Brazilian teleosts. IV. Parameters of jundiá *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). *Ciênc Rur* 2002; 32(4): 693-698.

Tavares-Dias M, Schalch SHC, Silva ED, Martins ML, Moraes FR. Haematological evaluation of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes:Cichlidae) cultivated intensively in a feefishing farm in Franca, São Paulo, Brazil. *Ars Veterinaria* 2000; 16(2):76-82.

Thatcher VE, Brites-Neto J. Diagnóstico, prevenção e tratamento das enfermidades de peixes neotropicais de água doce. *Rev Bras Med Vet* 1994; 16: 111-128

Xu D-H, Shoemaker CA, Klesius PH. Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *J Fish Dis* 2007; 30(4): 233-238.

Zaniboni Filho E. Piscicultura das espécies nativas de água doce. In: Poli CR, Poli ATB, Andreatta ER, Beltrame E (Eds) *Aquicultura: Experiências Brasileiras*. Florianópolis: EdUFSC; 2004. pp. 337-369.

Zargar UR, Chishti MZ, Yousuf AR, Fayaz A. Infection level of monogenean gill parasite, *Diplozoon kashmirensis* (Monogenea, Polyopisthocotylea) in the Crucian Carp, *Carassius carassius* from lake ecosystems of an altered water quality: What factors do have an impact on the Diplozoon infection? *Vet Parasitol* 2012; 189(2-4): 218-226.

CONCLUSÕES GERAIS

Nos estudos em peixes de cultivo, tanto os parâmetros hematológicos quanto parasitológicos mostraram relação com as condições ambientais e padrão anual definido, o que permite definir estratégias de manejo adaptadas às condições fisiológicas dos animais cultivados, estas por sua vez variando em função do clima regional.

O estudo histopatológico mostra que, mesmo em concentrações muito baixas, a exposição crônica e contínua ao herbicida é prejudicial, provocando alterações severas e comprometendo seriamente a homeostase dos peixes. O efeito da contaminação do rio sobre a saúde de organismos aquáticos serve como subsídio para estabelecer limites admissíveis de clomazone em águas brasileiras. O presente resultado é indicador do estado de conservação do Rio da Madre, mostrando que são necessárias medidas preventivas e mitigatórias para este impacto. Dentre estas, está a conscientização a respeito do uso racional de defensivos agrícolas, além da busca de alternativas como o tratamento dos efluentes da lavoura e a rizipiscicultura. A hematologia, a parasitologia e a histopatologia em peixes mostraram-se indicadores eficazes e versáteis, sendo úteis tanto no manejo da piscicultura quanto no monitoramento de impactos ambientais relacionados à contaminação aquática.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

ADJORI/SC. 2004 **Mais arroz com menor impacto ambiental**. Disponível em: <<http://www.adjorisc.com.br/economia/mais-arroz-com-menor-impacto-ambiental-1.124796>>. Acesso em: 14 junho 2013.

ALBINATI, A.C.L.; MOREIRA, E.L.T.; ALBINATI, R.C.B.; CARVALHO, J.V.; LIRA, A.D.; SANTOS, G.B.; VIDAL, L.V.O. Biomarcadores histológicos – toxicidade crônica pelo Roundup em piauçu (*Leporinus macrocephalus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 621-627, 2009.

BALDISSEROTTO, B. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência Rural**, v.39, p.291-299, 2009.

BANAEE, M. **Physiological disfunction in fish after insecticide exposure**. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/insecticides-development-of-safer-and-more-effective-technologies/physiological-dysfunction-in-fish-after-insecticides-exposure>> Acesso em: 16 junho 2013.

BANAEE, M.; MIRVAGHEFEI, A.R.; MAJAZI AMIRI, B.; RAFEI, G.R.; NEMATDOST, B. Hematological and histopathological study of experimental diazinon poisoning in common carp fish (*Cyprinus carpio*). **Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)**, v. 64, n. 1, p. 1-14.

BARCELLOS, L.J.G.; KREUTZ, L.C.; RODRIGUES, L.B.; FIOREZE, I.; QUEVEDO, R.M.; CERICATO, L.; CONRAD, J.; SOSO, A.B.; FAGUNDES, M.; LACERDA, L.A.; TERRA, S. Haematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824, Pimelodidae): change after acute stress. **Aquaculture Research**, v.34, p.1465-1469, 2003.

BARCELLOS, L.J.G.; KREUTZ, L.C.; SOUZA, C.; RODRIGUES, L.B.; FIOREZE, I.; QUEVEDO, R.M.; CERICATO, L.; SOSO,

A.B.; FAGUNDES, M.; CONRAD, J.; LACERDA, L.A.; TERRA, S. Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. **Aquaculture**, v. 237, p.229–236, 2004.

BECKER, A.G.; MORAES, B.S.; MENEZES, C.C.; LORO, V.L.; SANTOS, D.R.; REICHERT, J.M.; BALDISSEROTTO, B. Pesticide contamination of water alters the metabolism of juvenile silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 1734-1739, 2009.

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. Histopathology in fish: Proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of Fish Diseases**, v. 22, p. 25-34, 1999.

BORGES, A.; SCOTTI, L.V.; SIQUEIRA, D.R.; JURINITZ, D.R.; WASSERMANN, G.F. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 30, n. 1, p. 21-25, 2004a.

BORGES, A.; SCOTTI, L.V.; SIQUEIRA, D.R.; ZANINI, R.; AMARAL, F.; JURINITZ, D.F. WASSERMANN, G.F. Changes in hematological and serum biochemical values in jundiá *Rhamdia quelen* due to sub-lethal toxicity of cypermethrin. **Chemosphere**, v. 69, p. 920-926, 2004b.

BRASIL. Lei nº 6.938 , de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 set.1981.

BUCHMANN, K.; LINDENSTRØM, T. Interactions between monogeneans and their fish hosts. **International Journal of Parasitology**, v. 32, p. 309-319, 2002.

CAMARGO, S.G.O.; POUHEY, J.L.O.F.; MARTINS, C.) Erythrocytic parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*) as affected by different protein level diets. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1406-1411, 2005.

CAMARGO, S.G.O, POUHEY, J.L.O.F.; VAZ, B.S. Hematological parameters of jundiá (*Rhamdia quelen*) as affected by salinity. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 453-460, 2006.

CARNEIRO, P.C.F. A produção do jundiá em cativeiro. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. (Ed.). **Criação de jundiá**. Santa Maria, 2004 p. 117-142.

CARVALHO, A.R.; TAVARES, L.E.R.; LUQUE, J.L. A new species of *Aphanoblastella* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Rhamdia quelen* (Siluriformes: Heptapteridae) from Southeastern Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 3, p. 323-325, 2009.

CAVICHIOLO, F.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R.P. MOREIRA, H.L.M.; LEONARDO, J.M. Níveis de suplementação de vitamina C na ração sobre a ocorrência de ectoparasitas, sobrevivência e biomassa em alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 957-964, 2002.

CHIPPARI-GOMES, A.R.; GOMES, L.C.; BALDISSEROTTO, B. Lethal temperature for *Rhamdia quelen* fingerlings. **Journal of Applied Aquaculture**, v.9, n.4, p.11-21, 1999

CRESTANI, M.; MENEZES, C.; GLUSCZAK, L.; MIRON, D.S.; LAZZARI, R.; DUARTE, M.F.; MORSCH, V.M.; PIPPI, A.L.; VIEIRA, V.P Effects of clomazone herbicide on hematological and some parameters of protein and carbohydrate metabolism of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 65, p. 48-55, 2006.

CRESTANI, M.; MENEZES, C.; GLUSCZAK, L.; MIRON, D.S.; SPANEVELLO, R.; SILVEIRA, A.; GONÇALVES, F.F.; ZANELLA, R.; LORO, V.L. Effect of clomazone herbicide on biochemical and histological aspects of silver catfish (*Rhamdia*

quelen) and recovery pattern. **Chemosphere**, v. 67, p. 2305-2311, 2007.

DAVIS, B.J.; MILLER, R.J. Brain patterns in minnows of the genus *Hybopsis* in relation to feeding habits and habitat. **Copeia**, v. 1967, n. 1, p. 1-39, 1967.

DUBUS, I.; HOLLIS, J.; BROWN, C. Pesticides in rainfall in Europe. **Environmental Pollution**, v. 110, p. 331-334, 2000.

EMBRAPA, 2005. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01_tabelas.htm> Acesso em: 14 junho 2013.

EMBRAPA, 2012. **Arroz irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Recomendacoes_Tecnicas_Arroz_2007_000fzrbdd8b02wx5ok0cpoo6adaexge2.pdf> Acesso em: 27 julho 2013.

EPAGRI, 2012. **Dados Estatísticos da Aquicultura**. Disponível em: <http://cedap.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=140&Itemid=173> Acesso em: 13 agosto 2013.

EVANS, D.H.; PERMARINI, P.M.; CHOE, K.P. The multifunctional fish gills: dominant site for gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 97-177, 2005.

FATMA (Fundação do meio ambiente). **Zoneamento do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**. Florianópolis, 2002. (CD-Rom).

FERRARI-HOEINGHAUS, A.P.; TAKEMOTO, R.M.; OLIVEIRA, L.C.; MAKRAKIS, M.C.; BAUMGARTNER, G. Host-parasite relationships og monogeneans in the gills of *Astyanax altiparanae*

and *Rhamdia quelen* of the São Francisco Verdadeiro River, Brazil. **Parasite**, v.13, p. 315-320, 2006.

FERREIRA, D.; MOTTA, A.C.; KREUTZ, L.C.; TONI, C.; LORO, V.L.; BARCELLOS, L.J.G. Assessment of oxidative stress in *Rhamdia quelen* exposed to agrichemicals. **Chemosphere**, v. 79, p. 914-921, 2010.

EVANS, D.H.; PIERMARINI, P.M.; CHOE, K.P. The multifunctional fish gills: dominant site for gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 97-177, 2005.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2012. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/sofia/en>> Acesso em: 15 junho 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013a. **FIGIS – Fisheries Statistics – Aquaculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>> Acesso em: 01 agosto 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013b **Aquatic Species**. Disponível em: <<http://termportal.fao.org/faoas/main/start.do>> Acesso em: 15 junho 2013.

FLORES-CRESPO, J.; VELARDE, F.I.; FLORES-CRESPO, R.; VAZQUEZ-PELAEZ, C.G. Variacion estacional de *Dactylogyrus* sp. en dos unidades productoras de tilapia del Estado de Morelos. **Técnica Pecuaria en Mexico**, v. 30, n. 2, p. 109-118, 1992.

GARCIA, F.; FUJIMOTO, R.Y.; MARTINS, M.L.; MORAES, F.R. Parasitismo de *Xiphophorus* spp. por *Urocleidoides* sp. e sua relação com os parâmetros hídricos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, n. 2, p. 123-131, 2003.

GARCIA, J.E.; ESQUIVEL, B.M.; EMOTO, S.; PETERSEN, R.; MUELBERT, A.E. Ictiofauna dos Rios Maciambu, da Madre e Duna no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, VIII, 2007, Caxambu. **Anais...**

GASPARINI, M.F.; VIEIRA, P.F. A (in)visibilidade social da poluição por agrotóxicos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 21, p. 115-127, 2010.

GHIRALDELLI, L.; MARTINS, M.L.; YAMASHITA, M.M.; JERÔNIMO, G.T. Ectoparasites influence on the haematological parameters of Nile tilapia and carp cultured in the State of Santa Catarina, South Brazil. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 1, p. 270-276, 2006.

GLUSCZAK, L.; MIRON, D.S.; CRESTANI, M.; FONSECA, M.B.; PEDRON, F.A.; DUARTE, M.F.; VIEIRA, V.L.P. Effect of glyphosate herbicide on acetylcholinesterase activity and metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 65, p. 237-241, 2006.

GODOI, M.M.I.M.; ENGRACIA, V.; LIZAMA, M.L.A.P.; TAKEMOTO, R.M. Parasite-host relationship between the tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) and ectoparasites, collected from the fish farms in the City of Rolim de Moura, State of Rondônia, Western Amazon, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 515-524, 2012.

GOMES, L.C.; GOLOMBIESKI, J.I.; GOMES, A.R.C.; BALDISSEROTTO, B. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, 2000.

GUEDES, D.S. Contribuição ao estudo da sistemática e alimentação de jundiás (*Rhamdia* sp.) na região central do Rio Grande do Sul. 1980. 100f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

HATRÍK, S.; TEKEL, J. Extraction methodology and chromatography for the determination of residual pesticides in water. **Journal of Chromatography A**, v. 733, p. 217-233, 1996.

HENARES, M.N.P.; CRUZ, C.; GOMES, G.R.; PITELLI, R.A., MACHADO, M.R.F. Toxicidade aguda e efeitos histopatológicos do herbicida diquat na brânquia e no fígado da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, n. 1, p. 77-82, 2008.

HIGUCHI, L.H.; FEIDEN, A.; MALUF, M.L.F.; DALLAGNOL, J.M.; ZAMINHAN, M.; BOSCOLO, W.R. Erythrocytary and biochemical evaluation of *Rhamdia quelen* submitted to diets with different proteic and energetic levels. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 70-75, 2011.

IBAMA. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil**: Uma abordagem ambiental. REBELO, R.F.; VASCONCELOS, R.A.; BUYS, B.D.M.C.; REZENDE, J.A.; MORAES, K.O.C.; OLIVEIRA, R.P. Brasília. Ibama.

JAMES, M.O.; KLEINOW, K.M. 1994. Trophic transfer of chemicals in the aquatic environment. In: MALINS, D.C.; OSTRANDER, G.K. (Ed.) **Aquatic Toxicology**: Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives. Boca Raton: Lewis Publishers. p. 1-35.

JIRAUNGKOORSKUL, W.; UPATHAM, E.S.; KRUATRACHUE, M.; SAHAPHONG, S.; VICHASRI-GRAMS, S.; POKETHITIYOOK, P. Histopathological effects of Roundup, a glyphosate herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Science Asia**, v. 28, p. 121-127, 2002.

JONSSON, C.M.; MAIA, A.H.N.; FERREIRA, C.J.; RIBEIRO, E.O. Risk assessment of the herbicide clomazone to aquatic life. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 26, p. 1724-1726, 1998

KOHN, A.; COHEN, S.C. South American Monogenea – list of species, hosts and geographical distribution. **International Journal for Parasitology**, v. 28, p. 1517-1554, 1998.

KÖPRÜCÜ, S.S.; KÖPRÜCÜ, K.; URAL, M.S.; ISPIR, Ü; PALA, M. Acute toxicity of organophosphorous pesticide diazinon and its effects on behavior and some hematological parameters on fingerling European catfish (*Silurus glanis* L.) **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 86, p. 99-105, 2006.

KREUTZ, L.C.; BARCELLOS, L.J.G.; VALLE, S.F.; SILVA, T.O.; ANZILIERO, D.; SANTOS, E.D.; PIVATO, M.; ZANATTA, R. Altered hematological and immunological parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) following short term exposure to sublethal concentration of glyphosate. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 30, p. 51-57, 2011.

KRITSKY, D.C.; BOEGER, W.A.; MENDOZA-FRANCO, E.F.; VIANNA, R.T. Neotropical Monogonoidea. 57. Revision and phylogenetic position of *Scleroductus* Jara & Cone, 1989 (Gyrodactylidae), with descriptions of the new species from the Guatemalan chulin *Rhamdia guatemalensis* (Günther) (Siluriformes: Heptapteridae) in the Mexico and the barred sorubim *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) (Siluriformes: Pimelodidae) in Brazil. **Systematic Parasitology**, v. 84, p. 1-15, 2013.

KRITSKY, D.C.; MENDOZA-FRANCO, E. Neotropical Monogonoidea. 42. *Pavanelliella scaphiocotylus* sp. nov. (Dactylogyridae) from the nasal cavity of the Guatemalan chulin, *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Heptapteridae), from a cenote on the Yucatán Peninsula, Mexico. **Comparative Parasitology**, v. 70, n. 2, p. 136-139, 2003.

LANGIANO, V.C.; MARTINEZ, C.B.R. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 147, p. 222-231, 2008.

LAZZARI, R. 2006. Situação geral da piscicultura. Apostila curso de piscicultura básica, 1ª Edição, p.5-6.

LAZZARI, R.; RADÜNZ-NETO, J.; CORRÊIA, V.; ROSSATO, S.; FERREIRA, C.C.; SUTILI, F.J.; DUARTE, M.M.M.F. Hematology

of jundiá fish in response to diet protein level. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 192-197, 2011.

LERMEN, C.L.; LAPPE, R.; CRESTANI, M.; VIEIRA, V.P.; GIODA, C.R.; SCHETINGER, M.R.C.; BALDISSEROTTO, B.; MORAES, C.G.; MORSCH, V.M. effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 234, n. 4, p. 497-507, 2004.

LIZAMA, M.L.A.P.; TAKEMOTO, R.M.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; AYROZA, L.M.S.; PAVANELLI, G.C. Host-parasite relationship in fish from fish farms in the Assis region, São Paulo State, Brazil 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 223-231, 2007a.

LIZAMA, M.L.A.P.; TAKEMOTO, R.M.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; AYROZA, L.M.S.; PAVANELLI, G.C. Host-parasite relationship of fishes from fish farm in Assis region, São Paulo State, Brazil. 2. *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 437-445, 2007b.

LIU, S.Y.; SHOCKEN, M.; ROSAZZA, J.P.N. Microbial transformations of clomazone. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 313-319, 1996.

LUCHINI, L.; AVENDAÑO, T. Primeros resultados de cultivo de un pez de aguas calidas (*Rhamdia sapo*) com fines de produccion y consumo humano. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 4, n. 5, p. 621—629, 1982.

LUQUE, J.L. Biologia, epidemiologia e controle de parasitos em peixes. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 13, supl. 1, 2004.

MABILIA, R.G.; SOUZA, S.M.G. Efeito do tratamento com diflubenzuron na hematologia de jundiás, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae) infestados por *Lernaea cyprinacea* (Copepoda) em banhos de imersão de 24 horas. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 28, n. 2, p. 159-163, 2006.

MALLAT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, p. 630-648, 1985.

MARCHIORI, N.C.; TANCREDO, K.R.; ROUMBEDAKIS, K.; GONÇALVES, E.L.T.; PEREIRA JR., J.; MARTINS, M.L. New technique for collecting eggs from monogenean parasites. **Experimental Parasitology**, v. 134, p. 138-140, 2013.

MARCHIORO, M.I. Sobrevivência de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824, Pisces, Pimelodidae) à variação de pH e salinidade da água de cultivo. Santa Maria, RS, 1997. 87 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

MARTINS, M.L. **Doenças infecciosas e parasitárias de peixes**. Jaboticabal, SP.: UNESP: FUNEP, 1997. 58 p. (Boletim Técnico, n. 3).

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

MARTINS, M.L.; MORAES, F.R.; FUJIMOTO, R.Y.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; SILVA, C.A.H.; SCHALCH, S.H.C. Parasitic infections in cultivated freshwater fishes: a survey of diagnosticated cases from 1993 to 1998. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 9, n. 1, p. 23-28, 2000a.

MARTINS, M.L.; FUJIMOTO, R.Y.; MORAES, F.R. Prevalence and seasonality of *Diplectanum piscinaus* Kritsky and Thatcher, 1984 (Monogenoidea) in the gills of *Plagioscion squamosissimus* Hecker 1840 (Scianidae) from Volta Grande Reservoir, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 9, n. 2, p. 105-107, 2000b.

MARTINS, M.L.; MORAES, F.R.; FUJIMOTO, R.Y.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; SILVA, C.A.H.; SCHALCH, S.H.C.

Parasitic infections in cultivated freshwater fishes: a survey of diagnosticated cases from 1993 to 1998. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 9, n. 1, p. 23-28, 2000c.

MELA, M.; GUILOSKI, I.C.; DORIA, H.B.; RANDI, M.A.F.; OLIVEIRA-RIBEIRO, C.A.; PEREIRA, L.; MARASCHI, A.C.; PRODOCIMO, V.; FREIRE, C.A.; SILVA DE ASSIS, H.C. Effects of the herbicide atrazine in neotropical catfish (*Rhamdia quelen*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 93, p. 13-21, 2013.

MELO, J.F.B.; TAVARES-DIAS, M.; LUNDESTEDT, L.M.; MORAES, G.G. Efeito do conteúdo de proteína na dieta sobre os parâmetros hematológicos e metabólicos do bagre sul americano *Rhamdia quelen*. **Revista Ciência Agroambiental**, v. 1, n.1, p. 43-51, 2006.

MENDOZA-FRANCO, E.; SCHOLZ, T.; VIVAS-RODRÍGUEZ, C.; VARGAS-VÁZQUEZ, J. Monogeneans of the freshwater fishes from cenotes (sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico. **Folia Parasitologica**, v. 46, p. 267-273, 1999.

MENDOZA-FRANCO, E.F.; AGUIRRE-MACEDO, M.L.; VIDAL-MARTÍNEZ, V.M. New and previously described species of Dactylogyridae (Monogenoidea) from the gills of Panamanian freshwater fishes (Teleostei). **Journal of Parasitology**, v. 93, n. 4, p. 761-771, 2007.

MENEZES, C.C.; LORO, V.L.; FONSECA, M.B.; CATTANEO, R.; PRETTO, A.; MIRON, D.S.; SANTI, A. Oxidative parameters of *Rhamdia quelen* in response to commercial herbicide containing clomazone and recovery pattern. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 100, p. 145-150, 2011.

MERVOSH, T.L.; SIMS, G.K.; STOLLER, E.W. Clomazone fate in soil as affected by microbial activity, temperature and soil moisture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 537-543, 1995.

MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae) na região do alto rio Uruguai. In: XII ENCONTRO BRASILEIRO DE

ICTIOLOGIA, São Paulo, SP, 1997. **Anais...** São Paulo: SBI, 1997. 420 p., p. 29.

MIRON, D.S.; CRESTANI, M.; SHETTINGER, M.R.; MORSCH, V.M.; BALDISSEROTTO, B.; TIerno, M.A.; MORAES, G.; VIEIRA, V.L.P. Effects of the herbicides clomazone, quinclorac, metsulfuron methyl on acetylcholinesterase activity in the silver catfish (*Rhamdia quelen*) (Heptapteridae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 398-403, 2005.

MIRON, D.S.; PRETTO, A.; CRESTANI, M.; GLUSCZAK, L.; SCHETTINGER, M.R.; LORO, V.L. MORSCH, V.M. Biochemical effects of clomazone herbicide on piava (*Leporinus obtusidens*). **Chemosphere**, v. 74, n.1, p. 1-5, 2008.

MONTEIRO, T.N. **Aspectos de problemas relacionados à contaminação biológica por *Pinus* no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**. 2005. 76f. Monografia (Graduação em Agronomia), UFSC, Florianópolis.

MORAES, B.S.; LORO, V.L.; GLUSCZAK, L.; PRETTO, A.; MENEZES, C.; MARCHEZAN, E.; MACHADO, S.O. Effects of four rice herbicides on some metabolic and toxicology parameters of teleost fish (*Leporinus obtusidens*). **Chemosphere**, v. 68, p. 1597-1601, 2007.

MORAES, B.S.; LORO, V.L.; PRETTO, A.; FONSECA, M.B.; MENEZES, C.; MARCHESAN, E.; REIMCHE, G.B.; ÁVILA, L.A. Toxicological and metabolic parameters of the teleost fish *Leporinus obtusidens* in response to commercial herbicides containing clomazone and propanil. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 95, p. 57-62, 2009.

MORAES, F.R.; MARTINS, M.L. Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva, In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p.343-383.

MPA (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA). Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20C3%ADstico%20MPA%202010.pdf> Acesso em: 15 junho 2013.

NESKOVIC, N.K.; POLEKSIC, V.; ELEZOVIC, I.; KARAN, V.; BUDIMIR, M. Biochemical and histopathological effects of glyphosate on carp, *Cyprinus carpio* L. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 56, p. 295-302, 1996.

PAMPLONA, J.H.; OBA, E.T.; SILVA, T.A.; RAMOS, L.P.; RAMSDORF, W.A.; CESTARI, M.M.; OLIVERA-RIBEIRO, C.A.; ZAMPRONIO, A.R.; SILVA DE ASSISM H.C. Subchronic effects of dypirone on the fish species *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 342-349, 2011.

PARMA, M.J.A.; LOTESTE, A.; CAMPANA, M.; BACCHETA, C. Changes of hematological parameters in *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) exposed to sublethal concentration of cypermethrin. **Journal of Environmental Biology**, v. 28, p. 147-149, 2007.

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

PEREIRA, L.; FERNANDES, M.N.; MARTINEZ, C.B.R. Hematological and biochemical alterations in the fish *Prochilodus lineatus* caused by the herbicide clomazone. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 36, n. 1, p. 1-8, 2013.

PEREIRA-MADUENHO, L.; MARTINEZ, C.B.R. Acute effects of diflubenzuron on the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 148, p. 265-272, 2008.

PIAIA, R., TOWNSEND, C.R., BALDISSEROTTO, B., Growth and survival of fingerlings of *Rhamdia quelen* exposed to different light regimes. **Aquaculture International** v. 7, p. 201-205, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA FUNDA. **Agricultores investem em novas espécies de peixes**. Disponível em: <<http://www.barrafunda.rs.gov.br/site/o-municipio/noticias/77-agricultores-investem-em-novas-especies-de-peixes.html>> Acesso em: 15 junho 2013.

QUADROS, C. Avaliação ambiental simplificada de diferentes atividades agrícolas: Estudo de caso no município de Paulo Lopes, SC. 2009. 69f. Monografia (Graduação em Agronomia), UFSC, Florianópolis.

QUADROS, C.; REBOLLAR, P.M. Avaliação ambiental de atividades agrícolas em microbacias hidrográficas no município de Paulo Lopes (SC). **Revista de Estudos Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 6-18, 2009.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; SILVA-SOUZA, A.T. Hematologia de peixes brasileiros. In: RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.L.A.P. (Ed.) **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo, 2004. 1 ed. p. 89-120.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; ROMAGOSA, E.; ISHIKAWA, C.M. Hematological parameters of “cachara” *Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1768 (Osteichthyes, Pimelodidae) reared in captivity. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 47-53, 2005.

RODRIGUES, N.R.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**, 4ed. Londrina: editora, 1998. P. 137-142.

RUDNICKI, C.A.M.; MELO, G.C.; DONATTI, L.; KAWALL, H.G.; FANTA, E. Gills of juvenile fish *Piaractus mesopotamicus* as histological biomarkers for experimental sub-lethal contamination with the organophosphorus Azodrin®400. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 1431-1441, 2009.

SANTA CATARINA. Lei Estadual nº 11.986, de 14 de novembro de 2001. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza e adota outras providências. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, 15 nov. 2001.

SANTOS, J.J. Termo de ajustamento de conduta do arroz irrigado. Rio de Janeiro: Editora Jurídica do Rio de Janeiro, 2006. 402 p.

SCHALCH, S.H.C.; MORAES, F.R. Distribuição sazonal de parasitos branquiais em diferentes espécies de peixes em pesque-pague no município de Guariba-SP, Brasil **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 14, n. 4, p. 141-146, 2005.

SCHERER, M.; FERREIRA, C.; MUDAT, J.; CATANEO, S. Urbanização e gestão do litoral centro-sul do Estado de Santa Catarina. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.13, p. 31-50, 2006.

SHIOGIRI, N.S.; PAULINO, M.G.; CARRASCHI, S.P.; BARALDI, F.G.; CRUZ, C.; FERNANDES, M.N. Acute exposure of a glyphosate-based herbicide affectsthe gills and liver of the Neotropical fish, *Piaractus mesopotamicus*. **Environmental Ecotoxicology and Pharmacology**, v. 34, p. 388-396, 2012.

SILFVERGRIP, A.M.C. **A systematic revision of neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei: Pimelodidae)**. 1996. 156f. Dissertação - Universidade de Estocolmo).

SILVA, M.S.; COCENZA, D.S.; MELO, N.F.S.; GRILLO, R.; ROSA, A.H.; FRACETO, L.F. Nanopartículas de alginato como sistema de liberação para o herbicida clomazone. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1868-1873, 2010.

SKINNER, R.H. The interrelation of water quality, gill parasites and gill pathology of some fishes from South Biscayne Bay, Florida. **Fishery Bulletin**, v. 80, n. 2, p. 269-280, 1982.

TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P.; GUIDELLI, G.M.; PAVANELLI, G.C. Parasitos de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Ed.) **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo: Varela, 2004. p. 179-197.

TAVARES-DIAS, M.; MELO, J.F.B; MORAES, G.; MORAES, F.R. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Variáveis do jundiá *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 693-698, 2002.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto: Villimpress, 2004. 144 p.

TAVARES-DIAS, M.; SCHALCH, S.H.C.; MARTINS, M.L.; SILVA, E.D.; MORAES, F.R.; PERECIN, D. Hematologia de teleósteos brasileiros com infecção parasitária. I. Variáveis do *Leporinus macrocephalus* Garavelo e Britski, 1988 (Anostomidae) e *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Characidae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 21, n. 2, p. 337-342, 1999.

VARGAS, L.; MOREIRA, H.L.M. **Patologia de peixes e genética e melhoramento de peixes**. Maringá : FADEC – UEM, 1998. 58p.

VARGAS, R.J.; SOUZA, S.M.G.; MABILIA, R.G.; CARLET, F.; BAGGIO, S.R. Physiological response of experimental challenge of *Ichthyophthirius multifiliis* (Fouquet, 1876) in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard, 1824) fingerlings rather fed with different lipid sources. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, n.2, p. 81-86, 2008.

VENCIL, W.K.; ARMBRUST, K.; HANCOCK, H.G. **Herbicide Handbook**. 8^a ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2002. 493p.

VIEIRA, V.L.P.; RADÜNZ-NETO, J.; LOPES, P.R.S.; LAZZARI, R.; FONSECA, M.B.; MENEZES, C.C. Metabolic and hematological changes in jundiás (*Rhamdia quelen*) fed with diets containing aflatoxins. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 49-55, 2006.

WHITTLE, K.J.; HARDY,R.; HOLDEN, A.V.; JOHNSTON, R.; PENTREATH, R.J. Occurrence and fate of organic and inorganic contaminants in marine animals. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 298, n. 47, 1977.

WINTERSTEIGER, R.; GÖGER, B.; KRAUTGARTNER, H. Quantitation of chlorophenoxy acid herbicides by high-performance liquid chromatography with coulometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 846, p. 349-357, 1999.

XIE, J.; HU, L.L.; TANG, J.J.; WU, X.; LI, N.N.; YUAN, Y.G. YANG, H.S.; ZHANG, J.; LUO, S.M.; CHEN, X. 2011. **Ecological mechanisms underlying the sustainability of the agricultural heritage rice-fish coculture systems**. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/108/50/E1381.full>> Acesso em: 15 junho 2013.

ZANELLA, R.; PRIMEL, E.G.; MACHADO, S.L.O.; GONÇALVES, F.F.; MARCHEZAN, E. Monitoring of the herbicide clomazone in environmental water samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. **Chromatographia**, v. 55, p. 573-577, 2002.

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

ZANIBONI FILHO, E. 2004. Piscicultura das espécies nativas de água doce. In: POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E.; BELTRAME, E. **Aqüicultura: Experiências brasileiras**. Florianópolis: Ed. Multitarefa. p. 337-369.