

Gustavo Capistrano Nunes

**Elementos traço e parasitismo em tilápia do Nilo cultivada na região
Sul de Santa Catarina, estudo de caso**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Maurício Laterça Martins
Co-orientadora: Gabriela Tomas Jerônimo

Florianópolis
2015

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

Nunes, Gustavo Capistrano

Elementos traço e parasitismo em tilápia do Nilo cultivada na região Sul de Santa Catarina, estudo de caso / Gustavo Capistrano Nunes ; orientador, Maurício Laterça Martins ; coorientadora, Gabriela Tomas Jerônimo. - Florianópolis, SC, 2015.

54 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Bioacumulação. 3. Limites. 4. Piscicultura. 5. Trichodina e Monogenea. I. Martins, Maurício Laterça. II. Jerônimo, Gabriela Tomas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

**Elementos traço e parasitismo em tilápia do Nilo cultivada na região
Sul de Santa Catarina, estudo de caso**


Por

GUSTAVO CAPISTRANO NUNES

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 Aquicultura.

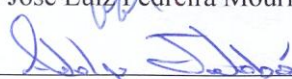


Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

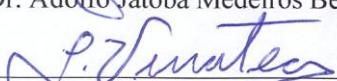
Banca Examinadora:




Dr. José Luiz Pedreira Mourinho – *Presidente*



Dr. Adolfo Jatobá Medeiros Bezerra



Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana



Dra. Natalia da Costa Marchiori

AGRADECIMENTOS

A Samara, minha esposa, pelo apoio incondicional e amor. Uma grande parceira.

Aos meus pais, Edson e Rosinete, pelo amor e apoio até aqui. Minha irmã, Francine e minha sobrinha Maria Antônia; Ao meu avô, Oríbio Capistrano, que me deixou durante esta caminhada;

Aos meus sogros, Marcilene e Nilton, e meu cunhado Murilo, sempre juntos conosco em família;

À tia Sandra e Paulo, que me acolheram no início do curso; Ao tio Aldo e Sueli, pelo apoio e interesse no meu crescimento profissional;

Ao prof. Maurício Laterça Martins, por ter me aceitado como orientado, mesmo após um tempo afastado da vida acadêmica, e pela confiança depositada. Obrigado pela oportunidade;

A minha coorientadora, Gabriela Tomas Jerônimo, que atuou como orientadora, parceira e amiga, e sempre ativa em todo o projeto. É um exemplo a ser seguido como profissional e ser humano;

Ao Luiz R. M. Vicente, da EPAGRI, que viabilizou as propriedades, os peixes e seu laboratório para a realização deste trabalho, um grande parceiro;

Aos que auxiliaram diretamente no trabalho: Eduardo L. T. Gonçalves, pela análise estatística; Gustavo Valladão, pelas análises das lâminas de parasito; Ao meu amigo André Freccia, que auxiliou nas coletas e pela amizade; Aos professores Rubens Madi e Maria Nogueira, que auxiliaram nas análises de elemento traço; Aos estagiários Guilherme Hool, pela ajuda nas análises parasitológicas, e Evelyn Almeida, pelo auxílio nas coletas à campo; Foram participações primordiais para o bom andamento do trabalho;

Aos membros da banca, Natália Marchiori, Luiz Vinatea e Adolfo Jatobá, que contribuíram bastante na melhoria do trabalho escrito; Ao prof. José L. P. Mourinho, que substituiu o meu orientador na presidência da banca, e foi um grande colaborador e sempre aberto para uma conversa franca;

A estrutura do AQUOS, e aos colegas de laboratório pelo convívio amistoso, em especial o técnico responsável Lucas Cardoso que sempre me atendeu com disposição em ajudar e foi um grande colaborador;

Ao PPGAQI, e aos professores e colaboradores nele vinculados, em especial ao Carlito, pela grande ajuda e pelos bons papos em seu curtíssimo período de tempo livre;

A Biblioteca Setorial do CCA e seus funcionários, que mantém a estrutura e o ambiente adequado ao estudo;

A UFSC, por disponibilizar sua estrutura através do CCA, por ser uma grande instituição à disposição;

À UFSM, pela minha formação em Medicina Veterinária, e aos meus professores: William Schoenau, pelo apoio desde a minha formação e pela carta de recomendação para a seleção do mestrado; Jânio M. Santúrio, que contribuiu com estágio fora do país e apoio em cursar a pós; Silvia Gonzalez, que demonstrou interesse no trabalho e apoio oferecido;

As pessoas que convivi nesse período, que de alguma forma me fizeram sentir mais acolhido;

À Deus, Jesus Cristo e Espírito Santo, a gratidão por nunca ter deixado me faltar nada e pelas orações atendidas.

RESUMO

Devido aos possíveis riscos à saúde humana, estudos têm sido realizados nas últimas décadas para avaliar a capacidade de peixes em concentrar elementos traço no tecido muscular e órgãos internos. Este trabalho verificou a bioacumulação de elementos traço e os índices parasitológicos de 120 tilápias do Nilo cultivadas em duas propriedades distintas, denominadas de “Consórcio”, utilizando dejetos suínos, e “Semi-Intensivo”. Para a análise de elemento traço, foi coletado o tecido muscular dos peixes, individualmente, em cada propriedade. Cada porção de músculo foi pesada, seca em estufa à temperatura de 60°C, durante 48 h., e analisada pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). A análise parasitológica seguiu a metodologia de rotina para coleta, quantificação e identificação de parasitos. Os elementos predominantes foram o zinco, seguido de ferro e arsênico nas duas propriedades. A análise parasitológica revelou que os peixes da propriedade “Consórcio” apresentaram maiores valores de abundância e intensidade média de infecção por tricodinídeos, e nos peixes da propriedade “Semi-Intensivo” observou-se maior abundância e intensidade média de *Monogenea*. Os parasitos não demonstraram sinais de prejuízo à criação. Os teores dos elementos Zn, Fe, Cu, As e Hg estiveram acima dos limites máximos recomendados pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Aquicultura, Piscicultura, *Trichodina*, *Monogenea*, metais, bioacumulação, limites.

ABSTRACT

Due to possible risks for human health, in the last decades, several studies have been realized in evaluating the fish capacity in concentrate trace elements in the internal organs and muscle. This study verifies the bioaccumulation of trace elements and parasitological indexes of 120 Nile tilapia examined in two different properties, named as “Swine-consorted” using pig manure, and “Semi intensive”. For trace element analysis, the fish muscle tissue was collected individually in each property. Each portion was weighed, dried in oven at 60°C for 48 h. and analyzed by the fluorescence spectrometry of X rays by energy dispersion (EDXRF). Parasitological analysis followed the routine method for parasites collection, quantification and identification. The predominant element was Zn followed by Fe and As in both properties. Parasitological analyses showed that fish from “Swine-consorted” facility had greater values of abundance and mean intensity of trichodinids and in fish from “Semi intensive” higher abundance and mean intensity of monogeneans was found. Nevertheless, no signs of injury to the creation was observed. The contents of the elements Zn, Fe, Cu, As and Hg were above the maximum limits recommended by the Brazilian legislation.

Keywords: Aquaculture, Fish farming, *Trichodina*, Monogenea, metals, bioaccumulation, limits.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características das propriedades estudadas no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. 28
- Tabela 2.** Valores de elementos traço (média \pm desvio), em mg.Kg⁻¹, das amostras e comparação desses valores entre as propriedades, e com o limite máximo permitido para consumo humano e na água, pela legislação brasileira. (1):mg/dia; (2):mg.L⁻¹. 31
- Tabela 3.** Índices parasitológicos (médias + desvio padrão) de parasitos em tilápia do Nilo nas propriedades estudadas no sul de Santa Catarina, Brasil. D.P: desvio padrão; Min.: mínimo; Máx.; máximo. 33

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
<i>Elementos traço</i>	15
<i>Parasitismo</i>	18
JUSTIFICATIVA	21
OBJETIVO GERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
CAPÍTULO ÚNICO	23
<i>Elementos traço e parasitismo em tilápia do Nilo cultivada na região Sul de Santa Catarina, estudo de caso</i>	23
RESUMO	24
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	27
RESULTADOS	30
DISCUSSÃO	34
AGRADECIMENTOS	38
REFERÊNCIAS	39
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	47

INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial em aquicultura no ano de 2012 foi de 90.409.702 toneladas (ton.), sendo a piscicultura continental responsável por 41,39% (37.417.614 ton) desse total. No mesmo ano, o Brasil produziu 707.461 ton., na qual a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* é a principal espécie produzida com 40,49%, seguida do tambaqui *Colossoma macropomum* e do camarão branco *Litopennaeus vannamei* com, respectivamente, 17,72% e 10,48% (FAO, 2014).

No estado de Santa Catarina, em 2013, a piscicultura continental comercial produziu 22.752,792 ton., e a tilápia ocupa a principal posição, representando 78,58% (17.879,797 ton.) do total, seguido da carpa comum, com 7,22% (EPAGRI, 2014). Das diversas regiões do estado de Santa Catarina, com atividade em piscicultura, a região sul representa uma parcela significativa, sendo a segunda maior produtora, totalizando 3.954,500 ton., atrás somente da região norte do estado que produziu 4.296,120 ton.

A tilápia do Nilo foi inserida no Brasil em 1971 e hoje é a quarta espécie mais produzida no mundo, contribuindo com 7,02% da produção (FAO, 2014). Pertence a família dos ciclídeos e possui capacidade de converter com eficiência os resíduos orgânicos domésticos e agrícolas em proteínas de alta qualidade (ZANIBONI-FILHO, 2004). Dentre as principais características zootécnicas está a maior rusticidade, crescimento rápido e sua fácil adaptação a qualquer tipo de cultivo e alimento (GALLI; TORLONI, 1986), além de adaptar-se bem em ambientes com baixos teores de oxigênio, grandes variações de pH, altos valores de salinidade e boa resistência a enfermidades, o que a torna mais vantajosa quando comparada as outras espécies de peixes comercialmente produzidas (ZANIBONI-FILHO, 2004).

Elementos traço

Os peixes são conhecidos por sua tendência em concentrar elementos traço no organismo (TAWHEEL et al., 2013), e a bioacumulação é um processo normal e essencial para o crescimento do organismo por concentrarem diariamente nutrientes vitais, tais como vitaminas A, D e K, minerais, gorduras e aminoácidos essenciais (KEBEDE; WONDIMU, 2004). Como a carne de peixe serve de excelente fonte de proteína na alimentação humana (BRÁZOVA et al., 2012), a avaliação da bioacumulação de alguns elementos na carne torna-se imprescindível (YOUNIS et al., 2014).

Os elementos traço também se caracterizam pela capacidade de acumular-se nos componentes do ambiente, onde manifestam sua toxicidade, pelo fato de não serem degradáveis. Elementos traço é a denominação utilizada para metais catiônicos e oxianions presentes em baixas concentrações (ESTEVES, 1998), sendo esse termo adotado em detrimento da expressão “metal pesado”, devido não distinção entre metal e não-metal, visto que alguns elementos considerados como tal não são metais, como o arsênico (GUILHERME et al., 2005).

Estes elementos são classificados em essenciais, não essenciais e tóxicos. Os essenciais são aqueles que mesmo em baixas concentrações desempenham papel importante no metabolismo, e são eles: iodo (I), zinco (Zn), selênio (Se), cobre (Cu), molibdênio (Mo), ferro (Fe), cromo (Cr). Os não essenciais, são os que não tem função biológica definida: manganês (Mn), silício (Si), níquel (Ni), boro (B), vanádio (V); e os tóxicos, que não são essenciais biologicamente e são considerados altamente tóxicos mesmo em baixas concentrações, além de possuir potencial cumulativo nos organismos humanos e animais, incluem: chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), arsênico (As), alumínio (Al), lítio (Li), estanho (Sn) (OMS, 1998).

Alguns elementos traço, como zinco, cromo, cobre, níquel, flúor, selênio, molibdênio e cobalto (ABDULJALEEL; SHUHAIMI-OTHMAN, 2011) são micronutrientes essenciais, fazendo parte de sistemas enzimáticos complexos (ESTEVES, 1998). Entretanto, alguns elementos são tóxicos para os organismos, inclusive aqueles considerados como essenciais se presentes em excesso (DAVID et al., 2010; QIU et al., 2011). Podem causar diversos efeitos negativos para saúde humana, principalmente os não essenciais, e podem induzir variadas formas de doenças carcinogênicas, resultados reprodutivos adversos, doenças cardiovasculares e neurológicas, mesmo em baixas concentrações (CALDERON, 2000). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pelas resoluções 269/2005 e 42/2013, definiu limites máximos aceitáveis de ingestão de alguns destes elementos, considerados como mais importantes, como: ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), selênio (Se), cromo (Cr), manganês (Mn), molibdênio (Mo), arsênico (As), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e estanho (Sn) (ANVISA, 2005; 2013).

Os peixes, através das brânquias e pele, absorvem os elementos traços por duas vias, alimento e partículas na água, sendo esta última considerada a mais importante (ALQUEZAR et al., 2008). Por meio das dietas, ressalta-se o requisito mínimo que o metabolismo animal exige de elementos inorgânicos, como Ca, P, Mg, Na, K e Cl, que são

macrominerais, e Fe, Cu, I, Mn, Zn e Se, que são microminerais, sendo essenciais para o funcionamento normal do metabolismo dos peixes (LOVELL, 1998). Os macrominerais são exigidos em maiores quantidades e, biologicamente, os microminerais são exigidos em menores concentrações (WATANABE et al. 1997). Todos, obrigatoriamente, estão presentes nas rações formuladas para atenderem as exigências do metabolismo dos peixes. Após absorvidos, estes elementos são transferidos das brânquias e intestino para o sangue, seguindo para outras partes do corpo (HOGSTRAND; HAUX, 1991).

Os contaminantes são transportados principalmente sob a forma dissolvida ou ligada ao material particulado em suspensão (LACERDA et al., 1987). De acordo com Zheng et al. (2008), mais de 90% da carga de elementos traço está associada ao material particulado em suspensão e ao sedimento nos ambientes aquáticos. Desse modo, atuam como depósito absorvivo com concentrações de metal muitas vezes maior comparado a coluna de água, ou seja, as partículas capturam os elementos da água. Os peixes são usados como bioindicadores para avaliar riscos ecológicos tanto de elementos traço essenciais como não-essenciais (KEBEDE; WONDIMU, 2004). A concentração de elementos nos organismos é regulada pelo balanço entre ingestão e eliminação (QIU et al., 2011).

Nas últimas décadas, tem sido investigada a presença de elementos traço nos alimentos (GUÉRIN et al., 2011), e também em outras formas de vida (DAVID et al., 2010; PINTAEVA et al., 2011). A contaminação de alimentos de origem aquática, por ocorrência natural ou introdução de toxinas, é de interesse devido aos efeitos adversos de saúde pela exposição a estes compostos (COPAT, 2014), pois é a rota mais provável para a exposição de elementos tóxicos em humanos (LING et al., 2013). Isso ocorre principalmente por meio da contaminação ambiental, devido à sua alta persistência e baixa degradabilidade no ambiente (YUAN et al., 2004).

Os elementos traço estão dispersos no ambiente como consequência de processos naturais e antropogênicos (LOW et al., 2015) e são essenciais na composição de estruturas celulares e metabolismo celular (ESPINOZA-QUIÑONEZ et al., 2010). Entretanto, eles ingressam no meio aquático por diferentes vias antropogênicas, através dos resíduos doméstico e industrial lixiviados naturalmente de aterros sanitários, atividades antrópicas, depósitos atmosféricos, escoamento pelas cheias dos rios (SALOMONS; FÖRSTNER, 1984), oriundos de vulcões e atividades de mineração (COPAT et al., 2014), exposição do solo e rochas com a superfície da água (RASHED, 2001). Além disso, o

ambiente é constantemente suscetível à alterações devido a variações ambientais, sazonais e sujeitos a resíduos de contaminantes químicos e naturais, como fezes de animais (YOUNIS et al., 2014).

No peixe, as vísceras apresentam os maiores teores de elementos traço, seguidos pela cabeça, e com menores teores detectados na musculatura, e que mesmo o ato de cozinhar possui ação limitada para reduzir sua concentração por depender do tempo de duração e temperatura de cozimento (ATTA et al., 1997). Ao avaliar músculo, brânquias e fígado de tilápias, em dois lagos da Malásia que são afetados pelos resíduos doméstico e industrial, Taweel et al. (2013) encontraram cobre, zinco, níquel, chumbo e cádmio, sendo o cobre em maior concentração no fígado, enquanto o zinco predominou no músculo e brânquia.

Parasitismo

Concomitante a intensificação da piscicultura, ao longo das últimas décadas, há a incidência de surtos de doenças (BOWDEN et al., 2007). Por isso, para o manejo adequado dos peixes em cativeiro, é importante ter o conhecimento das características ambientais mais adequadas, uma vez que qualquer variação pode diminuir a resistência dos animais com consequentes perdas no crescimento, prejuízos econômicos ao produtor (MORAES; MARTINS, 2004) e tornando os hospedeiros suscetíveis às enfermidades (MARTINS et al., 2015).

Informações específicas dos sistemas de cultivo são mais confiáveis para desenvolver estratégias de manejo de doenças, como informações de dados ecológicos do hospedeiros e parasitos presentes (AKOLL et al., 2012a). O parasitismo ocorre naturalmente no ambiente, sendo que a diversidade de parasitos é maior em meio natural, mas em ambiente de cultivo os peixes estão expostos à condições em que a relação hospedeiro/parasito/ambiente pode ser desequilibrada devido à variações na qualidade de água, alta densidade, estresse de manejo (MARTINS et al., 2015), transporte, alimentação inadequada (SCHALCH et al., 2005), além da severidade da doença dependente da capacidade do parasito em infectar e da qualidade ambiental em qual os peixes estão expostos (MARTINS et al., 2010). Também pode ocorrer devido a alta prevalência do agente patogênico ou da maior suscetibilidade do hospedeiro (BOWDEN et al., 2007).

Entre os parasitos frequentemente encontrados em tilápia do Nilo, em estudos no Brasil, estão os helmintos Monogenea (VARGAS et al., 2000; AZEVEDO et al., 2006; LIZAMA et al., 2007; MARTINS

et al., 2010; JERÔNIMO et al., 2010; 2011; PANTOJA et al., 2012; ZAGO et al., 2014), os tricodínídeos (Protozoa) (VARGAS et al., 2000; AZEVEDO et al., 2006; GHIRALDELLI et al., 2006; MARTINS et al., 2010; JERÔNIMO et al., 2011; PANTOJA et al., 2012; VALLADÃO et al., 2013; ZAGO et al., 2014), e o *Piscinoodinium pillulare* (Dinoflagellida) (JERÔNIMO et al., 2011; ZAGO et al., 2014; MARTINS et al., 2001).

Entre os parasitos protozoários mais comuns que atingem o cultivo de tilápia do Nilo, estão os ciliados tricodínídeos (PANTOJA et al., 2012). Representam um grupo de parasitos oportunistas (MANCINI et al., 2000), e que se reproduzem por fissão binária (MARTINS et al., 2015). Estão presentes na superfície do corpo, nadadeiras e brânquias dos peixes e alimentam-se de muco, células e bactérias (MARTINS et al., 2010). Sua proliferação está diretamente relacionada com a alta concentração de matéria orgânica na água (MARTINS et al., 2002) e quando encontram essas condições se tornam altamente patogênicos nos cultivos de tilápia (VALLADÃO et al., 2013). Sua patogenicidade varia de acordo com a imunidade dos peixes (MANCINI et al., 2000). Os sinais clínicos não são específicos e os peixes podem apresentar manchas escuras na pele, áreas claras nas brânquias e hipóxia (PÁDUA et al., 2011), letargia e natação errática (VALLADÃO et al., 2013). Palm & Dobberstein (1999) sugerem a utilização de dados de prevalência e abundância de tricodínídeos como indicador biológico a fim de comparar áreas poluídas e não poluídas.

Por sua vez, os helmintos Monogenea pertencentes ao filo Platyhelminthes, parasitam as brânquias, tegumento, nadadeiras e cavidade nasal, e em alguns casos no sistema urinário (TAKEMOTO et al., 2004) e estômago (JERÔNIMO et al., 2010) e se alimentam de muco, células epiteliais e podem também se alimentar de sangue (PAVANELLI et al., 2008). Possuem ciclo de vida direto e podem ser vivíparos ou ovíparos (JOHANSEN et al., 2011), além de serem hermafroditas e com alta especificidade de hospedeiro (PAVANELLI et al., 2008). A reprodução ocorre com grande rapidez em sistemas de cultivo, pois o confinamento de peixes da mesma espécie é apropriado para a proliferação deste parasito e é um dos principais problemas na piscicultura (TAKEMOTO et al., 2004). Estes causam hiperplasia celular, hipersecreção de muco, fusão das lamelas branquiais (MARTINS; ROMERO, 1996) e suas lesões podem ocasionar infecções secundárias, com entrada facilitada de fungos e bactérias (MORAES; MARTINS, 2004). A proliferação dos helmintos Monogenea tem como fatores de risco a alta densidade, baixa troca de água e o descuido na

assepsia após cada ciclo de cultivo (AKOLL et al., 2012b). Também tem-se sugerido que os monogenéticos possam atuar como bioindicador aquático quando parasitam brânquias de tilápia do Nilo (SANCHEZ-RAMIREZ et al., 2007).

Os ciclídeos africanos, como as tilápias, são conhecidos por abrigar *Monogenea* em suas brânquias e superfície corporal, tais como dos gêneros *Cichlidogyrus* Paperna, 1960, *Onchobdella* Paperna, 1968, *Scutogyrus* Pariselle e Euzet, 1995 (Dactylogyridae) e *Gyrodactylus* Nordmann, 1832 (Gyrodactylidae) (ŘEHULKOVÁ et al., 2013). Para AKOLL et al. (2012a), a brânquia, por ser um órgão vital, é facilmente afetada pela ação destes parasitos por interferirem na respiração e troca iônica.

JUSTIFICATIVA

Com a difusão da piscicultura, aliada ao aumento da demanda pelo consumo de peixes, a atividade torna-se cada vez mais importante por ser fonte de alimentação humana e ótima alternativa de renda aos pequenos produtores rurais. Porém, no decorrer dos anos, a ação antropogênica no ambiente tem sido cada vez maior, caracterizada desde queimadas e desmatamento para ocupação de áreas para torná-las produtivas até a emissão de resíduos industriais e domésticos diretamente nos rios e lagos, que podem se disseminar para áreas mais distantes. Esse alcance pode atingir áreas rurais de produção em piscicultura, que utiliza água que pode estar com cargas elevadas de elementos traço, essenciais e não essenciais, ou até metais pesados.

Na região sul de Santa Catarina já foi verificada a presença de elementos traço em áreas próximas a atividade carboníferas, porém não há estudos desta natureza próximos aos meios produtivos agropecuários que dependem da fortemente da água, como a piscicultura. Deve-se considerar que o que é produzido pode conter elementos traço acima dos níveis permitidos para o consumo humano, que pode ser carregados pelos rios oriundos de regiões com atividades poluidoras. Os estudos de elementos traço em ambiente de águas continentais ainda é incipiente, visto que muitos trabalhos visam somente ambientes marinhos, o que torna importante realizar pesquisas em áreas de água doce.

OBJETIVO GERAL

- Ampliar os conhecimentos sobre a qualidade da carne de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada no Sul de Santa Catarina, verificando a presença de elementos traço na musculatura dos peixes e avaliando seu grau de parasitismo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Registrar a presença e determinar os teores de elementos traço no músculo de tilápias do Nilo cultivadas;
- Verificar se os elementos traço no músculo de tilápias do Nilo cultivadas estão em níveis aceitáveis para o consumidor, caso encontrado;
- Avaliar a presença de parasitos em tilápias do Nilo cultivadas no sul do estado de Santa Catarina.

CAPÍTULO ÚNICO

Elementos traço e parasitismo em tilápia do Nilo cultivada na região Sul de Santa Catarina, estudo de caso

Trace elements and parasitism in Nile tilapia cultivated in southern of Santa Catarina, case study

Gustavo Capistrano Nunes¹, Gabriela Tomas Jerônimo¹, Luiz Rodrigo Mota Vicente², Rubens Riscala Madi³, Maria Nogueira Marques³, Gustavo Moraes Ramos Valladão⁴, Eduardo Luiz Tavares Gonçalves¹, Maurício Laterça Martins¹

⁽¹⁾Laboratório AQUOS – Sanidade de Organismos Aquáticos. Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88.034-000, Florianópolis, SC, Brasil

⁽²⁾EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) –Laboratório de diagnóstico em Aquicultura (LADA) - Rua Dolores Correa Goulart, s/nº, Bairro São Martinho, 88.708-801, Tubarão, SC, Brasil.

⁽³⁾Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Laboratório de Biologia Tropical, Av. Murilo Dantas, 300, 49.032-490, Aracaju, SE, Brasil

⁽⁴⁾Laboratório de Patologia de Organismos Aquáticos, Centro de Aquicultura da UNESP - Via Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil.

Email para correspondência: mauricio.martins@ufsc.br

Esta nota científica está nas normas do periódico *Journal of Environmental Science and Health Part B Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*

RESUMO

Devido aos possíveis riscos à saúde humana, estudos têm sido realizados nas últimas décadas para avaliar a capacidade de peixes em concentrar elementos traço no tecido muscular e órgãos internos. Este trabalho verifica a bioacumulação de elementos traço e os índices parasitológicos de 120 tilápias do Nilo cultivadas em duas propriedades distintas, denominadas de “Consórcio”, utilizando dejetos suínos, e “Semi-Intensivo”. Para a análise de elemento traço, foi coletado o tecido muscular dos peixes, individualmente, em cada propriedade. Cada porção de músculo foi pesada, seca em estufa à temperatura de 60°C, durante 48 h., e analisada pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). A análise parasitológica seguiu a metodologia de rotina para coleta, quantificação e identificação de parasitos. Os elementos predominantes foram o zinco, seguido de ferro e arsênico nas duas propriedades. A análise parasitológica revelou que os peixes da propriedade “Consórcio” apresentaram maiores valores de abundância e intensidade média de infecção por tricodinídeos, e nos peixes da propriedade “Semi-Intensivo” observou-se maior abundância e intensidade média de *Monogenea*. Os parasitos não demonstraram sinais de prejuízo à criação. Os teores dos elementos Zn, Fe, Cu, As e Hg estiveram acima dos limites máximos recomendados pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Piscicultura, *Trichodina*, *Monogenea*, metais, bioacumulação, limites.

ABSTRACT

Due to possible risks for human health, in the last decades, several studies have been realized in evaluating the fish capacity in concentrate trace elements in the internal organs and muscle. This study verifies the bioaccumulation of trace elements and parasitological indexes of 120 Nile tilapia examined in two different properties, named as “Swine-consorted”, using pig manure, and “Semi intensive”. For trace element analysis, the fish muscle tissue was collected individually in each property. Each portion was weighed, dried in oven at 60°C for 48 h. and analyzed by the fluorescence spectrometry of X rays by energy dispersion (EDXRF). Parasitological analysis followed the routine method for parasites collection, quantification and identification. The predominant element was Zn followed by Fe and As in both properties. Parasitological analyses showed that fish from “Swine-consorted” facility had greater values of abundance and mean intensity of trichodinids and in fish from “Semi intensive” higher abundance and mean intensity of monogeneans was found. Nevertheless, no signs of injury to the creation was observed. The contents of the elements Zn, Fe, Cu, As and Hg were above the maximum limits recommended by the Brazilian legislation.

Keywords: Fish farming, *Trichodina*, Monogenea, metals, bioaccumulation, limits.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem sido investigada a presença de elementos traço nos alimentos ^[1], por causarem sérios riscos à saúde humana e a outras formas de vida ^[2]. Os peixes são uma excelente fonte de proteína na alimentação humana ^[3] com tendência em concentrar elementos traço no organismo ^[4]. Como os peixes são uma provável via de contaminação de elementos tóxicos dos ambientes aquáticos aos humanos ^[5], torna-se necessário avaliar sua bioacumulação na carne dos peixes. ^[6]

Devido à não distinção entre metal e não-metal ^[7], os elementos traço são classificados em essenciais, não essenciais e tóxicos. Os essenciais são aqueles que mesmo em baixas concentrações desempenham papel importante no metabolismo, e são eles: iodo (I), zinco (Zn), selênio (Se), cobre (Cu), molibdênio (Mo), ferro (Fe), cromo (Cr). Os não essenciais, são os que não tem função biológica definida: manganês (Mn), silício (Si), níquel (Ni), boro (B), vanádio (V); e os tóxicos, que não são essenciais biologicamente e são considerados altamente tóxicos mesmo em baixas concentrações, além de possuir potencial cumulativo nos organismos humanos e animais, incluem: chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), arsênico (As), alumínio (Al), lítio (Li), estanho (Sn) ^[8].

Os elementos traço estão dispersos no ambiente como consequência de processos naturais e antropogênicos ^[9], e são suscetíveis a variações ambientais e sazonais, sujeitos aos resíduos de contaminantes químicos e naturais ^[6]. Possuem capacidade de acumular-se nos componentes do ambiente, onde manifestam sua toxicidade, pelo fato de não serem degradáveis ^[10]. A bioacumulação é um processo normal ^[11] e os elementos traço são absorvidos pelos peixes através das brânquias e pele por duas vias, alimento e partículas na água, sendo esta última considerada a mais importante ^[12]. Por meio das dietas, ressalta-se o requisito mínimo que o metabolismo animal exige de alguns elementos inorgânicos, como Ca, P, Mg, Na, K e Cl, que são macrominerais, e Fe, Cu, I, Mn, Zn e Se, que são microminerais, sendo essenciais para o funcionamento normal do metabolismo dos peixes ^[13]. Destes elementos, os macrominerais são exigidos em maiores quantidades e, biologicamente, os microminerais são exigidos em menores concentrações ^[14] e estão presentes obrigatoriamente nas rações formuladas para atender as exigências do metabolismo dos peixes. Após ingestão e/ou absorção, os elementos são transferidos das brânquias ou

intestino para o sangue, e distribuídos para outras partes do corpo ^[15]. Sendo assim, os peixes são usados como bioindicadores para avaliar os riscos ecológicos tanto de elementos traço essenciais como não-essenciais ^[11].

Com o aumento da produção aquícola nas últimas décadas, a incidência de surtos de doenças, muitas vezes associados à intensificação das condições de cultivo, tem sido constantes ^[16]. Por sua vez, as doenças de etiologia parasitária se tornaram mais frequentes nos diferentes sistemas de produção de peixes, levando à perdas econômicas incalculáveis ^[17], com consequentes mortalidades ^[18] resultante da maior suscetibilidade do hospedeiro ^[19]. Informações específicas dos sistemas de cultivo e da relação parasito-hospedeiro-ambiente constituem estratégia importante no controle de doenças ^[20].

Entre os parasitos frequentemente encontrados em tilápia do Nilo, em estudos no Brasil, estão os helmintos *Monogenea* ^[21-28], os protozoários tricotrípicos (Protozoa) ^[21,22,24,26-28,30], e o protozoário *Piscinoodinium pillulare* (Dinoflagellida) ^[26,28,31].

Este estudo teve como objetivo registrar os elementos traço presentes na musculatura e avaliar os níveis de parasitismo em de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em duas propriedades no sul de Santa Catarina, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para coleta do material biológico foram selecionadas duas propriedades, uma que possui área de engorda e terminação de suínos acima dos tanques, denominada “Consórcio”, e a segunda propriedade com sistema de cultivo tradicional, denominada “Semi-intensivo” (Tabela 1). A propriedade “Consórcio” utiliza a porção sólida de dejetos suínos para adubação dos tanques, diariamente na quantidade entre 5 e 10% da biomassa de peixes nos tanques. A biomassa é baseada no peso médio das amostras de peixes e com um cálculo através 80-90% do total dos alevinos inseridos. Ambas estão situadas na zona rural da região do Vale do Braço do Norte, região sul do estado de Santa Catarina, Brasil (28°16'33"S, 49°09'56"W), e utilizam o rio como fonte de água para o cultivo, sendo o rio Braço do Norte e rio São Bernardo utilizados, respectivamente, para as propriedades “Consórcio” e “Semi-Intensivo”. As atividades no entorno das propriedades, e da fonte de água, são basicamente agricultura e pecuária, que podem gerar resíduos que afetam as pisciculturas. As atividades pecuárias mais comuns são a

suinocultura e a bovinocultura de leite, que estão nas proximidades dessas propriedades estudadas.

Tabela 1. Características das propriedades estudadas no sul do estado de Santa Catarina, Brasil.

Características	Propriedades	
	Consórcio	Semi-Intensivo
Lâmina d'água (m ²)	7.650	4.860
Profundidade do tanque (m ³)	1,5	1,5
Tipo de cultivo	Semi-Intensivo	Semi-Intensivo
Densidade de estocagem (peixes/m ²)	3,53	4,11
Alimentação	2 x ao dia	2 x ao dia
Aeração	1 HP / 4 ton.	1 HP / 4 ton.
Captação da água	Fluvial	Fluvial
Renovação de água	Sim	Sim
Mercado consumidor	Entreposto de pescado	Entreposto de pescado
Secagem dos viveiros entre ciclos	Sim	Sim
Origem dos alevinos	Larvicultura comercial	Larvicultura comercial

Em cada propriedade foram coletados 60 peixes, totalizando 120, na qual os alevinos foram inseridos nos tanques em março de 2014, e as coletas ocorreram no mês de julho do mesmo ano. O manejo para a coleta dos peixes e análises estão de acordo com os procedimentos éticos no uso de animais (CEUA-UFSC PP00801). Nos dias da coleta, foram mensurados a temperatura, oxigênio dissolvido (modelo Hannah HI 9146) e transparência (disco de Secchi), além da coleta de amostra para análise laboratorial, com auxílio de um kit técnico Alfakit de pH, amônia, alcalinidade, nitrito, nitrato e alguns outros elementos (sulfato, ferro, ortofosfato, sílica, fenol e alumínio). Além do dia da coleta, foram obtidas outras duas amostras de água para realizar as análises descritas acima.

Os peixes foram coletados com rede de nylon, posteriormente anestesiados com óleo de cravo (75 mg.L⁻¹), e na sequência iniciou-se a manipulação com a raspagem do muco da superfície corporal, uma parte para confecção de lâminas para posterior identificação de parasitos e outra parte de muco foi fixado em formalina 10%. Após esse procedimento, os animais foram pesados, medidos, identificados e transportados para o Laboratório de Diagnóstico em Aquicultura (LADA), da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de

Santa Catarina (EPAGRI) no município de Tubarão (SC) para coleta do músculo e dos órgãos internos. Os olhos foram retirados, rompidos e fixados em formalina 10%. As brânquias foram coletadas e colocadas em frasco, adicionado água a 60°C para relaxamento dos parasitos, e posteriormente fixadas em álcool 70%. Adicionalmente, foram coletados estômago e intestino, que foram extirpados e fixados em AFA (ácido acético, formalina, álcool 70%) a 60°C [26].

A quantificação de protozoários foi feita por amostragem de três alíquotas de 1 mL de muco e brânquias, separadamente, homogeneizados para contagem do número de protozoários com auxílio de câmara de Sedgwick-Rafter e estimativa do número possível pelo volume total homogeneizado. Já os helmintos Monogenea foram contados sob estereomicroscópio utilizando placa de petri marcada [32]. De posse dos dados, foram calculados os índices parasitológicos de prevalência, abundância média e intensidade média de infecção [33].

Para a identificação dos tricodinídeos, as lâminas de muco foram impregnadas com Nitrato de Prata (2%) e utilizadas para avaliação dos caracteres taxonômicos [34]. Todas as medidas foram realizadas a partir de fotomicrografia e seguiram as recomendações específicas [35,36]. As lâminas de Monogenea foram preparadas em meio Hoyer's para clarificação e identificação das estruturas de fixação e aparelho reprodutor [37-40].

Para a análise de elementos traço foi coletada uma porção de músculo, na área dorsal, de cada peixe, acondicionada em tubos *ependorff* individualmente identificadas e armazenadas a -18°C. Esse material foi previamente descongelado e posteriormente seco em estufa. A porção de músculo de cada grupo foi pesada em balança de precisão, com três casas decimais, seco em estufa a 60°C por 48 h. Posteriormente, o material de cada grupo foi macerado, levados a estufa para a segunda secagem, com mesma temperatura e tempo. Após a secagem o material foi pesado novamente e acondicionado em recipientes de vidro para envio ao Laboratório de Biologia Tropical, do Instituto de Tecnologia, Aracajú (SE).

As amostras foram passadas em peneira com 0,088 mm de abertura de malha, de modo a obter amostras entre 0,5 e 0,6 g e adicionado 3,0 g de ácido bórico (H₃BO₃p.a.) em um cilindro, e prensadas por 40 s com a ajuda de uma prensa de 20 toneladas de força, para obter pastilhas de dupla camada (amostra de casca e ácido bórico) com 30 mm de diâmetro. As pastilhas preparadas foram guardadas em estufa a 60°C por 48 h para perder umidade. As amostras foram analisadas pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X

por dispersão de energia (EDXRF) ^[41]. As curvas analíticas para determinação dos elementos químicos das cascas foram ajustadas por regressão linear e utilizado o método de Parâmetros Fundamentais para correção dos efeitos de matriz. Este método permite a obtenção da curva de sensibilidade, relacionando a intensidade fluorescente teórica calculada e a medida para cada elemento. Desta forma, é possível determinar a composição do material analisado ^[42].

A precisão e exatidão da técnica de leitura dos elementos traço na musculatura foram verificadas utilizando o “Padrão de Referência Certificado”, certificada pelo *Institute for Reference Materials and Measurements* (IRMM) com a produção do documento “European Reference Materials (código ERM - BB422). Esse padrão é um dado de validação da leitura das amostras pelo equipamento e utilizado durante todo o período das análises das amostras da musculatura dos peixes. Cada amostra de músculo foi analisada três vezes, obtendo uma quarta medida como média das 3 análises no equipamento EDX – 720 (Shimadzu Corporation). Os parâmetros de operação do espectrômetro foram: tubo de raios X de Ródio, tensão de 15 KV; colimador de 10 mm; detector de silício; resfriamento a nitrogênio líquido; tempo de medida de 100 s.

Para a análise estatística, primeiramente foram feitos os testes de Kolmogorov-Smirnov (K.S.) para verificar a normalidade. Como não foi cumprido esse requisito, foi utilizado o teste U de Mann-Whitney com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para comparação entre propriedades em relação ao elementos traço e níveis de parasitismo, além dos dados de comprimento e peso dos peixes.

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta os elementos traço presentes nas duas propriedades, o valor máximo permitido para ingestão humana pelas resoluções 269/2005 (Ingestão Diária Recomendada para proteína, vitaminas e minerais), e 42/2013 (Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos) para os elementos As, Hg e Cd, além da portaria nº 2.914/2011 (Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade), todos regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária ^[43,44, 45]. Essas legislações regulamentam os limites máximos permitidos nos alimentos, em mg, para uma pessoa adulta (à partir da fase da adolescência), e na água, em mg por litro, para consumo humano. Esses

dados regulamentados, em resoluções e portaria, foram utilizados como base para comparações em nosso estudo. Os teores de Cd, mesmo apresentando o valor 1,000 mg/Kg, deve ser desconsiderado, pois a leitura do equipamento afere esse valor mesmo quando ausente.

Tabela 2. Valores de elementos traço (média \pm desvio), em mg.Kg⁻¹, das amostras e comparação desses valores entre as propriedades, e com o limite máximo permitido para consumo humano e na água, pela legislação brasileira. (1):mg/dia; (2):mg.L⁻¹.

Elementos	Propriedade	Propriedade	Limite	Limite
	Consórcio	Semi-Intensivo	Máximo Adulto ⁽¹⁾	Máximo Água ⁽²⁾
Zn	37,879 \pm 0,590	31,457 \pm 0,513	15,00	5,00
Fe	34,523 \pm 0,511	23,468 \pm 0,421	14,00	0,30
Cu	3,183 \pm 0,142	2,817 \pm 0,124	3,00	2,00
Se	2,684 \pm 0,035	2,316 \pm 0,031	70,00	0,01
I	2,107 \pm 0,038	2,020 \pm 0,036	150,00	-
Mn	1,029 \pm 0,035	1,000 \pm 0,036	5,00	0,10
As	25,433 \pm 0,310	22,136 \pm 0,274	1,00	0,01
Hg	1,197 \pm 0,135	1,222 \pm 0,128	0,50	0,001
Cd	1,000 \pm 0,039	1,000 \pm 0,039	0,05	0,005

Na identificação e quantificação da fauna parasitária, foram encontrados os protozoários ciliados tricodinídeos, os helmintos monogenéticos e o protozoário dinoflagelado *Piscinoodinium pillulare*. Comparando o número de tricodinídeos entre as propriedades, observou-se valores de abundância média e intensidade média de infestação significativamente maiores ($P < 0,05$) nos peixes mantidos na propriedade “Consórcio”, bem como maior prevalência (86,67%). Em relação à Monogenea, os resultados revelaram valores de abundância média e intensidade média de infecção maiores ($P < 0,05$) nos peixes da propriedade “Semi-Intensivo”, quando comparadas à propriedade “Consórcio”. Para o *Piscinoodinium pillulare*, não houve diferença entre as propriedades (Tabela 3).

Foram identificadas três espécies de tricodinídeos, sendo *Trichodina compacta* Van As & Basson, 1989, *Trichodina magna* Van As & Basson, 1989 e *Trichodina centrostrigata* Basson, Van As & Paperna, 1983 nos peixes das duas propriedades. Já os helmintos

Monogenea identificados neste estudo foram o *Cichlidogyrus sclerosus* Price & Kirk, 1967 e *Cichlidogyrus tilapiae* Paperna, 1960 em ambas as propriedades, e *Scutogyrus* sp. Pariselle & Euzet, 1995, somente na propriedade “Semi-Intensivo”.

Os dados de comprimento e peso apresentaram diferença significativa entre as propriedades ($P < 0,05$), sendo maiores nos peixes cultivados na propriedade “Semi-Intensivo” quando comparado a propriedade “Consórcio”. Os dados de comprimento e peso (média \pm desvio padrão) foram de 25,20 cm \pm 2,88 e 327,93 g \pm 116,68, na propriedade “Semi-Intensivo”, e 18,37 cm \pm 6,19 e 169,60 g \pm 145,80 na propriedade “Consórcio”.

Tabela 3. Índices parasitológicos (médias \pm desvio padrão) de parasitos em tilápia do Nilo nas propriedades estudadas no sul de Santa Catarina, Brasil. D.P.: desvio padrão; Min.: mínimo; Máx.: máximo.

Propriedade	Tricodinídeos						Prevalência (%)
	Abundância Média			Intensidade Média			
	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	
Consórcio	669,02 \pm 1.036,84*	0,00	4335,67	771,94 \pm 10,39*	1,00	4335,67	86,67
Semi-intensivo	45,61 \pm 98,77	0,00	578,33	70,17 \pm 115,66	1,00	578,33	65,00
Propriedade	Monogenea						Prevalência (%)
	Abundância Média			Intensidade Média			
	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	
Consórcio	1,60 \pm 1,50	0,00	5,00	2,40 \pm 1,19	1,00	5,00	66,67
Semi-intensivo	23,98 \pm 19,90*	1,00	87,00	23,98 \pm 19,90*	1,00	87,00	100,00
Propriedade	<i>Piscinodinium pillulare</i>						Prevalência (%)
	Abundância Média			Intensidade Média			
	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	Média \pm D.P.	Mín.	Máx.	
Consórcio	0,73 \pm 5,68	0,00	44,00	44,00 \pm 0,00	44,00	44,00	1,67
Semi-intensivo	0,24 \pm 1,32	0,00	7,30	7,30 \pm 0,00	0,00	7,30	3,33

* indica diferença significativa no teste U de Mann-Whitney entre as propriedades.

DISCUSSÃO

Os elementos traço presentes na musculatura dos peixes não mostraram diferenças significativas entre as propriedades avaliadas. Entre os elementos traço analisados, o teor de Zn foi o que apresentou maior concentração no músculo dos peixes, seguido de Fe e As nas duas propriedades estudadas, ambos acima do limite permitido. Além disso, também apresentaram concentrações de Hg acima do aceitável. Também foram detectados outros elementos, como Mn, Se, e I, que se encontraram abaixo dos limites máximos permitidos.

A presença de Zn nas propriedades “Consórcio” e “Semi-Intensivo” foi, respectivamente, 37,879 mg/Kg \pm 0,59031 e 31,457 mg/Kg \pm 0,513. Houve resultados contraditórios em ambiente de cultivo ^[46,47], e ambiente natural marinho ^[48 - 50], que reportaram valores de Zn entre 4,0 - 28,2 mg/Kg, em concentrações inferiores aos registrados nesta pesquisa. Enquanto em outras pesquisas de ambiente natural marinho ^[51,52], registraram teores superiores, entre 46,2 - 49,39 mg/Kg, na musculatura de outras espécies de peixes. Wong et al. ^[53], ao utilizar dejetos de suínos misturados na ração na alimentação das tilápias, nas proporções de 10% e 40%, encontraram teores de Zn de 151,520 e 196,780 mg/Kg, que foram maiores que os valores observados na propriedade “Consórcio” em nosso estudo, com cultivo semelhante.

O dejetos animal contém altos níveis de alguns elementos traço, especialmente Cu e também o Zn ^[53], sendo que este último é fornecido na dieta de leitões com o intuito de equilibrar o Cu, que é utilizado como estimulante de crescimento. Esse equilíbrio foi explicado no trabalho de Hauschild et al. ^[54], sobre a relação entre zinco e cobre plasmáticos em suínos, demonstrando que o zinco ingerido apresenta efeito negativo no metabolismo do cobre e apresenta relação positiva com o ganho de peso de leitões, o que justifica a inserção de zinco na alimentação animal e também a presença de altos níveis eliminado nos dejetos. A absorção do Zn e Cu é regulada via hepática pela proteína metalotioneína, que mantém a homeostasia desses minerais e apresenta menor afinidade ao Cu, e ingestões elevadas de Zn pode prejudicar o transporte do Cu à corrente sanguínea ^[55]. Isso pode explicar o maior teor de zinco e cobre nos peixes da propriedade “Consórcio”, comparada a “Semi-Intensivo”, devido a utilização de dejetos na adubação dos viveiros.

As concentrações de Fe encontradas neste estudo foram de 34,524 mg/Kg nos peixes da propriedade “Consórcio” e 23,468

mg/Kg no “Semi-Intensivo”. Allinson et al.^[47] observaram valores inferiores entre 1,9 e 8,9 mg/Kg em tilápia do Nilo oriunda de três represas no Sri Lanka. Foram obtidos valores superiores ao nosso estudo, entre 598,17 – 2.255,92 mg/Kg, em animais também expostos à dejetos de suínos^[53]. Brandelero et al.^[56] observaram teores de Fe (média ± desvio padrão) entre $11,888 \pm 0,162$ e $5,397 \pm 0,033$ mg/L, na mesma bacia hidrográfica onde se localizam os rios que alimentam as propriedades deste estudo, em áreas atingidas pela degradação causada por atividade carbonífera, e foi muito acima do limite máximo permitido para água. Em contrapartida, no trabalho anterior, os teores de Zn ($0,239 \pm 0,004$ a $0,128 \pm 0,00062$) e Cu ($0,006 \pm 0,00007$ a $0,004 \pm 0,00002$), medidos em mg/L (média ± desvio padrão), ficaram abaixo do limite máximo permitido.

Em ambiente rico em matéria orgânica, como na propriedade “Consórcio”, foram verificadas maiores concentrações de Fe comparado à propriedade “Semi-Intensivo”, o que pode estar relacionado a algum componente nos dejetos de suínos. Isto foi evidente em estudo anterior^[57], onde houve maior oferta de ferro na alimentação de suínos jovens, pois cerca de 80% do Fe se associa à hemoglobina após o nascimento, e a suplementação oral torna-se alternativa para recompor o teor de ferro orgânico. Tal fato pode justificar a maior presença de Fe nos dejetos suínos, com conseqüente liberação no ambiente e podendo ser absorvido e bioacumulado na musculatura dos peixes, ou nos demais órgãos.

Mesmo não sendo avaliado o teor de elementos traço nas dietas dos peixes, pode ser estimado a presença desses minerais nas rações específicas para peixes por meio de Premix micromineral vitamínico, que são formulações adicionados a rações, fabricados por empresas que mantém oculto os teores exatos utilizados, aparecendo nos rótulos das rações somente como matéria mineral, em torno de 8%. Dos elementos registrados em nosso estudo, Fe, Zn e Cu, todos podem ser encontrados nos teores de 13.820 mg, 17.500 mg e 2.000 mg respectivamente, por Kg de produto premix e constituem uma via de assimilação desses elementos.

A presença de As e Hg na musculatura do peixe é preocupante, já que ambos fazem parte do grupo dos metais considerados altamente tóxicos, e mesmo em baixas concentrações possuem potencial cumulativo nos organismos humanos e animais^[8]. Porém, existem formas químicas que não são intoxicantes, como Hg na forma não orgânica^[58] e As na forma orgânica^[59]. O Hg detectado nas amostras, por estar acima do limite máximo permitido, pode ser problemático se

for o mercúrio na forma orgânica (metilmercúrio), que é extremamente tóxico. Porém, para detecção exata da forma química, necessitaria de testes mais específicos. No entanto, deve ser chamada a atenção por seu potencial cumulativo, mesmo não sendo o mercúrio orgânico.

A formação do metilmercúrio ocorre por metilação bacteriana do Hg, que é aumentada por deficiência de oxigênio dissolvido ^[58]. A disseminação de Hg pode ser causada por atividades de mineração ou erosão do solo contendo mercúrio natural ^[60]. Na bacia do rio Tapajós, estado do Pará, Brasil, mais de 97% do Hg acumulado é de origem natural ^[61]. No presente estudo, o Hg encontrado no ambiente pode ser de origem natural e não por contaminação antrópica. Condições temporais, como deficiência temporal de oxigênio, flutuações nos valores de pH da água ou no conteúdo do carbono orgânico dissolvido também contribuem para aumentar a biodisponibilidade de Hg para os peixes, aumentando a metilação ^[58]. Em relação ao As, ao contrário do mercúrio, suas formas inorgânicas (As⁺³ e As⁺⁵) são mais tóxicas e estão associadas a efeitos carcinogênicos em humanos ^[62]. Registros de As são escassos nos ecossistemas de água doce, pois as pesquisas são direcionadas em ambiente marinho ^[59].

A intensificação da agricultura conduz à utilização de grandes quantidades de fertilizantes e pesticidas contendo metais, resultando em níveis elevados de elementos traço no ambiente ^[63]. Já as atividades pecuárias, onde a suinocultura e bovinocultura de leite são mais comuns, estão nas proximidades dessas propriedades estudadas e podem sugerir uma via de entrada destes elementos nas propriedades estudadas. Estudos mostraram a importância do Rio Braço do Norte, que não é afetado pela mineração, no processo de diluição da Bacia do Rio Tubarão, refletindo em valores menos críticos de qualidade ambiental ^[56], rio este que abastece a propriedade “Consórcio”.

Entre os três grupos de parasitos encontrados, tricodinídeos, Monogenea e *P. pilulare*, observou-se variação nos índices parasitológicos nos peixes mantidos nas duas propriedades estudadas. A abundância e intensidade média de tricodinídeos foram maiores nas tilápias da propriedade “Consórcio”. Estes resultados corroboram os maiores níveis parasitários de tricodinídeos em peixes de sistema consorciado com suínos, comparado aos sistemas pesque-pague e semi intensivo tradicional ^[26]. Tricodinídeos também foram mais prevalentes seguidos de Monogenea, tanto em tilápia do Nilo como em bagre africano (*Clarias gariepinus*) cultivado em fazendas

às margens do Lago Victória, em Uganda ^[20]. Da mesma forma, estudando a fauna parasitária de peixes de três propriedades com sistemas de cultivo distintos, em Nova Trento, Santa Catarina, tricodinídeos foram mais abundantes, seguidos de Monogenea, o que evidencia o caráter oportunista dos protozoários ^[24]. Sua proliferação parece estar associada com a má qualidade de água, número total de bactérias e aspectos ecológicos do hospedeiro ^[16].

Os peixes da propriedade “Consórcio” apresentaram taxas de prevalência, abundância e intensidade média de tricodinídeos maiores, fortemente relacionadas a maior carga de matéria orgânica na água. Corroborando estes resultados, estudos mostraram maiores intensidade e abundância médias nas brânquias de tilápia do Nilo nos sistema consorciado com suínos e em sistema de pesque-pague ^[26]. Nessa mesma linha, concluí-se que os efeitos da poluição orgânica são consideráveis na variação no nível de parasitismo por tricodinídeos ^[64]. Ressaltando essa hipótese, tricodinídeos são indicadores de qualidade da água, desde que associados com altas cargas de matéria orgânica e níveis de eutrofização da água ^[26], corroborando o presente resultado, onde valores elevados de tricodinídeos apresentaram relação com a elevada produtividade primária, causada pela adubação do tanque pelos dejetos suínos.

Por sua vez, os helmintos Monogenea apresentaram dados de abundância e intensidade média superiores nas tilápias da propriedade “Semi-Intensivo”, assim como taxa de prevalência de 100%. A densidade de estocagem se constitui em importante condição para a proliferação destes parasitos ^[20] provavelmente devido a maior área a ser parasitada no microambiente. ^[65] As densidades de estocagem as quais os peixes estavam no presente estudo, foram de 4,11 e 3,66 peixes/m², respectivamente nas propriedades “Semi-Intensivo” e “Consórcio”. Além disso, os peixes da propriedade “Semi-Intensivo” apresentaram dados de comprimento (média ± desvio padrão) maiores, comparado com a propriedade “Consórcio”, respectivamente 25,20 cm ± 2,88 e 18,37 cm ± 6,19. Por possuir maior densidade de peixes, além do maior comprimento, pode ter favorecido a maior disseminação destes helmintos na propriedade “Semi-Intensivo”, justificando maiores taxas de abundância e intensidade média de Monogenea, comparado à propriedade “Consórcio”. De acordo com Ibrahim ^[65] com a alta densidade existe maior área a ser parasitada no microambiente, o que pode explicar os achados deste trabalho.

Este estudo apresentou os primeiros registros sobre elementos traço em tilápia do Nilo cultivada no sul do Brasil. Devido às concentrações dos elementos traços estarem acima do limite máximo regulamentado pela União Europeia e Brasil, sugere-se a realização de novos estudos, com intuito de confirmar estes elementos na região, visando localizar as vias de entrada destes elementos, assim como remediar seu acúmulo nas diferentes propriedades e sistemas de cultivo utilizados. Em relação ao trabalho de Brandelero et al.^[56], vale destacar que a água também pode ser um veículo de contaminação, visto que as brânquias são uma das vias de entrada dos elementos presentes na água, principalmente no entorno de locais com interferência industrial e antropogênica.

Em relação ao parasitismo, informações sobre ocorrência e prevalência de parasitos nas diferentes propriedades favorecem a implementação de medidas de controle e prevenção de doenças^[20]. Os produtores devem ser estimulados a utilizar regularmente diagnóstico em peixes e seguir um plano sanitário adequado^[25]. Apesar dos índices parasitários mostrarem diferenças entre as propriedades quanto aos tricodinídeos e monogeneas, ambas não demonstraram sinais de prejuízo à criação, visto que devido a média de peso dos peixes, nas duas propriedades, está dentro do esperado para um crescimento entre 1 e 8 gramas por dia, durante aproximadamente 100 dias dentro do cultivo. Deve-se considerar que após o ingresso dos alevinos veio a entrada do inverno, em que baixando a temperatura reduz ainda mais o crescimento dos peixes, visto que o desenvolvimento é afetado pelas estações e sazonalidade^[19] e no verão são mais adequadas para o crescimento dos peixes, enquanto que no inverno ocorre o inverso^[66].

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro (CNPq 446072-2014-0), pela bolsa de Produtividade em Pesquisa à M. L. Martins (CNPq 305869-2014-8), bolsa de Pós-Doutorado (CNPq PDJ 506263/2013-4) à G. T. Jerônimo, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de Mestrado à G. C. Nunes; ao Laboratório de Diagnóstico em Aquicultura (LADA) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), município de Tubarão, SC, por oferecer sua estrutura para parte das análises.

REFERÊNCIAS

- [1] Guérin, T.; Chekri, R.; Vastel, C.; Sirot, V.; Volatier, J. L.; Leblanc, J. C.; Noël, L. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chem.* **2011**, *127* (3), 934-942.
- [2] David, O. M.; Falegan, C. R.; Ogunlade, T. J. Levels of heavy and other metals in tilapia species raised in different ponds and resistant pattern of associated *Enterococcus* species. *Adv. Environ. Biol.* **2010**, *4* (1), 47-52.
- [3] Brázová, T.; Torres, J.; Eira, C.; Hanzelová, V.; Miklisová, D.; Salamún, P. Perch and its parasites as heavy metal biomonitors in a freshwater environment: the case study of the Ruzin Water Reservoir, Slovakia. *Sensors (Basel)*. **2012**, *12* (3), 3068-3081.
- [4] Taweel, A.; Shuhaimi-Othman, M.; Ahmad, A. K. Assesment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. **2013**, *93*, 45-51.
- [5] Ling, M. P.; Wu, C. C.; Yang, K. R.; Hsu, H. T. Differential accumulation of trace elements in ventral and dorsal muscle tissues in tilapia and milkfish with different feeding habits from the same cultured fishery pond. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2013**, *89*, 222-230.
- [6] Younis, E. M.; Al-Asghah, N. A.; Abdel-Warith, A. W.; Al-Mutairi, A. A. Seasonal variations in the body composition and bioaccumulation of heavy metals in Nile tilapia collected from drainage canals in Al-Ahsa, Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci.* **2014**, *22* (4), 443-447.
- [7] Guilherme, L. R. G.; Marques, J. J.; Pierangeli, M. A. P.; Zuliani, D. Q.; Campo, M. L.; Marchi, G. Elementos-traço em Solos e Ambientes Aquáticos. *Tópicos Ci Solo* **2005**, *4*, 345-390. 2005.
- [8] OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Elementos traço na nutrição e saúde humana*. Roca:São Paulo, Brasil, 1998, 316p.

- [9] Low, K. H.; Zain, S. M.; Abas, M. R.; Salleh, K. M.; Teo, Y. Y. Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jelebu Region (Malaysia). *Food Chem.* **2015**, *177*, 390-396.
- [10] Baird, C. *Química Ambiental*, 2nd Ed. Bookman:Porto Alegre, Brasil, 2002.
- [11] Kebede, A.; Wondimu, T. Distribution of trace elements in muscle and organs of tilapia, *Oreochromis niloticus*, from lakes Awassa and Ziway, Ethiopia. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* **2004**, *18* (2), 119-130.
- [12] Alquezar, R.; Markich, S. J.; Twining, J. R. Comparative accumulation of ¹⁰⁹Cd and ⁷⁵Se from the water and food by an estuarine fish (*Tetractenos glaber*). *J. Environ. Radioac.* **2008**, *99*, 167-180.
- [13] Lovell, R. T. *Nutrition and feeding of fish*. 2nd Ed; Kluwer Academic Publishers, Norwell: Massachusetts, USA, 1998.
- [14] Watanabe, T.; Kiron, V.; Satoh, S. Trace elements in fish nutrition. *Aquaculture* **1997**, *151*, 185-207.
- [15] Hogstrand, C.; Haux, C. Binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. *Comp. Biochem. Physiol.* **1991**, *100C* (1/2), 137-141.
- [16] Martins, M. L.; Cardoso, L.; Marchiori, N.; Pádua, S. B. Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis. *Braz. J. Vet. Parasitol*, **2015**, *24* (1), 1-20.
- [17] Pavanelli, G. C.; Takemoto, R. M.; Eiras, J. C. Estado da arte dos parasitos de peixes de água doce do Brasil. In *Parasitologia de Peixes de água doce do Brasil*. Eduem:Maringá, Brasil, 2013, 452 p.
- [18] Johansen, L. -H.; Jensen, I.; Mikkelsen, H.; Bjørn, P. -A.; Jansen, P. A.; Bergh, Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture* **2011**, *315*, 167-186.
- [19] Bowden, T. J.; Thompson, K. D.; Morgan, A. L.; Gratacap, R. M. L.; Nikoskelainen, S. Seasonal variation and the immune

- response: A fish perspective. *Fish & Shellfish Immunol.* **2007**, *22*, 695-706.
- [20] Akoll, P.; Konecny, R.; Mwanja, W. W.; Schiemer, F. Risk assessment of parasitic helminths on cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.). *Aquaculture* **2012**, *356-357*, 123-127.
- [21] Vargas, L.; Povh, J. A.; Ribeiro, R. P.; Moreira, H. L. M. Ocorrência de ectoparasitas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de origem tailandesa, de Maringá - Paraná. *Arq. Ci. Vet. Zool. Unipar.* **2000**, *3* (1), 31-37.
- [22] Azevedo, T. M. P.; Martins, M. L.; Bozzo, F. R.; Moraes, F. R. Haematological and gill responses in parasitized tilapia from valley of Tijucas River, SC, Brazil. *Sci. Agric.* **2006**, *63* (2), 115-120.
- [23] Lizama, M. A. P.; Takemoto, R. M.; Ranzani-Paiva, M. J. T.; Ayroza, L. M. S.; Pavanelli, G. C. Relação parasito-hospedeiro em peixes de piscicultura da região de Assis, estado de São Paulo. Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1957). *Acta Sci Biol Sci.* **2007**, *29*, 223-231.
- [24] Martins, M. L.; Azevedo, T. M. P.; Ghiraldelli, L.; Bernardi, N. Can the parasitic fauna on Nile tilapias be affected by different production systems? *An. Acad. Bras. Ci.* **2010**, *82* (2), 493-500.
- [25] Jerônimo, G. T.; Speck, G. M.; Martins, M. L. First report of *Enterogyrus cichlidarum* Paperna 1963 (Monogeneoidea: Ancyrocephalidae) on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. *Neotrop. Helminthol.* **2010**, *4* (1), 75-80.
- [26] Jerônimo, G. T.; Speck, G. M.; Cechinel, M. M.; Gonçalves, E. L. T.; Martins, M. L. Seasonal variation on the ectoparasitic communities of Nile tilapia cultured in three regions in southern Brazil. *Braz. J. Biol.* **2011**, *71* (2), 365-373.
- [27] Pantoja, M. F. W.; Neves, L. R.; Dias, M. R. D.; Marinho, R. G. B.; Montagner, D.; Tavares-Dias, M. Protozoan and metazoan parasites of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. *Rev. MVZ (Med. Vet. y Zootec.)* **2012**, *17* (1), 2812-2819.
- [28] Zago, A. C.; Franceschini, L.; Garcia, F.; Schalch, S. H. C.; Gozi, K. S.; Silva, R. J. Ectoparasites of Nile tilapia (*Oreochromis*

- niloticus*) in cage farming in a hydroelectric reservoir in Brazil. Braz. J. Vet. Parasitol. **2014**, 23 (2), 171-178.
- [29] Ghiraldelli, L.; Martins, M. L.; Adamante, W. B.; Yamashita, M. M. First record of *Trichodina compacta* Van As and Basson, 1989 (Protozoa: Ciliophora) from cultured Nile tilapia in the state of Santa Catarina, Brazil. Int. J. Zool. Res. **2006**, 2 (4), 369-375.
- [30] Valladão, G. M. R.; Pádua, S. B.; Gallani, S. U.; Menezes-Filho, R. N.; Dias-Neto, J.; Martins, M. L.; Ishikawa, M. M.; Pilarski, F. *Paratrichodina africana* (Ciliophora): A pathogenic gill parasite in farmed Nile tilapia. Vet. Parasitol. **2013**, 197, 705-710.
- [31] Martins, M. L.; Moraes, J. R. E.; Andrade, P. M.; Schalch, S. H. C.; Moraes, F. R. *Piscinoodinium pillulare* (Schäperclaus 1954) Lom, 1981 (Dinoflagellida) infection in cultivated freshwater fish from Northeast region of São Paulo State, Brazil. Parasitological and pathological aspects. Braz. J. Biol. **2001**, 61 (4), 639-644.
- [32] Ghiraldelli, L.; Martins, M. L.; Jerônimo, G. T.; Yamashita, M. M.; Adamante, W. B. Ectoparasites Communities from *Oreochromis niloticus* cultivated in the state of Santa Catarina, Brazil. J. Fish. Aquat. Sci. **2006**, 1, 181-190.
- [33] Bush, A. O.; Lafferty, K. D.; Lotz, J. M.; Shostak, W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. J. Parasitol. **1997**, 83, 575-583.
- [34] Klein, B. M. The dry silver method and its proper use. J. Protozool. **1958**, 5, 99-103.
- [35] Lom, J. A contribution to the systematics and morphology of endoparasitic trichodinids from amphibians, with a proposal of uniform specific characteristics. J. Protozool. **1958**, 5, 251-263.
- [36] Van As, J. G., Basson, L. A further contribution to the taxonomy of the Trichodinidae (Ciliophora: Peritrichia) and a review of the taxonomic status of some fish ectoparasitic trichodinids. Syst. Parasitol. **1989**, 14 (3), 157-179.
- [37] Paperna, I.; Thurston, J. P. Monogenetic trematodes collected from cichlid fish in Uganda; including the description of five new species of *Cichlidogyrus*. Rev. Zool. Bot. Afr. **1969**, 79, 1-2.

- [38] Ergens, R.. Nine species of the genus *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea: Ancyrocephalinae) from Egyptian fishes. *Folia Parasitol.* **1981**, 28, 205-214.
- [39] Douëllou, L. Monogeneans of the genus *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) from cichlid fishes of Lake Kariba (Zimbabwe) with descriptions of five new species. *Syst. Parasitol.* **1993**, 25 (3), 159-186.
- [40] Pariselle, A.; Euzet, L. Gill parasites of the genus *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 (Monogenea, Ancyrocephalidae) from *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862), with descriptions of six new species. *Syst. Parasitol.* **1995**, 30 (3), 187-198.
- [41] Ferreira, A. B.; Santos, J. O.; Alves, J. P. H.; Júnior, W. N. S.; Souza, S. O. Use of passive biomonitoring to evaluate the environmental impact of emissions from cement industries in Sergipe State, northeast Brazil. *Microchem. J.* **2012**, 103, 15-20.
- [42] Bona, I. A. T.; Sarkis, J. E. S.; Salvador, V. L. R.; Soares, A. L. R.; Klant, S. C. Archaeometric analysis of tupiguarani pottery from the central region of the Rio Grande do Sul State, Brazil, by energy dispersive x-ray fluorescence (EDXRF). *Energy dispersive X-ray fluorescence methodology (EDXRF).* *Quim. Nova.* **2007**, 30 (4), 785-790.
- [43] ANVISA. *Resolução RDC nº 269, de 22 de Setembro de 2005. Regulamento Técnico Sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais.* Agência Nacional de Vigilância Sanitária: Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 2005; 6p.
- [44] ANVISA. *Resolução RDC nº 42, de 29 de Agosto de 2013. Regulamento Técnico Mercosul Sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos Em Alimentos.* Agência Nacional de Vigilância Sanitária: Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 2013; 3p.
- [45] ANVISA. *Portaria nº 22.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.* Agência Nacional de Vigilância Sanitária: Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 2011; 15p.

- [46] Lin, T. S.; Lin, C. S.; Chang, C. L. Trace elements in cultured tilapia (*Oreochromis mossambicus*): results from a farm in southern Taiwan. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **2005**, *74*, 308-313.
- [47] Allinson, G.; Salzman, S. A.; Turoczy, N.; Nishikawa, M.; Amarasinghe, U. S.; Nirbadha, K. G. S.; De Silva, S. S. Trace metal concentrations in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in three catchments, Sri Lanka. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* **2009**, *82*, 389-394.
- [48] Cheung, K. C.; Leung, H. M.; Wong, M. H. Metal concentrations of common freshwater and marine fish from the Pearl River Delta, South China. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2008**, *54*, 705-715.
- [49] Xie, W. P.; Chen, K. C.; Zhu, X. P.; Nie, X. P.; Zhen, G. M.; Pan, D. B.; Wang, S. B. Evaluation on heavy metal contents in water and fishes collected from the waterway in the Pearl River Delta, South China. *J. Agro-environ. Sci.* **2010**, *29*, 1917-1923.
- [50] Yilmáz, A. B.; Sangün, M. K.; Yaglioglu, D.; Turan, C. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. *Food Chem.* **2010**, *123*, 410-415.
- [51] Irwandi, J.; Farida, O. Mineral and heavy metal contents of marine fin fish in Langkawi Island, Malaysia. *Int. Food Res. J.* **2009**, *16*, 105-112.
- [52] Durali, M.; Ömer, F. Ü.; Mustafa, T.; Mustafa, S. Determination of trace metals in different fish species and sediments from the River Yesilirmak in Tokat, Turkey. *Food. Chem. Toxicol.* **2010**, *48*, 1383-1392.
- [53] Wong, M. H.; Chan, K. M.; Liu, W. K. Trace Metal in concentrations in tilapia fed with pig and chicken manure. *Conserv. & Recycling.* **1984**, *7* (2-4), 351-360.
- [54] Hauschild, L.; Lovatto, P. A.; Carvalho, A. D.; Andretta, I.; Lehnen, C. R. Relação do zinco e cobre plasmáticos com componentes nutricionais e desempenho de leitões: uma meta-análise. *Rev. Bras. Zootec.* **2008**, *37* (3), 427-432.

- [55] Cousins, R.J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. **Physiological Review**, v.65, n.2, p.238-309, 1985.
- [56] Brandelero, S. M.; Miquelluti, D. J.; Campos, M. L.; Dors, P.; Rodrigues, M. D. S.; Moreira, R. A atividade carbonífera e a contaminação de água superficial por elementos-traço. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 8 p., 2013.
- [57] Cocato, M. L.; Trindade Neto, M. A.; Berto, D. A.; Ré, M. I.; Colli, C. Biodisponibilidade de ferro em diferentes compostos para leitões desmamados aos 21 dias de idade. *Rev. Bras. Zootec.* **2008**, 37 (12), 2129-2135.
- [58] Dusek, L. ; Svobodova, Z.; Janouskova, D.; Vykusova, B.; Jarkovsky, J.; Smid, R.; Pavlis, P. Bioaccumulation of mercury in muscle tissue of fishin the Elbe River (CzechRepublic): multispecies monitoring study 1991–1996. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2005**, 61, 256–267.
- [59] Culioli, J. L.; Calendini, S.; Mori, C.; Orsini, A. Arsenic accumulation in a freshwater fish living in a contaminated river of Corsica, France. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2009**, 72, 1440–1445.
- [60] Roulet, M.; Lucotte, M. Geochemistry of mercury in pristine and flooded Ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air, and Soil Pollution*, **1995**, 80, 1079-1088.
- [61] Da Silva, D. S.; Lucotte, M.; Paquet, S.; Brux, G.; Lemire, M. Inverse mercury and selenium concentration patterns between herbivorous and piscivorous fish in the Tapajos River, Brazilian Amazon. *Ecotoxicol. Environm. Safety*. **2013**, 97, 17-25.
- [62] Kar, S.; Maity, J. P.; Jean, J. S.; Liu, C. C.; Liu, C. W.; Bundschuh, J.; Lu, H. Y. Health risks for human intake of aquacultural fish: Arsenic bioaccumulation and contamination. *Journal of Environm. Sci. and Health, Part A*. **2011**, 46 (11), 1266-1273.
- [63] Qiu, Y. W.; Lin, D.; Liu, J. Q.; Zeng, E. Y. Bioaccumulation of trace metals in farmed fish from South China and potential risk assessment. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. **2011**, 74, 284–293.

- [64] Ogut, H.; Palm, H. W. Seasonal dynamics of *Trichodina* spp. on whiting (*Merlangius merlangus*) in relation to organic pollution on the eastern Black Sea coast of Turkey. *Parasitol. Res.* **2005**, *96*, 149-153.
- [65] Ibrahim, M. M. Variation in parasite infracommunities of *Tilapia zillii* in relation to some biotic and abiotic factors. *Int. J. Zool. Res.* **2012**, *8* (2), 59-70.
- [66] Nasr-Allah, A.M.; Dickson, M.W.; Al-Kenawy, D.A.R.; Ahmed, M.F.M.; El-Naggar, G.O. Technical characteristics and economic performance of commercial tilapia hatcheries applying different management systems in Egypt. *Aquaculture*, **2014**, *426-427*, 222-230.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABDULJALEEL, S. A.; SHUHAIMI-OTHMAN, M. Metals concentrations in eggs of domestic avian and estimation of health risk from eggs consumption. **J. Biol. Sci.**, v. 11, n. 7, p. 448-453, 2011.

AKOLL, P.; KONECNY, R.; MWANJA, W. W.; NATTABI, J. K.; AGOE, C.; SCHIEMER, F. Parasite fauna of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*) in Uganda. **Parasitol. Res.**, v. 110, p. 315-323, 2012a.

AKOLL, P.; KONECNY, R.; MWANJA, W. W.; SCHIEMER, F. Risk assessment of parasitic helminths on cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.). **Aquaculture**, v. 356-357, p. 123-127, 2012b.

ALQUEZAR, R.; MARKICH, S. J.; TWINING, J. R. Comparative accumulation of ¹⁰⁹Cd and ⁷⁵Se from the water and food by an estuarine fish (*Tetractenos glaber*). **J. Environm. Radioac.**, v. 99, p. 167-180, 2008.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), **Resolução RDC nº 269, de 22 de Setembro de 2005**. Regulamento Técnico Sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. 2005.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), **Resolução RDC nº 42, de 29 de Agosto de 2013**. Regulamento Técnico Mercosul Sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos Em Alimentos. 2013.

ATTA, M. B.; EL-SEBAIE, L. A.; NOAMAN, M. A.; KASSAB, H. E. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). **Food Chem.**, v. 58, n. 1-2, p. 1-4, 1997.

AZEVEDO, T. M. P.; MARTINS, M. L.; BOZZO, F. R.; MORAES, F. R. Haematological and gill responses in parasitized tilapia from valley of Tijucas River, SC, Brazil. **Sci. Agric.**, v. 63, n. 2, p. 115-120, 2006.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2º ed. Porto Alegre: Bookman; 2002.

BOWDEN, T. J.; THOMPSON, K. D.; MORGAN, A. L.; GRATACAP, R. M. L.; NIKOSKELAINEN, S. Seasonal variation and the immune

response: A fish perspective. **Fish & Shellfish Immunol.**, v. 22, p. 695-706, 2007.

BRÁZOVÁ, T.; TORRES, J.; EIRA, C.; HANZELOVÁ, V.; MIKLISOVÁ, D.; SALAMÚN, P. Perch and its parasites as heavy metal biomonitors in a freshwater environment: the case study of the Ruzin Water Reservoir, Slovakia. **Sensors (Basel)**, v.12, ed. 3, p. 3068-3081. 2012.

CALDERON, R. L. The Epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water. **Food Chem. Toxicol.**, v. 38, p.13-20, 2000.

COPAT, C.; VICENTI, M.; D'AGATI, M. G.; ARENA, G.; MAUCERI, V.; GRASSO, A.; FALLICO, R.; SCIACCA, S.; FERRANTE, M. Mercury and selenium intake by seafood from the Ionian Sea: A risk evaluation. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 100, p 87-92, 2014.

DAVID, O. M.; FALEGAN, C. R.; OGUNLADE, T. J. Levels of heavy and other metals in tilapia species raised in different ponds and resistant pattern of associated *Enterococcus* species. **Adv. Environm. Biol.**, v. 4, n.1, p. 47-52, 2010.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). Texto: Desempenho da piscicultura catarinense de água doce. In: SILVEIRA, F.S.; SILVA, F.M.; GRAEFF, A. (Org.). **Desempenho da Pesca e da Aquicultura: 2014**. Florianópolis: EPAGRI, 2014.

ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; MÓDENES, A. N.; PALÁCIO, S. M.; SZYMANSKI, N.; WELTER, R. A.; RIZZUTTO, M. A.; BORBA, C. E.; KROUMOV, A. D. Evaluation of trace element levels in muscles, liver and gonad of fish species from São Francisco River of the Paraná Brazilian state by using SR-TXRF technique. **Appl. Rad. Isotopes**, v. 68, p. 2202–2207, 2010.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência; 2ª ed, p.298-299, 1998.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). Yearbook 2012. **Fishery and Aquaculture Statistics**: Aquaculture production, 2014.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. Criação de tilápias. In: **Criação de peixes**. São Paulo (SP), Nobel, 3 ed., p. 74-85, 1986.

GHIRALDELLI, L.; MARTINS, M. L.; ADAMANTE, W. B.; YAMASHITA, M. M. First record of *Trichodina compacta* Van As and Basson, 1989 (Protozoa: Ciliophora) from cultured Nile tilapia in the state of Santa Catarina, Brazil. **Int. J. Zool. Res.**, v. 2, n. 4, p. 369-375, 2006.

GUÉRIN, T.; CHEKRI, R.; CHRISTELLE VASTEL, C.; SIROT, V.; VOLATIER, J. L.; LEBLANC, J. C.; NOËL, L. Determination of the 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. **Food Chem.**, v.127, n. 3, p. 934-942, 2011.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPO, M. L. & MARCHI, G. Elementos-traço em Solos e Ambientes Aquáticos. **Tópicos Ci Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

HOGSTRAND, C.; HAUX, C. Binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 100C, n. 1/2, p. 137-141, 1991.

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

JERÔNIMO, G. T.; SPECK, G. M.; CECHINEL, M. M.; GONÇALVES, E. L. T.; MARTINS, M. L. Seasonal variation on the ectoparasitic communities of Nile tilapia cultured in three regions in southern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 71, n. 2, p. 365-73, 2011.

JOHANSEN, L.-H.; JENSEN, I.; MIKKELSEN, H.; BJØRN, P.-A.; JANSEN, P. A.; BERGH, Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. **Aquaculture**, v. 315, p. 167-186, 2011.

KALANTZI, I.; SHIMMIELD, T. M.; PERGANTIS, S. A.; PAPAGEORGIOU, N.; BLACK, K. D.; KARAKASSIS, I. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean fish farms. **Sci. Total Environ.**, v. 444, p. 128-137, 2013.

KEBEDE, A.; WONDIMU, T. Distribution of trace elements in muscle and organs of tilapia, *Oreochromis niloticus*, from lakes Awassa and Ziway, Ethiopia. **Bull. Chem. Soc. Ethiop.**, v. 18, n. 2, p. 119-130, 2004.

LACERDA, L. D.; PFEIFFER, W. C.; SILVEIRA, E. G.; BASTOS, W. R. & SOUZA, C. M. M. **Contaminação por mercúrio na Amazônia: Análise preliminar do Rio Madeira, RO.** In: Anais do I Congresso Brasileiro de Geoquímica; 2:295-299. 1987.

LING, M. P.; WU, C. C.; YANG, K. R.; HSU, H. T. Differential accumulation of trace elements in ventral and dorsal muscle tissues in tilapia and milkfish with different feeding habits from the same cultured fishery pond. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 89, p. 222–230, 2013.

LIZAMA, M. A. P.; TAKEMOTO, R. M.; RANZANI-PAIVA, M. J. T.; AYROZA, L. M. S.; PAVANELLI, G. C. Relação parasito-hospedeiro em peixes de piscicultura da região de Assis, estado de São Paulo. Brasil. 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1957). **Acta Sci Biol Sci**, v. 29, p. 223-231, 2007.

LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding of fish.** Ed. 2, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA, 1998.

LOW, K. H.; ZAIN, S. M.; ABAS, M. R.; SALLEH, K. M.; TEO, Y. Y. Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jelebu Region (Malaysia). **Food Chem.**, v. 177, p. 390-396, 2015.

MANCINI, M.; LARRIESTRA, A.; SANCHEZ, J. Estudio ictiopatólogico em poblaciones silvestres de la región centro-sur de la provincia de Córdoba – Argentina. **Rev. Med. Vet.**, v. 81, n. 2, p. 104-108, 2000.

MARTINS, M. L.; ROMERO, N. G. Efectos del parasitismo sobre el tejido branquial em peces cultivados: estudio parasitológico e histopatológico. **Rev. Bras. Zool.**, v. 13, n. 2, p. 489-500, 1996.

MARTINS, M. L.; AZEVEDO, T. M. P.; GHIRALDELLI, L.; BERNARDI, N. Can the parasitic fauna on Nile tilapias be affected by different production systems? **An. Acad. Bras. Ci.**, v. 82, n. 2, p. 493-500, 2010.

MARTINS, M. L.; CARDOSO, L.; MARCHIORI, N.; PÁDUA, S. B. Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis. **Braz. J. Vet. Parasitol.**, v. 24, n. 1, p. 1-20, 2015.

MARTINS, M. L.; MORAES, J. R. E.; ANDRADE, P. M.; SCHALCH, S. H. C.; MORAES, F. R. *Piscinoodinium pillulare* (Schäperclaus 1954) Lom, 1981 (Dinoflagellida) infection in cultivated

freshwater fish from Northeast region of São Paulo State, Brazil. Parasitological and pathological aspects. **Braz. J. Biol.**, v. 61, n. 4, p. 639-644, 2001.

MARTINS, M. L.; ONAKA, E. M.; MORAES, F. R.; BOZZO, F. R.; PAIVA, A. M. F. C.; GONÇALVES, A. Recent studies on parasitic infections of freshwater cultivated fish in the state of São Paulo, Brazil. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v. 24, n. 4, p. 981-985, 2002.

MORAES, F. R.; MARTINS, M. L. Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva. In: CYRYNO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo (SP): TecArt, p. 343-383, 2004.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Elementos traço na nutrição e saúde humana**. São Paulo: Roca. 1998.

PÁDUA, S. B.; MARTINS, M. L.; VARANDAS, D. N.; DIAS NETO, J.; ISHIKAWA, M. M.; PILARSKI, F. Tricodinídeos: quem são e o que eles podem causar nos peixes. **Panorama da Aquicultura**, v. 121, Ed. 127, p. 22-29, 2011.

PALM, H. W.; DOBBERSTEIN, R. C. Occurrence of trichodinid ciliates (Peritricha: Urceolariidae) in the Kiel Fjord, Baltic Sea, and its possible use as a biological indicator. **Parasitol. Res.**, v. 85, p. 726-732, 1999.

PANTOJA, M. F. W.; NEVES, L. R.; DIAS, M. R. D.; MARINHO, R. G. B.; MONTAGNER, D.; TAVARES-DIAS, M. Protozoan and metazoan parasites of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in Brazil. **Rev. MVZ (Med. Vet. y Zootec.)**, v. 17, n. 1, p. 2812-2819, 2012.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, C. J.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá (PR): Eduem, 305 p., 2008.

PINTAEVA, E. T.; BAZARSADUEVA, S. V.; RADNAEVA L. D.; PETROV, E. A.; SMIRNOVA, O. G. Content and character of metal accumulation in fish of the Kichera River (a Tributary of Lake Baikal). **Contemp. Prob. Ecol.**, v. 4, n. 1, p. 64-68, 2011.

QIU, Y. W.; LIN, D.; LIU, J. Q.; ZENG, E. Y. Bioaccumulation of trace metals in farmed fish from South China and potential risk assessment. **Ecotoxicol. Environm. Saf.**, v. 74, p. 284–293, 2011.

RASHED, M. N. Cadmium and lead levels in fish (*Tilapia nilotica*) tissues as biological indicator for lake water pollution. **Environ. Monit. Assess.**, v. 68, p. 75–89, 2001.

ŘEHULKOVÁ, E.; MENDLOVÁ, M.; ŠIMKOVÁ, A. Two new species of *Cichlidogyrus* (Monogenea: Dactylogyridae) parasitizing the gills of African cichlid fishes (Perciformes) from Senegal: morphometric and molecular characterization. **Parasitol. Res.**, v. 112, p. 1399-1410, 2013.

SANCHEZ-RAMIREZ, C.; VIDAL-MARTINEZ, V. M.; AGUIRRE-MACEDO, M. L.; RODRIGUEZ-CANUL, R. P.; GOLD-BOUCHOT, G.; SURES, B. *Cichlidogyrus sclerosus* (Monogenea: Ancyrocephalinae) and its host, the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), as bioindicators of chemical pollution. **J. Parasitol.**, v. 93, n. 5, p. 1097-1106, 2007.

SCHALCH, S. H. C.; BELO, M. A. A.; SOARES, V. E.; MORAES, J. R. E.; MORAES, F. R. Eficácia do diflubenzuron no controle de *Dolops carvalhoi* (Crustacea: Branchiura) em jovens pacus *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) naturalmente infectados. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v. 27, n. 2, p. 297-302, 2005.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. Metals in the hydrocycle, Springer, Heidelberg (Germany), p. 337, 1984.

TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. A. P.; GHIDELLI, G. M.; PAVANELLI, G. C. Parasitos de peixes de águas continentais. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. A. P.

Sanidade de organismos aquáticos. São Paulo (SP): Varela, p. 179-197, 2004.

TAWHEEL, A.; SHUHAIMI-OTHMAN, M.; AHMAD, A. K. Assesment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v. 93, p. 45-51, 2013.

VALLADÃO, G. M. R.; PÁDUA, S. B.; GALLANI, S. U.; MENEZES-FILHO, R. N.; DIAS-NETO, J.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M.; PILARSKI, F. Paratrichodina africana (Ciliophora): A pathogenic gill parasite in farmed Nile tilapia. **Vet. Parasitol.**, v. 197, p. 705-710, 2013.

VARGAS, L.; POVH, J. A.; RIBEIRO, R. P.; MOREIRA, H. L. M. Ocorrência de ectoparasitas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de origem tailandesa, de Maringá - Paraná. **Arq. Ci. Vet. Zool. Unipar**, v. 3, n.1, p. 31-37, 2000.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace elements in fish nutrition. *Aquaculture*, v. 151, p. 185-207, 1997.

YOUNIS, E. M.; AL-ASGAH, N. A.; ABDEL-WARITH, A. W.; AL-MUTAIRI, A. A. Seasonal variations in the body composition and bioaccumulation of heavy metals in Nile tilapia collected from drainage canals in Al-Ahsa, Saudi Arabia. **Saudi J. Biol. Sci.**, v. 22, n. 4, p. 443-447, 2014.

YUAN, C., SHI J. B., HE B., LIU J. F., LIANG L. N. & JIANG G. B. Speciation of Heavy Metals in Marine Sediments from the East China Sea by ICP-MS with Sequential Extraction. **Environ. Int.**, v. 30, p 769-783, 2004.

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

ZANIBONI-FILHO, E. Piscicultura das espécies exóticas de água doce. In: POLI, C. R.; POLI A. T. B.; ANDREATTA, E. R.; BELTRAME, E.

Aquicultura: Experiências brasileiras. Florianópolis (SC): Multitarefa, p. 309-336, 2004.

ZHENG, N., WANG, Q., LIANG, Z. & ZHENG, D. Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. **Environ. Pollut.**; 154: 135-142. 2008.