



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
DOUTORADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

TÍTULO DA TESE

**“PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS EM ESPÉCIES ALVO
DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO TELES PIRES”**

LILIANE STEDILE DE MATOS

CUIABÁ – MT

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE BIOCIENTÍCIAS
CURSO DE DOUTORADO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

**“PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS EM ESPÉCIES ALVO
DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO TELES PIRES”**

LILIANE STEDILE DE MATOS

**Tese apresentada ao Curso de
Pós-Graduação, do Instituto de
Biociências, para obtenção do
título de Doutor em Ecologia e
Conservação da Biodiversidade.**

CUIABÁ – MT

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S812p Stedile de Matos, Liliane.

“PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS EM ESPÉCIES ALVO DA
ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO TELES PIRES” / Liliane
Stedile de Matos. -- 2018

143 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Lucélia Nobre Carvalho.

Co-orientadora: Daniele Kasper.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação da Biodiversidade, Cuiabá 2018.

Inclui bibliografia.

1. Bioacumulação. 2. characiformes. 3. consumo de peixes. 4.
bacia do Tapajós. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

ORIENTADOR(A):

Prof Dra LUCÉLIA NOBRE CARVALHO

CO-ORIENTADOR(A):

Dra DANIELE KASPER

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos
Universidade Federal de Rondônia
Examinador Externo

Profa. Dra. Roselene Schneider
Universidade Federal de Mato Grosso
Examinadora Interna

Profa. Dra. Domingos de Jesus Rodrigues
Universidade do Estado de Mato Grosso
Examinador Externo

Prof. Dr. Paulo César Venere

Universidade Federal de Mato Grosso
Examinador Interno

Profa. Dra. Gislene Torrente Vilara
Universidade Federal de São Paulo
Examinadora Externa

Prof. Dr. Roberto de Moraes Lima Silveira

Universidade Federal de Mato Grosso
Examinador Suplente

Profa. Dra. Paula Sueli Moreira
Universidade Federal de Mato Grosso
Examinador Suplente

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese aos meus pais, Osvaldo Henrique de Matos e Adélia Stédile de Matos, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus e toda minha família, em especial a meu pai Osvaldo Henrique de Matos, minha mãe Adélia Stédile de Matos, meu filho Henrique Artur de Matos e Mendonça, e meu namorado Leonardo Lopes de Mendonça, sem vocês nada disso seria possível.

A minha orientadora, Dra Lucélia Nobre Carvalho por sempre apontar os possíveis caminhos e deixar que eu trilhasse cada um deles, oportunizando meu amadurecimento e aprendizado em todas as fases deste trabalho. E a minha co-orientadora Dra Daniele Kasper, peça fundamental neste trabalho.

Durante os quatro anos do doutorado recebi ajuda de muitas pessoas e vou tentar lembrar de todos...

Aos professores Dr Ricardo Tortorella pela imensa contribuição nas análises de laboratório e interpretação dos dados; as professoras Dra Lucia Matheus e Dra Sidinéia Amadio pela correções e sugestões nos manuscritos, e a todos professores do PPGECB que contribuíram para minha formação.

A Cooperativa de Garimpeiros do Vale do Peixoto-COOGAVEPE pelo apoio nas coletas. A Sra. Julita Burko Dulepa, presidente da Colônia de Pescadores Z-16, ao Marcos Beckmann e à todos pescadores, que constantemente forneceram dados que contribuíram para este trabalho. Ao Ângelo Bonifácio e Luciana Mattos, pelo auxílio no laboratório.

Ao melhor companheiro de laboratório de todos os tempos, João Otávio Santos Silva, pelo grande auxílio nas coletas, biometrias, análises de mercúrio, aplicação de questionário, e pela presença nos momentos tensos e de descontração.

Aos colegas da turma 2014 do PPGECB, em especial à amigona Eliana Paixão pelo “ombro amigo” em todos os momentos e principalmente pelo acolhimento durante as incontáveis estadias em Cuiabá.

Aos laboratórios LIPEQ e ABAM pelo espaço físico e equipamentos utilizados durante as biometrias e análises de mercúrio.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de doutorado. Ao CNPq edital Universal MCTI/CNPq 14/2014 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT edital 005/2012, pelo apoio financeiro.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização desse trabalho.

Muito obrigada à tod@s!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO	14
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO GERAL	16
1º CAPÍTULO "Length-weight relationship and condition factor of matrinxã, <i>Brycon falcatus</i> (Characidae, Müller & Troschel, 1844) in the Teles Pires River, Southern Amazon"	25
2º CAPÍTULO " Percepção dos Pescadores Profissionais Artesanais sobre o declínio na captura do peixe matrinxã no rio Teles Pires, município de Sinop/MT"	37
3º CAPÍTULO "Assessment of mercury contamination in <i>Brycon falcatus</i> (Characiformes: Bryconidae) and human health risk by consumption of this fish from the Teles Pires River, Southern Amazonia"	54
4º CAPÍTULO "Mercúrio em diferentes tecidos de peixes carnívoros e detritívoros na Amazônia Meridional"	79
CONCLUSÃO GERAL	113
ANEXO 1 - Questionário dos pescadores profissionais artesanais	115
ANEXO 2 - Normas da revista "Boletim do Instituto de Pesca"	117
ANEXO 3 - Normas da revista "Journal of fish biology"	123
ANEXO 4 - Artigo de divulgação científica "Consumo de fast-food por peixes: um estudo de caso do uso da ceva no matrinxã (<i>Brycon falcatus</i>, Müller & Troschel, 1844) em afluentes da bacia do rio Tapajós"	136

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 (Capítulo 1) Fig.1. Relationship between the weight and standard length of <i>Brycon falcatus</i> collected from rivers in the Teles Pires basin during the 2012 and 2013 dry and wet seasons.	30
Figura 1 (Capítulo 2) Fig.1. Causas da queda na captura do matrinxã segundo os pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 que atuam no Rio Teles Pires, município de Sinop/MT.	42
Figura 2 (Capítulo 2) Fig.2. Ano em que houve maior queda na captura do matrinxã conforme os pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 que atuam no do Rio Teles Pires, no município de Sinop/MT.	42
Figura 3 (Capítulo 2) Fig.3. Recomendações dos pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 para aumentar a população de matrinxãs no Rio Teles Pires, município de Sinop/MT.	43
Figura 4 (Capítulo 2) Fig.4. Esquema atualizado da linha do tempo de construção e enchimento do reservatório das UHEs na bacia do Rio Teles Pires (EPE, 2009).	46
Figura 1 (Capítulo 3) Fig. 1. a. Brazil, with the state of Mato Grosso marked as stripes. b. The state of Mato Grosso with the Teles Pires River shown in bold. b. Matrinxã (<i>Brycon falcatus</i>) sample collection sites (black circles), accompanied by pictographs of the main human activities found at each site. The black arrow indicates the flow direction of rivers. The specimens were collected from November 2014 to October 2016.	58
Figura 2 (Capítulo 3) Fig. 2. Relationship between weight and standard length of <i>Brycon falcatus</i> collected from rivers of the Teles Pires river basin from November 2014 to October 2016.	63
Figura 1 (Capítulo 4) Fig. 1. A. Mapa do Brasil. B. Mapa do estado de Mato Grosso destacando a bacia do Rio Teles Pires. C. Área de estudo indicando os dois locais de coleta (círculos pretos), Rio Teles Pires ($11^{\circ}44'59,2''$ S e $55^{\circ}42'25,1''$ O) e Rio Peixoto ($10^{\circ}12'55,1''$ S e $54^{\circ}57'41,1''$ O).	84

Figura 2 Fig. 2. Concentração média de HgT no fígado (a) e no músculo (b) das espécies de peixe coletadas na estação seca de 2015 e 2016 na bacia do Rio Teles Pires, Estado de Mato Grosso. Letras diferentes dentro do mesmo gráfico significam que há diferença estatística entre as espécies (Kruskal-Wallis, $p<0,05$). Tracejado em negrito representa o limite de $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ de HgT para consumo humano conforme legislação (WHO, 2008).

92

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 (Capítulo 1) Table 1. Range of standard length, weight, estimated parameters of length-weight relationship and condition factor of <i>Brycon falcatus</i> collected from rivers with attractant in the Teles Pires basin (Celeste, Teles Pires, Tapaiuna and Verde) during the dry and wet seasons, and from the control river (Cristalino) during the dry season.	29
Tabela 1 (Capítulo 3) Table 1. Mean and range of total length (CT), standard length (CP) and weight (g) of <i>Brycon falcatus</i> specimens collected from rivers in the Teles Pires river basin collected from November 2014 to October 2016.	62
Tabela 2 (Capítulo 3) Table 2. THg concentration (mean \pm standard deviation, in mg kg $^{-1}$ wet weight) in tissues of <i>Brycon falcatus</i> collected from the Teles Pires river basin and the recommended limit of THg in fish for human consumption (WHO, 2008). Same letter indicates no statistical difference, while different letters indicate statistical difference ($p=5.96e^{-10}$, Kruskal-Wallis, level of 5% probability). The specimens were collected from November 2014 to October 2016.	62
Tabela 3 (Capítulo 3) Table 3. Range of average daily intake (MDI) and risk index of adverse health effects (RI) calculated based on four different rates of fish consumption (typical consumers, regular consumers, consumers in the state of Mato Grosso and indigenous and riverine frequent consumers; consumption rates described in Material and Methods). RfD = oral reference dose (0.0001 mg kg day) based on WHO (2008). The MDI and RI were calculated based on total mercury concentration observed in <i>Brycon falcatus</i> muscle tissue collected from the Teles Pires river basin (0.009 to 0.180 mg kg $^{-1}$ wet weight). The specimens were collected from November 2014 to October 2016.	64
Tabela 1 (Capítulo 4) Tabela 1. Médias e valores mínimo-máximo do comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), peso (g), e número total de espécimes (N) de peixes coletados de Agosto 2015 a Maio 2016, na bacia do Rio Teles Pires, Amazônia Brasileira.	89
Tabela 2 (Capítulo 4) Tabela 2. Concentrações de HgT (média \pm desvio padrão, em mg.kg $^{-1}$ peso úmido) e relação entre o peso (P) e o comprimento padrão (CP) de peixes coletados de Agosto 2015 a Maio 2016, na bacia do Rio Teles Pires, Amazônia Brasileira. Diferenças entre tecidos da mesma espécie/local: Letras iguais dentro da mesma linha (a,b,c) indicam que não houve diferença estatística, enquanto que letras diferentes indicam diferença estatística (Kruskal-Wallis, nível de significância de 5%).	90

Tabela 3	Tabela 3. Fator de condição (K) médio, índice Hepatossomático (HSI) médio, valores de r e p da correlação de Spearman (nível de significância de 5%) entre a concentração de mercúrio total (HgT) no músculo e o K e entre HgT no fígado e o HSI, e valores de p e r^2 da regressão linear múltipla de peso e comprimento padrão e HgT no músculo de peixes coletados de Agosto 2015 a Maio 2016, na bacia do Rio Teles Pires, Amazônia Brasileira.	90
Tabela 4	Tabela 4. Dados de HgT ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) no músculo de peixes detritívoros e carnívoros da Bacia Amazônica brasileira.	95

Resumo: A integridade ambiental da bacia do Rio Teles Pires e seus recursos pesqueiros está ameaçada devido as atividades econômicas da região, como o garimpo, agropecuária, agricultura, pesca predatória e, recentemente, a implantação de usinas hidrelétricas. A presente tese, visando analisar perturbações antrópicas em espécies alvo da ictiofauna do Rio Teles Pires, é composta por quatro capítulos. No primeiro capítulo, verifica-se se a oferta de soja *in natura* em cevas estaria influenciando na relação peso-comprimento e no fator de condição do peixe *Brycon falcatus*. Conclui-se que, até o momento, a oferta de soja *in natura* em cevas não interferiu no bem-estar de *B. falcatus* coletados na bacia desse Rio. No segundo capítulo, com entrevistas busca-se investigar entre os pescadores profissionais artesanais se houve um declínio na captura do peixe matrinxã e quais as principais causas disso. Conclui-se que as entrevistas com os pescadores que atuam no rio Teles Pires no município de Sinop nos proporcionou observar as percepções deles diante da problemática da queda do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. No terceiro capítulo, analisa-se a concentração de mercúrio total (HgT) no músculo, brânquias e fígado de *B. falcatus* investigando se há bioacumulação e restrições para consumo. Conclui-se que as concentrações de HgT no músculo de *B. falcatus* estão abaixo do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde para pessoas que consomem até 250 g de peixe por semana, risco de efeitos deletérios para a saúde humana podem existir se houver um maior consumo de *B. falcatus*. No quarto capítulo, avaliam-se os níveis e bioacumulação de HgT no músculo, fígado, rins e brânquias de peixes detritívoros e carnívoros (*Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus tatauaia*, *Cichla mirianae* e *Prochilodus nigricans*) em rios da bacia do Teles Pires. Conclui-se que as concentrações de HgT não interferiram no bem estar e sanidade dos organismos avaliados, pois os valores do fator de condição e do índice hepatossomático não foram relacionados ao HgT do músculo.

Palavras-chave: Bioacumulação, characiformes, consumo de peixe, bacia do Tapajós.

Abstract: The environmental integrity of the Teles Pires River basin and its fishing resources is threatened due to the region's economic activities, such as mining, cattle raising, agriculture, predatory fishing and, recently, the implementation of hydroelectric plants. The present thesis, aimed at analyzing anthropic disturbances in the target species of the ichthyofauna of the Teles Pires River, is composed of four chapters. In the first chapter, it is verified whether the supply of fresh soybean in barley would be influencing the weight-length relationship and the condition factor of the *Brycon falcatus* fish. It is concluded that, to date, the supply of fresh soybeans in grains did not interfere with the well-being of *B. falcatus* collected in this river basin. In the second chapter, interviews are aimed at investigating artisanal professional fishermen if there was a decline in the catch of matrinxã fish and what are the main causes of this. It is concluded that the interviews with fishermen working on the Teles Pires river in the municipality of Sinop allowed us to observe their perceptions regarding the problem of the fall in the fish stock of the matrinxã fish. In the third chapter, the concentration of total mercury (THg) in the muscle, gills and liver of *B. falcatus* is investigated for bioaccumulation and restrictions for consumption. It is concluded that the concentrations of THg in the *B. falcatus* muscle are below the limit recommended by the World Health Organization for people consuming up to 250 g of fish per week, risk of deleterious effects on human health may exist if there is a greater consumption of *B. falcatus*. In the fourth chapter, levels and bioaccumulation of THg in the muscle, liver, kidneys and gills of detritus and carnivorous fish (*Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus tatauaia*, *Cichla mirianae* and *Prochilodus nigricans*) in rivers of the Teles Pires basin are evaluated. It was concluded that the concentrations of THg did not interfere in the well being and sanity of the evaluated organisms, since the values of the condition factor and the hepatosomatic index were not related to the THg of the muscle.

Key-words: Bioaccumulation, characiformes, consumption of fish, Tapajós basin.

INTRODUÇÃO GERAL

A integridade ambiental da bacia do Rio Teles Pires e seus recursos pesqueiros está ameaçada devido às atividades econômicas da região, como o garimpo, agropecuária, agricultura, pesca predatória e, recentemente, a implantação de usinas hidrelétricas. Atualmente, na bacia desse Rio, uma das técnicas mais utilizadas pelos pescadores para captura de peixes é a oferta de alimentos para atrair os peixes, sobretudo, os onívoros, sendo essa prática popularmente conhecida como cevas. Nas cevas, são ofertadas grandes quantidades de soja (*Glycine max*) *in natura* ininterruptamente (Matos & Carvalho, 2015; Matos *et al.*, 2015; Matos *et al.*, 2016), o que pode afetar negativamente o comportamento e fisiologia dos peixes (Francis *et al.*, 2001). *Brycon falcatus* (Müller & Troschel, 1844) é uma espécie migradora, conhecida como matrinxã, pertencente à subfamília Bryconinae, e ocorre nas bacias hidrográficas das Guianas, Suriname, Amazonas, Orinoco e Araguaia-Tocantins. O *B. falcatus*, assim como outras espécies de *Brycon*, possui a coloração da carne laranja-avermelhada devido à deposição de pigmentos carotenoides provenientes de alimento natural (camarões, caranguejos), dando assim um agradável aspecto e, provavelmente, um melhor valor de mercado (Santamaria & Antunes, 1999). Investigando a influência das cevas de soja na dieta do peixe onívoro *Brycon falcatus* na bacia do Rio Teles Pires, Matos *et al.* (2016) encontraram que a dieta está baseada cerca de 90% em grãos de soja, comprometendo, assim, o balanço nutricional. A prática da utilização da soja *in natura* como atrativo para a captura de peixes pode estar alterando o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos, diminuindo a digestibilidade ou metabolismo, tornando-os suscetíveis a parasitos e prejudicando o crescimento e, em pisciculturas, compromete o desempenho produtivo (Makkar & Becker, 1997). Devido à oferta de soja em cevas, a coloração padrão do músculo de *B. falcatus* está sendo alterada e apresenta grande deposição de gordura (Matos *et al.*, 2015; Matos *et al.*, 2017). Mesmo assim, o *B. falcatus* ainda é um dos peixes mais consumidos na região, e tem grande importância comercial na pesca esportiva e profissional artesanal. Diante da alteração do balanço nutricional da dieta do peixe *B. falcatus* baseada em soja e possíveis efeitos deletérios ao crescimento, resolvi investigar se o bem-estar e sanidade de *B. falcatus* estariam alterados. Nessa investigação, utilizei como ferramenta a relação comprimento-peso e o fator de condição de exemplares de *B. falcatus* coletados em locais com e sem oferta de soja em cevas.

Com a relação do comprimento-peso, é possível estimar o peso médio de um indivíduo a partir de seu tamanho (comprimento padrão ou total) (Merella *et al.*, 1997), o que facilita estimativas de produção de pesca (Koutrakis & Tsikliras 2002; Giarrizzo *et al.*, 2011). Além da estimativa do peso, com a relação comprimento-peso, também pode-se extrair o fator de condição da população (K), que é um indicador do grau de bem-estar da espécie (Le Cren, 1951). O grau de bem-estar de uma espécie pode diferir entre regiões, sugerindo dietas alteradas (Oscoz *et al.*, 2005, Gomiero e Braga, 2006), o que permite análises comparativas entre duas ou mais populações sob diferentes condições de alimentação (Lizama & Ambrosio, 2002).

A pesca profissional, quando praticada de forma artesanal, opera dentro dos limites impostos pelo ambiente, tanto devido ao baixo esforço, quanto à heterogeneidade e incertezas do ambiente (Begossi, 1992). Entretanto, na bacia do Teles Pires, com o uso de cevas fixas, os peixes se condicionam a uma zona de conforto, e se tornam presas fáceis. As Colônias de pescadores são organizações que tem o poder de chamar a atenção de pesquisadores e de órgãos governamentais tanto em virtude dos crimes ambientais que presenciam, como do seu conhecimento da ictiofauna. Em comunicação pessoal com a Colônia Z-16 de Pescadores do Município de Sinop e Região - Copesnop, a partir de dados das declarações de pesca individual-DPI emitidas pelos pescadores da bacia do Rio Teles Pires, pude perceber que é notória a diminuição na captura de *B. falcatus* desde meados de 2013. Na bacia desse Rio, atualmente, está ocorrendo a implantação de quatro Usinas Hidrelétricas (UHE), sendo que três destas UHEs já estão em operação (www.epe.gov.br). Os pescadores profissionais artesanais sugerem que a instalação das usinas hidrelétricas seja uma das causas da queda na captura do peixe matrinxã. A maioria dos estudos sobre os impactos ambientais decorrentes da construção de UHEs dedica-se aos efeitos que se verificam após o barramento do Rio. Entretanto, durante a construção, existe um enorme fluxo de máquinas, equipamentos e pessoas, iluminação e explosões que afetam os recursos naturais (Magalhães *et al.*, 2016).

Além do problema das cevas, quedas no estoque pesqueiro e implantação de UHEs, o Rio Teles Pires é uma importante área de exploração de ouro. Na década de 70, com o início da colonização da região norte de Mato Grosso, houve intensa atividade de exploração madeireira, desmatamento, queimadas e erosão (Cordeiro *et al.*, 2002). Concomitantemente, a intensa atividade garimpeira sofreu declínio após a década de 90 devido ao esgotamento de depósitos de ouro de fácil acesso (Lobo *et al.*, 2016). As atividades madeireira e garimpeira foram substituídas pela agricultura intensiva e

agropecuária (Cordeiro *et al.*, 2002). Devido a esse histórico de ações antropogênicas, na bacia do Rio Teles Pires também tem sido investigada sobre níveis de metais em peixes (e.g.; Dórea *et al.*, 2005; Farias, 2007; Perez, 2008; Castilhos *et al.*, 2011; Matos *et al.*, 2016).

O mercúrio é um dos metais traço encontrado em insumos agrícolas utilizados de forma maciça na agricultura durante o ano todo (Wuana & Okieimen, 2011; Opaluwa *et al.*, 2012; Anim-Gyampo *et al.*, 2013). Entre os vários poluentes, o mercúrio representa um importante elemento de interesse para estudos, devido ao seu forte impacto sobre a bioacumulação em organismos vivos, e persistência de toxicidade (Tem-Schon *et al.*, 2006; De *et al.*, 2010). Existem órgãos importantes para determinar a bioacumulação de mercúrio em peixes, como o fígado, pois desempenha funções vitais no metabolismo sendo o órgão de maior acumulação, biotransformação e excreção de contaminantes nos peixes (Figueiredo-Fernandes *et al.*, 2006). As brânquias proporcionam uma grande área de superfície para contato com os contaminantes na água (El-Serafy *et al.*, 2009). E a análise do músculo do peixe ajuda a determinar a transferência direta de mercúrio para os seres humanos por meio do consumo de peixe. O risco de intoxicação por mercúrio, devido ao consumo de peixes contaminados, tem resultado em alertas em todo o mundo. Informações sobre níveis de contaminação de mercúrio em peixes é essencial na avaliação de implicações para a saúde humana devido ao consumo de peixes (Copat *et al.*, 2012). Na bacia do Teles Pires, o peixe matrinxã é um dos mais consumidos. Porém, para verificar os processos de bioacumulação e biomagnificação, o matrinxã não é um bom modelo devido ao seu hábito alimentar onívoro. O acúmulo de metais em peixes pode ser diferente entre espécies de peixes que vivem no mesmo corpo hídrico, tais diferenças podem estar relacionadas ao ciclo de vida e hábitos alimentares da espécie. Organismos de topo da cadeia alimentar geralmente apresentam maiores concentrações de metais do que aquelas de níveis tróficos inferiores mesmo habitando o mesmo sistema aquático (Campbell, 1994, Kidwell *et al.*, 1995; Voigt, 2004; Terra *et al.*, 2008). O sedimento dos sistemas aquáticos acumula uma grande carga de metais principalmente adsorvidos às partículas mais finas, como o silte e a argila. Os peixes detritívoros, ao se alimentarem nos sedimentos, podem acumular grandes concentrações de metais, algumas vezes até maiores do que carnívoros, que estão expostos ao metais especialmente pelo consumo de insetos e outros peixes (Yi *et al.*, 2011; Weber *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015). Segundo dados do monitoramento da ictiofauna da UHE-Sinop, os peixes carnívoros mais abundantes no Rio Teles Pires são conhecidos como “cachorras” e “tucunaré” e

detrítivoro o “curimba” (Carvalho, L.N., comunicação pessoal). Englobando as coletas de 2014 à 2017, com o uso de malhadeiras, linha/anzol e espinhel, os resultados foram: *Prochilodus nigricans* ($n=177$), *Hydrolycus tatauaia* ($n=308$), *H. armatus* ($n=172$), e *Cichla mirianae* ($n=42$), compreendem as espécies mais abundantes em termos numéricos (Carvalho, L.N., comunicação pessoal). Os peixes-cachorra, na bacia do Rio Teles Pires, são as espécies *Hydrolycus armatus* (Jardine & Schomburgk, 1841) e *Hydrolycus tatauaia* (Toledo-Piza, Menezes & Santos, 1999) pertencentes à família Cynodontidae, realizam migrações reprodutivas e possuem hábito alimentar carnívoro (Goulding, 1980). Nas coletas de tucunarés, o mais abundante foi *Cichla mirianae* (Kullander & Ferreira, 2006), que pertence à família Cichlidae, sedentário com hábito alimentar piscívoros (Gomiero & Braga, 2004). O curimba foi a espécie *Prochilodus nigricans* (Agassiz, 1829) pertencente à família Prochilodontidae realiza migrações reprodutivas e possui hábito alimentar detritívoro (Yossa & Araújo-Lima, 1998; Goulding, 1981).

Dante do exposto, a presente tese foi organizada em quatro capítulos:

No primeiro capítulo, verifiquei se a oferta de soja *in natura* nas cevas estaria influenciando na relação peso-comprimento e no fator de condição do peixe *Brycon falcatus*. Além disso, também estimei a relação comprimento padrão e comprimento total, tamanho de primeira maturação e período de desova de *B. falcatus* na bacia do Rio Teles Pires. Os peixes foram coletados em rios com cevas e rios sem cevas (tratamento controle). Os resultados não mostraram diferença significativa na relação comprimento-peso e fator de condição de *B. falcatus* coletado de rios com e sem cevas de soja. Concluí que, até o momento, a oferta de soja *in natura* em cevas não interferiu no bem-estar de *B. falcatus* coletados na bacia desse Rio.

No segundo capítulo, diante do fato de que estudos preliminares (comunicação pessoal) indicaram um decréscimo na captura de *B. falcatus* nessa bacia, busquei investigar entre os pescadores profissionais artesanais se houve um declínio na captura do peixe matrinxã e, se houve, quais foram suas causas. Foram feitas entrevistas com questionário semi-estruturado de setembro a novembro de 2017 com 51 pescadores profissionais artesanais que atuam no Rio Teles Pires próximo ao município de Sinop/MT. Dentre os entrevistados, 94% responderam que estão encontrando dificuldades em capturar o matrinxã e que isso ocorre desde 2013. Com os dados das capturas de aproximadamente 10 anos atrás e capturas atuais de matrinxã, obteve-se o percentual médio de 82% de queda na captura. Segundo a percepção dos pescadores, o

declínio na captura de matrinxãs se deve à construção de UHEs, à pesca predatória e ao uso de agrotóxicos em áreas próximas ao Rio Teles Pires. Concluímos que as entrevistas com os pescadores profissionais artesanais que atuam no rio Teles Pires no município de Sinop nos proporcionou observar as percepções deles diante da problemática da queda do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. Nossa estudo sugeriu que havia um declínio na captura do peixes matrinxã, e segundo os relatos dos pescadores, nossa hipótese foi confirmada. O conhecimento ecológico local dos pescadores apresentados neste estudo juntamente com uma pesquisa científica do estoque pesqueiro do peixe matrinxã no rio Teles Pires podem contribuir para elaboração de manejo pesqueiro e políticas públicas para proteção dos recursos pesqueiros desta bacia.

No terceiro capítulo, analisei a concentração de mercúrio total (HgT) no músculo, brânquias e fígado de *B. falcatus* investigando se há bioacumulação. Também verifiquei se a contaminação por HgT estava interferindo no bem-estar dos peixes coletados. Para isso, analisei a relação peso & comprimento e a correlação entre as concentrações de HgT no tecido muscular e o fator de condição dos peixes. Por fim, para verificar o risco para a saúde humana associado ao consumo de HgT no músculo do peixe *B. falcatus*, foi calculado o índice de risco (IR). Os níveis de HgT, presentes nos tecidos de *B. falcatus*, não influenciaram no incremento de peso e estado nutricional. Concluí que as concentrações de HgT, no músculo de *B. falcatus*, estão abaixo do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde para pessoas que consomem até 250 g de peixe por semana. O risco de efeitos deletérios para a saúde humana pode existir se houver um maior consumo de *B. falcatus*, como 340 g/dia, que é a média do consumo de peixe por indígenas e ribeirinhos, devido à alta exposição ao mercúrio pelo consumo frequente de peixe.

No quarto capítulo, avaliei os níveis e bioacumulação de HgT no músculo, fígado, rins e brânquias de peixes detritívoros e carnívoros (*Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus tatauaia*, *Cichla miriana* e *Prochilodus nigricans*) durante a estação seca de 2015 e 2016 em rios da bacia do Teles Pires para avaliar se os níveis de HgT estavam afetando o bem-estar dos peixes analisados, a relação peso e comprimento, fator de condição (K) e índice Hepatossomático (IHS). Concluí que as concentrações de HgT, avaliadas no presente estudo, não interferiram no bem estar e sanidade dos organismos. Mesmo que todas as espécies estudadas apresentaram níveis de HgT dentro do limite estabelecido pela legislação internacional para o consumo de até 270 g/mês, o peixe

detrítívoro *P. nigricans* apresentou os menores níveis de HgT no músculo, sendo o mais indicado para consumo.

REFERÊNCIAS

- Araújo-Lima, C.A.R.M. & Ruffino, M.L. (2003). Migratory fishes of the brazilian Amazon. Pp.233-310 In: J. Carosfeld, B. Harvey, C. Ross & A. Baer (eds). Migratory fishes of South América: biology, fisheries and conservation status. World Fisheries Trust/The World Bank/International Development Research Centre, Ottawa, 372 pp.
- Begossi, A. (1992). Fishing actives and strategies at Bugios Island (Brazil). In: Meyer, R.M.; Zhang, C.; Windsor, M.L.; McCay, B.J.; Hushak, L.J.; Muth, R.M. (Ed.) Fisheries resource utilization and policy. Athens, Greace, 125-141p.
- Campbell, K.R. (1994). Concentrations of heavy metals associated with urban runoff in fish living in storm water treatment ponds, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 27:352–356.
- Castilhos, Z. et al. (2011). Caracterização das águas superficiais e teores de mercúrio em sedimentos e em peixes. In: Buckup, P. A.; Castilhos, Z. C. (Eds.). Ecorregião aquática Xingu-Tapajós. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 248 p.
- Copat, C., Bella, F., Castaing, M., Fallico, R., Sciacca, S. & Ferrante. M. (2012). Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 88: 78–83.
- Cordeiro, R.C., Turcq, B., Ribeiro, M.G., Lacerda, L.D., Capitaneo, J., Oliveira da Silva, A., Sifeddine, A. &, Turcq, P.M. (2002). Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). The Science of the Total Environment. 293: 247–56.
- EPE – Empresa de pesquisa energética. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires. (2009). Disponível <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topicos-292/AI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topicos-292/AI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo[1].pdf)>acesso em 31/01/2018.

- Farias, R. A. (2007). A piscicultura como possível fator de mitigação aos riscos de contaminação mercurial através do consumo de peixes na região da Amazônia Norte Matogrossense. Tese Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Estadual de São Paulo-UNESP, Campus de Jaboticabal. 80p.
- Figueiredo-fernandes, A., Fontainhas-fernandes, A., Monteiro, R., Reis-henriques, M.A. & Rocha, E. (2006). Effects of the fungicide mancozeb on liver structure of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*: Assessment and quantification of induced cytological changes using qualitative histopathology and the stereological point-sampled intercept method. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 76: 249-55.
- Francis, G., Makkar, H. P. S. & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish: review. Aquaculture, 199, 197-227.
- Giarrizzo, T.; Bastos, D. & Andrade, M. (2011). Length-weight relationships for selected fish species of Rio Trombetas Biological Reserve: a reference study for the Amazonian basin. J. Appl. Ichthyol. 27, 1422–1424.
- Gomiero, L. M. & Braga, F. M. S. (2004). Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande- MG/ SP. Acta Sci. Biol. Sci. Maringá, 25: 79-86.
- Gomiero, L.M. & Braga, F. M. S. (2006). Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. Acta Sci. Biol. Sci. Maringá, v. 28, n. 2, p. 135-141, April/June.
- Goulding, M. (1980). The fishes and the forest. Explorations in amazonian natural history. University of California Press, Berkeley, 280 p.
- Goulding, M. (1981). Man and fisheries on an Amazon frontier. In: H.J. Dumont (ed.). Developments in Hydrobiology, vol. 4. The Hague: W. Junk Publishers. 137 p.
- Kidwell, J.M., Phillips, L.J., & Birchard, G.F. (1995). Comparative analyses of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the national contaminant biomonitoring program data, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54:919–923.
- Koutrakis, E.T. & Tsikliras, A.C. (2002). Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece). J. Appl. Ichthyol. 19, 258–260.

- Kullander, S.O. & Ferreira, E.J.G. (2006). A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, Vol. 17, No. 4, pp. 289-398.
- Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol.* 20: 201–19.
- Lizama, M.A.P. & Ambrósio, A.M. (2002). Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná River floodplain. *Rev. Bras. Biol.* 62(1):113-124.
- Lobo, F.L., Costa, M., Novo, E.M.L.M. & Telmer, K. (2016). Distribution of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the Past 40 Years and Relationship with Water Siltation. *Remote Sensing*. 8: 579-601.
- Magalhães, S.B., Silva, Y.Y.P. & Vidal, C.L. (2016). Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte. *Desenvolvimento e Meio Ambiente, Edição Especial Nexo Água e Energia*, 37: 111-134.
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal Agriculture Science, Cambridge*, 128, 311-322.
- Matos, L.S., Silva, J.O.S., Andrade, P.S.M. & Carvalho, L.N. (2016a). Diet of Characin, *Brycon falcatus* (Müller and Troschel, 1844) in the Amazon Basin: A case study on attractant for fish in the Teles Pires River. *Journal of Applied Ichthyology*. 32: 1080–1085.
- Matos, L.S., Silva, D.R., Silva, J.O.S., Andrade, R.L.T. & Carvalho, L.N. (2016b). Heavy metal bioaccumulation of the characiform *Brycon falcatus* Muller & Troschel, 1844 in the Teles Pires basin, Southern Amazon. *Acta Scientiarum. Biological Science*. 38 (2): 131-38.
- Matos, L.S. & Carvalho, L.N. (2015). Consumo de fast-food por peixes: um estudo de caso do uso da ceva no matrinxã (*Brycon falcatus*, Müller & Troschel, 1844) em afluentes da bacia do rio Tapajós. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 116, 42-45.

- Matos, L.S., Silva, J.O.S., Tesk, A. & Carvalho, L.N. (2015). Impacto da ceva no sabor e coloração de filés do peixe matrinxã selvagem na Bacia Amazônica. Revista Colombiana de Ciência Animal 2015; 7(2):148-153.
- Merella, P., Quetglas, A., Alemany, F. & Carbonell, A. (1997). Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). Naga, ICLARM Q. 20, 66–68.
- Oscoz, J., Campos, F. & Escala, M.C. (2005). Weight-length relationships of some fish species of the Iberian Peninsula. Journal of Applied Ichthyology, 21:73-74.
- Perez, T.D. (2008). Avaliação da contaminação de *Hoplias malabaricus* (traíra) como bioindicadora de saúde ambiental em pisciculturas em áreas de garimpo. Estudo de caso do município de Paranaíta-MT. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública. 54p.
- Santamaria, F.M. & Antunes, S.A. (1998/1999). Coloração e rendimento do filé de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849), (Pisces, Characidae) silvestre e criada em cativeiro. Boletim do Instituto de Pesca, 25: 27-30.
- Terra, B.F., Araújo, F.G., Calza, C.F., Lopes, R.T. & Teixeira, T. P. (2008). Heavy Metal in Tissues of Three Fish Species from Different Trophic Levels in a Tropical Brazilian River. Water Air Soil Pollut. 187, 275-284.
- Toledo-Filho, A.S., Godoy, M.P. & Santos, E.P. (1987). Curva de migração do curimbatá, *Prochilodus scrofa* (Pisces, Prochilodontidae) na Bacia Superior do rio Paraná, Brasil. Ver. Brasil. Biol., 46(2):447-52.
- Voigt, H. R. (2004). Concentrations of mercury (Hg) and cadmium (Cd), and the condition of some coastal Baltic fishes, Environmentalica Fennica 21: 26 pp.
- Weber, P., Behr, E R., Knorr, C.L., Vendruscolo, D.S., Flores, E.M.M., Dressler, V.L. & Baldisserotto, B. (2013). Metals in the water, sediment, and tissues of two fish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. Microchemical Journal. 106, 61–66.
- Yi, Y. & Zang, S. (2012). Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze river. Environmental Science and Pollution Research, 19: 3989-3996.
- Yossa, M.I. & Araujo-Lima, C.A.R.M. (1998). Detritivory in two Amazonian fish species. Journal of Fish Biology (1998) 52, 1141–1153.

1º Capítulo:

Length-weight relationship and condition factor of matrinxã, *Brycon falcatus* (Characidae, Müller & Troschel, 1844) in the Teles Pires River, Southern Amazon

Artigo publicado na revista Journal of Applied Ichthyology DOI: 10.1111/jai.13576

Liliane Stedile de Matos^{1,2}, Denise Caragnato Parisotto², Lucélia Nobre Carvalho^{1,2,3}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade- PPGEBCB, Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT, Campus Cuiabá, 78060-900. Cuiabá, MT, Brasil.

E-mail: lilstedile@hotmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais-PPGCAM, UFMT, Campus Sinop, 78557-267.

Sinop, MT, Brasil. E-mail: dcparisotto@gmail.com

³Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais-ICNHS, UFMT, Campus Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil. E-mail: carvalholn@yahoo.com.br

Summary

The aim of this study was to verify if the *in situ* supply of soybean as a fish attractant has some influence on the length-weight relationship and condition factor of the omnivorous fish species *Brycon falcatus*. In addition, we estimate the length-weight relationship, standard and total length, condition factor, size at spawning capable phase and *B. falcatus* spawning period in the Teles Pires river basin. In the experimental design we mapped rivers of the Teles Pires basin containing soybean attractant (Verde River, Celeste River, Teles Pires River and the Tapaiuna River). Fish were also collected from the Cristalino River, which did not contain soybean attractant (treatment control). Samples were collected from August 2012 to July 2013. The length-weight relationship of *B. falcatus* in the Teles Pires river basin can be obtained by the expression: $Wt=0.0091*SL^{3.376}$, $r^2=0.97$, $n=102$, and length-length relationship: $TL=1.128*SL+3.978$, $r^2=0.96$. The condition factor of all specimens collected in the Teles Pires basin was $k=1.055$. Size at spawning capable phase (L_{50}) was estimated at 23 cm standard length. Our results showed no significant difference in the length-weight relationship and condition factor of *B. falcatus* collected from rivers with and without soybean attractant. We conclude that the *in situ* supply of soybean as a fish attractant does not interfere with the wellbeing of *B. Falcatus* in the Teles Pires river basin.

Introduction

In the Amazon basin's river systems of the Brazilian mid-west, one technique commonly used by fishermen to capture fish, particularly omnivorous species, is the use of food attractants. This practice is known regionally as "cevas" (attractive to fish) (Matos et al., 2016). The attractants are offered *in situ* as large amounts of soybean (*Glycine max*) and provided continuously (Matos and Carvalho, 2015; Matos et al., 2016), which may adversely affect fish behaviour and physiology (Francis et al., 2001). Matos et al. (2016) found that specimens of *Brycon falcatus* captured in regions where attractants were used showed a diet composed of 83% soybean, while the diet of fish caught in locations where there were no attractants was composed of fruits, seeds, fish, crustaceans, flowers, leaves and insects. *Brycon falcatus* (Müller and Troschel, 1844) is an omnivorous (Albrecht et al., 2009) and migratory species commonly known as matrinxã, and belongs to the Bryconinae subfamily. It occurs in the Guyana, Suriname, Amazon, Orinoco and Araguaia-Tocantins river basins (Lima, 2017). In the middle of the Teles Pires River, matrinxã is one of the species most commonly consumed by humans, and is highly important to the commercial extractive and sport fishing industries. One way to investigate any influence on the growth of *B. Falcatus* caused by the consumption of soybean is to analyse the length-weight relationship and condition factor.

By using the length-weight relationship it is possible to estimate the average weight of an individual from its size (standard length or total) (Merella et al., 1997), and this has facilitated fishing production estimates (Koutrakis and Tsikliras 2002; Giarrizzo et al., 2011). In addition to weight estimation, the length-weight relationship also allows measurement of the population's condition factor (K), which is an indicator of the species' degree of wellbeing (Le Cren (1951). A species' degree of wellbeing may differ between regions, suggesting altered diets (Oscoz et al., 2005; Gomiero and Braga, 2006), which allows a comparative analyses between two or more populations under different feeding conditions (Lizama and Ambrosio, 2002).

As soybean is used as an attractant for capturing fish in the Teles Pires river basin, the objective of this study was to estimate the length-weight relationship and condition factor of *B. Falcatus* caught in rivers where attractants are used compared to *B. falcatus* caught in rivers where attractants are not used. *Brycon falcatus* is a migratory species locally threatened (personal observation of catch rate decline) due to the dam walls of three hydroelectric power plants located downstream of the study area. Despite its wide

distribution and importance to fishing industries, little of its reproductive biology is known. In consideration of this, we performed a literature review and presented data from this study on size at spawning capable phase (parameter used in fisheries management). In addition, we estimated the length-weight relationship, standard and total length and condition factor of *B. falcatus* in the Teles Pires river basin. A literature review was performed to complement *B. falcatus* reproductive biology data. Considering that length-weight relationship and condition factor (K) allows for a comparison of the same species located in different regions with different dietary conditions, our hypothesis was that *B. falcatus* collected at locations where attractants are used would present positive allometric growth ($b > 3.0$ and $k > 1$), while *B. falcatus* collected at locations where attractants are not used would present negative allometric growth ($b < 3.0$ and $k < 1$).

Materials and methods

The Teles Pires River is one of the main tributaries of the Tapajós River, located in the Amazon basin. It is a clear water river, with many previous and current economic activities surrounding the basin such as logging, gold mining, livestock and agriculture (mainly soybean and corn), which has led to a large commitment of water resources (Barthem and Goulding, 1997). In the experimental design, we mapped the following rivers of the Teles Pires basin containing soybean attractant: Verde River ($11^{\circ}4'1,99''S$ and $55^{\circ}34'17.00''W$), Celeste River ($12^{\circ}24'56.00''S$ and $55^{\circ}31'28.00''W$), Teles Pires River ($11^{\circ}34'48.00''S$ and $55^{\circ}39'5.00''W$) and the Tapaiuna River ($10^{\circ}41'29.28''S$ and $55^{\circ}56'51.11''W$). Fish were also collected from the Cristalino River ($9^{\circ}32'47.00''S$ and $55^{\circ}47'38.00''W$), which did not contain soybean attractant, and was the control treatment. This river is located within the Cristalino State Park conservation area.

Samples were collected monthly from August 2012 to July 2013. Rivers subject to the use of attractant were sampled during the dry season (May to October) and the wet season (November to April), while the river not subject to the use of attractant (control) was sampled during the dry season. Various capture techniques were used, including gillnets (mesh size 12 cm between knots), 60-meter longline with 30 No. 7 hooks, ‘anzol de galho’ (hooks tied to a branch with a longline), and a fishing rod with artificial bait. After capture, fish were anaesthetised with Eugenol® (Vidal et al., 2008) then packed in ice and plastic bags. Specimens were taken to the Southern Amazon Biological Collection laboratory (Acervo Biológico Amazônia Meridional – ABAM), at the Federal University of Mato Grosso (Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT), where biometric data

standard length (SL), total weight (WT), sex and gonadal development was examined. *B. Falcatus* voucher specimens were deposited at the University of Campinas Museum (Museu da Universidade de Campinas–Unicamp) (lot ZUEC 9190).

For each specimen, the standard length (SL, cm) and total weight (Wt, g) were plotted in a scatter plot prior to regression analyses to identify and exclude possible outliers represented by minor errors during laboratory procedures. The LWR was calculated for *B. falcatus* using power regression $Wt = aSL^b$ (Haimovici & Velasco, 2000a, 2000b), where a = intercept, b = slope, Wt = total weight and SL = standard length. The degree of association between Wt and SL was measured through the coefficient of determination (r^2). Relative condition factor was estimated by the equation $K_{rel} = Wt / aSL^b$ (Le cren, 1951), where Wt = weight (g); SL = standard length (cm); b = slope and a = intercept of regression between weight and standard length. The condition factor and length-weight relationship of *B. falcatus* were analysed by grouping fish collected from rivers with attractant separately to those collected from the river without attractant. For length-length relationship (LLRs) of all specimens collected from the Teles Pires river basin, non-linear regression was performed and the coefficients "a", "b" and determination " r^2 " (R Core Team, 2016) were obtained.

The literature review was made through the "Web of Science" and "Portal Periódicos Capes" sites using the keyword search: *Brycon falcatus* and reproductive biology, covering the period 1970-2016. Only two articles with data on size at spawning capable phase and length-length relationship (Camargo et al., 2015; Giarizzo et al., 2015) were found. The size at spawning capable phase (L50) was estimated by calculating the proportion of sexually mature female individuals for medium length classes. Specimens presenting immature gonads were classified as juvenile, and classified as adults when presenting any development in the gonads. Fish were separated by sex and grouped into 4 cm length classes (intervals). Relative frequency values were represented by total length classes (Vazzoler, 1996).

Results

A total of 102 *Brycon falcatus* specimens were collected, with the ranges for standard length, weight and the estimated parameters of length-weight relationship shown in Table 1.

Table 1. Range of standard length, weight, estimated parameters of length-weight relationship and condition factor of *Brycon falcatus* collected from rivers with attractant in the Teles Pires basin (Celeste, Teles Pires, Tapaiuna and Verde) during the dry and wet seasons, and from the control river (Cristalino) during the dry season.

Rivers	N	Standart length range (cm)	Weight range (g)	A	95% CL a	b	95% CL b	r^2	K
With attractants Dry season	42	19.00 - 48.50	210 – 4400	0.0113	0.0042 – 0.0287	3.323	3.071 - 3.583	0.963	1.007
With attractants Wet season	20	24.00 - 44.50	460 – 3400	0.0071	0.0032 – 0.0153	3.448	3.233 - 3.667	0.984	1.000
No attractants Dry season	40	15.00 - 43.50	180 – 3010	0.0099	0.0037 – 0.0255	3.344	3.088 - 3.611	0.978	1.128
TelesPires basin (all data)	102	15.00 – 48.50	180 - 4400	0.0091	0.0052 – 0.0157	3.376	3.227 – 3.527	0.971	1.055

N=sample size, a=intercept; b=slope; CL=confidence limit; r^2 =coefficient of determination.

Regression analysis for weight and length were significant ($p < 0.001$) with an r^2 value of 0.963 for fish collected from rivers with soybean attractant during the dry season, 0.984 for fish collected during the wet season, and 0.978 for fish collected from the control river during the dry season (Tab.1, Fig.1). The b coefficient ranged between 3.323 and 3.448 (Tab.1). The condition factor of fish collected from rivers with soybean attractant (K) ranged from 0.999 during the wet season, 1.128 for fish collected from the control river during the dry season, and 1.055 for all specimens collected from the Teles Pires basin. The length-length relationship (LLRs) of all specimens collected from the Teles Pires River basin was significant ($p < 0.001$), $r^2 = 0.960$ and $b = 3.978$ ($TL = 1.128 * SL + 3.978$). The size at spawning capable phase (L50) was estimated at 23 cm standard length for females ($n = 84$), and undetermined for males due to low capture.

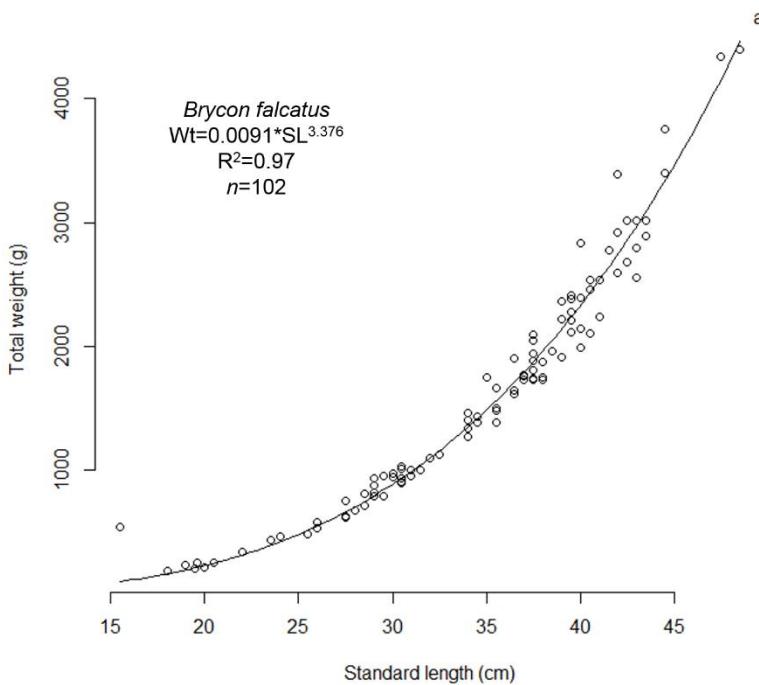


Fig.1. Relationship between the weight and standard length of *Brycon falcatus* collected from rivers in the Teles Pires basin during the 2012 and 2013 dry and wet seasons.

Discussion

The b values found in this study were within the range of 2.5 to 3.5 as described for many species of fish by Froese (2006). Length-weight relationship showed positive allometric growth, with b values greater than 3.0. This indicates that the increase in weight was higher than length of fish collected from the Teles Pires river basin, regardless of whether they were collected from sites where attractant was used or not. This positive allometric pattern was also described for wild *B. falcatus* (Giarrizzo et al., 2011), cultivated *Brycon amazonicus* (Arias et al, 2006), wild *Brycon siebenthalae* (Arias, 1995) and wild *Brycon cephalus* (Zaniboni-Filho, 1985). However, negative allometric growth was described for wild *Brycon amazonicus* (Ayala, 2013), wild *Brycon hilarii* (Garcia, 2006) and wild *Brycon opalinus* (Gomiero and Braga, 2006), which is expected for species with an elongated body shape (Correa and Freitas, 2013). There was no significant difference in the length-weight relationship between *B. falcatus* collected from the control or rivers with attractant.

The *B. Falcatus* specimens collected from rivers with soybean attractant showed little variation in condition factor. The condition factor reflects fish wellbeing (Abowei, 2010), and allows for a comparison between two populations that have different feeding

conditions (Ighwela et al., 2011). Thus, a condition factor (K) with values close to or greater than 1 usually indicates well-nourished, healthy fish, while K values below 0.8 indicate under weight, and perhaps malnourished fish (Cizidziel et al., 2002). Arias et al. (2006) described a condition factor with an annual variation of 0.85 to 1.10 for adult *Brycon amazonicus*. Goulding (1980) and Zaniboni-Filho (1985) found that in wild species of *Brycon*, declining condition factor coincided with lower food availability. Gomiero and Braga (2003) pointed out that for a neotropical cichlid variation in the condition factor was mainly due to changes in feeding activity. During the wet season, available fish food is mainly of allochthonous origin, provided by surrounding vegetation and is accessible and plentiful (Goulding, 1980). However, in the present study during the dry season the availability of allochthonous food decreased, and soybean attractant within the Teles Pires River become one of the most abundant resources. Soybean contains several antinutritional factors (Francis et al., 2001). The term ‘antinutritional’ describes a substance which has the ability to alter the availability of nutrients contained within food, rendering nutrients or portions thereof unavailable, resulting in the reduction of digestibility or metabolism, and/or can react antagonistically by altering the physiology of fish (Makkar and Becker, 1997). In a fattening experiment using *Colossoma macropomum*, Rezende et al (2010) described weight loss for the group while supplying soybean *in situ* for food. Our hypothesis was not confirmed, as both fish collected from rivers with and without soybean attractant showed values of $b > 3$ and $K > 1$. In this context, the supply of soybean as an attractant in rivers of the Teles Pires basin did not appear to interfere with *B. falcatus* condition factor during the period of this study.

Length-length relationships are applied to fish stock assessments and are also important in fisheries management for comparative growth studies (Moutopoulos and Stergiou, 2002). In our study, length-length relationship of *B. falcatus* presented the coefficient $b = 3.978$ and $a = 1.278$ in the Teles Pires river basin. For *B. falcatus* of the Xingu basin the coefficient $b = 1.15$ and $a = 0.679$ was found (Giarizzo et al., 2015). Variations in length-length relationship of the same species from different locations can be explained by the local variation in ecology or physiology of animals (Le Cren, 1951; Hossain et al., 2012).

Regarding the reproductive biology of *B. falcatus*, the literature is scarce. There is a small amount of information describing it as a migratory fish where females become spawning capable at the beginning of the wet season. There is not yet any detailed data on the reproductive biology of *B. falcatus* (Araujo-Lima et al. 2003; Lima, 2003) with only

B. orbygnianus and *B. amazonicus* described as performing large reproductive migration (Godoy, 1975; Goulding, 1980). Spawning capable *B. falcatus* females were collected from the Guaporé River (Mato Grosso, Brazil), at the beginning of the wet season between October and December (Rubio et al., 2012). In this study we present the size at spawning capable phase of 23 cm (SL) and 29.2 cm (TL) for *B. falcatus* from the Teles Pires river basin. For *B. falcatus* from the Xingu River basin the size at spawning capable phase was described as being 28.3 cm (SL) (Camargo et al., 2015).

We conclude that the *in situ* supply of soybean in rivers as an attractant to capture fish does not interfere with the wellbeing of *B. falcatus* in the Teles Pires river basin. However, with the downstream construction of a hydroelectric plant and it's associated barriers currently underway, the availability of allochthonous resources will change and a new evaluation on the effects of post-construction feed supplement (soybean and corn) will need to be carried out.

Acknowledgements

We would like to thank the following: A. Tesk, D. Rocha, T. I. S. dos Santos, J. Otávio Santos Silva and J. T. Takeuchi for their assistance in the laboratory analyses. M. Beckmann for his help with collection efforts. F. Cabeceira for coordinating and participating sample collection at Cristalino River. Dr Gilmar Baungartner, Dra Lúcia Mateus, Dra Sidinéia Amadio and anonymous reviewer who provided extensive feedback that significantly improved this manuscript. Research was conducted with support from the Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Sinop / MT and Pró-reitoria de Pesquisa – Propeq/UFMT edital PAP 01/2013 and the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso-FAPEMAT 005/2012. Permission to collect specimens was given by ICMBio. LSM received financial support from the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES.

References

- Abowei, J.F.N., 2010: The condition factor, Length-Weight Relationship and Abundance of *Elopssenegalensis* (Regan, 1909) from Nkoro River, Niger Delta, Nigeria. Advance J Food sci Tech, 2(1):16-21.
- Ahmed, E. O.; Ali, M. E. & Aziz, A. A., 2011: Length-weight relationships and condition factors of six fish species in Atbara River and Khashm el- girba Reservoir, Sudan. International Journal of Agricultural Science 3:65-70.

- Albrecht, M.P.; Caramaschi, E.P. & Horn, M.H., 2009: Population responses of two omnivorous fish species to impoundment of a Brazilian tropical river. *Hydrobiologia*, 627, 181-193.
- Araújo-Lima, C.A.R.M. & Ruffino, M. L. 2003: Migratory fishes of the brazilian Amazon. Pp.233-310 In: J. Carosfeld, B. Harvey, C. Ross & A. Baer (eds). *Migratory fishes of South América: biology, fisheries and conservation status*. World Fisheries Trust/The World Bank/International Development Research Centre, Ottawa, 372 pp.
- Arias, C. J. A., 1995: Contribución al conocimiento biológico de los peces de los Llanos, yamú (*Brycon siebenthalae*) y sapuara (*Semaprochilodus laticeps* cf.), con fines de cultivo. Informe Final. UniLlanos-Colciencias, Villavicencio, Colombia.
- Arias, C.J. A.; Zaniboni-filho, E. & Aya, B.E., 2006:Cycle reproductive indicators for yamú *Brycon amazonicus*, in captivity. *Revista Orinoquia*, V. 10 - Nº 2.
- Ayala, D.M., 2013: Dinâmica pesqueira e estrutura populacional da jatuarana (*Brycon amazonicus*) comercializada nas porções alta e média da bacia do rio Madeira. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2013.59p.
- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W., 1978: Methods for assessment of Fish Production I Freshwaters. T.B. Bagenal 9ed.) I.B.P. Handbook No.Ed. 33.Oxford Blackwell Publications, 365p.
- Barthem, R. & Goulding, M., 1997: Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos/ Ronaldo Barthem, Michael Goulding – Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 140 p.
- Bolger, T. & Connolly, P.L., 1989: The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish Biol.*, Southampton, v. 34, n. 2, p. 171- 182.
- Camargo, M., Giarrizzo, T. & Isaac, VJ. 2015: Population and biological parameters of selected fish species from the middle Xingu River, Amazon Basin. *Braz. J. Biol.*, 2015, vol. 75, no. 3 (suppl.), p. S112-S124.
- Cizidziel, J.V.; Hiners, T.A.; Heithmar, E.M.; Pollard, J.E. & Cross, C.L., 2002: Mercury concentrations in fish from Lake Mead, USA, related to fish size, condition, trophic level, location, and consumption risk. *Water, Air, and Soil Pollution*, V.135, p. 355.

- Correa, G. B. & Freitas, C. E. C., 2013: Relação peso-comprimento de *Colossoma macropomum* e *Prochilodus nigricans* a partir de dados de desembarque em Manacapuru-AM. *Scientia Amazonia*. 2 (2): 15-19.
- Francis, G.; Makkar, H.P. S. & Becker, K., 2001: Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish: review. *Aquaculture*, 199, 197-227.
- Froese, R., 2006: Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.
- Garcia, I.C.B., 2006: Influência da pesca seletiva sobre os comprimentos médios de maturação em populações de dourado (*Salminus brasiliensis*), piraputangas (*Brycon hilarii*) e curimbatá (*Prochilodus lineatus*) no rio Miranda, Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 46p.
- Giarrizzo, T.; Sena Oliveira, R. R.; Costa Andrade, M.; Pedrosa Gonçalves, A.; Barbosa, T. A. P.; Martins, A. R.; Marques, D. K.; Brito dos Santos. J. L. & Melo de Sousa, L. 2015. Length-weight and length-length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). *J. Appl. Ichthyol.* 31, 415–424.
- Giarrizzo, T.; Bastos, D. & Andrade, M., 2011: Length-weight relationships for selected fish species of Rio Trombetas Biological Reserve: a reference study for the Amazonian basin. *J. Appl. Ichthyol.* 27, 1422–1424.
- Godoy, M.P., 1975: Peixes do Brasil. Subordem Characoidei. Bacia do Rio Mogi Guassu. Ed. Franciscana, Piracicaba, vol.II, 217-398.
- Gomiero, L. M. & Braga, F.M.S., 2003: Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande- MG/ SP. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, 25: 79-86.
- Gomiero, L.M. & Braga, F. M. S., 2006: Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 28, n. 2, p. 135-141, April/June.
- Goulding, M. 1980. The fishes and the forest. Explorations in amazonian natural history. University of California Press, Berkeley, 280 p.
- Haimovici, M. & Velasco, G., 2000a: Length-weight relationships of marine fishes from southern Brazil. *Fishbyte* 23, 19–23.

- Haimovici, M. & Velasco, G., 2000b: Relações comprimento-peso de peixes teleósteos marinhos do sul do Brasil com uma avaliação de diferentes métodos de ajuste. *Atlântica* 22, 131–140.
- Hossain, M. Y.; Rahman, M. M.; Miranda, R.; Leunda, P. M.; Oscoz, J.; Jewel, M. A. S.; Naif, A. & Ohtomi, J., 2012: Size atfirst sexual maturity, fecundity, length-weight and length-length relationships of *Puntius sophore* (Cyprinidae) in Bangladesh waters. *J. Appl. Ichthyol.* 28, 818–822.
- Ighwela, A., Ahmed, B. & Abol-Munafi, B., 2011: Condition factor as an indicator of growth and feeding intensity of Nile Tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) fed on different levels of Maltose. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 2011; 11:559- 563.
- Koutrakis, E. T. & Tsikliras, A. C., 2002: Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* 19, 258–260.
- Le Cren, E. D., 1951: The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20, 201–219.
- Lima, F.C.T. 2017:A revision of the cis-andean species of the genus *Brycon* Müller & Troschel (Characiformes: Characidae). *Zootaxa* 4222 (1): 001–189.
- Lizama, M.A.P. & Ambrósio, A.M., 2002: Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná River floodplain. *Braz. J. Biol. = Rev. Bras. Biol.* 62(1):113-124.
- Makkar, H. P. S. & Becker, K., 1997: Nutrients and antiquity factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal Agriculture Science, Cambridge*, 128, 311-322.
- Matos, L. S.; Silva, J. O. S.; Andrade, P. S. M. & Carvalho, L. N., 2016: Diet of Characin, *Brycon falcatus* (Müller & Troschel, 1844) in the Amazon Basin: A case study on attractant for fish in the Teles Pires River. *Journal of Applied Ichthyology*, 32, 1080–1085.
- Matos, L.S. & Carvalho, L.N., 2015: Consumo de fast-food por peixes: um estudo de caso do uso da ceva no matrinxã (*Brycon falcatus*, Müller & Troschel, 1844) em afluentes da bacia do rio Tapajós. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 116, 42-45.
- Merella, P.; Quetglas, A.; Alemany, F. & Carbonell, A., 1997: Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Naga, ICLARM Q.* 20, 66–68.

- Moutopoulos, D. K. & Stergiou, K. I., 2002: Length-weight and length-length relationships of fish species from Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18: 200-203.
- Oscoz, J.; Campos, F. & Escala, M.C., 2005: Weight-length relationships of some fish species of the Iberian Peninsula. *Journal of Applied Ichthyology*, 21:73-74.
- R Core Team, R. 2016: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Rezende, J. R.; Zuniga, A.D.G.; Naoe, L. K.; Pena, W.E.L. & Rojas, E.L.G., 2010: Avaliação do soja como fonte de alimentação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) produzido no Tocantins. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11.
- Rubio, T.C.; Pötter, C.; Navarros, M. S. P.; Lima, A.P.A.; Batistella, A. M.; Mascarenhas, R.O. & Pressinotti, L.N. 2012: Parâmetros biológicos e tamanho mínimo de captura do *Brycon falcatus* (Peixes: Characidae) na bacia do rio Guaporé, Mato Grosso, Brasil. In: Van Damme, P.A., Maldonado, M., Pouilly, M. & Doria, C.R.C. (Eds.), *Aguas del Iténez o Guaporé: recursos hidrobiológicos de um patrimônio binacional (Bolivia y Brasil)*. Editorial INIA, Cochabamba, pp.173–182.
- Sabino, J.; Medina, Jr. P. B. & Andrade, L.P., 2005: Visitantes mal-comportados e piraputangas obesas: a pressão da visitação pública sobre *Brycon hilarii* no Balneário Municipal de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Ensaios e Ciência.UNIDERP*.
- Silva, T. S. C.; Santos, L.D.; Silva, L.C.R.; Michelato, M.; Furuya, V. R. B. & Furuya, W.M., 2015: Length-weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. *R. Bras. Zootec.*, 44(4):133-137, 2015.
- Vazzoler, A.E.A.M., 1996: Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: NUPELIA, 1996. 169p.
- Vidal, L.V.O.; Albinati, R.C.B.; Albinati, A.C.L.; Lira, A.D.; Almeida, T.R. & Santos, G.B., 2008: Eugenol como anestésico para a tilápia do Nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 8, 1069-1074.
- Zaniboni-Filho, E., 1985: Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). Master thesis. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brazil.

2º Capítulo:

Percepção dos Pescadores Profissionais Artesanais sobre o declínio na captura do peixe matrinxã no rio Teles Pires, município de Sinop/MT

Manuscrito em preparação que será enviado para o Boletim do Instituto de Pesca, e se encontra nas normas desta revista (anexo 02).

Liliane Stedile de Matos¹, Herick Soares de Santana², João Otávio Santos Silva³, and Lucélia Nobre Carvalho^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT, Campus Universitário de Cuiabá, 78060-900. Cuiabá, MT, Brasil. E-mail: lilstedile@hotmail.com (corresponding author)

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brazil. E-mail: herick.bio@gmail.com

³Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais-ICAA, UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil. E-mails: joao.oss@live.com

⁴Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais-ICNHS, UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil. E-mail:carvalholn@yahoo.com.br

Resumo – Na região norte do Estado de Mato Grosso, o peixe matrinxã é uma das espécies mais consumidas, sendo muito importante para a pesca profissional artesanal e esportiva. O objetivo deste estudo foi investigar, com entrevistas entre os pescadores profissionais artesanais, se houve um declínio na captura do peixes matrinxã. Foram feitas entrevistas com questionário semi-estruturado de setembro a novembro de 2017 para 51 pescadores profissionais artesanais que atuam no Rio Teles Pires próximo ao município de Sinop/MT. Dentre os entrevistados, 94% responderam que estão encontrando dificuldades em capturar o matrinxã e que isso ocorre desde 2013. Com os dados das capturas de aproximadamente 10 anos atrás e capturas atuais de matrinxã, obteve-se o percentual médio de 82% de queda na captura. Segundo a percepção dos

pescadores, o declínio na captura de matrinxãs se deve à construção de UHEs, à pesca predatória e ao uso de agrotóxicos em áreas próximas ao Rio Teles Pires. Concluímos que as entrevistas com os pescadores profissionais artesanais que atuam no rio Teles Pires no município de Sinop nos proporcionou observar as percepções deles diante da problemática da queda do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. Nossa estudo sugeriu que havia um declínio na captura do peixes matrinxã, e segundo os relatos dos pescadores, nossa hipótese foi confirmada.

Palavras-chave: *Brycon falcatus*, etnoictiologia, questionários semi-estruturados, pesca predatória

INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma preocupação com os estoques pesqueiros devido às diminuições que têm sido notadas, principalmente devido à pesca e aos impactos antropogênicos (FAO, 2014). No Brasil, as espécies, alvo da pesca, variam de região para região, por exemplo, na Amazônia, os grandes bagres são muito explorados, enquanto na bacia do Paraná, incluindo sua parte baixa na Argentina, o curimba *Prochilodus lineatus* é muito explorado (Okada *et al.*, 2005; Iwaszkiw & Lacoste, 2011) e, na porção médio-superior do Rio Teles, o matrinxã (*Brycon falcatus*) é uma espécie muito apreciada comercialmente.

Nessa região, a pesca comercial é composta de pescadores artesanais, que se distribuem ao longo do corpo hídrico. Pela legislação pesqueira vigente no Estado de Mato Grosso, somente é permitida a pesca artesanal, a qual é desenvolvida em sua quase totalidade de forma individual, em pequenas canoas ou no máximo com um barco motorizado de pequena potência. Para os pesadores artesanais desta região, as espécies de maior importância comercial que apresentam migração reprodutiva são *Prochilodus nigricans*, *Leporinus fasciatus*, *Brycon falcatus*, *Zungaro zungaro* e *Pseudoplatystoma punctifer* (EPE, 2009). *Brycon falcatus* (Müller & Troschel, 1844) é uma espécie migradora, popularmente conhecida como matrinxã, pertencente à subfamília Bryconinae, e ocorre nas bacias hidrográficas das Guianas, Suriname, Amazonas, Orinoco e Araguaia-Tocantins (Lima, 2003). O *B. falcatus*, assim como outras espécies de *Brycon*, possui a coloração da carne laranja-vermelhada devido à deposição de pigmentos carotenoides

provenientes de alimento natural (camarões, caranguejos), dando assim um agradável aspecto e, assim, um melhor valor de mercado (Santamaria & Antunes, 1999). Entretanto, devido à prática da oferta de soja em cevas, a coloração do músculo de *B. falcatus* está sendo alterada e apresenta grande deposição de gordura (Matos *et al.*, 2015; Matos *et al.*, 2017). Mesmo assim, o *B. falcatus* ainda é um dos peixes mais consumidos regionalmente, tendo grande importância comercial na pesca esportiva e profissional artesanal.

Vários estudos tem sido feitos com pescadores a partir da aplicação de questionários no Brasil (Vasques & Couto, 2011; Ramires *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2015; Soares & Marques, 2017) e no mundo (Nguyen *et al.*, 2013; Karnad *et al.*, 2014; Gonzalvo *et al.*, 2015; Panagopoulou *et al.*, 2017). Aplicação de questionário pode ser considerada como uma pesquisa de campo, que apresenta vantagens e desvantagens. Como vantagem podemos citar o acúmulo de informações sobre determinado fenômeno, que também podem ser analisadas por outros pesquisadores, com objetivos diferentes (Lakatos, 2003). Segundo o mesmo autor, como desvantagens, existe a possibilidade de que fatores desconhecidos para o investigador possam interferir nos resultados, e o comportamento verbal ser relativamente de pouca confiança, pelo fato de os indivíduos poderem falsear suas respostas. Mesmo havendo limitações quanto ao método de aplicação de questionários, há situações em que é recomendado. Na bacia do rio Teles Pires não existe um local para o desembarque pesqueiro, onde seriam controlados os dados da pesca nesta bacia. Somente é preenchida pelo próprio pescador profissional artesanal a Declaração de Pesca Individual-DPI, sem nenhum tipo de conferência ou presença de um agente fiscalizador, e posteriormente enviada pela Colônia de Pescadores à Secretaria Estadual de Meio Ambiente.

Uma das formas de compreender melhor a exploração dos recursos pesqueiros é estar em contato direto com os pescadores profissionais, que também possuem interesse na manutenção dos estoques, já que seria a principal fonte de renda deles. As colônias de pescadores são essenciais na compreensão de impactos sobre estoques pesqueiros, principalmente devido ao seu conhecimento tanto do ambiente quanto da ecologia das espécies que são alvos da pesca (Seixas & Begossi, 2000; Marques, 2001). Podem fornecer informações tão precisas quanto aquelas geradas de forma experimental (Philippsen *et al.*, 2016). Neste sentido, entre os pescadores artesanais que atuam no Rio Teles Pires na região do município de Sinop é pública e notória a preocupação quanto à diminuição nas taxas de capturas do peixe matrinxã

desde meados de 2013. Assim, diante do atual cenário de impactos: hidrelétricas, agricultura, agropecuária, garimpos e pesca predatória na bacia do Rio Teles Pires, o objetivo deste trabalho foi investigar por meio do conhecimento popular e empírico dos pescadores profissionais artesanais que atuam na região do município de Sinop/MT, se houve declínio na captura do peixe matrinxã e, se houve, quais foram as principais causas que ocasionaram esse quadro.

METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

Para quantificar a percepção dos pescadores profissionais, elaboramos um questionário semi-estruturado contendo perguntas tanto em relação às capturas como em relação as causas das variações nas taxas de captura. Para autorização desta pesquisa, o questionário foi submetido do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos através do site Plataforma Brasil, segundo a Resolução nº 466/2012. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Hospital Júlio Muller da Universidade Federal de Mato Grosso sob registro nº CAAE 60211916.0.0000.5541 na Plataforma Brasil. A aplicação dos questionários semi-estruturados foi na forma de entrevista, onde os pescadores foram devidamente esclarecidos do assunto de cada questão e as respostaram foram anotadas em formulários. Utilizamos o questionário como base para conduzir as entrevistas. Isso permitiu uma maior flexibilidade e a capacidade de incorporar comentários oferecidos pelos participantes, sem comprometer a comparabilidade dos resultados. Os pescadores que aceitaram participar das entrevistas assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, documento que expressa sua participação voluntária.

Todos os pescadores participantes atuavam no Rio Teles Pires na região do município de Sinop, localizado no médio norte do Estado de Mato Grosso, no Centro Oeste do Brasil. A aplicação dos questionários visou elaborar um referencial social que poderá auxiliar na análise do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. Imediatamente após a aprovação do Comitê de Ética, foram aplicados 51 questionários, todos durante o ano de 2017. O questionário (ANEXO 1) foi composto por 09 perguntas abertas e 02 perguntas fechadas.

O tamanho da amostra foi calculado com base na quantidade de pescadores artesanais, profissionais cadastrados na Colônia Z-16 de Pescadores do

Município de Sinop e Região (Copesnop), que atuam no Rio Teles Pires no município de Sinop. Dos 300 pescadores cadastrados na Copesnop, 60 atuam no Rio Teles Pires na região de Sinop, destes, 51 participaram da pesquisa, possibilitando uma amostra confiável em relação às atividades pesqueiras e à percepção deles em relação à situação atual do estoque pesqueiro de *B. falcatus*.

Os dados obtidos nas entrevistas, foram explorados por meio de análises descritivas (média e percentual) e apresentados graficamente, e armazenados em um banco de dados em Microsoft Excel (Office 2010).

RESULTADOS

Fizemos entrevistas com 51 pescadores profissionais artesanais que atuam no Rio Teles Pires na região de Sinop/MT. A idade dos pescadores variou entre 35 e 75 anos de idade, sendo que a maioria (38%) apresentou a idade entre 51 e 60 anos (Fig.1). Em relação ao tempo em que o pescador exerce a atividade de pesca na bacia do Rio Teles Pires, observamos que a maioria (37%) possui pelo menos 10 anos de experiência.

Calculamos o percentual de queda na captura de matrinxã para cada pescador com as respostas das questões: Quando você começou a exercer a atividade de pesca profissional na bacia do Rio Teles Pires aproximadamente quantos quilos de matrinxã era pescado por mês ou por ano? Quantos quilos aproximadamente você pescou de matrinxã este ano? Esse percentual individual variou de 32% a 100%, e o percentual médio de redução na captura de matrinxã entre os entrevistados foi de 82%.

Os pescadores indicaram várias causas que seriam as responsáveis pela diminuição das capturas. Contudo a alternativa “usinas hidrelétricas” constou em 73% das respostas, seguida pela alternativa “sobrepesca” com 20% (Fig.1).

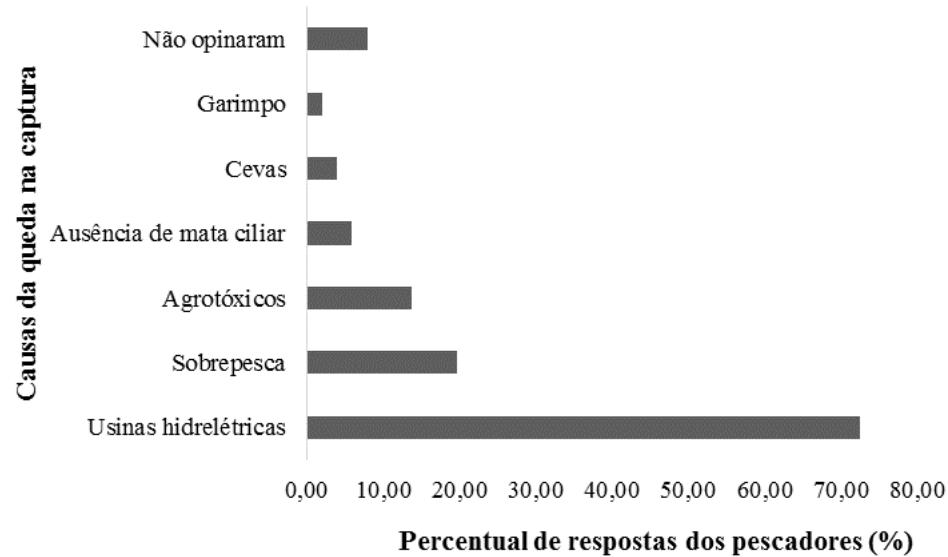


Fig.1. Causas da queda na captura do matrinxã conforme a percepção dos pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 que atuam no Rio Teles Pires, município de Sinop/MT.

Quando os pescadores foram indagados: “Qual foi o maior exemplar de matrinxã (Kg) que você já pescou? Em que ano foi?”, a grande maioria dos entrevistados não conseguiu lembrar em que ano foi a captura do maior exemplar, então este dado não foi computado. Quanto ao maior exemplar capturado, as respostas foram de 1,5 kg a 9,0 kg, sendo que a média foi de 5,10 kg e a maioria (20%) dos entrevistados respondeu que o maior exemplar de matrinxã capturado foi de 6 kg.

Na questão “Você saberia dizer em que ano houve a maior queda na captura de matrinxãs?” a maioria (37%) dos pescadores respondeu que foi em 2014, seguidos por 2013 (20%) e 2015 (18%) (Fig.2).

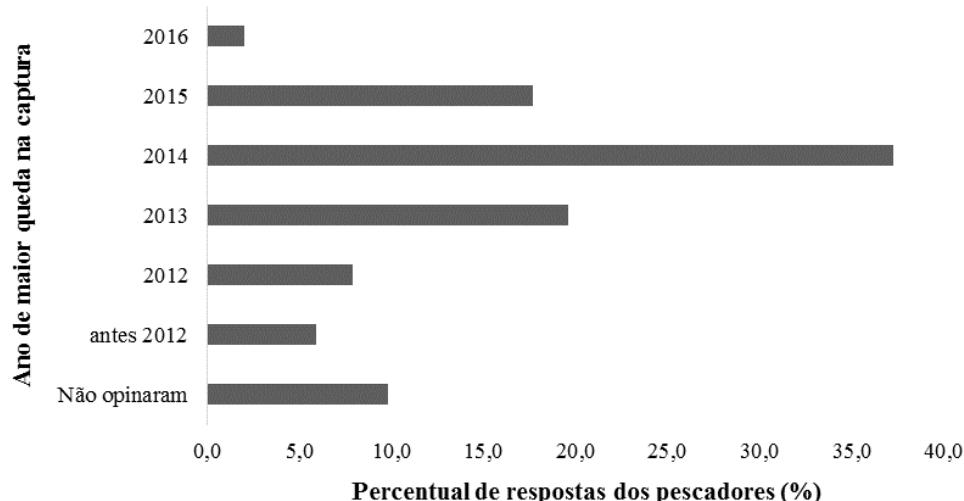


Fig.2. Ano em que houve maior queda na captura do matrinxã conforme os pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 que atuam no Rio Teles Pires, no município de Sinop/MT.

Quando indagados sobre o que poderia ser feito para aumentar a população de matrinxãs, os entrevistados podiam responder mais do que uma alternativa. A alternativa “repovoamento” constou com 37% das respostas dos entrevistados, seguida pela implantação de um sistema de transposição eficaz de peixes migradores com 24% (Fig.3).

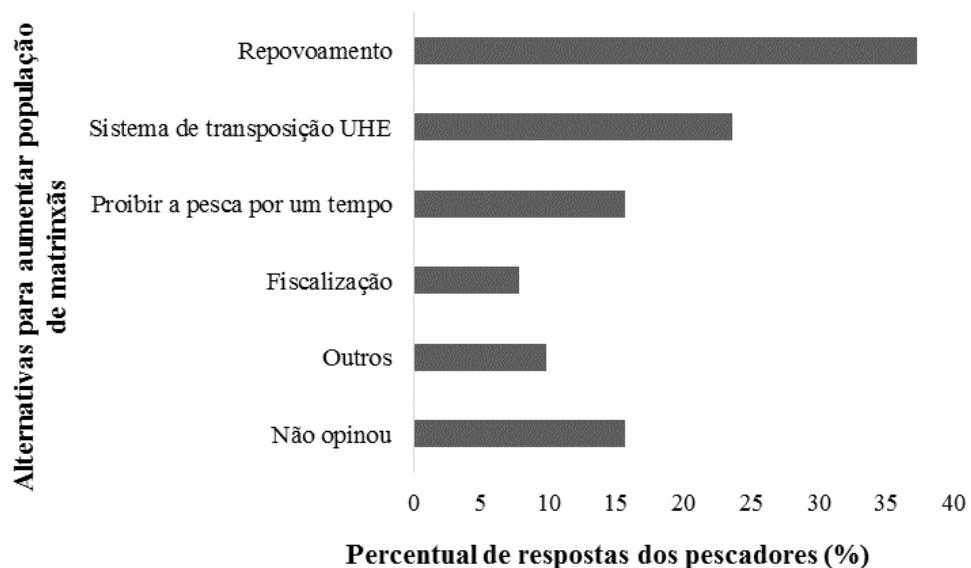


Fig.3. Recomendações dos pescadores profissionais artesanais entrevistados no ano de 2017 para aumentar a população de matrinxãs no Rio Teles Pires, município de Sinop/MT.

Quando os entrevistados foram indagados: “Quais apetrechos de pesca são utilizados atualmente na pesca da matrinxã? Isso mudou com o tempo?” a resposta foi unânime, os apetrechos de pesca para capturar matrinxã atualmente são anzol de galho e molinete, e que não mudou com o tempo.

Na questão “Os pescadores profissionais artesanais ou a Colônia de Pescadores Z-16 participam e são ouvidos em reuniões que debatem questões ambientais?” a maioria dos entrevistados (43%) respondeu que “sim”, seguidos da resposta “sim, mas não são ouvidos” com 31% e a resposta “não” foi dada por 25% dos entrevistados. E, a maioria dos pescadores (49%) afirma que as medidas de proteção,

como defeso e limites de tamanho são efetivos e importantes, mas 39% questiona a falta de fiscalização e 12% acham que essas medidas não são corretas.

DISCUSSÃO

Nossos resultados trazem insights importantes sobre o ponto de vista e percepções dos pescadores profissionais artesanais que atuam no Rio Teles Pires no município de Sinop sobre declínio no estoque pesqueiro deste rio. A maioria dos entrevistados relataram dificuldades em capturar matrinxãs (94%), havendo uma redução média de 82% na captura de matrinxã. São relatados em escala global severos declínios nas capturas de peixes em geral (Thomson, 1980; Berkes, 1985; Glain *et al.*, 2001; Chuenpagdee, 2012; Gonzalvo *et al.*, 2014; Panagopoulou *et al.*, 2017). Essa percepção indica sobreexploração e diminuição de unidades populacionais de peixes (FAO, 2016, Panagopoulou *et al.*, 2017). Essas quedas causaram problemas financeiros para pescadores, que dependiam dos recursos pesqueiros para seu sustento. Os entrevistados comentaram que compensaram as quedas na captura com aumento do esforço de pesca, trabalhando mais horas, aumentando a quantidade de apetrechos utilizados, e indo pescar em locais mais longes. Isso, por sua vez, aumentou os custos operacionais (combustível, manutenção, gelo, etc.), ocasionando no aumento do custo do pescado, mas necessariamente obtendo lucro.

Essa redução na captura desse peixe foi notada com maior intensidade no ano de 2014 (37%), seguido pelo ano de 2013 (20%). Segundo a percepção dos pescadores as causas da queda na captura do matrinxã foram as usinas hidrelétricas (73%) e sobrepesca (20%). O termo sobrepesca ou pesca predatória pode ser entendido como atividade pesqueira executada de forma desenfreada, ou seja, a pesca excessiva e insustentável praticada pela ação humana (Dias Neto, 2010). Segundo a percepção dos pescadores entrevistados a introdução das cevas de soja, foi o principal motivo que ocasionou a sobrepesca neste trecho da bacia do Rio Teles Pires. O problema da instalação de cevas nos rios de Mato Grosso, já ocorre há muito tempo, no Rio Cuiabá a partir de 1987 (Silva e Silva, 1995), no rio Teles Pires em 2007 (M. Beckmann, comunicação pessoal). Foi realizada uma pesquisa na bacia do Rio Teles Pires em 2013 sobre o uso de cevas na captura de matrinxãs, e, nesse trabalho, houve relatos de pescadores apontando queda no estoque pesqueiro do matrinxã devido à pesca

predatória em cevas (Matos & Carvalho, 2015). Na presente pesquisa, 24% dos entrevistados disseram que, no início de sua atividade pesqueira a aproximadamente 10 anos atrás, capturavam cerca de 180 kg de matrinxãs por semana, isso resultaria num total de 720 kg por mês por pescador. Considerando que a pesca não é somente realizada pelos pescadores artesanais profissionais da Copesnop, e que o peixe matrinxã é bastante apreciado na região, esses dados sugerem a necessidade de um estudo detalhado do estoque pesqueiro dessa espécie.

A bacia do Rio Teles Pires está inserida no norte do Estado de Mato Grosso e na intitulada Amazônia Legal, formando um dos principais contribuintes do Rio Tapajós. Na bacia do Rio Teles Pires, atualmente, está ocorrendo a implantação de quatro Usinas Hidrelétricas-UHEs (Fig.4). Na direção sul-norte desse Rio, em 2014 iniciou a construção da UHE-Sinop, com previsão para enchimento do reservatório em setembro/2018; aproximadamente 90 km à jusante deste local, em 2011, iniciou a construção da UHE Colíder, que entrou em funcionamento final de 2017; a aproximadamente 300 km a jusante deste local, em 2011, houve o início de construção da UHE Teles Pires, que entrou em funcionamento 2015; e à aproximadamente 60 km à jusante deste local, em 2014 iniciou a construção da UHE São Manoel, com enchimento do reservatório em dezembro/2017 (EPE, 2009 - dados atualizados nos sites: <http://www.uhetelespires.com.br>; <http://www.saomanoelenergia.com.br>; <http://www.copel.com/uhecolider>; <http://sinopenergia.com.br>). Diante dessas informações, observamos que no ano de 2014, ainda não existia a barreiras física da UHE-Sinop no Rio Teles Pires. Mas a UHE-Teles Pires já estava prestes a fechar as comportas para enchimento do reservatório, e a UHE-Colíder com a construção avançada. Talvez as atividades destas UHEs tenham prejudicado a passagem dos peixes e, com isso, diminuído a captura de matrinxãs à montante. Entretanto, deve-se considerar que desde 2007 nesta bacia ocorre a pesca predatória desta espécie. Talvez a pesca predatória tenha sido o maior motivo da queda do estoque desta espécie, e os espécimes que tenham permanecido não consigam transitar pela bacia devido aos barramentos das UHEs. Ou pode ser que esteja ocorrendo uma sinergia, ou seja, o efeito da combinação dos impactos da pesca predatória, insumos agrícolas, UHEs, ausência de mata ciliar e garimpo, de forma que o resultado dessa combinação seja maior do que a soma dos resultados que esses impactos teriam separadamente.

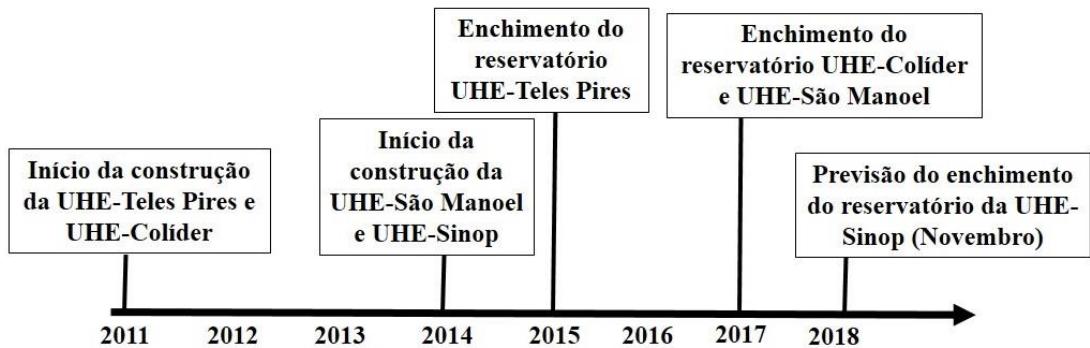


Fig.4. Esquema atualizado da linha do tempo de construção e enchimento do reservatório das UHEs na bacia do Rio Teles Pires (EPE, 2009).

Uma antiga regra para se ter uma boa pescaria, segundo os pescadores, é manter o silêncio, pois quaisquer barulhos ou movimentos bruscos afugentam os peixes. Barulhos são conhecidos por aumentar o estresse em seres humanos (Pearsons *et al.*, 1995). O ruído antropogênico pode impedir os peixes de transitar em áreas importantes de alimentação e reprodução, interromper atividades críticas ou causar redução induzida pelo estresse no crescimento e reprodução (Slotte *et al.*, 2004; Slabbekoorn *et al.*, 2010). Experimentos em ambientes marinhos constataram que o ruído do motor de barcos pode aumentar a mortalidade de peixes no estágio de pós larva, isto devido a combinação de estresse com reações lentas a ataques de predadores (Simpson *et al.*, 2016). No Brasil, no Estado do Pará, a construção da UHE Belo Monte causou impacto na pesca, devido à iluminação constante dos canteiros de obras e às frequentes explosões que afugentaram os peixes, sendo possível que também tenham alterado suas rotas migratórias (Francesco & Carneiro, 2015). Durante a construção de UHEs, existe um enorme fluxo de máquinas, equipamentos e pessoas, iluminação e explosões que afetam os recursos naturais (Magalhães *et al.*, 2016). Diante disto, a construção da UHE-Sinop no Rio Teles Pires pode ter contribuído na dificuldade na captura do peixe matrinxã, já que, no canteiro de obras, existe intenso movimento de maquinários, pessoas e principalmente explosões de rochas.

Quanto aos apetrechos de pesca utilizado na captura de matrinxãs, os pescadores foram unânimes ao afirmarem que sempre utilizaram molinete e anzol de galho, e atualmente só conseguem pescar matrinxã quem tem ceva. O uso de anzol de galho era proibido, mas, em 2016, o Conselho Estadual da Pesca (Cepesca) liberou para cada pescador profissional o uso de até 15 anzóis de galho e os ribeirinhos, que pescam

para consumo próprio, podem ter no máximo cinco (Resol. nº 003 de 23/08/2016). Entretanto, o uso de cevas fixas permanentes ou cevas com uso de equipamentos mecânicos continua proibido (Lei nº 9.096 de 16/01/2009). Contudo, como foi apontado por 39% dos entrevistados, não há fiscalização, sendo assim as cevas fixas com oferta de soja *in natura* ainda são muito utilizadas para atrair peixes, principalmente, o peixe matrinxã.

As principais recomendações dos pescadores para o aumento do estoque pesqueiro do matrinxã foram: repovoamento, instalação de sistema de transposição eficaz nas UHEs e proibição da pesca por um período determinado. O repovoamento é uma estratégia controversa, pois existem pesquisadores que defendem e outros que condenam (Welcomme, 1989; Vieira & Pompeu, 2001; Vitule *et al.*, 2006; Agostinho *et al.*, 2007). Sistemas de transposição de peixes são mecanismos para facilitar a passagem de cardumes ou indivíduos visando o ciclo reprodutivo e a manutenção da variedade genética entre os ambientes aquáticos modificados (Reis & Santos, 1999). Elas constituem uma medida que reduz o impacto causado pela imposição de uma barreira física. Na UHE-Teles Pires os dados gerados pelo uso de telemetria no monitoramento da ictiofauna indicaram que não havia necessidade de implantação de um sistema de transposição (<http://www.uhetelespries.com.br>), na UHE-São Manoel foi implantado um sistema de transposição de captura e transporte (<http://www.saomanoelenergia.com.br>), a UHE-Colíder implantou a escada de peixes (<http://www.copel.com/uhecolider>) e a UHE-Sinop está implantando um sistema misto de transposição de peixes, com elevador e escada (<http://sinopenergia.com.br>). Referente a proibição da pesca do matrinxã por um período determinado, tal procedimento já foi feito em outros estados brasileiros com sucesso (e.g. Goiás, Lei 17.985/2013).

O conhecimento ecológico dos pescadores (etnoictiologia) pode ter um importante papel na complementação da pesquisa científica. A etnoictiologia pode ser uma importante ferramenta para pesquisadores e tomadores de decisão, pois pode fornecer informações contextuais que seriam usadas para melhorar a gestão dos recursos pesqueiros, e restaurar ecossistemas (Johannes *et al.*, 2000). Entretanto, no caso do peixe matrinxã, para que sejam tomadas decisões, é necessário que se faça um estudo avaliando detalhadamente o estoque pesqueiro e comprehenda melhor a dinâmica populacional da espécie. Avaliação de estoque pesqueiro é o nome dado à análise usada para estimar o tamanho atual, a taxa de exploração e a produtividade potencial de um

estoque (Hilborn, 1992). Nesse contexto, a determinação de parâmetros de crescimento, taxas de mortalidade natural e, por pesca, assim como a aplicação de modelos quantitativos (Gulland, 1983), podem permitir a predição de efeitos das medidas propostas para o manejo (Sparre & Venema, 1997). Para o peixe matrinxã *Brycon falcatus* da bacia do Rio Teles Pires, não existem estudos de idade, apenas o comprimento de primeira maturação (L_{50}) é conhecido (Matos *et al.*, no prelo). Existem estudos de parâmetros de crescimento para seus congêneres em outras bacias: *Brycon gouldingi* e *B. falcatus* na bacia do Tocantins (Albrecht *et al.*, 2009), *B. falcatus* na bacia do Xingu (Camargo *et al.*, 2015), *Brycon opalinus* na bacia do Rio Paraibuna (Gomiero *et al.*, 2007) e *Brycon amazonicus* na bacia do Rio Solimões (Santos Filho & Batista, 2009).

Concluímos que as entrevistas com os pescadores profissionais artesanais que atuam no rio Teles Pires no município de Sinop nos proporcionou observar as percepções deles diante da problemática da queda do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. Nossa estudo sugeriu que havia um declínio na captura do peixes matrinxã, e segundo os relatos dos pescadores, nossa hipótese foi confirmada. O conhecimento ecológico local dos pescadores apresentados neste estudo juntamente com uma pesquisa científica do estoque pesqueiro do peixe matrinxã no rio Teles Pires podem contribuir para elaboração de manejo pesqueiro e políticas públicas para proteção dos recursos pesqueiros desta bacia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Marcos Beckmann por nos fornecer informações importantes do histórico da pesca no Rio Teles Pires. Agradecemos à Colônia de Pescadores Z-16 pelo apoio na aplicação dos questionários aos pescadores. A pesquisa foi realizada com o apoio do CNPq edital Universal MCTI/CNPq 14/2014. A permissão para aplicar os questionários foi concedida pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário Júlio Muller (nº CAAE 60211916.0.0000.5541). LSM recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, A.A.; Marques, E.E., Agostinho, C.A., Almeida, D.A., Oliveira, R.J. & Melo, J.R.B. (2007). Fish ladder of Lajeado dam: migrations on one-way routes? *Neotropical Ichthyology* v. 5, p. 121-130, 2007.

- Berkes, F. (1985). Fishermen and 'the tragedy of the commons'. *Environ. Conserv.* 12, 199–206. doi: 10.1017/S0376892900015939
- Chuenpagdee, R. (2012). "A matter of scale: prospects in small-scale fisheries," in *World Small-Scale Fisheries Contemporary Visions*, ed R. Chuenpagdee (Delft: Eburon Academic Publishers), 21–38.
- Dias Neto, J. (2010). Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil/José Dias Neto. – Brasília: Ibama, 2010. 242 p.
- EPE – Empresa de pesquisa energética. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires. (2009). Disponível <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topicos-292/AAI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topicos-292/AAI%20Teles%20Pires%20-%20Relat%C3%B3rio%20Final%20-%20Sum%C3%A1rio%20Executivo[1].pdf)> acesso em 31/01/2018.
- FAO (2014). State of the World's Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO.
- FAO (2016). The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. Rome: General Fisheries Commission for the Mediterranean. Available online at: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/4d4203da-b043-49da-8752-fe1dd5f7b536>.
- Francesco, A. De & C. Carneiro (organizadores). (2015). *Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca / organização*. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2015. 65p.
- Glain, D., Kotomatas, S., and Adamantopoulou, S. (2001). Fishermen and seal conservation: survey of attitudes towards monk seals in Greece and grey seals in Cornwall. *Mammalia* 65, 309–317. doi: 10.1515/mamm.2001.65.3.309.
- Gonzalvo, J., Giovos, I. & Moutopoulos, D. K. (2015). Fishermen's perception on the sustainability of small-scale fisheries and dolphin-fisheries interactions in two increasingly fragile coastal ecosystems in western Greece. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 25: 91–106.
- Gulland, J.A. (1983). Fish stock assessment: a manual of basic methods. Roma, FAO/Wiley Series on Food and Agriculture, 223p.
- Hilborn, R. (1992). Current and future trends in fisheries stock assessment and management. *South African Journal of Marine Science*. 12: 975–988.

- Iwaszkiw, J.M. & Lacoste, F.F. (2011). La pesca artesanal em la Cuenca del Plata (Argentina) y sus implicâncias em la conservación de la biodiversidad. Rev Mus Argentino Cienc Nat 13:21-25
- Johannes, R.E., Freeman, M.M. & Hamilton, R.J. (2000). Ignore fishers' knowledge and miss the boat. Fish Fish. 1, 257-271. doi: 10.1046/j.1467-2979.2000.00019.x
- Karnad, D., Gangal, M. & Karanth, K. (2014). Perceptions matter: how fishermen's perceptions affect trends of sustainability in Indian fisheries. Fauna & Flora International, Oryx, 48 (2): 218-227.
- Lakatos, E. M. (2003). Fundamentos de metodologia científica. 5 ed. São Paulo: Atlas.
- Lima, F.C.T. (2003). Subfamily Bryconinae. 174-181. In: Reis, R.E.; Kullander, S.O.; Ferraris, C.J. (eds.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Edipucrs. Porto Alegre, Brasil.
- Magalhães, S. B., Y. Y. P. Silva & C. L. Vidal. (2016). Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Edição Especial Nexo Água e Energia, 37: 111-134.
- Marques, J. G. W. (2001). Pescando Pescadores: Ciência e Etnociência em uma Perspectiva Ecológica. 2^a ed. São Paulo: NUPAUB-USP.
- Martins, N. G., Rodrigues, D. A., Ribeiro, G. M. & Freitas, R. R. (2015). Avaliação da atividade pesqueira numa comunidade de pescadores artesanais no Espírito Santo, Brasil. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 15(2):265-275.
- Matos, L. S., Silva, J. O. S., Andrade, P. S. M. & Carvalho, L. N. (2016). Diet of Characin, *Brycon falcatus* (Müller and Troschel, 1844) in the Amazon Basin: A case study on attractant for fish in the Teles Pires River. Journal of Applied Ichthyology.
- Matos, L. S., Silva, J. O. S., Tesk; A. & Carvalho, L.N. (2015). Impacto da ceva no sabor e coloração de filés do peixe matrinxã selvagem na Bacia Amazônica. Revista Colombiana de Ciência Animal 2015; 7(2):148-153.
- Matos, L.S. & Carvalho, L.N. (2015). Consumo de fast-food por peixes: um estudo de caso do uso da ceva no matrinxã (*Brycon falcatus*, Müller & Troschel, 1844) em afluentes da bacia do rio Tapajós. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 116, 42-45.

- Nguyen, V. M., Rudd, M. A., Hinch, S. G. & Cooke, S. J. (2013). Recreational anglers' attitudes, beliefs, and behaviors related to catch-and-release practices of Pacific salmon in British Columbia. *Journal of Environmental Management* 128: 852 -865.
- Okada, E.K., Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (2005). Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. *Can J Fish Aquat Sci* 62:714-724
- Panagopoulou, A., Meletis, Z. A., Margaritoulis, D. & Spotila, J. R. (2017). Caught in the Same Net? Small-Scale Fishermen's Perceptions of Fisheries Interactions with Sea Turtles and Other Protected Species. *Frontiers in Marine Science*. 20. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00180>
- Pearsons, K. S., Barber, D. S., Tabachnik, B. D. & Fidell, S. (1995). Predicting noise-induced sleep disturbance. *Journal of the Acoustical Society of America* 97, 331-338.
- Philippson, J. S., Minte-vera, C. V., Okada, E. K., Carvalho, A. R. & Angelini, R. (2016). Fishers' and scientific histories: an example of consensus from an inland fishery. *Marine and freshwater research*, v. 68, p. 980-992.
- Ramires, M., Barrella, W. & Esteves, A. M. (2012). Caracterização da pesca artesanal e o conhecimento pesqueiro local no Vale do Ribeira e litoral sul de São Paulo. *Revista Ceciliana Jun* 4(1): 37-43.
- Reis, C. A. S. M. & Santos, S. B. (1999). Passagens de Peixes em Aproveitamentos Mini-Hídricos: Caracterização e Diagnóstico Eco-hidráulico. Trabalho final de curso Engenharia do Ambiente Instituto Superior Técnico. Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa. 76 p
- Santamaria, F. M. & Antunes, S. A. (1998/1999). Coloração e rendimento do filé de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849), (Pisces, Characidae) silvestre e criada em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca*, 25: 27-30.
- Santos Filho, L.C. & Batista, V.S. (2009). Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia*. 26(2):195-203.
- Seixas, C. S. & Begossi, A. (2000). Central Place optimal foraging theory: populations and individual analyses of fishing strategies at Aventureiro (Ilha Grande, Brazil). *Ciência e Cultura* 52(2): 85- 92.

- Silva, C. J. & Silva J. A. F. (1995). No ritmo das águas do pantanal. São Paulo: NUPAUB/USP. p.210.
- Simpson, S.D., Radford, A.N., Nedelec, S.L., Ferrari, M.C.O., Chivers D.P. et al. (2016). Anthropogenic noise increases fish mortality by predation. *Nat. Commun.* 7:10544 doi: 10.1038/ncomms10544.
- Slabbekoorn, H., N. Bouton, I. V. Opzeeland, A. Coers, C. Cate & A. N. Popper. (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 419–427.
- Slotte, A., Kansen, K., Dalen, J. & Ona, E. (2004). Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fisheries Research* 67, 143–150.
- Soares, D. C. E. & Marques R. R. (2017). Caracterização da pesca artesanal da lagosta e perfil socioeconômico do pescador no litoral do Piauí. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 10(2): 130-139.
- Sparre, P. & Venema, S.C. (1997). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. Roma, FAO Documento técnico sobre as pescas 306/1, Rev.2, 404p.
- Thomson, D. (1980). Conflict within the fishing industry. *ICLARM Newslett.* 3, 3–4.
- Vasques, R. O. & Couto, E. C. G. (2011). Percepção dos Pescadores quanto ao estabelecimento do Período de Defeso da Pesca de Arrasto para a Região de Ilhéus (Bahia, Brasil). *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):479-485.
- Vieira, F. & Pompeu. P.S. (2001). Peixamentos - uma alternativa eficiente? *Ciência Hoje*, 30:28-33.
- Vitule, J.R.S.; Umbria, S.C. & Aranha, J. M. R. (2006). Introdução de espécies, com ênfase em peixes de ecossistemas continentais. In: E.L.A. Monteiro-filho; Aranha, J.M.R. (eds.), *Revisões em Zoologia - I: Volume Comemorativo dos 30 Anos do Curso de Pós- Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná*. Curitiba, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, p. 217- 229.

Welcomme, R.L. (1989). Floodplain fisheries management. In: Gore, J.A., Petts, G.E. Alternatives in regulated river management. Boca Raton: CRC Press, 1989. p.210-233.

3º Capítulo:

Assessment of mercury contamination in *Brycon falcatus* (Characiformes: Bryconidae) and human health risk by consumption of this fish from the Teles Pires River, Southern Amazonia

Artigo aceito para publicação na revista Neotropical Ichthyology

Liliane S. de Matos¹, João Otávio S. Silva², Daniele Kasper³ and
Lucélia N. Carvalho^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal de Mato Grosso, Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil.

(LSM) lilstedile@hotmail.com (corresponding author), (LNC) carvalholn@yahoo.com.br

²Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial, 78557-267 Sinop, MT, Brasil. joao.oss@live.com

³Universidade Federal do Rio de Janeiro, Avenida Carlos Chagas, 373, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-902 Rio de Janeiro, RJ, Brasil. kasperdani@yahoo.com.br

⁴Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial, 78557-267 Sinop, MT, Brasil.

Running head: Evaluation of THg in fish from Tapajós basin

Abstract *Brycon falcatus* is one of the most highly consumed species of fish within the region in the Teles Pires basin, and has great commercial importance in sport and professional artisanal fishing. The objective of this study was to analyze the presence and concentration of total mercury (THg) in the muscle, liver and gills of *B. falcatus*, and calculate the risk to human health of THg contamination from ingestion of the fish. THg concentrations were similar in the liver (0.076 mg kg^{-1}) and muscle (0.052 mg kg^{-1}), and higher than in the gills (0.009 mg kg^{-1}). The levels of HgT present in *B. falcatus* tissues did not influence weight gain and nutritional status. Based on the condition factor, weight and length ratio and hepatosomatic index, it seems that the concentrations of THg did not influence the health and well-being of *B. falcatus* collected in the Teles Pires river basin. THg concentrations in the muscle of *B. falcatus* are below the limit recommended by the World Health Organization for people who consume until 250 g of

fish per week. The risk of deleterious effects on human health may exist if there is a greater consumption of *B. falcatus* such as 340 g/day, that is the mean of fish consumption by indigenous and riverine, because they achieve a high mercury exposition by diet.

Keywords: Condition factor, Hepatosomatic index, Matrinxã, Tapajós basin, Weight-length relationship

Resumo *Brycon falcatus* é um dos peixes mais consumidos na região da bacia do rio Teles Pires, tendo grande importância comercial na pesca esportiva e profissional artesanal. O objetivo deste estudo foi analisar a presença e concentrações de mercúrio total (HgT) no músculo, fígado e brânquias do peixe *B. falcatus*. Foi calculado o risco para a saúde humana de contaminação por Hg pela ingestão deste pescado. As concentrações de HgT foram similares no fígado ($0,076 \text{ mg.kg}^{-1}$) e no músculo ($0,052 \text{ mg.kg}^{-1}$) e maiores do que nas brânquias ($0,009 \text{ mg.kg}^{-1}$). Os níveis de HgT presentes nos tecidos de *B. falcatus* não influenciaram no incremento de peso e estado nutricional. Com base no fator de condição, relação peso e comprimento e índice hepatossomático, aparentemente as concentrações de THg não influenciaram a saúde e o bem-estar de *B. falcatus* coletados na bacia do rio Teles Pires. As concentrações de THg no músculo de *B. falcatus* estão abaixo do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde para pessoas que consomem até 250 g de peixe por semana. O risco de efeitos deletérios para a saúde humana pode existir se houver um maior consumo de *B. falcatus*, como 340 g/dia, que é a média do consumo de peixe por indígenas e ribeirinhos, porque eles conseguem uma alta exposição ao mercúrio por dieta.

Palavras-chave: Fator de Condição, Índice hepatossomático, Matrinxã, bacia do Tapajós, Relação peso-comprimento

Introduction

Cattle farming, agriculture and tannery operations are the current main economic activities within the Teles Pires river basin (Brazil). Trace elements such as Cu, Hg, and Cd are widely used in fungicides, fertilizers, bactericides and disinfectants in agricultural practices (Micaroni *et al.*, 2000; Penteado, 2000; Grant, Sheppard, 2008; Sfredo, 2008). In the 1970s, intense logging activity began with consequent increases in deforestation, burning and erosion (Cordeiro *et al.*, 2002). Forest burning, extensive

cattle farming and soybean plantations led to the erosion of soils naturally rich in mercury (Lechler *et al.*, 2000). Soils of the Amazon region present naturally high Hg concentrations, often higher than those observed globally (Roulet, Lucotte, 1995; Fadini, Jardim, 2001; Wasserman *et al.*, 2003). In the Tapajos river basin an increase in the deposition of Hg in lacustrine sediments was observed in the 1970s (Roulet *et al.*, 2000), coinciding with the beginning of intense colonization of the Amazon. These authors have suggested that the colonization of drainage basins and increased land exploration in the Amazon increased the leaching of naturally present mercury from the soil into rivers. In addition, intense gold prospecting activities occurred between the 1970s and 90s in northern Mato Grosso (where the Teles Pires river basin is located), declining after this period due to the depletion of easily accessible gold deposits (Lobo *et al.*, 2016). Subsequently, gold prospecting was replaced by agriculture and cattle farming, where fire was used as a way to open new areas for these activities (Cordeiro *et al.*, 2002).

Among various pollutants, trace elements represent an important group of interest due to their bioaccumulation and toxicity in living organisms (Islam, Tanaka, 2004; Abdallah, 2008). Hg, in particular, is a trace element that biomagnifies along food chains, thus, it is worrying to top levels organisms as piscivorous fish and humans, for example. For teleost fish, the bioavailability of Hg depends not only on its total concentration in the environment but also its chemical species and capacity of absorption through different tissues of the fish (Sweet, Zelikoff, 2001). In the organs, Hg first crosses the epithelium to the blood, which transports it through the bloodstream to the tissues. The gills, the digestive system and, to a lesser extent, the skin, are the main sites of mercury capture in fish (Erickson *et al.*, 2008). The primary target tissues of Hg are the central nervous system and the kidney, causing brain damage, abnormal motor coordination, behavioral changes, alterations that impair growth, reproduction and development of the fish (Clarkson *et al.*, 2003). Mercury-induced toxicity in the liver can severely affect morphology and structure, impairing its functional role by interfering with key physiological and metabolic processes (Macirella *et al.*, 2016). Some fish organs are commonly used to determine the bioaccumulation of total mercury (THg), such as the liver, as it plays vital roles in the accumulation, biotransformation and excretion of contaminants (Figueiredo-Fernandes *et al.*, 2006). The gills have a large surface area in contact with contaminants present in the water, therefore, they are an important route of exposure of the organism. High concentrations of Hg in the gills

may reflect a transitory state before it is eliminated from that organ (Huang *et al.*, 2012). Finally, evaluating the fish muscle helps determine the direct transfer of Hg to humans, as this is the most consumed part of the fish.

Fish are an important source of protein in the human diet, and represent one of the major sources of Hg ingestion via the food chain. High concentrations of Hg in humans can cause damage to the neurological and immunological systems, congenital malformations and teratogenic effects (Akagi *et al.*, 1995). There are several studies in the Teles Pires river basin investigating Hg contamination in humans through fish consumption (Akagi *et al.*, 1995; Malm *et al.*, 1995; Malm *et al.*, 1997; Hacon *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 1997; Hacon *et al.*, 2000; Dorea *et al.*, 2005). However, these studies were performed at contaminated sites. From a food safety point of view, it is important for studies to focus on commonly consumed species of fish and popular fishing sites with professional and amateur fishermen (Kensová *et al.*, 2012). The fish species *Brycon falcatus* (Muller & Troschel, 1844), commonly known as matrinxã, is one of the most highly consumed species in the region due to its excellent quality of meat.

Considering the current scenario of multiple uses of the Teles Pires river basin, and therefore potential mercury contamination, the objectives of this study were to evaluate: (1) the total concentration of THg in the muscle, gills and liver of *B. falcatus*, (2) whether THg contamination was interfering with the well-being of collected fish, and (3) the risk to human health associated with the consumption of THg in *B. falcatus* muscle tissue. Our hypotheses are: (1) Since the liver is an important organ of detoxification of contaminants, it will present higher THg levels when compared to the other tissues analyzed (gills and muscle); (2) Fish will present a strict correlation between THg contamination and its condition factor, weight and length ratio and hepatosomatic index, indicating that Hg exposure is interfering with their growth and sanity; (3) The *B. falcatus* specimens will present low levels of THg in the muscle since are omnivores, representing a low risk to human health even at high rates of fish consumption in that region.

Material and methods

Study area. The Teles Pires river basin is located in northern Mato Grosso (Brazil), and is one of the main tributaries of the Tapajós river basin. Fish were collected from the

Celeste River ($12^{\circ}24'56.00''$ S and $55^{\circ}31'28.00''$ W) in the municipality of Vera, the Verde River ($11^{\circ}4'1.99''$ S and $55^{\circ}34'17.00''$ W) in the municipality of Sorriso, and from the Teles Pires river ($11^{\circ}34'48.00''$ S and $55^{\circ}39'5.00''$ W) in the municipality of Sinop (Fig. 1). There is no history of gold prospecting activities within the studied areas, however the soil is subject to intense use, primarily through cattle farming, agriculture and tannery activities.

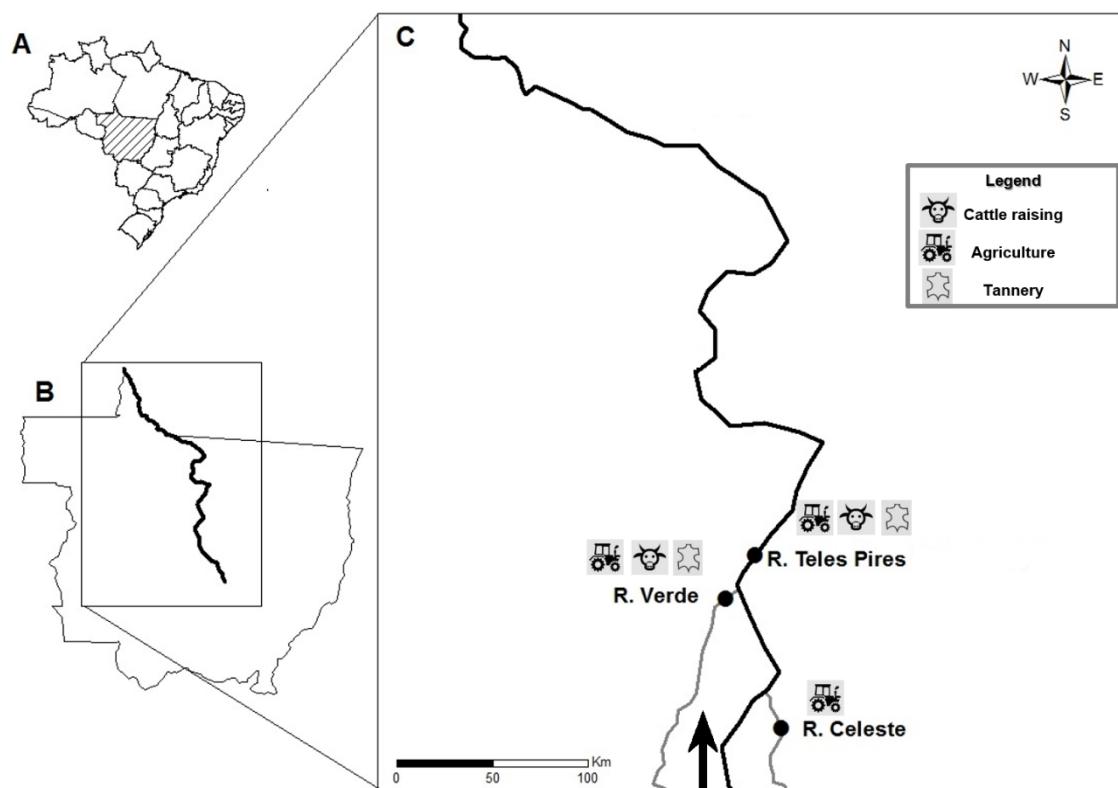


Fig. 1. **a.** Brazil, with the state of Mato Grosso marked as stripes. **b.** The state of Mato Grosso with the Teles Pires River shown in bold. **b.** Matrinxã (*Brycon falcatus*) sample collection sites (black circles), accompanied by pictographs of the main human activities found at each site. The black arrow indicates the flow direction of rivers. The specimens were collected from November 2014 to October 2016.

Fish collection and biometrics. Fish samples were collected from November 2014 to October 2016 using fishing rods and artificial bait. Five specimens were collected on the Celeste river, 33 on the Teles Pires river and 7 on the Verde river. After capture, fish were euthanized with a dose of 287 mg L^{-1} of Eugenol® for approximately 600 s (American Veterinary Medical Association, 2001; Vidal *et al.*, 2008), then submerged in ice and packed in plastic bags. Samples were transported to the laboratory where total

length, standard length and weight were measured for each specimen. The liver, gills and dorsolateral muscle (region below the dorsal fin and above the lateral line) were removed. These three tissues were stored at -20°C until analysis for THg concentration. *Brycon falcatus* specimens were deposited at the Universidade Estadual de Campinas museum (n° ZUEC 9190) and the Acervo Biológico da Amazônia Meridional of the Universidade Federal de Mato Grosso.

THg analysis. Tissue samples were digested as described by Zhou, Wong (2000), with 8 ml of HNO₃:H₂SO₄ (2:1 v/v) solution at 25°C for 3 hours, and then 60°C for 5 hours. Five ml of 30% H₂O₂ were added and temperature maintained at 65°C until samples were light in color. Samples were added to 25 ml of distilled H₂O, and the determination of THg concentration was performed with a Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometer (Spectrometer model AA 140, Varian).

Quality Assurance of Analyses. To verify the accuracy of the analytical method, a commercial certified sample (TORT-2 lobster hepatopancreas) provided by the National Research Council of Canada was analyzed. TORT-2 recovery was 81±6% for THg (n=2). *Spikes* were also made with muscle tissue samples, oven dried at 40°C to a constant weight, macerated, mixed with 10 mg/L THg solution, oven dried and macerated a second time, weighed and then subjected to the same digestion process as the previous tissue samples. These *spikes* (n=4) showed a recovery of 91±3% for THg. The THg concentration of samples within this study represent the uncorrected analytical results for the observed recovery in *spikes* and/or TORT-2. Blank (n=10) were periodically analyzed to test for any memory effect in the analysis and to evaluate any possible contamination of glassware, reagents and the laboratory atmosphere itself. The detection limit corresponds to the mean concentration of blanks samples plus three times the standard deviation (Miller, Miller, 1994). The detection limit was 0.063 µg/L.

Weight-length relationship and condition factor. The condition factor (K) is often used as an indicator of the degree of a species' well-being. A K with values close to or greater than 1 generally indicates well-nourished and healthy fish, and K values below 0.8 indicate underweight fish (Cizdziel *et al.*, 2002). The condition factor and weight-length relationship were analyzed according to Santos (1978) and Braga (1986). The allometric condition factor was calculated using the formula K = W/Lb, where W =

weight, L = standard length and b = regression coefficient. The weight-length relationship was estimated using the expression $W = aL^b$, where W = weight, a = intercept, L = standard length, and b = angular coefficient (Le Cren, 1951). The parameters a and b were estimated after logarithmic transformation of the weight and length data and subsequent adjustment of the line of best fit using the least squares method (Vanzolini, 1993). Le Cren (1951) states that the b values range from 2.0 to 4.0, assuming the value 3.0 for an "ideal fish" which maintains the same shape during ontogenetic growth. Values less or greater than 3.0 indicate individuals that become "longer" or more "round" during growth, respectively. The degree of association between weight and standard length was measured by coefficient of determination (r^2).

Hepatosomatic Index (HSI). The HSI reflects a fish's metabolic energy demand and can be considered as a general indicator of the health of fish which are sensitive to environmental contaminants (Everaarts *et al.*, 1993). An increase in liver weight may indicate an increase in the enzymatic detoxification process. In this way, the HSI can be used as a biomarker when fish are exposed to substances toxic to the liver (Haux, Larsson, 1984). The HSI was calculated using the formula described by Vazzoler (1981):

$$\text{HSI} = 100 \times (\text{liver weight (g)} / \text{total body weight (g)})$$

Estimated risk to human health. The human health risk assessment was performed in accordance with the United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2000). We used an approach based on four different consumption rates of *B. falcatus*: average consumption for consumers in Mato Grosso, Brazil (IBGE, 2011), average consumption for typical adults (USEPA, 2000), consumption for regular adult consumers (USEPA, 2000), and consumption for riverine and indigenous populations (Fréry *et al.*, 2001). For each of the four rates, we calculated the mean daily human intake of THg using the specimens with the lowest and highest THg concentration. To calculate the level of THg exposure resulting from the consumption of fish muscle tissue (the most commonly consumed tissue), the mean daily THg intake (MDI) equation was calculated as follows:

$$\text{MDI (mg kg day)} = (\text{C} * \text{CR}) / (\text{BW})$$

Where:

$$\text{C} = \text{concentration of THg in fish muscle tissue (mg kg}^{-1}\text{)},$$

CR = mean consumption rate: 0.030 kg day for typical adults, 0.142 kg day for regular adult consumers, 0.009 kg day for consumers in Mato Grosso (IBGE, 2011) and 0.340 kg day for indigenous and riverine populations (Fréry *et al.*, 2001),

BW = subject's body weight (70 kg was used),

The risk assessment was quantified by calculating the risk index (RI), which is expressed as the ratio between MDI and the oral reference dose (RfD) of mercury, and gives an idea of how many times above or below the recommended dose the population in question is being exposed to. The RI was calculated according to the following equation:

$$\text{RI} = \text{MDI} / \text{RfD},$$

Where RfD is the exposure to mercury to the human that is likely to be without noticeable risk to human health during a lifetime. The present work used RfD of 0.0001 mg kg⁻¹ body weight/day that is suggested by WHO (2008) for methylmercury (since almost all THg of muscle of fish is methylmercury) that includes the sensitive groups. Therefore, this RfD used intends to represent the worst scenario of mercury ingestion that should be considered when risk is assessed (the methylmercury ingestion by sensitive groups). Risk index values <1.0 indicate that population exposure is less than the acceptable dose and is likely to be without noticeable risk to human health (WHO, 2008). If the IR is ≥1.0, then population exposure is equal to or greater than the recommended acceptable dose, and the potential for adverse health effects increases.

Statistical analysis. Considering that *B. falcatus* is a migratory species, and that the distance between the three collection sites is no more than approximately 100 km, fish sampled from the three localities were analyzed collectively. Therefore, all data analyses cited above (weight-length relationship, K, HSI, MDI, RI) and subsequent analyses were performed by combining all specimens from the three locations.

Non-normality in the data distribution was verified through the Shapiro-Wilk test. As a result, a non-parametric Kruskal-Wallis test was used to test for differences in THg concentration between *B. falcatus* tissues. Spearman's correlation was used to verify any correlation between THg concentration in muscle tissue and condition factor, and between THg in the liver and the HSI. In a previous analysis we found that the variables weight and standard length were dependent, therefore to verify if THg concentration within the tissues was affecting the weight increase of fish, a multiple linear regression was used, using the following model:

$\text{lm}(\text{log}(\text{weight}) \sim \text{log}(\text{standard length}) + \text{THg concentration}$

All analyzes were performed using the Statistical Software R v. 3.3.2 (R Core Team, 2017).

Results

Forty-five *B. falcatus* individuals were collected and analyzed from the three collection sites within the Teles Pires river basin (Table 1). THg concentrations were higher in liver and muscle tissue than in the gills of fish ($p=5.96e^{-10}$, Kruskal-Wallis, level of 5% probability) (Table 2). THg concentration in the muscle tissue (the most commonly consumed part of the fish) was below the World Health Organization (WHO, 2008) recommended values for THg in fish intended for human consumption (Table 2).

The RI values for *B. falcatus* muscle consumption ranged from 0.01 to 8.74 (Table 3).

Table 1. Mean and range of total length (CT), standard length (CP) and weight (g) of *Brycon falcatus* specimens collected from rivers in the Teles Pires river basin collected from November 2014 to October 2016.

River	N	CT (mm)	CP (mm)	Weight (g)
Celeste	5	430 (285 - 565)	345 (225 - 450)	1740 (330 - 3600)
Teles Pires	33	292 (101 - 558)	247 (79 - 455)	1161 (13 - 3920)
Verde	7	484 (370 - 600)	396 (300 - 480)	2170 (810 - 4320)

Table 2. THg concentration (mean \pm standard deviation, in mg kg^{-1} wet weight) in tissues of *Brycon falcatus* collected from the Teles Pires river basin and the recommended limit of THg in fish for human consumption (WHO, 2008). Same letter indicates no statistical difference, while different letters indicate statistical difference ($p=5.96e^{-10}$, Kruskal-Wallis, level of 5% probability). The specimens were collected from November 2014 to October 2016.

Trace element	Tissue type			Recommended limit
	Gills	Liver	Muscle	
THg	$0.009 \pm 0.004^{\text{a}}$	$0.076 \pm 0.139^{\text{b}}$	$0.052 \pm 0.037^{\text{b}}$	0.500

Fish weight increased positively with standard length ($r^2 = 0.914$; $p < 0.001$; $b = 3.387$; Fig.2). The condition factor (K) was 1.025 and the HSI was 0.454 ± 0.286 . There was no correlation between THg concentration in the muscle and condition factor ($r = -0.073$; $p = 0.669$), or THg in the liver and HSI ($r = -0.03$; $p = 0.832$).

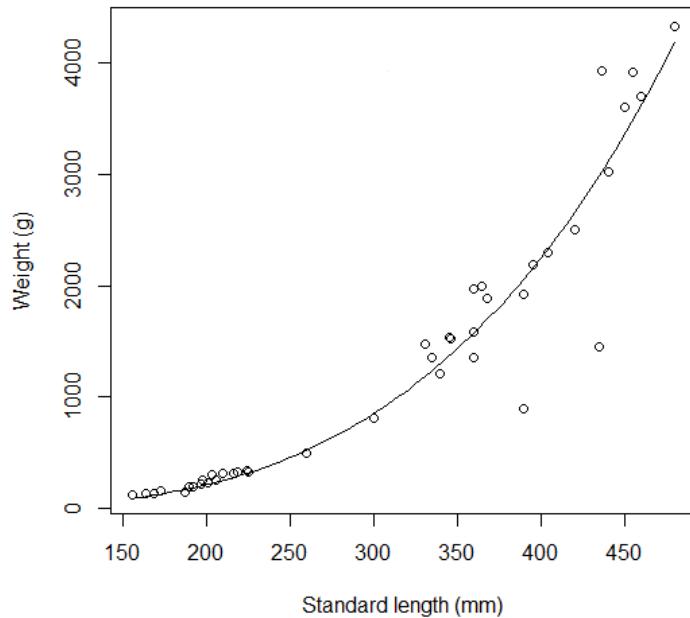


Fig. 2. Relationship between weight and standard length of *Brycon falcatus* collected from rivers of the Teles Pires river basin from November 2014 to October 2016.

THg concentration in muscle tissue was not related to standard length or weight ($r^2 = 0.54$; $p > 0.05$).

Table 3. Range of average daily intake (MDI) and risk index of adverse health effects (RI) calculated based on four different rates of fish consumption (typical consumers, regular consumers, consumers in the state of Mato Grosso and indigenous and riverine frequent consumers; consumption rates described in Material and Methods). RfD = oral reference dose (0.0001 mg kg day) based on WHO (2008). The MDI and RI were calculated based on total mercury concentration observed in *Brycon falcatus* muscle tissue collected from the Teles Pires river basin (0.009 to 0.180 mg kg⁻¹ wet weight). The specimens were collected from November 2014 to October 2016.

Mato Grosso				
	Typical adult	Regular adult consumers	(General population)	Indigenous and Riverine
MDI (mg/kg/d)	3.85E ⁻⁰⁶ - 7.71E ⁻⁰⁶	1.82E ⁻⁰⁵ - 3.65E ⁻⁰⁵	1.16E ⁻⁰⁶ - 2.31E ⁻⁰⁶	4.37E ⁻⁰⁵ - 8.74E ⁻⁰⁴
RI	0.038 – 0.771	0.182 - 3.651	0.011 – 0.231	0.437 – 8.742

Discussion

THg concentration in the liver and muscle tissue of *B. falcatus* was higher than that found in the gill tissue. The gills are in direct contact with the aquatic environment, and as they are responsible for the gas exchange process between the organism and environment, they are extremely irrigated by blood. Thus, the concentration levels in this organ reflect those of the external environment (river water) and the organism's blood. Other studies with fish have pointed to the liver as the organ with the highest accumulation of Hg (Havelková *et al.*, 2008; Azevedo *et al.*, 2012, Alvarez *et al.*, 2012; Watanabe *et al.*, 2012). In fish the Hg can be detoxified by the kidney, liver and, possibly, by the gills (Huang *et al.*, 2012). Maulvault *et al.* (2016) reported that the liver presented the highest percentage of elimination of Hg (64%) in juveniles of *Dicentrarchus labrax* (perciform fish). In muscle, Hg normally binds to the protein sulphhydryl groups (Azevedo, 2003). The half-life of Hg in this tissue tends to be higher, therefore, it is extremely relevant to know its THg concentration as it integrates environmental concentration in time and space (especially for migratory fish such as *matrinxã*). Therefore, liver and muscle tissues can have similar concentrations; however their significance and interpretation must be performed independently. Similar concentrations within these two tissues were also observed in omnivorous, carnivorous and detritivorous fish from the Vigário Reservoir (Rio de Janeiro, Brazil; Kasper *et al.*, 2009).

Various anthropogenic impacts are known within the studied region such as tanneries and cattle farming, however agriculture is currently the most widely practiced human activity, and is thus responsible for the greatest impact. It has been shown that

the various uses of the soil can be reflected in higher Hg concentrations in fish due to the direct increase of Hg from these activities (*e.g.*, use of mercury fungicides), or through increased leaching of naturally occurring Hg within the soil. Roulet *et al.* (1999) observed that erosion resulting from deforestation carries mercury absorbed in soil particles to adjacent aquatic systems. Mercury deposition in the sediment of a Southern Amazonian lake increased with intensified deforestation and land use from activities such as road construction (Cordeiro *et al.*, 2002). Fires caused cationic enrichment of the Tapajós river basin's soils, causing a change in cationic dynamics and consequent higher soil mercury loss due to leaching (Farella *et al.*, 2006). Sampaio da Silva *et al.* (2009) studied the Tapajós river basin and suggested that land use in watersheds plays a key role in the Hg concentration of local ichthyofauna. Kütter *et al.* (2015) observed high mercury concentrations in the omnivorous *Astyanax* sp in southern Brazil's rice plantations. Although within the region of focus of the present study, even with intense agricultural activity and agrochemical use (Pignati *et al.*, 2007; Belo *et al.*, 2012), our results showed that *Brycon falcatus* presented low concentrations of THg. Mercury is poorly absorbed through gills and skin of fish; the main route of exposure is through its diet (Erickson *et al.*, 2008). Top organisms in the aquatic food chain generally have higher THg concentrations than those at lower trophic levels even though they inhabit the same aquatic system (Voigt, 2004; Terra *et al.*, 2008). *B. falcatus* has omnivorous food habit with a tendency to frugivory (Correa *et al.*, 2007). In the Teles Pires river basin, due to the great supply of *in natura* soybeans in attractants, the *B. falcatus* diet is mainly based on soybeans (Matos *et al.*, 2016a). Thus, the low levels of THg in *B. falcatus* observed in the present study is probably due to its food habit.

The weight-length relationship in the present study revealed a positive allometric growth with a b value greater than 3.0, indicating that the increase in weight was greater than that of length for fish collected from the Teles Pires river basin. This positive allometric standard was also described for wild *B. falcatus* specimens (Giarrizzo *et al.*, 2015), farmed *Brycon amazonicus* (Arias *et al.*, 2006), wild *Brycon siebenthalae* (Arias, 1995) and wild *Brycon cephalus* (Zaniboni-Filho, 1985). According to Silva *et al.* (2015), when the value of b exceeds 3.0, the fish are fatter. Therefore, based on the b value, THg levels in collected *B. falcatus* did not influence weight gain. The condition factor is often used as an indicator of fish nutritional status, where a K value close to 1 generally indicates that fish are well nourished and healthy (Cizdziel *et al.*, 2002). The

condition factor of collected *B. falcatus* was 1.025, indicating that collected fish were healthy. In the present study there was no correlation between THg concentration in the muscle and K of collected *B. falcatus*. This indicates that THg levels in analyzed *B. falcatus* did not influence nutritional status. In addition, there are other factors besides well-being that were not analyzed in the present study, which can be affected even at low levels of mercury (such as, reproduction, gas exchange through gills and predator avoidance). Studies indicate that Hg affects the capture capacity of fish prey and makes them more susceptible to predation (Weis, Weis 1995a; Weis, Weis, 1995b; Smith, Weis, 1997). The contamination by Hg also can impair the hormone production in male and female fish, and decrease the quality and quantity of the production of sperm and eggs (Friedmann *et al.*, 2002; Ebrahimi, Taherianfard, 2011). The gill epithelium of fish can be ruptured since Hg contamination, affecting the gas exchange and the permeability of cell membranes (Oliveira-Ribeiro *et al.*, 2000), which may result in increased energy demands, change in gas exchange efficiency and increase the metabolic rate (Tatara *et al.*, 2001).

Body indexes, such as the hepatosomatic index, have commonly been used for biomonitoring of environmental stress in fish health. An increase in the HSI may also be associated with increased detoxification activity in response to the presence of contaminants (Pereira, Kuch, 2005). However, a decreased HSI indicates that fish populations are under chemical stress and are using energy reserves (Kopecka *et al.*, 2006). In farmed *Brycons*, a HSI of 0.96 was reported for *B. cephalus* (Monteiro *et al.*, 2006) and 1.31 for *B. amazonicus* (Tavares-Dias *et al.*, 2008). In wild *B. falcatus*, the HSI ranged from 0.166 to 0.390, reflecting stress induced by a low supply of fish food during the dry season, rather than contamination of the specimens (Matos *et al.*, 2016b). In the present work, the mean HSI of analyzed fish was 0.454 ± 0.286 , similar to that described by Matos *et al.* (2016b). Considering that this study analyzed wild specimens, where the food supply is likely lower than that in pisciculture, and that there was no correlation between THg concentration in the liver and the HSI, we can conclude that the low HSI does not reflect contamination of the specimens, but rather the specimens' nutritional status.

The THg levels in muscle tissue of the *B. falcatus* specimens evaluated in this study ranged from 0.009 to 0.180 mg.kg⁻¹ wet weight, below the value recommended for fish Hg content for human consumption by World Health Organization. This recommendation is based on a person weighing approximately 60 kg and having in his

food about 400 g of fish per week (FAO, 1983). However, the RI calculated with different consumption rates of fish of the studied region presents some values greater than 1.0, indicating a potential risk of adverse effects on human health. The RfD used to calculate RI is an estimate of a daily exposure to the human population (including sensitive subgroups) that is unlikely to have a significant risk of deleterious effects during life. It is not a direct risk estimator, but rather a point of reference for assessing the potential effects. In increasing exposures to RfD, the potential for adverse health effects increases (USEPA, 2001). In the Tapajós basin, Bidone *et al.* (1997) and Castilhos *et al.* (1998) found similar levels of THg (0.050 mg.kg^{-1}) in matrinxã muscle. *B. falcatus* has excellent meat quality, and as a result is commonly consumed throughout the region, with the muscle flesh the part of the fish most commonly used for human consumption (Kosanovic *et al.*, 2007). There are three indigenous ethnic groups (*mundurukus*, *kaibabis* and *apyakas*) within the Teles Pires river basin that consume the available fisheries resources (Fany, 2011; IBGE, 2016). In addition to the indigenous tribes, there is a fishing colony (named Z-16) with approximately 250 professional fishermen working in the Teles Pires river basin. In the Tapajós basin, researchers found trace element contamination in indigenous and riverine populations; where Barbosa *et al.* (1997) showed that 3% of the riverine population presented levels of mercury above 50 mg.kg^{-1} , Hacon *et al.* (1997) estimated a Risk Index of 9.3 for families of fishermen, and Brabo *et al.* (2000) concluded that while Hg levels in fish consumed by the *Sai Cinza* tribe were below the Brazilian limit for consumption, their high consumption rates of large quantities of fish make them highly susceptible to contamination. Considering that the diets of the local indigenous and riverine populations predominately consist of fish (the populations' main protein source), results in high susceptibility to the contaminants contained in consumed fish. According to Fréry *et al.* (2001), fish meat constitutes at least seven weekly meals for these populations, consuming approximately 340 g of fish per day. However, studies comparing contamination risks to the benefits provided by the consumption of omega-3 fatty acids have shown that the benefits outweigh the risks (Mozaffarian, Rimm, 2006; Mahaffey *et al.*, 2011). To balance the risks and benefits of regular fish consumption, species choice, consumption frequency and portion size are essential aspects that need to be looked at (Domingo, 2007). Based on the data from our study, we conclude that it may be considered unlikely that the consumption of *B. falcatus* from the Teles Pires river basin for the general population, which consume about 30 g of matrinxã per day or

about of 250 g/week, presents a risk for health. However, those who have a high consumption of fish, such as indigenous and riverine people, it is adequate to eat more herbivorous fish (pacu, tambaqui, pirapitinga, jatuarana, piau and others) since they probably have low Hg levels. It is especially important for the fish consumption by children, pregnant and lactating because they are nurturing a nervous system in formation, and, therefore, the most vulnerable life stages.

We summarize that by the condition factor, weight and length ratio and hepatosomatic index analyses the concentrations of THg probably did not influence the health and well-being of *B. falcatus* collected in the Teles Pires river basin. Liver and muscle tissues presented similar levels of THg, but their significance and interpretation should be performed independently. Regarding the consumption of the *B. falcatus*, we conclude that the concentrations of THg are within the limit recommended for those that have lower consumption rates of the studied region. The risk of deleterious effects on human health may exist in those that have a greater consumption of *B. falcatus* because the consumer will be exposed to higher loads of mercury (including the sensitive groups). With the implementation of the Sinop Hydroelectric Power Plant, which it is planned to operate from 2019, future studies on fish assessment should be carried out since the creation of the reservoir may increase the bioaccumulation of Hg in fish, as already seen in many tropical and temperate reservoirs (e.g., Schetagne, Verdon, 1999; Hylander *et al.*, 2006; Porvari, 1995).

Acknowledgements

We especially thank Prof Dr Ricardo L. T. de Andrade for all his efforts in this research, yielding the Integrated Laboratory of Chemical Research-LIPEQ and helping with analyses of fish samples. We thank Denise C. Parisotto for helping with laboratory analyses, Marcos Beckmann for help with the collections, and Lucia Mateus for assistance in the statistical analyses and an anonymous reviewer who provided extensive feedback that significantly improved this manuscript. The research was carried out with the support of the *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso* (FAPEMAT, Universal notice 005/2012) and *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq Universal, MCTI/CNPq No. 14/2014). Permission to collect specimens was granted by *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBio). LSM received financial support from the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES).

References

- Abdallah MAM. Trace element levels in some commercially valuable fish species from coastal waters of Mediterranean Sea, Egypt. *J Mar Systems.* 2008; 73: 114-22.
Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.09.006>
- Akagi H, Malm O, Kinjo Y, Harada M, Branches FJP, Pfeiffer WC, Kate H. Methylmercury pollution in the Amazon, Brazil. *The Sci of the Total Env.* 1995; 175:85-95. Available from: [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04905-3](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04905-3)
- Alvarez S, Kolok AS, Jimenez LF, Granados C, Palacio JA. Mercury concentrations in muscle and liver tissue of fish from marshes along the Magdalena River, Colombia. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2012; 89:836–40. Available from:
<https://doi.org/10.1007/s00128-012-0782-9>
- American Veterinary Medical Association. Report of the AVMA panel on euthanasia. *JAVMA.* 2001; 218: 669-96.
- Arias CJA. Contribución al conocimiento biológico de los peces de los Llanos, yamú (*Brycon siebenthalae*) y sapuara (*Semaprochilodus laticeps* cf.), con fines de cultivo. Informe Final. UniLlanos-Colciencias, Villavicencio, Colombia. 1995. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902006000200002&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0120-0690.
- Arias CJA, Zaniboni-filho E, Aya BE. Cycle reproductive indicators for yamú *Brycon amazonicus*, in captivity. *Rev Orinoquia.* 2006; 10 (2). Available from:
<http://dx.doi.org/10.22579/20112629.215>
- Azevedo FA. *Toxicologia do mercúrio.* Rima, São Carlos, São Paulo. 2003.
- Azevedo JS, Sarkis JES, Oliveira TA, Ulrich JC. Tissue-specific mercury concentrations in two catfish species from the Brazilian coast. *Braz J of Ocean.* 2012; 60 (2): 211-19. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592012000200011>.
- Barbosa AC, Garcia AM, Souza J. Mercury contamination in hair of riverine populations of Apiacas Reserve in the Brazilian Amazon. *Water, Air & Soil Poll.* 1997; 97:1-8. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1018336820227>
- Belo MSSP, Pignati W, Dores EFGC, Moreira JC, Peres F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. *Rev bras saúde ocup.* 2012; 37 (125): 78-88. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572012000100011>

- Bidone ED, Castilhos ZC, Souza TMC, Lacerda LD. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós river Basin, Pará State, Amazon, Brazil: a screening approach. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1997; 59: 194-201. Available from: <https://doi.org/10.1007/s001289900464>
- Brabo ES, Santos EO, Jesus LM, Mascarenhas AFS, Faial KF. Mercury contamination of fish and exposures of indigenous community in Pará state, Brazil. *Environ Research.* 2000; 84: 197-203. Available from: <https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4114>
- Braga FMS. Estudo entre fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. *Braz J Biol.* 1986; 46 (2): 339-346. Available from: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn01610012010>>
- Castilhos ZC, Bidone ED, Lacerda LD. Increase of the background human exposure to mercury through fish consumption due to gold mining at the Tapajós river region, Pará State, Amazon. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1998; 61: 202-9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s001289900749>
- Cizdziel JV, Hiners TA, Pollard JE, Heithmar EM, Cross CL. Mercury concentrations in fish from lake mead, USA, related to fish size, condition, trophic level, location, and consumption risk. *Arch of Environ Contam and Toxic.* 2002; 43: 309–17. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00244-002-1191-6>
- Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. The toxicology of mercury-current exposures and clinical manifestations. *N Engl J Med.* 2003; 349: 1731-1737. Available from: <https://DOI: 10.1056/NEJMra022471>
- Cordeiro RC, Turcq B, Ribeiro MG, Lacerda LD, Capitaneo J, Oliveira da Silva A, Sifeddine A, Turcq PM. Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). *The Sci of the Total Environ.* 2002; 293: 247–56. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00045-1)
- Correa SB, Winemiller KO, Lopez-fernandez H, Galetti M. Evolutionary perspectives on seed consumption and dispersal by fishes. *Bioscience.* 2007; 57: 748–756. Available from: <https://doi.org/10.1641/B570907>
- Domingo JL. Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: is all that glitters gold? *Environ Intern.* 2007; 33 (7): 993-88. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.05.001>
- Dorea JG, de Souza JR, Rodrigues P, Ferrari I, Barbosa AC. Hair mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in Munduruku and Kayabi Indians of

- Amazonia. Environ Research. 2005; 97: 209–19. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.04.007>
- Ebrahimi M, Taherianfard M. 2011. The effects of heavy metals exposure on reproductive systems of cyprinid fish from Kor River. Iran J of Fish Sci, 10(1) 13-24. Available from: <<http://jifro.ir/article-1-121-en.html>>
- Erickson RJ, Nichols JW, Cook PM, *et al.* Bioavailability of chemical contaminants in aquatic systems, In: Di Giulio R T, Hinton D E, The Toxicology of Fishes, Florida, USA: CRC Press. 2008; 9-45. DOI10.1201/9780203647295.ch2
- Everaarts JM, Shugart LP, Gustin MK, Hawkings WE, Walker WW. Biological markers in fish: DNA integrity, hematological parameters and liver somatic index. Mar Environ Research. 1993; 35: 101-7. Available from: [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(93\)90021-Q](https://doi.org/10.1016/0141-1136(93)90021-Q)
- Fadini PS, Jardim WF. Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring Hg? The Sci of The Total Environ. 2001; 275: 71-82. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00855-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00855-X)
- Fany R. Povos indígenas no Brasil 2006/2010. Editora: Instituto Socioambiental. 1^a edição. 778 p. 2011.
- FAO/WHO – Food and Agriculture Organization/World Health Organization. 1983. Food consumption and exposure assessment of chemicals. Report of a FAO/WHO FAO, 1983.
- Farella N, Lucotte M, Davidson R, Daigle S. Mercury release from deforested soils triggered by base cation enrichment. Sci of the Total Environ. 2006; 368: 19–29. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.04.025>
- Figueiredo-fernandes A, Fontainhas-fernandes A, Monteiro R, Reis-henriques MA, Rocha E. Effects of the fungicide mancozeb on liver structure of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*: Assessment and quantification of induced cytological changes using qualitative histopathology and the stereological point-sampled intercept method. Bull of Environ Contam and Toxic. 2006; 76: 249-55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00128-006-0914-1>
- Fréry N, Maury-Brachet R, Maillot E, Deheeger M, Mérona B, Boudou A. Gold-mining activities and mercury contamination of native Amerindian communities in French Guiana: Key Role of Fish in Dietary Uptake. Environ Health Persp. 2001; 109(5): 449-456. Available from:< URL: <http://www.jstor.org/stable/3454702>>

- Friedmann AS, Costain EK, MacLatchy DL, Stansley W, Washuta EJ. Effect of mercury on general and reproductive health of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) from three lakes in New Jersey. Ecot and Environ Safety. 2002; 52(2):117-122. Available from: <https://doi.org/10.1006/eesa.2002.2165>
- Giarrizzo T, De Sena Oliveira RR, Costa Andrade M, Pedrosa Gonçalves A, Barbosa TAP, Martins AR *et al.* Length-weight and length-length relationships for 153 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). J of Applied Ichthyol. 2015; 31: 415–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jai.12677>
- Grant CA, Sheppard SC. Fertilizer impacts on cadmium availability in agricultural soils and crops. Human and ecological risk assessment, An Intern J. 2008; 14: 210 - 28. Available from: <https://doi.org/10.1080/10807030801934895>
- Hacon S, Rochedo ER, Campos R, Rosales G, Lacerda LD. Risk assessment of mercury in Alta Floresta. Amazon Basin – Brazil. Water, Air & Soil Poll. 1997; 97:91-105. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1018367313384>
- Hacon S, Yokoo E, Valente J, Campos RC, Da Silva V A, De Menezes ACC *et al.* Exposure to mercury in pregnant women from Alta Floresta Amazon Basin, Brazil. Environ Research Section A. 2000; 84: 204-10. Available from: <https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4115>
- Haux C, Larsson A. Long-term sublethal physiological effects on rainbow trout, *Salmo gairdneri*, during exposure to cadmium and after subsequent recovery. 1984. In: R. T. Di Giulio, & D. E. Hinton (Eds.). The toxicology of fishes (p. 129-142). New York-NY: CRC Presss, Taylor & Francis Group. 1984.
- Havelková M, Dušek L, Némethová D, Poleszczuk G, Svobodová Z. Comparison of mercury distribution between liver and muscle – a biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities. Sensors. 2008; 8: 4095-109. Available from: <http://doi.org/10.3390/s8074095>
- Huang SSY, Strathe AB, Fadel JG, Lin P, Liu T, Hung SO. Absorption, distribution, and elimination of graded oral doses of methylmercury in juvenile white sturgeon. Aquat Toxicol. 2012; 122-123: 163-171. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.06.003>
- Hylander LD, Gröhn J, Tropp M, Vikström A, Wolpher H, de Castro E Silva E, Meili M, Oliveira LJ. Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. J Environ Manage. 2006; 81(2):155-66. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.09.025>

- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). Atlas nacional digital do Brasil 2016. http://www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/ acesso em 23/06/2017
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil / IBGE, Coordenação de trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro. IBGE, 2011.
- Islam MS, Tanaka M. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Mar Pollut Bul.* 2004; 48:624–49. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.12.004>
- Kasper DEF, Palermo A, Dias CMI, Ferreira GL, Leitão RP, Branco CWC, Malm O. Mercury distribution in different tissues and trophic levels of fish from a tropical reservoir, Brazil. *Neotrop Ichthyol.* 2009; 7(4):751-58. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400025>
- Kenová R, Kružíková K, Svobodová Z. Mercury speciation and safety of fish from important fishing locations in the Czech Republic. *Czech J. Food Sci.* 2012; 30 (3): 276–84. Available from:<<http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/63476.pdf>>
- Kopecka J, Lehtonen K, Barsiene J, Broeg K, Vuorinen P, Gercken J, Pempkowiak J. Overview of biomarker responses in fish (*Platichthys flesus*) and mussels (*Mytilus trossulus*) from the Gdansk Bay. *Marine Pollut. Bul.* 2006; 53 (8-9): 406-21. Available from:[10.1016/j.marpolbul.2006.03.009](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.03.009)
- Kosanovic M, Hasan MY, Subramanian D, Al Ahbabi AA, Al Kathiri OA, Aleassa EM, Adem A. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in muscle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*). *Food and Chem Toxicol.* 2007; 45: 2261–266. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.010>
- Kütter VT, Kütter MT, Silva-Filho EV, Marques ED, Gomes OVO, Mirlean N. Mercury bioaccumulation in fishes of a paddy field in Southern of Brazil. *Acta Limnol Brasil.* 2015; 27(2): 191-201. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X5314>
- Le Cren ED. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol.* 1951; 20: 201–19. Available from:<www.jstor.org/stable/1540.>
- Lechler PJ, Miller JR, Lacerda LD, Vinson D, Bonzongo JC, Lyons WB, Warwick JJ. Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water, and fish of the Madeira

- river basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments? *Sci Total Environ.* 2000; 260: 87–96. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00543-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00543-X)
- Lobo FL, Costa M, Novo EMLM, Telmer K. Distribution of artisanal and small-scale gold mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the past 40 years and relationship with water siltation. *Rem Sensing.* 2016; 8: 579-601. Available from:<<http://www.mdpi.com/2072-4292/8/7/579>>
- Macirella R, Guardia A, Pellegrino D, Bernabò I, Tronci V, Ebbesson LOE *et al.* Effects of two sublethal concentrations of mercury chloride on the morphology and metallothionein activity in the liver of zebrafish (*Danio rerio*). *Inter J of Mol Sci.* 2016; 17:361-377. Available from:<<http://www.mdpi.com/1422-0067/17/3/361>>
- Mahaffey KR, Sunderland EM, Chan HM, Choi AL, Grandjean P, Mariën K, *et al.* Balancing the benefits of n-3 polyunsaturated fatty acids and the risks of methylmercury exposure from fish consumption. *Nutr Reviews.* 2011; 69 (9): 493-508. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00415.x>
- Malm O, Branches FJP, Akagi H, Castro MB, Pfeiffer WC, Harada M *et al.* Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós River basin, Brazil. *The Sci of the Total Environ.* 1995; 175: 141-150. Available from: [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04910-X](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04910-X)
- Malm O, Guimaraes JRD, Castro MB, Bastos WR, Viana JP, Branches FJP *et al.* Follow-up of mercury levels in fish, human hair and urine in the Madeira and Tapajós basins, Amazon, Brazil. *Water, Air and Soil Poll.* 1997; 97:45. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF02409643>
- Matos LS, Silva JOS, Andrade PSM, Carvalho LN. Diet of characin, *Brycon falcatus* (Müller and Troschel, 1844) in the Amazon Basin: a case study on attractant for fish in the Teles Pires river. *J of Appl Ichthyol.* 2016a; 32: 1080–1085. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/jai.13108>
- Matos LS, Silva DR, Silva JOS, Andrade RLT Carvalho LN. Heavy metal bioaccumulation of the characiform *Brycon falcatus* Muller & Troschel, 1844 in the Teles Pires basin, Southern Amazon. *Acta Scient. Biol Sci.* 2016b; 38 (2): 131-38. Available from:<<http://www.redalyc.org/html/1871/187147823001>>
- Maulvault AL, Custódio A, Anacleto P, Repolho T, Pousão T, Nunes ML *et al.* Bioaccumulation and elimination of mercury in juvenile seabass (*Dicentrarchus labrax*) in a warmer environment. *Environ Res.* 2016; 149: 77-85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.04.035>

- Micaroni RCCM, Bueno MIMS, Jardim WF. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. *Quím Nova*. 2000; 23: 487-95.
Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422000000400011>.
- Miller JC, Miller JN. Statistics for Analytical Chemistry. Ellis Horwood, Great Britain. 1994.
- Monteiro DA, Almeida JA, Rantin FT, Kalinin AL. Oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish, *Brycon cephalus*, exposed to organophosphorus insecticide Folisuper 600 (methyl parathion). *Comp Biochem Physiol*. 2006; 143: 141–49.
Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.01.004>
- Mozaffarian D, Rimm EB. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *JAMA*. 2006; 296 (15):1885-99. Available from: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17047219>>
- Oliveira-Ribeiro CA, Pelletier E, Pfeiffer WC, Rouleau C. Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and Nordic freshwater fish. *Environ Res*. 2000; 83: 286-292. Available from:
<https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4056>
- Penteado SR. Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e viçosa. Campinas, Bueno Mendes Gráfica e Editora. 2000.
- Pereira MS, Kuch B. Heavy metals, PCDD/F and PCB in sewage sludge samples from two wastewater treatment facilities in Rio de Janeiro State, Brazil. *Chemosphere*. 2005; 60 (7): 844-53. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.01.079>
- Pignati WA, Machado JMH, Cabral JF. Acidente rural ampliado: o caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde – MT. *Ciênc Saúde Col*. 2007; 12 (1): 105-14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232007000100014>
- Porvari P. Mercury levels of fish in Tucurui hydroelectric reservoir and in River Moiti in Amazonia, in the state of Pará Brazil. *The Sci of the Total Environ*. 1995; 175: 109 - 17. Available from: [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04907-X](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04907-X)
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.2017.
- Roulet M, Lucotte M, Canuel R, Farella N, Courcelles M,, Guimarães JRD *et al.* Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. *Chem Geol*. 2000; 165: 243–66. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00172-2](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00172-2)

- 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 Soil Pollut.* 1995; 80:1079-88. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF01189768>
- Roulet M, Lucotte M, Farella N, Serique G, Coelho H, Sousa Passos CJ *et al.* Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollut.* 1999; 112: 297–313. Available from: <https://doi.org/10.1023/A:1005073432015>
- Sampaio da Silva D, Lucotte M, Paquet S, Davidson R. Influence of ecological factors and of land use on mercury levels in fish in the Tapajos river basin Amazon. *Environ Res.* 2009; 109 (4): 432 - 46. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.02.011>
- Santos EP. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, Hucitec, Ed. Univ. São Paulo, 1978.
- Schetagne R, Verdon R. Post-impoundment evolution of fish mercury levels at the La Grande complex, Quebec, Canada from 1978 to 1996. In: Lucotte M, Schetagne R, Therien N, Langlois C, Tremblay A, editors. Mercury in the biogeochemical cycle: natural environments and hydroelectric reservoirs of northern Quebec, *Environ Sci.* 1999; 235-58.
- Sfredo GJ. Soja no Brasil, calagem, adubação e nutrição mineral. Embrapa Soja. 2008.
- Silva TSC, Santos LD, Silva LCR, Michelato M, Furuya VRB, Furuya WM. Length-weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. *R Bras Zootec.* 2015; 44: 133-37. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902015000400001>
- Smith GM, Weis JS. Predator/prey interactions of the mummichog *Fundulus heteroclitus*: Effects of living in a polluted environment. *J Exper Mar Biol Ecol.* 1997; 209: 75–87. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02590-7](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02590-7)
- Sweet L I, Zelikoff J T. Toxicology and immunotoxicology of mercury: a comparative review in fish and humans. *J Toxicol Environ Health.* 2001; 4: 161-205. Available from: <https://doi.org/10.1080/10937400117236>
- Tatara CP, Newman MC, Mulvey M. Effect of mercury and Gpi-2 genotype on standard metabolic rate of eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*). *Environ Toxicol Chem.* 2001; 20: 782-786. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620200413>
- Tavares-Dias M, Affonso EG, Oliveira SR, Marcon JL, Egami MI. Comparative study on hematological parameters of farmed matrinxã, *Brycon amazonicus* Spix and Agassiz,

- 1829 (Characidae: Bryconinae) with others Bryconinae species. *Acta Amaz.* 2008; 38: 799-806. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400026>
- Terra BF, Araújo FG, Calza CF, Lopes R T, Teixeira TP. Heavy metal in tissues of three fish species from different trophic levels in a tropical Brazilian River. *Water Air Soil Pollut.* 2008; 187: 275-284. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9515-9>
- USEPA. Guidance for Assessing Chemical Contamination Data for Use in Fish Advisories. Volume 1: Fish Sampling and Analysis, and Volume 2: Risk Assessment and Fish Consumption Limits. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA 823-B-97-009, Third Edition, Cincinnati, OH. 2000.
- USEPA.US Environmental Protection Agency: Integrated Risk Information System (IRIS) for Methylmercury (CASRN 22967-92-6). Washington, DC: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development. 2001. Available at: www.epa.gov/iris/subst/0073.htm
- Vanzolini PE. Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica. Hucitec, São Paulo. 1993.
- Vazzoler AEAM. Manual de métodos para estudos biológicos de população de peixes. Reprodução e crescimento. Brasilia, CNPq – Programa Nacional de Zoologia. 1981.
- Vidal LVO, Albinati RCB, Albinati ACL, Lira AD, Almeida TR, Santos GB. Eugenol como anestésico para a tilápia do Nilo. *Pesq Agropec Bras.* 2008; 43 (8): 1069 - 74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800017>
- Voigt HR. Concentrations of mercury (Hg) and cadmium (Cd), and the condition of some coastal Baltic fishes. *Environ Fen.* 2004; 21: 26 pp. Available from: <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-1738-4>
- Wasserman JC, Hacon S, Wasserman MA. Biogeochemistry of mercury in the Amazonian. *Ambio.* 2003; 32: 336-42. Available from: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14571962>>
- Watanabe N, Tayama M, Inouye M, Yasutake A. Distribution and chemical form of mercury in commercial fish tissues. *J Toxicol Sci.* 2012; 37 (4): 853-61. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22863865>
- Weis JS, Weis P. Effects of embryonic exposure to methylmercury on larval prey capture ability in the mummichog *Fundulus heteroclitus*. *Environ Toxicol Chem.* 1995a; 14: 153–156. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620140117>

- Weis JS, Weis P. Effects of embryonic and larval exposure to methylmercury on larval swimming performance and predator avoidance in the mummichog *Fundulus heteroclitus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1995b; 52: 2168–2173. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620140117>
- World Health Organization - WHO. United Nations Environment Programme. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva: World Health Organization; 2008.
- Zaniboni-Filho E. Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei: Characidae). [Master thesis]. Manaus, AM: Universidade Federal da Amazônia, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia;1985.
- Zhou HY, Wong MH. Mercury accumulation in freshwater fish with emphasis on dietary influences. Water Res. 2000; 34 (17): 4234 - 42. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00176-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00176-7)

4º Capítulo:

Manuscrito em preparação que será enviado para a revista Journal of fish biology, e se encontra nas normas desta revista (anexo 03)

Mercúrio em diferentes tecidos de peixes carnívoros e detritívoros na Amazônia**Meridional****MERCÚRIO EM PEIXES CARNÍVOROS E DETRITÍVOROS**

L. S. Matos¹, D. Kasper², J. O. S. Silva³, and L. N. Carvalho⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal de Mato Grosso– UFMT, Campus Universitário de Cuiabá, 78060-900. Cuiabá, MT, Brasil.

²Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, 21941-902, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais-ICAA, UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil.

⁴Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais-ICNHS, UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil.

O objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações de mercúrio total (HgT) no músculo, fígado, rins e brânquias de peixe detritívoro (*Prochilodus nigricans*) e carnívoros (*Hydrolycus armatus*, *Hydrolycus tatauaia*, *Cichla mirianae*) coletados entre Agosto de 2015 a Maio de 2016 em rios da bacia do Teles Pires. No geral, as concentrações de HgT foram maiores no fígado e nos rins dos peixes, e menores nas brânquias. Os dois primeiros são órgãos de destoxificação, portanto, apesar de altamente irrigados por sangue como as brânquias, possuem uma função metabólica diferente. Foram observadas maiores concentrações de HgT no músculo das espécies carnívoras quando comparada à detritívora, o que era esperado pela biomagnificação do mercúrio. As concentrações de HgT provavelmente não interferiram no bem-estar e sanidade dos organismos avaliados, pois os valores de K e do HSI não foram relacionados ao HgT do músculo.

Palavras-chave: bioacumulação; Characiformes; Cichlidae; bacia do Teles Pires; bacia do Tapajós.

INTRODUÇÃO

Os metais traço são acumulados nos diversos tecidos do corpo do peixe em concentrações diferentes. Essas diferenças resultam das afinidades desses metais com determinados tecidos dos peixes, formas de absorção, acúmulo e taxas de excreção (Jezierska & Witesk, 2006). O acúmulo de mercúrio em peixes pode ser diferente entre espécies de peixes que vivem no mesmo corpo hídrico, e tais diferenças podem estar relacionadas ao ciclo de vida e hábitos alimentares da espécie. Organismos de topo da cadeia alimentar geralmente apresentam maiores concentrações de mercúrio do que aquelas de níveis tróficos

inferiores, ainda que habitando o mesmo sistema aquático (Campbell, 1994, Kidwell *et al.*, 1995; Voigt, 2004; Terra *et al.*, 2008). O sedimento dos sistemas aquáticos acumula uma grande carga de mercúrio, especialmente adsorvidos às partículas mais finas, como o silte e a argila. Os peixes detritívoros, ao se alimentarem nos sedimentos podem acumular grandes concentrações de mercúrio, algumas vezes até maiores do que carnívoros, que estão expostos ao mercúrio, sobretudo, pelo consumo de insetos e outros peixes (Yi *et al.*, 2011; Weber *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015).

Estudos na bacia amazônica mostraram uma maior concentração de mercúrio em peixes carnívoros e piscívoros (Lima *et al.*, 2005; Kasper *et al.*, 2012; Arantes *et al.*, 2015; Lima *et al.*, 2015; Webb *et al.*, 2015). Portanto, a bioacumulação e a biomagnificação são processos que interagem e podem gerar diferenças de concentrações de mercúrio em diferentes espécies de peixe que habitam o mesmo corpo d'água e tecidos dentro do mesmo organismo. Para compreendermos o risco do mercúrio para a ictiofauna e para os consumidores dos peixes, são necessários estudos sobre mercúrio nos peixes e no meio em que eles vivem (Lima Jr *et al.*, 2002; Yi e Zang 2012; Lima *et al.*, 2015). Estudos investigando concentrações de mercúrio em peixes na bacia do Rio Tapajós (cujo Teles Pires é um dos formadores) apresentaram as maiores concentrações de mercúrio total (HgT) em carnívoros, sendo que alguns estudos apresentaram concentrações de HgT acima do recomendado pela Organização Mundial da Saúde para consumo humano (Lebel *et al.*, 1997; Dórea *et al.*, 2005; Sampaio *et al.*, 2006; Martin-Doimeadios *et al.*, 2014; Bordineaud *et al.*, 2015; Faial *et al.*, 2015).

Estudos sobre contaminação de mercúrio em peixes costumam analisar o bem-estar dos peixes por meio da relação peso-comprimento, fator de condição e índice hepatossomático (Monsefrad *et al.*, 2012; Olivero-Verbel & Caballero-Gallardo, 2013; Lyons *et al.*, 2017). Mas existem outros fatores além do bem-estar que podem ser afetados mesmo em baixas concentrações de mercúrio, como, por exemplo, a capacidade de captura de presas e predação (Weis & Weis, 1995; Smith & Weis, 1997), a reprodução (Ebrahimi & Taherianfard, 2011) e a respiração (Oliveira-Ribeiro *et al.*, 2000; Tatara *et al.*, 2001).

As principais atividades econômicas atuais na bacia do Rio Teles Pires são agropecuária e agricultura (Ohara, 2017). Na década de 70, com o início da colonização da região norte de Mato Grosso, houve intensa atividade de exploração madeireira, desmatamento, queimadas, erosão e garimpo de ouro (Cordeiro *et al.*, 2002). A atividade garimpeira sofreu declínio após a década de 90 (quando foi muito intensa) devido ao esgotamento de depósitos de ouro de fácil acesso (Lobo *et al.*, 2016). Assim, as atividades madeireira e garimpeira foram substituídas pela agricultura e agropecuária (Cordeiro *et al.*, 2002). Devido a esse histórico de ações antropogênicas, a bacia do Rio Teles Pires também tem sido investigada sobre concentrações de metais traços em peixes (*e.g.*; Dórea *et al.*, 2005; Farias, 2007; Perez, 2008; Castilhos *et al.*, 2011; Matos *et al.*, no prelo).

Procurando entender sobre o acúmulo de HgT em peixes de diferentes níveis tróficos, analisamos quatro espécies de peixes ósseos, pertencentes a três níveis tróficos na bacia do Rio Teles Pires. As espécies *Hydrolycus armatus* (Jardine & Schomburgk,

1841) e *Hydrolycus tatauaia* (Toledo-Piza, Menezes & Santos, 1999) pertencentes à família Cynodontidae, realizam migrações reprodutivas e possuem hábito alimentar carnívoro (Goulding, 1980). *Cichla mirianae* (Kullander & Ferreira, 2006) pertence à família Cichlidae, sedentário com hábito alimentar piscívoros (Gomiero & Braga, 2004). *Prochilodus nigricans* (Agassiz, 1829) pertence à família Prochilodontidae, realiza migrações reprodutivas e possui hábito alimentar detritívoro (Goulding, 1981; Yossa & Araújo-Lima, 1998). O objetivo geral deste estudo foi avaliar concentrações de HgT no músculo, fígado, rins e brânquias dos peixes detritívoros e carnívoros de dois rios da bacia do Rio Teles Pires. Para avaliar se as concentrações de HgT estavam afetando o bem-estar dos peixes coletados, analisamos a relação peso e comprimento, o fator de condição (K) e o índice hepatossomático (HSI).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

As coletas foram realizadas na bacia do Rio Teles Pires (Mato Grosso), um dos principais tributários do Rio Tapajós (Amazônia Brasileira). A região dos dois pontos amostrais na bacia do Rio Teles Pires possui diferentes usos (Fig. 1) e, provavelmente, o Rio está sujeito a diferentes fontes antrópicas de Hg. Um ponto amostral é o Rio Teles Pires, no município de Sinop, onde a agropecuária, o despejo de efluentes de curtume e a agricultura são práticas comuns. O outro local de coleta é o Rio Peixoto, localizado no município de Peixoto de Azevedo, afluente do Rio Teles Pires, onde o garimpo de ouro e a agropecuária são as principais atividades econômicas.

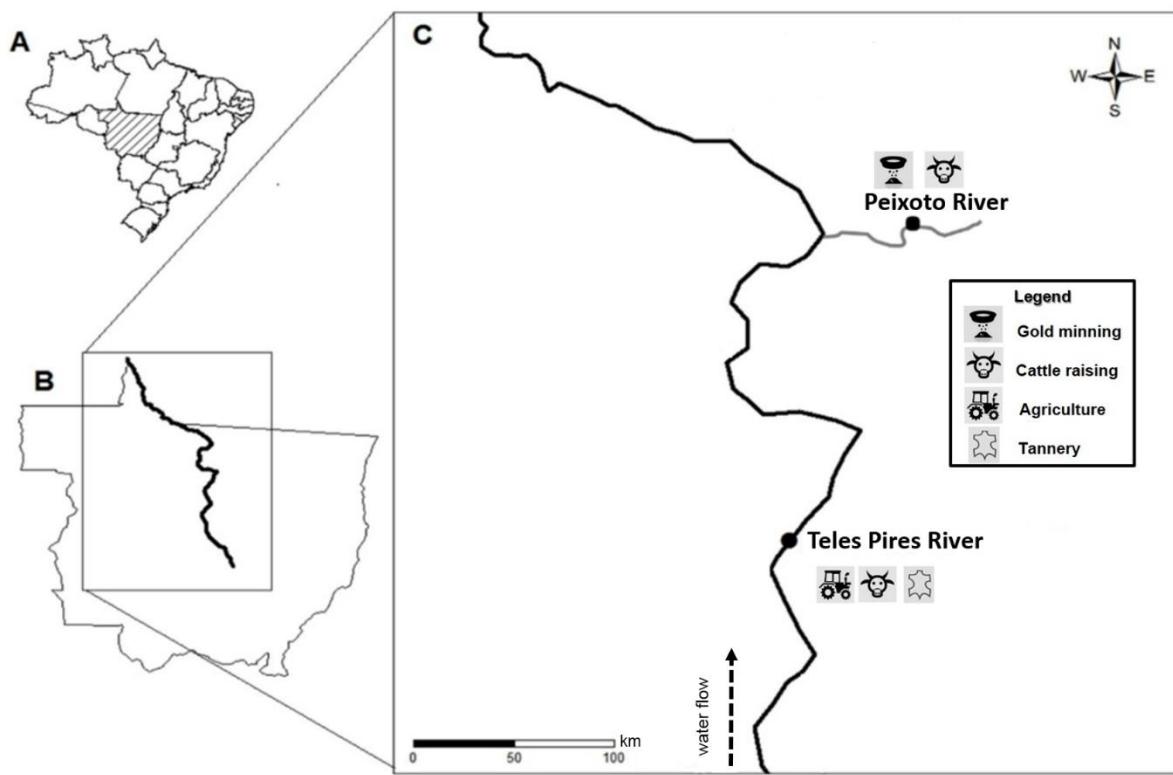


Fig. 1. A. Mapa do Brasil. B. Mapa do estado de Mato Grosso destacando a bacia do Rio Teles Pires. C. Área de estudo indicando os dois locais de coleta (círculos pretos), Rio Teles Pires ($11^{\circ}44'59,2''$ S e $55^{\circ}42'25,1''$ O) e Rio Peixoto ($10^{\circ}12'55,1''$ S e $54^{\circ}57'41,1''$ O).

COLETA DE PEIXES E BIOMETRIA

As coletas dos peixes foram realizadas na estação seca (de agosto a outubro de 2015) e vazante (maio de 2016). Para as capturas dos peixes, utilizamos varas com molinete e isca artificial. Após as capturas, os peixes foram eutanasiados com Eugenol® respeitando as leis do conselho de ética de trabalho com animais (American Veterinary Medical Association, 2001), depois submersos em gelo e acondicionados em sacos plásticos. Foram coletados 138 espécimes de peixes pertencentes a quatro espécies, uma detritívora (*Prochilodus nigricans*) e três carnívoras (*Cichla mirianae*, *Hydrolycus armatus* e *Hydrolycus tatauaia*). Os níveis de Hg nos peixes, particularmente no músculo, são integrados por um longo tempo. Portanto, os resultados para peixes são considerados

representativos de todo o período de amostragem (e os peixes coletados durante os dois períodos de amostragem foram discutidos em conjunto). Para cada espécime, foram obtidos dados do comprimento total e padrão, peso, peso do fígado e sexo. Com instrumentos cirúrgicos de aço inoxidável, foram retirados o fígado, as brânquias, os rins e uma porção do músculo dorsolateral da região acima da linha lateral do peixe. Todos esses tecidos foram estocados a -20°C até o momento da análise para a determinação da concentração de HgT. Espécimes testemunhos dos peixes foram depositados no museu do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (INPA-52812 a 52815) e no Acervo Biológico da Amazônia Meridional da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

ANÁLISE DE HGT

Os tecidos dos peixes foram submetidos à solubilização química conforme descrito por Zhou & Wong (2000). As amostras foram solubilizadas com 8 ml de uma solução de HNO₃:H₂SO₄ (2:1 v/v) a 25°C por 3 h, e em seguida a 60°C por 5 h. Foram adicionados 5 ml de H₂O₂ 30% e a temperatura permaneceu a 65°C até que as amostras ficassesem com coloração clara. As amostras foram avolumadas para 25 ml com H₂O destilada e a determinação das concentrações de HgT nestas foi realizada com um Espectrômetro de Absorção Atômica com Geração de Vapor Frio (Espectrômetro modelo AA 140, Varian).

QUALIDADE DAS ANÁLISES

Para verificar a acurácia do método analítico, analisamos a amostra certificada TORT-2 (lobster hepatopancreas do National Research Council of Canada) cuja recuperação foi de 81±6% (n=2). Também fizemos spikes com amostras de músculo de

peixe, sendo esta amostra seca em estufa à 40°C até peso constante, macerada em graal, contaminada com solução de 10 mg/L de HgT, novamente submetida à secagem em estufa, macerada, pesada e submetida ao mesmo processo de digestão das demais amostras de peixes. Esses spikes ($n=4$) apresentaram uma recuperação de $91\pm3\%$. As concentrações de HgT das amostras do presente estudo representam os resultados analíticos não corrigidos para as recuperações observadas nos spikes e/ou no TORT-2. Brancos ($n=10$) foram analisados periodicamente para testar se havia efeito memória na análise e avaliar a possível contaminação de vidraria, reagentes e da própria atmosfera do laboratório. O limite de detecção corresponde à concentração média dos brancos mais três vezes o desvio padrão desses brancos (Miller & Miller, 1994). O limite de detecção foi 0,063 µg/L.

BIOACUMULAÇÃO

Para verificar se havia bioacumulação de HgT nos peixes, analisamos as correlações entre as concentrações de HgT no músculo e o comprimento padrão e peso dos peixes separadamente para cada espécie e local de coleta. O comprimento padrão e o peso foram utilizados pois são medidas que remetem/correspondem à idade dos peixes.

FATOR DE CONDIÇÃO E RELAÇÃO PESO E COMPRIMENTO

O fator de condição K é frequentemente utilizado como um indicador do grau de bem-estar da espécie. Valores de K próximos ou maiores a 1, geralmente indicam peixes bem nutridos e saudáveis, e valores de K abaixo de 0,8 indicam peixes abaixo do peso (Cizdziel *et al.*, 2002). O fator de condição alométrico foi calculado usando a formula: $K = W/L^b$, onde W = peso, L = comprimento padrão e b = coeficiente de regressão. A relação peso-comprimento foi estimada usando a expressão: $W = aL^b$, onde W = peso, a

= intercepto, L = comprimento padrão, e b = coeficiente angular (Le Cren, 1951). Os parâmetros a e b foram estimados após transformação logarítmica dos dados de peso e comprimento e subsequente ajuste de uma linha reta aos pontos pelo método dos mínimos quadrados (Vanzolini, 1993). Le Cren (1951) afirma que os valores de *b* variam de 2,0 a 4,0, assumindo o valor 3,0, para o peixe que mantém a mesma forma durante o crescimento ontogenético. Valores inferiores ou superiores a 3,0 indicam indivíduos que, ao longo do crescimento, tornam-se mais longilíneos ou arredondados, respectivamente. O grau de associação entre o peso e o comprimento padrão foi avaliado pelo coeficiente de determinação (r^2).

ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (HSI)

O HSI reflete a demanda de energia metabólica de um peixe e pode ser considerado como um indicador geral da saúde dos peixes que são sensíveis a contaminantes ambientais (Everaarts *et al.*, 1993). Um aumento no peso do fígado pode indicar um aumento no processo de desintoxicação enzimática. Dessa forma, o HSI pode ser usado como biomarcador quando os peixes são expostos a substâncias tóxicas para o fígado (Haux & Larsson, 1984). O HSI foi calculado usando a fórmula descrita por Vazzoler (1981):

$$\text{HSI} = 100 \times (\text{peso do fígado (g)} / \text{peso do indivíduo (g)})$$

ANÁLISE DOS DADOS

No presente estudo, *C. mirianae* e *P. nigricans* foram coletadas nos dois locais de coleta. Enquanto *C. mirianae* é sedentária, refletindo a contaminação local (e, por isso, analisada separadamente em cada local de coleta), *P. nigricans* é uma espécie migradora. Dependendo da amplitude de locomoção, espécies migradoras podem refletir a

contaminação de grande parte de uma bacia hidrográfica, e não de cada local de coleta separadamente. Para *P. nigricans* não foram encontrados estudos que indicam a distância percorrida durante sua migração reprodutiva. Estudos em andamento na região apontam que *P. nigricans* é um migrador de curtas distâncias (<200 km) (Rosa R., personal communication, 2017). Portanto, consideramos que os espécimes de *P. nigricans*, coletados nos dois pontos de coleta, são de populações distintas, já que a distância entre eles é de aproximadamente 250 km.

Verificamos a não normalidade na distribuição dos dados através do teste de Shapiro-Wilk. Desse modo, o teste não paramétrico Kruskal-Wallis foi utilizado para se testar as diferenças na concentração de HgT entre os tecidos dos peixes. A correlação de Spearman foi usada para verificar se havia correlação entre as concentrações de HgT no tecido muscular e o fator de condição dos peixes e HgT no fígado e o HSI. Utilizamos o Teste de U (Wilcoxon) para verificar se havia diferença entre as concentrações de HgT nos tecidos dos exemplares de *P. nigricans* e *C. mirianae* entre rios. Em uma análise prévia, constatamos que as variáveis peso e comprimento padrão eram dependentes, então para verificar a relação entre as concentrações de HgT no músculo e o tamanho dos peixes, utilizamos regressão linear múltipla, conforme o modelo:

$$\text{lm(log(peso)} \sim \text{log(comprimento padrão))} + \text{concentração de HgT}$$

Todas as análises foram realizadas utilizando o Software Estatístico R v. 3.3.2 (R Core Team, 2017).

RESULTADOS

Dados biométricos de cada espécie por rio coletado são apresentados na Tabela 1.

Os espécimes de *P. nigricans* do Rio Teles Pires foram maiores do que os do Rio Peixoto (comprimento padrão: $t=7,443, p<0,001$; Peso: $t=4,637, p=0,001$); já os espécimes de *C. mirianae* das duas localidades tiveram tamanhos semelhantes (comprimento padrão: $t=0,205, p=0,841$; Peso: $t=-0,692, p=0,505$).

Tabela 1. Médias e valores mínimo-máximo do comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), peso (g), e número total de espécimes (N) de peixes coletados de Agosto 2015 a Maio 2016, na bacia do Rio Teles Pires, Amazônia Brasileira.

Rios e espécies	N	CT (mm)	CP (mm)	Peso (g)
Rio Teles Pires				
<i>Prochilodus nigricans</i>	27	354 (420 - 290)	297 (245 - 355)	810 (460 - 1500)
<i>Cichla mirianae</i>	38	339 (245 - 410)	279 (200 - 335)	620 (190 - 1110)
<i>Hydrolycus armatus</i>	18	740 (620 - 930)	653 (540 - 830)	5310 (2650 - 11000)
Rio Peixoto				
<i>Prochilodus nigricans</i>	29	271 (220 - 320)	218 (180 - 255)	330 (130 - 560)
<i>Cichla mirianae</i>	11	355 (200 - 495)	287 (160 - 410)	950 (120 - 2090)
<i>Hydrolycus tatauaia</i>	15	342 (310 - 405)	293 (255 - 340)	420 (240 - 720)

Tabela 2. Concentrações de HgT (média ± desvio padrão, em mg.kg⁻¹ peso úmido) e relação entre o peso (P) e o comprimento padrão (CP) de peixes coletados de Agosto 2015 a Maio 2016, na bacia do Rio Teles Pires, Amazônia Brasileira. Diferenças entre tecidos da mesma espécie/local: Letras iguais dentro da mesma linha (a,b,c) indicam que não houve diferença estatística, enquanto que letras diferentes indicam diferença estatística (Kruskal-Wallis, nível de significância de 5%).

Rios e espécies	HgT				P versus CP	
	Brânquias	Fígado	Músculo	Rins	Equação	r²
Rio Teles Pires						
<i>P. nigricans</i>	0,005±0,004 ^c	0,72±0,59 ^a	0,05±0,01 ^b	0,07±0,04 ^b	Peso=4,345 ⁻⁰⁵ *CP ^{2,938}	0,83

<i>P. nigricans</i>	0,95	0,36	-0,27	0,47	-0,55	0,13	0,08	<0,001	0,91
<i>H. armatus</i>	1,00	0,33	-0,40	0,27	0,03	0,94	0,28	<0,0001	0,96
<i>C. mirianae</i>	1,00	0,60	0,20	0,53	0,25	0,45	0,85	<0,0001	0,96
Rio Peixoto									
<i>P. nigricans</i>	1,21	0,26	-0,32	0,25	-0,09	0,75	0,47	<0,0001	0,94
<i>H. tatauaia</i>	1,00	0,37	-0,10	0,72	-0,05	0,87	0,95	<0,0001	0,82
<i>C. mirianae</i>	0,78	0,59	0,20	0,64	0,13	0,74	0,84	<0,0001	0,98

Em geral, as concentrações de HgT foram maiores no fígado e nos rins do que nos demais tecidos avaliados (Tab.2). Entretanto, essas concentrações foram menores nas brânquias quando comparadas aos demais tecidos (Tab.2). As concentrações de HgT no músculo, que é a parte geralmente consumida, estão abaixo dos valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ para consumo humano (WHO, 2008) exceto dois exemplares de *H. armatus* do Rio Teles Pires (Tab.2).

Os espécimes de *P. nigricans* do Rio Teles Pires apresentaram concentrações de HgT nos tecidos similares às dos indivíduos do Rio Peixoto, com exceção dos rins (fígado $p=0,22$; brânquias $p=0,33$; músculo $p=0,55$; rins $p<0,001$); e para os espécimes de *C. mirianae* as concentrações de HgT nos tecidos diferiram somente nos rins (fígado $p=1$; brânquias $p=0,09$; músculo $p=0,45$; rins $p=0,009$).

As concentrações de HgT no músculo foram mais altas em todas as espécies quando comparadas às observadas em *P. nigricans* (Fig. 2). Comparando as concentrações de HgT no fígado, observamos que em *P. nigricans* e *H. armatus* estas foram mais altas, as concentrações no fígado de *C. mirianae* foram intermediárias, e as

de *H. tatauaia* foram as menores (Fig. 2).

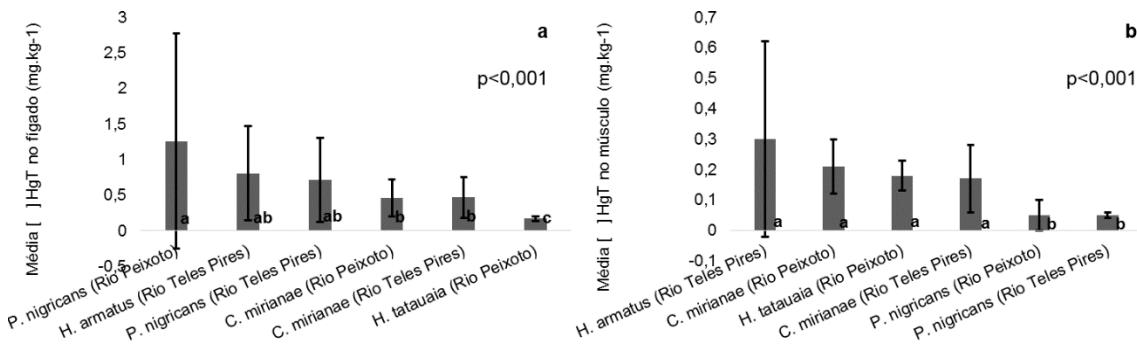


Fig. 2. Concentração média de HgT no fígado (a) e no músculo (b) das espécies de peixe coletadas na estação seca de 2015 e 2016 na bacia do Rio Teles Pires, Estado de Mato Grosso. Letras diferentes dentro do mesmo gráfico significam que há diferença estatística entre as espécies (Kruskal-Wallis, $p<0,05$). Tracejado em negrito representa o limite de $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de HgT para consumo humano conforme legislação (WHO, 2008).

DISCUSSÃO

O uso de diferentes tecidos de peixes no monitoramento de mercúrio em corpos hídricos ajuda a avaliar o estado de preservação e as características biogeoquímicas naturais dos ecossistemas aquáticos (Adam, 2002). Os peixes podem absorver mercúrio a partir da ingestão de alimento e partículas não alimentares, e da difusão pelas brânquias e pele (Shinn *et al.*, 2009). Uma vez que foi absorvido pelo organismo, o mercúrio segue para o sangue, e pode ser absorvido por diferentes tecidos do organismo, ser transformado pelo fígado ou eliminado pelo sistema biliar ou rins (Shinn *et al.*, 2009; Jabeen & Chaudhry, 2010). Tendo em vista que o fígado é um importante órgão de depuração de contaminantes dos organismos, hipotetizamos que o fígado dos peixes apresentaria as maiores concentrações de HgT quando comparado com outros tecidos. De fato, em nosso

estudo, as concentrações de HgT foram em geral maiores no fígado, exceto para *H. armatus* e *C. mirianae* (do Rio Teles Pires) que apresentaram concentrações semelhantes no fígado e rins e *H. tatauaia* (do Rio Peixoto) que apresentou concentrações semelhantes no fígado e músculo. Altas concentrações de HgT no fígado ou rins dos peixes foram observadas no perciforme *Channa striatus* na Índia (Mastan, 2014), em peixes onívoros e carnívoros de um reservatório brasileiro (Kasper *et al.*, 2009), em peixes de um estuário brasileiro (Baêta *et al.*, 2006), em trutas na Europa (Baatrup & Danscher, 1987) e em peixes da Guiana Francesa (Régine *et al.*, 2006). Durante a depuração do mercúrio no organismo, a concentração desse elemento nos rins pode permanecer elevada ou até mesmo aumentar durante algum tempo, devido ao papel dos rins como órgão excretor (Jezierska & Witeska, 2006). As brânquias também são extremamente irrigadas por sangue como o fígado e os rins. No entanto, elas não têm a função de destoxificação como o fígado e rins, e assim, apresentam menores concentrações de HgT.

A bioacumulação de mercúrio é controlada pela absorção, biotransformação e excreção do elemento, que são intimamente dependentes da taxa metabólica dos organismos (Newman & Doubet, 1989; McCoy *et al.*, 1995). No entanto, graças à bioacumulação do Hg, peixes maiores tendem a ter maiores concentrações, acumuladas durante toda vida, do que peixes menores. Estudos têm demonstrado uma relação positiva entre a concentração de HgT no músculo e o tamanho de peixes detritívoros e/ou carnívoros na bacia Amazônica (*e.g.*; Dorea *et al.*, 2006; Bastos *et al.*, 2007; Bastos *et al.*, 2008; Bastos *et al.*, 2015; Beltran-Pedreros *et al.*, 2011; Rabitto *et al.*, 2011; Soares *et al.*, 2016) observada também no presente estudo.

Com base nos processos de bioacumulação e biomagnificação trófica, as espécies carnívoras/piscívoras tendem a apresentar maiores concentrações de HgT em seus tecidos musculares do que o detritívoro (Dorea *et al.*, 2006). Na comparação das concentrações de HgT no músculo entre as espécies, encontramos que não houve diferença entre *H. armatus* (Rio Teles Pires), *C. mirianae* (Rio Peixoto), *H. tatauaia* (Rio Peixoto) e *C. mirianae* (Rio Teles Pires), sendo estas as espécies que apresentaram as maiores concentrações. Estudos, abordando concentrações de HgT no músculo de peixes na estação seca na Bacia Amazônica, apontam valores acima do nosso estudo para o carnívoro *Hydrolycus scomberoides* ($0,535 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, rio Madeira, Bastos *et al.*, 2015; $1,386 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, rio Purus, Castro *et al.*, 2016), e para o piscívoros *Cichla temensis* ($0,324 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, rio Negro, Soares *et al.*, 2015) e *Cichla monoculus* ($0,448 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, rio Jumari, Rabitto *et al.*, 2011) e detritívoro *Prochilodus nigricans* ($0,12 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, Rio Madeira, Padovani *et al.*, 1995). O tecido muscular tem alta afinidade por HgT, especialmente, na sua forma orgânica. Já o fígado, por ser um órgão de depuração e biotransformação, em geral têm altas concentrações de HgT inorgânico. As baixas concentrações no músculo, mesmo tendo altas concentrações no fígado, podem indicar que tais espécies estão expostas, sobretudo, a formas inorgânicas do HgT, o que não proporcionaria o seu acúmulo no músculo.

Tabela 4. Dados de HgT ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) no músculo de peixes detritívoro e carnívoro da Bacia Amazônica brasileira.

Espécie	local	HgT	Referência
<i>Prochilodus nigricans</i>	Rio Teles Pires	$0,05 \pm 0,01$	presente estudo
<i>Cichla mirianae</i>	Rio Teles Pires	$0,17 \pm 0,11$	presente estudo
<i>Hydrolycus armatus</i>	Rio Teles Pires	$0,30 \pm 0,32$	presente estudo

<i>Prochilodus nigricans</i>	Rio Peixoto	0,05±0,05	presente estudo
<i>Cichla mirianae</i>	Rio Peixoto	0,21±0,09	presente estudo
<i>Hydrolycus tatauaia</i>	Rio Peixoto	0,18±0,05	presente estudo
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Rio Madeira	0,535	Bastos <i>et al.</i> , 2015
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Rio Purus	1,386	Soares <i>et al.</i> , 2015
<i>Cichla monoculus</i>	Rio Jumari	0,448	Rabbitto <i>et al.</i> , 2011
<i>Cichla temensis</i>	Rio Negro	0,324	Soares <i>et al.</i> , 2015
<i>Prochilodus nigricans</i>	Rio Madeira	0,120	Padovani <i>et al.</i> , 1995

No presente estudo, as espécies apresentaram fator de condição (K) maiores que 1, exceto *C. mirianae* (Rio Peixoto) e *P. nigricans* (Rio Teles Pires). Os valores de K próximos ou maiores a 1 geralmente indicam peixes bem nutridos e saudáveis, enquanto que valores de K<0,8 indicam peixes abaixo do peso e, talvez, subnutridos (Cizidziel *et al.*, 2002). Os espécimes de *C. mirianae* no Rio Peixoto apresentaram K<0,8, entretanto como as demais espécies, não apresentou correlação entre as concentrações de HgT no músculo e K. Isso sugere que as concentrações de HgT nesses indivíduos não influenciaram no seu estado nutricional.

Com exceção de *P. nigricans* no Rio Teles Pires ($b=2.938$), os demais espécimes evidenciaram um crescimento do tipo alométrico positivo, com valor de $b>3$, indicando que o incremento em peso foi maior do que em comprimento para os exemplares analisados. Esse padrão alométrico positivo já foi descrito na Bacia Amazônica para *H. armatus*, *H. tatauaia*, *P. nigricans* e para *Cichla Melaniae* e *Cichla pleiozona* (Cella-Ribeiro *et al.*, 2015; Giarrizzo *et al.*, 2015). Os valores de b do presente estudo estão entre 2,938 e 3,512, valores que se encontram dentro do intervalo de 2,5 e 3,5 descrito para muitas espécies de peixes por Froese (2006). O valor do parâmetro b depende

principalmente do formato do corpo e da quantidade de gordura das espécies de peixes (Bagenal & Tesch, 1978). Quando esse valor excede 3.0, os peixes são mais gordos, e quando estão abaixo de 3.0, indica que os peixes são mais magros (Silva *et al.*, 2015).

O índice hepatossomático é o principal indicador de atividade metabólica no organismo animal (Çiftçi *et al.*, 2015). Então, peixes com altas concentrações de metais traço, poderiam apresentar altos valores de índices hepatossomáticos, indicando que a exposição a metais traço estaria aumentando o processo de desintoxicação, e, consequentemente, o tamanho do fígado. Dentre os valores de HSI encontrados em nosso estudo, o maior foi de *C. mirianae* (0,60) no Rio Teles Pires. O HSI pode ser influenciado pelo estado reprodutivo, porque o fígado é um órgão de importantes reservas de energia e por participar da síntese e secreção de substâncias hepáticas no processo de maturação ovocitária (Wootton *et al.*, 1978; Bazzoli *et al.*, 1998). Cerca de 70% dos exemplares de *C. mirianae* coletados no Rio Teles Pires apresentaram estágio reprodutivo em desenvolvimento e maduro. Dessa forma, é possível que o HSI do presente estudo reflita a participação do fígado no ciclo reprodutivo de *C. mirianae*. Não observamos relação significativa entre a concentração de HgT no fígado e o HSI dos espécimes coletados nos Rios Teles Pires e Peixoto, sugerindo que o HgT no organismo não estaria causando alterações hepáticas.

No presente estudo, as concentrações de THg no músculo dos peixes estão abaixo do limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde-OMS para o consumo humano, exceto dois espécimes de *H. armatus* que tiveram concentração de HgT no

músculo de 0,61 e 0,95 HgT mg.kg⁻¹, maiores do que o recomendado pela OMS (WHO, 2008). O limite de ingestão indicado pela Organização Mundial de Saúde é calculado com base no limite máximo de mercúrio que uma pessoa pode ingerir por dia para que não haja significante risco de efeitos deletérios à saúde humana. Para tal cálculo, o peso corporal da pessoa e a quantidade de peixe ingerida por dia são importantes. O limite utilizado neste estudo (0,5 mg.kg⁻¹) foi calculado pela Organização Mundial de Saúde baseado em uma pessoa de aproximadamente 60 kg e que ingira cerca 250 g de peixe por semana. Isso perfaz, aproximadamente, uma ingestão de 0,3 µg de Hg por kg corporal por dia. Para os grupos sensíveis (*e.g.*, crianças, lactantes e lactentes), recomenda-se que essa ingestão seja de, no máximo 0,1 µg de metilmercúrio por kg corporal por dia (a principal forma de Hg encontrada no músculo dos peixes é metilmercúrio, OMS, 2008). Para aquelas pessoas que tenham um elevado consumo de pescado (*e.g.*, indígenas e pescadores), o consumo é muitas vezes mais do que os 250 g. Portanto, o limite de 0,5 mg.kg⁻¹ é subestimado para alguns casos, inclusive para as populações que vivem na área de estudo (mesmo os que não estão no grupo sensível), pois o consumo de pescado é muito grande. Três tribos indígenas (Mundurukus, Kayabis e Apiakás) da bacia do Rio Teles Pires consomem peixes pelo menos em sete refeições semanais (Passos *et al.*, 2007; Fany, 2011). Nessa Bacia, também há uma Colônia de Pescadores (Z-16) com cerca de 250 pescadores profissionais cujo consumo e venda dos peixes são as principais fontes alimentar e de renda. Considerando um consumo de 340 g/dia (estimado para populações indígenas e ribeirinhas; Fréry *et al.*, 2001), uma ingestão máxima de 0,1 µg de metilmercúrio/kg corporal/dia (considerando grupos sensíveis; OMS, 2008) e uma pessoa de 60 kg; o pescado poderia ter no máximo 0.02 mg.kg⁻¹. Dass amostras avaliadas no presente estudo somente 33% dos curimbas, 10% dos tucunarés e 18% dos cachorras estavam dentro deste limite de consumo de mercúrio para grupos sensíveis.

Concluímos que as concentrações de HgT avaliadas no presente estudo provavelmente não interferiram no bem-estar e sanidade dos peixes. As brânquias não têm a função de destoxificação como o fígado e rins, e assim, apresentam menores concentrações de HgT. Quase todos os indivíduos apresentaram concentrações de HgT no músculo abaixo da recomendada para consumo humano pela Organização Mundial de Saúde, mas, considerando que a região tem um alto consumo de pescado, a ingestão diária de mercúrio ultrapassa a recomendada. O peixe detritívoro *P. nigricans* apresentou as menores concentrações de HgT, portanto, este pode ser preferencialmente consumido pela população em geral e especialmente para grupos sensíveis, como lactantes, lactentes e crianças.

Agradecemos especialmente a Ricardo L. T. de Andrade por todos os seus esforços nesta pesquisa, cedendo o Laboratório Integrado de Pesquisa Química - LIPEQ e ajudando na análise de amostras de peixes. Agradecemos a Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Peixoto-COOGAVEPE pelo apoio nas coletas; e Ângelo Bonifácio e Luciana Mattos, pelo auxílio nas análises laboratorias. A pesquisa foi realizada com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT, Aviso Universal 005/2012) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Universal, MCTI / CNPq nº 14/2014). A permissão para coletar espécimes foi concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). LSM recebeu apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- Adam, S. M. (2002). Biological indicators of aquatic ecosystem stress, American Fisheries Society, Bethesda, MD, 2002, p. 656.
- Alves, C. B. M. (2007). Evaluation of fish passage through the Igarapé Dam fish ladder (rio Paraopeba, Brazil), using marking and recapture. *Neotropical Ichthyology*, 5 (2): 233-236.
- American Veterinary Medical Association. (2001). Report of the AVMA Panel on Euthanasia. *JAVMA* v. 218, n. 5. p. 669-696.
- Arantes, F. P., Savassi, L. A., Santos, H. B., Gomes M. V. T. & Bazzoli, N. (2015). Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* de 2015, 1-11.
- Baatrup, E. & Danscher, G. (1987). Cytochemical demonstration of mercury deposits in trout liver and kidney following methyl mercury intoxication: differentiation of two mercury pools by selenium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 14(2):129-141.
- Baêta, A. P., Kehrig, H. A., Malm, O. & Moreira, I. (2006). Total mercury and methylmercury in fish from a tropical estuary. Pp. 183-192. In: Kungolos, A., C. A. Brebbia, C. P. Samaras & V. Popov (Eds.). *Environmental Toxicology*. Boston, Wit Press, 362p.
- Bagenal, T. B. & Tesch F. W. (1978). Methods for assessment of Fish Production I Freshwaters. T.B. Bagenal 9ed. I.B.P. Handbook No. Ed. 33. Oxford Blackwell Publications, 365p.

- Bastos, W. R., Almeida, R., Dórea, J. G. & Barbosa, A. C. (2007). Annual flooding and fish-mercury bioaccumulation in the environmentally impacted Rio Madeira (Amazon). *Ecotoxicology* 16(03): 341 – 346.
- Bastos W. R., Rebelo, M. F., Fonseca, M. F., Almeida, R. & Malm, O. (2008). A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*. 38(3): 431 – 438.
- Bastos W. R., Dórea, J. G., Bernardi, J. V. E., Lauthartte, L. C., Mussy, M. H., Lacerda, L. D. & O. Malm. (2015). Mercury in fish of the Madeira river (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. *Environmental Research* 140:191–197.
- Bazzoli, N., Mesquita, T. L., Santos, G. B. & Rizzo, E. (1998). Análise comparativa da reprodução de *Astyanax bimaculatus* (Pisces, Characidae) nos Reservatórios de Furnas, Marimbondo e Itumbiara. *Bios*, v.6, p.99-112.
- Beltran-Pedreros S., Zuanon, J., Leite, R. G., Peleja, J. R. P., Mendonça A. B. S. & Forsberg, B. R. (2011). Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different trophic categories in an Amazon floodplain lake. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 901-908.
- Bertoletti, J. (1985). Aspectos biológicos da ictiofauna do rio Uruguai. *Veritas*. Vol 30, pp. 93-129.
- Bourdineaud, J., Durrieu, G., Sarrazin, S. L. F., da Silva, W. C. R., Mourão, R. H. V. & Oliveira, R. B. (2015). Mercurial exposure of residents of Santarém and Oriximiná cities (Pará, Brazil) through fish consumption. *Environ Sci Pollut Res.* (16):12150-61
- Brabo, E. S., Santos, E. O., Jesus, L. M., Mascarenhas, A. F. S. & Faial, K. F. (2000). Mercury contamination of fish and exposures of indigenous community in Pará state, Brazil. *Environmental Research*. 84: 197-203.

- Braga, F. M. S. (1986). Estudo entre fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. *Braz J Biol.* 46 (2): 339-346.
- Burger, J. & Gochfeld, M. (2005). Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ Res* 99: 403-412.
- Campbell, K. R. (1994). Concentrations of heavy metals associated with urban runoff in fish living in storm water treatment ponds, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27:352–356.
- Castilhos, Z. C. & Bidone, E. D. (2000). Hg Biomagnification in the Ichthyofauna of the Tapajós River Region, Amazonia, Brazil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64:693-700.
- Castilhos, Z. *et al.* (2011). Caracterização das águas superficiais e teores de mercúrio em sedimentos e em peixes. In: Buckup, P. A.; Castilhos, Z. C. (Eds.). Ecorregião aquática Xingu-Tapajós. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 248 p.
- Castro, N. S. S., Braga, C. M., Trindade, P. A. A., Giarrizzo, T. & Lima M.O. (2016). Mercury in fish and sediment of Purus River, Acre State, Amazon. *Cad. Saúde Colet.*, 24 (3): 294-300.
- Cella-Ribeiro, A., Hauser, M., Nogueira, L. D., Doria, C. R. C. & Torrente-Vilara G. (2015). Length-weight relationships of fish from Madeira River, Brazilian Amazon, before the construction of hydropower plants. *Journal of Applied Ichthyology*. 31, 939–945.
- Chellappa, S., Câmara, M. R., Chellappa, N. T., Beveridge, M. C. M. & Huntingford, F. A. (2003). Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Braz. J. Biol.* 63, 17-26.

- Chen, H. F., Li, Y., Wu, H. X. & Li, F. (2013). Characteristics and risk assessment of heavy metals pollution of farmland soils relative to type of land use. *J. Ecol. Rural Environ.*, 29: 164–169.
- Çiftçi, N., Ay, Ö., Karayakar, F., Cicik, B. & C. Erdem. (2015). Effects of zinc and cadmium on condition factor, hepatosomatic and gonadosomatic index of *Oreochromis niloticus*. *Fresenius Environmental Bulletin*. 24, 3871 – 3874.
- Cizdziel, J. V., Hiners, T. A., Pollard, J. E., Heithmar, E. M. & Cross, C. L. (2002). Mercury Concentrations in Fish from Lake Mead, USA, Related to Fish Size, Condition, Trophic Level, Location, and Consumption Risk. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 43, 309–317.
- Cordeiro, R. C., Turcq, B., Ribeiro, M. G., Lacerda, L. D., Capitaneo, J., Oliveira da Silva, A., Sifeddine, A. & Turcq, P. M. (2002). Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). *The Science of the Total Environment*. 293: 247–56.
- Dorea, J. G., Barbosa, A. C. & Silva, G. S. (2006). Fish mercury bioaccumulation as a function of feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, Amazon. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 142: 275–283
- Dorea, J. G., Souza, J. R., Rodrigues, P., Ferrari, I. & Barbosa, A. C. (2005). Hair mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in Munduruku and Kayabi Indians of Amazonia *Environmental Research*. 97: 209–19.
- Ebrahimi, M. & Taherianfard, M. (2009). The effects of heavy metals exposure on reproductive systems of cyprinid fish from Kor River. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(1) 13-24.

- Everaarts, J. M., Shugart, L. P., Gustin, M. K., Hawkings, W. E. & Walker, W.W. (1993). Biological markers in fish: DNA integrity, hematological parameters and liver somatic index. *Marine Environmental Research*, 35: 101-107.
- Faial, K., Deus, R., Deus, S., Neves, R., Jesus, I., Santos, E., Alves, C. N. & Brasil, D. (2015). Mercury levels assessment in hair of riverside inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: Fish consumption as a possible route of exposure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 30:66-76.
- Fany, R. (2011). *Povos Indígenas no Brasil 2006/2010*. Editora: Instituto Socioambiental. 1^a edição. 778 págs.
- FAO/WHO - Food and Agriculture Organization/World Health Organization (1997). Compilação de limites legais de Substâncias Perigosas em peixes e produtos da pesca (Food and Agricultural Organization). FAO Fishery circular, N ° 464, pp. 5-100.Consultation, 10-14 february. Geneva, Switzerland.1997.
- FAO/WHO – Food and Agriculture Organization/World Health Organization. (1983) Food Consumption and Exposure Assessment of Chemicals. Report of a FAO/WHO FAO, 1983.
- Farias, R. A. (2007). A piscicultura como possível fator de mitigação aos riscos de contaminação mercurial através do consumo de peixes na região da Amazônia Norte Matogrossense. Tese Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Estadual de São Paulo-UNESP, Campus de Jaboticabal. 80p.
- Fréry, N., Maury-Brachet, R., Maillot, E., Deheeger, M., Mérona, B. & Boudou, A. (2001). Gold-Mining Activities and Mercury Contamination of Native Amerindian Communities in French Guiana: Key Role of Fish in Dietary Uptake. *Environmental Health Perspectives*. 109(5): 449-456.

- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.
- Giarrizzo, T., Sena Oliveira, R. R., Costa Andrade, M., Pedrosa Gonçalves, A., Barbosa, T. A. P., Martins, A. R., Marques, D. K., Brito dos Santos, J. L., de Paula da Silva Frois, R., Oliveira de Albuquerque, T. P., Fogaça de Assis Montag, L., Camargo, M. & Melo de Sousa, L. (2015). Length-weight and length-length relationships for 153 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology*. 31, 415–424.
- Gomiero, L. M. & Braga, F. M. S. (2003). Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande- MG/ SP. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, 25: 79-86.
- Goulding, M. & Barthem, R. (1997). Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos/ Ronaldo Barthem, Michael Goulding – Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 140 p.
- Goulding, M. (1980). The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history. University of California Press, Berkeley. 280 p.
- Goulding, M. (1981). Man and fisheries on an Amazon frontier. In: H.J. Dumont (ed.). *Developments in Hydrobiology*, vol. 4. The Hague: W. Junk Publishers. 137 p.
- Haux, C. & Larsson, A. (2008). Long-term sublethal physiological effects on rainbow trout, *Salmo gairdneri*, during exposure to cadmium and after subsequent recovery. 1984. In: Di Giulio, R.T. & Hinton, D.E. (Eds). *The toxicology of fishes*. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 1071p.
- International Union Of Pure And Applied Chemistry. (1993). Glossary for chemists of terms used in toxicology: Pure and Applied Chemistry, 65, no. 9, p. 2003-2122.

- Jabeen, F. & Chaudhry, A.S. (2010). Environmental impacts of anthropogenic activities on the mineral uptake in *Oreochromis mossambicus* from Indus River in Pakista, Environ. Monit. Assess. 166 (2010) 641–651.
- Jezińska, B. & Witeska, M. (2006). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation, 3, 107-114.
- Kasper, D., Fernandes E., Palermo, A., Castelo Branco, C. W. & Malm, O. (2012). Evidence of elevated mercury levels in carnivorous and omnivorous fishes downstream from an Amazon reservoir. Hydrobiologia 694:87–98.
- Kidwell, J. M., Phillips, L. J. & Birchard, G. F. (1995). Comparative analyses of contaminant levels in bottom feeding and predatory fish using the national contaminant biomonitoring program data, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54:919–923
- Kullander, S. O. & Ferreira, E. J. G. (2006). A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). Ichthyol. Explor. Freshwaters, Vol. 17, No. 4, pp. 289-398.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J Anim Ecol. 20: 201–19.
- Lebel, J., Roulet, M., Mergler, D., Lucotte, M. & Larribe, F. (1997). Fish diet and mercury exposure in a riparian Amazonian population. Water, Air and Soil Pollution, 97: 31-44.
- Lima Jr, R. G. S., Araújo, F. G., Maia, M. F. & Pinto, A. S. S. B. (2002). Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande bays, Rio de Janeiro, Brazil. Environmental Research, 89: 171-179.

- Lima, A. P. S., Sarkisa, J. E. S., Shihomatsua, H. M. & Muller, R. C. S. (2005). Mercury and selenium concentrations in fish samples from Cachoeira do Piria Municipality, Pará State, Brazil. *Environmental Research* 97, 236–244.
- Lima, D. P., Santos, C., Silva, R. S., Yoshioka, E. T. O. & Bezerra, R. M. (2015). Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. *Acta Amazonica*. VOL. 45(4) 2015: 405 – 414.
- Lizama, M. L. A. P., Takemoto, R. M. & Pavanelli, G. C. (2006). Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Paraná river floodplain, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, 15, 3, 116-122.
- Lobo, F. L., Costa, M., Novo, E. M. L. M. & Telmer, K. (2016). Distribution of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the Past 40 Years and Relationship with Water Siltation. *Remote Sensing*. 8: 579-601.
- Lyons, K., Carlisle, A. B. & Lowe, C. G. (2017). Influence of ontogeny and environmental exposure on mercury accumulation in muscle and liver of male Round Stingrays. *Marine Environmental Research*, 130: 30-37.
- Martín-Doimeadios, R. C. R., Berzas Nevado, J. J., Guzmán Bernardo, F. J., Jiménez Moreno, M., Arrifano, G. P. F., Herculano, A. M., Nascimento, J. L. M. & Crespo-López, M. E. (2014). Comparative study of mercury speciation in commercial fishes of the Brazilian Amazon. *Environ Sci Pollut Res Int.* 21(12):7466-79.
- Mastan, S. A. (2014). Heavy metals concentration in various tissues of two freshwater fishes, *Labeo rohita* and *Channa striatus*. *African Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 8, 166-170.

- Matos, L. S., Silva, D. R., Silva, J. O. S., Andrade, R. L. T. & Carvalho, L. N. (2016). Heavy metal contamination of the characiform *Brycon falcatus* (Muller & Troschel, 1844) in the Southern Amazon. Accepted: May 13, 2016. Acta Scientiarum Biological 38, 2.
- McCoy, C. P., O'Hara, T. M., Bennett, L. W. & Boyle, C. R. (1995). Liver and kidney concentrations of zinc, copper and cadmium in Channel catfish (*Ictalurus punctatus*): variations due to size, season and health status. Vet Human Toxicol, 37: 11-15.
- Miller, J. C. & Miller, J. N. (1994). Statistics for Analytical Chemistry. Great Britain: Ellis Horwood.
- Monsefrad, F., Imanpour, N. J. & Heidary, S. (2012). Concentration of heavy and toxic metals Cu, Zn, Cd, Pb and Hg in liver and muscles of *Rutilus frisii* kutum during spawning season with respect to growth parameters. Iranian Journal of Fisheries Sciences 11(4) 825-839.
- Moodie, G. E. E. & Power, M. (1982). The reproductive biology of an armoured catfish, *Loricaria uracantha*, from Central America. Environment Biology of Fish, 7: 143-148.
- Newman, M. C. & Doubet, D. K. (1989). Size-dependence of mercury (II) accumulation kinetics in the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). Arch Environ contam Toxicol, 18:819-825.
- Nichols, J., Bradbury, S. & Swartout, J. (1999). Derivation of wildlife values for mercury. J. Toxicol Environ. Health B. Crit. Rev. 2, 325–355.
- Ohara, W. M. (2017). Peixes do rio teles pires: diversidade e guia de Identificação/Willian M. Ohara...{et al.}. – Goiânia: Gráfica e Editora Amazonas.

- Oliveira-Ribeiro, C. A., Pelletier, E., Pfeiffer, W. C., *et al.* (2000). Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and Nordic freshwater fish. Environ Res. 83: 286-292.
- Olivero-Verbel, J. & Caballero-Gallardo, K. (2013). Nematode and mercury content in freshwater fish belonging to different trophic levels. Parasitology Research, 112 (6): 2187–2195.
- Padovani, C. R., Forsberg, B. R. & Pimentel, T. P. (1995). Contaminação mercurial em peixes do rio Madeira: resultados e recomendações para consumo humano. Acta Amazônica 25(1/2): 127-136. .
- Passos, C. J. S., Mergle,r D., Lemire, M, Fillion, M. & Guimarães, J. R. D. (2007). Fish consumption and bioindicators of inorganic mercury exposure. Sci Total Environ 373:68-76.
- Perez, T. D. (2008). Avaliação da contaminação de *Hoplias malabaricus* (traíra) como bioindicadora de saúde ambiental em pisciculturas em áreas de garimpo. Estudo de caso do município de Paranaíta-MT. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública. 54p.
- Pinheiro, C. V. L. (1981). Relatório de pesca no lago de Sobradinho para o ano de 1980. SUDEPE: Juazeiro, Brasil.
- R Core Team. (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Rabbitto, I. S., Bastos, W. R., Almeida, R., Anjos, A., Holanda, Í. B. B., Galvão, R. C. F., Filipak Neto, F., Menezes, M. L., Santos, C. A. M. & Ribeiro, C. A. O. (2011). Mercury and DDT exposure risk to fish-eating human populations in Amazon. Environment International 37: 56–65.

- Régine, M. B., Gilles, D., Yannick, D. & Alain, B. (2006). Mercury distribution in fish organs and food regimes: Significant relationships from twelve species collected in French Guiana (Amazonian basin). *Science of the Total Environment* 368: 262 – 270.
- Sampaio, D. S., Lucotte, M., Roulet, M., Poirier, H., Mergler, D. & Crossa, M. (2006). Mercúrio nos peixes do rio Tapajós, Amazônia Brasileira. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*. 1 (1):1-31.
- Santos, E. P. (1978). Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, Hucitec, Ed. Univ. São Paulo.
- Sfredo, G. J. (2008). Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. Embrapa Soja. 148 p.
- Shinn, C. A., Dauba, F., Grenouillet, G., Guenard, G. & Lek, S. (2009). Temporal variation of heavy metal contamination in fish of the river lot in southern France, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 72: 1957–1965.
- Silva, T. S. C., Santos, L. D., Silva, L.C.R., Michelato, M., Furuya, V. R. B. & Furuya, W. M. (2015). Length-weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. *R. Bras. Zootec.*, 44(4):133-137.
- Siqueira, G. W., Aprile, F., Irion, G., Marshall, B. G. & Braga, E. S. (2016). Source and Distribution of Mercury in Sediments of the Brazilian Amazon Continental Shelf with Influence from Fluvial Discharges. *American Chemical Science Journal* 15(1): 1-15.
- Smith, G. M. & Weis, J. S. (1997). Predator/prey interactions of the mummichog *Fundulus heteroclitus*: Effects of living in a polluted environment. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.* 209: 75–87.

- Soares, J. L. F., Goch, Y. G. F., Peleja, J.R. P., Forsberg, B. R., Lemos, E. J. S. & Sousa, O. P. (2016). Bioacumulação de Mercúrio Total (THg) e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônia*, 6 (1):102-106.
- Speranza, E. D. & Colombo, J. C. (2009). Biochemical composition of a dominant detritivorous fish *Prochilodus lineatus* along pollution gradients in the Parana-Río de la Plata Basin. *Journal of Fish Biology* 74, 1226–1244.
- Sun, B., Zhao, F. J., Lombi, E. & McGrath, S. P. (2001). Leaching of heavy metals from contaminated soils using EDTA. *Environmental Pollution*, v.113, n.2, p.111-120.
- Tatara, C. P., Newman, M. C. & Mulvey, M. (2001). Effect of mercury and Gpi-2 genotype on standard metabolic rate of eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*). *Environ Toxicol Chem*. 20: 782-786.
- Terra, B. F., Araújo, F. G., Calza, C. F., Lopes, R. T. & Teixeira, T. P. (2008). Heavy Metal in Tissues of Three Fish Species from Different Trophic Levels in a Tropical Brazilian River. *Water Air Soil Pollut.* 187, 275-284.
- Toledo-Filho, A. S., Godoy, M. P. & Santos, E. P. (1987). Curva de migração do curimbatá, *Prochilodus scrofa* (Pisces, Prochilodontidae) na Bacia Superior do rio Paraná, Brasil. *Ver. Brasil. Biol.*, 46(2):447-52.
- Vanzolini, P. E. (1993). *Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica*. Hucitec, São Paulo. 1993.
- Vazzoler, A. E. A. M. (1981). *Manual de métodos para estudos biológicos de população de peixes. Reprodução e crescimento*. Brasilia, CNPq – Programa Nacional de Zoologia. 1981.
- Voigt, H. R. (2004). Concentrations of mercury (Hg) and cadmium (Cd), and the condition of some coastal Baltic fishes, *Environmentalica Fennica* 21: 26 pp.

- Webb, J., Coomes, O. T., Mainville, N. & Mergler, D. (2015). Mercury Contamination in an Indicator Fish Species from Andean Amazonian Rivers Affected by Petroleum Extraction. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 95, 279-285.
- Weber, P., Behr, E. R., Knorr, C. L., Vendruscolo, D. S., Flores, E. M. M., Dressler, V. L. & Baldisserotto, B. (2013). Metals in the water, sediment, and tissues of two fish species from different trophic levels in a subtropical Brazilian river. *Microchemical Journal*. 106, 61–66.
- Weis, J. S & Weis, P. (1995). Effects of embryonic exposure to methylmercury on larval prey capture ability in the mummichog *Fundulus heteroclitus*. *Environ. Toxicol. Chem.* 14: 153–156.
- Wootton, R. J., Evans, G. W. & Mills, L. A. (1978). Annual cycle in female three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.) from an upland and lowland population. *Journal of Fish Biology* 12, 331-343.
- World Health Organization - WHO. (2008). United Nations Environment Programme. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva: World Health Organization; 2008.
- Yi, Y., Yang, Z. & Zhang, S. (2011). Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin, *Environ. Pollut.* 159: 2575–2585.
- Yi, Y. & Zang, S. (2012). Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze river. *Environmental Science and Pollution Research*, 19: 3989-3996.
- Yossa, M. I. & Araujo-Lima, C. A. R. M. (1998). Detritivory in two Amazonian fish species. *Journal of Fish Biology* (1998) 52, 1141–1153.

Zhou, H. Y. & Wong, M. H. (2000). Mercury accumulation in freshwater fish with emphasis on dietary influences. Water Research, 2000, 34(17), 4234-4242.

CONCLUSÃO GERAL

Até o momento, a oferta de soja *in natura* em cevas não interferiu no bem-estar de *B. falcatus* coletados na bacia do Rio Teles Pires. Mas a pesca predatória com intensa utilização de cevas neste Rio pode ter contribuído fortemente para o declínio nas capturas de matrinxã segundo a percepção dos pescadores profissionais artesanais que atuam na região de Sinop/MT. As entrevistas com estes pescadores, nos proporcionou observar as percepções deles diante do quadro atual de ações antrópicas na região que podem estar influenciando na queda do estoque pesqueiro do peixe matrinxã. As concentrações de HgT provavelmente não interferiram no bem-estar e sanidade dos peixes avaliados, pois os valores de K e do HSI não foram relacionados ao HgT do músculo. Quase todos os espécimes analisados apresentaram concentrações de HgT no músculo abaixo da recomendada para consumo humano pela Organização Mundial de Saúde, mas, considerando que a região tem um alto consumo de pescado, a ingestão diária de mercúrio ultrapassa a recomendada. Os peixes *B. falcatus* e *P. nigricans* apresentaram as menores concentrações de HgT no músculo, portanto, estes devem ser preferencialmente consumido pela população em geral e especialmente por indígenas e ribeirinhos e grupos sensíveis, como lactantes, lactentes e crianças.

ANEXOS

ANEXO 1**Questionário**

Pescador: _____

Data: ____ / ____ / ____ Carteira de Pesca: _____ Idade: _____

01) Há quanto tempo você exerce a atividade de pesca profissional na bacia do rio Teles Pires?

5 anos 10 anos 15 anos mais de 15 anos

02) Quando você começou a exercer a atividade de pesca profissional na bacia do rio Teles Pires aproximadamente quantos quilos de matrinxã era pescado por mês ou por ano?

R: _____

03) Quantos quilos aproximadamente você pescou de matrinxã neste ano?

R: _____

04) Você está encontrando dificuldades em capturar o peixe matrinxã?

Sim Não

05) Na sua opinião, qual o motivo que está causando a queda na captura do matrinxã?

R: _____

06) Qual foi o maior exemplar de matrinxã que você já pescou? Em que ano foi?

R: _____

07) Você saberia dizer em que ano houve a maior queda na captura de matrinxãs?

R: _____

08) Na sua opinião o que poderia ser feito para aumentar a população de matrinxãs?

R: _____

- 09) Quais apetrechos de pesca são utilizados atualmente na pesca da matrinxã? Isso mudou com o tempo?

R: _____

- 10) Os pescadores profissionais artesanais ou a Colônia de Pescadores Z-16 participam e são ouvidos em reuniões que debatem questões ambientais?

R: _____

- 11) Você considera que as medidas de proteção para os peixes são efetivas (por exemplo tamanho mínimo e o período de defeso)?

R: _____

Obrigada pela participação!

ANEXO 2

Normas da revista “Boletim do Instituto de pesca”

Submissão de trabalho

O trabalho deverá ser enviado via e-mail (ceipboletim@gmail.com), devidamente identificado, em arquivo do WORD.

Após a aprovação do trabalho, deverá ser encaminhado ao Comitê Editorial o documento **Cessão de Direitos Autorais e Autorização para Publicação em Meio Eletrônico**, contendo apenas a assinatura de todos os autores responsável pelo trabalho, e cujo modelo está em:

http://www.pesca.sp.gov.br/files/Modelo_Cessao_Direitos_Autorais_site.pdf.

Avaliação do trabalho

1. O trabalho submetido será em primeira instância avaliado pelo *Comitê Editorial*.
2. Após aprovação preliminar pelo *Comitê Editorial*, e segundo a ordem cronológica de recebimento, o trabalho será enviado a no mínimo dois revisores de reconhecida competência no assunto abordado. Em seguida, se necessário, retornará ao(s) autor(es) para modificações/correções. O retorno do texto poderá ocorrer mais de uma vez, se assim o(s) revisor(es) solicitar(em).
3. O trabalho será aceito para publicação se tiver dois pareceres favoráveis, ou rejeitado quando pelo menos dois pareceres forem desfavoráveis. No caso de pareceres contraditórios entre os revisores, o trabalho será enviado a um terceiro revisor.
4. O trabalho aceito retornará ao(s) autor(es) para ultimar eventuais alterações propostas e realizar rigorosa revisão, antes que o documento seja submetido ao processo de editoração e formatação ao estilo do Boletim. O prazo para devolução dessa versão final revisada será de sete dias.
5. Os artigos aceitos mesmo que submetidos em português deverão ser traduzidos para a língua inglesa

ATENÇÃO: se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial (por inadequação às normas do BIP, por não se enquadrar no escopo temático da revista, por problemas redacionais [impropriedades linguísticas, morfológicas ou sintáticas], por falta de qualidade técnica ou similaridade) ou na avaliação final dos revisores “ad hoc”, o depósito não será devolvido, nem poderá ser reutilizado para outras submissões dos autores.

Disposições finais

Casos omissos serão avaliados pelo *Comitê Editorial do Instituto de Pesca*.

FORMATAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Instruções gerais

O trabalho deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, de acordo com a seguinte formatação: fonte Book Antiqua, tamanho 11; espaçamento entre linhas: 1,5; tamanho da página: A4; margens esquerda e direita: 2,5 cm; margens superior e inferior: 3,0 cm; número máximo de páginas, incluindo Figura(s) e/ou Tabela(s) e Referências: Artigo Científico: até 30 páginas; Nota Científica: até 15 páginas. **As linhas devem ser numeradas sequencialmente, da primeira à última página.** As páginas também devem ser numeradas. As notas de rodapé devem estar no texto.

Estrutura de Artigo Científico

- A estrutura para o Artigo Científico é a seguinte: Título, Autor(es), Endereços institucionais (completos) e eletrônicos, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional), Referências.
- O Título, o Resumo e as Palavras-chave devem ser traduzidos para o inglês, no caso de artigos redigidos em português ou espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês ou espanhol.
- Os termos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser alinhados à esquerda e grafados em letras maiúsculas e em negrito.

TÍTULO

Deve ser claro e conciso (não deve se estender por mais do que duas linhas ou dez palavras), redigido em inglês e português. Deve ser grafado em letras maiúsculas e centralizado na página. No caso de trabalho desenvolvido com auxílio financeiro, informar na primeira página qual o agente financiador, indicado com asterisco, também aposto ao final do título. Recomenda-se que não seja inserido o nome científico da espécie e a referência ao seu descritor, a não ser que seja imprescindível (no caso de espécies pouco conhecidas).

NOME DO(S) AUTOR(ES)

Deve(m) ser apresentado(s) completo(s) e na ordem direta (prenome e sobrenome), com apenas o sobrenome pelo qual o(s) autor(es) deve(m) ser identificado(s) em caixa alta. A filiação do(s) autor(es), bem como um endereço completo para correspondência e um e-mail deverão ser colocados na primeira página, logo após o nome dos autores, sendo identificado(s) por números arábicos, separados por vírgula quando necessário.

Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

RESUMO e Palavras-chave

O Resumo deve conter concisamente os objetivos, a metodologia, os resultados obtidos e as conclusões, utilizando no máximo 200 (duzentas) palavras. Deve ser redigido de forma que o leitor se interesse pela leitura do trabalho na íntegra.

Palavras-chave: no mínimo três (3) e no máximo seis (6), redigidas em letras minúsculas e separadas por ponto e vírgula. Não devem repetir palavras que constem do Título e devem identificar o assunto tratado, permitindo que o artigo seja encontrado no sistema eletrônico de busca.

ABSTRACT e Key words

Devem ser estritamente fiéis ao Resumo e Palavras-chave.

INTRODUÇÃO

Deve ocupar, preferencialmente, no máximo duas páginas, apresentando o problema científico a ser solucionado e sua importância (justificativa para a realização do trabalho), bem como a evolução/situação atual do assunto pesquisado. O último parágrafo deve expressar o objetivo, sendo coerente com o que consta no Resumo.

MATERIAL E MÉTODOS

Deve descrever sucintamente toda a metodologia utilizada, organizada de preferência na ordem de aplicação e de modo que o experimento possa ser reproduzido. Este item pode variar de acordo com a natureza temática do documento, mas em geral deve conter a descrição do procedimento amostral local, frequência, período, instrumento e métodos, outras variáveis relevantes ou o delineamento do experimento, a descrição dos tratamentos e das variáveis, o número de repetições e as características da unidade experimental. Deve informar sobre procedimentos estatísticos e transformações de dados. Deve-se evitar detalhes supérfluos, extensas descrições de técnicas de uso corrente e a utilização de abreviaturas não usuais.

RESULTADOS

Os Resultados devem ser apresentados em separado da Discussão. E isto pode ser feito textualmente ou sob a forma de Tabelas e/ou Figuras. Dados apresentados em Tabelas ou Figuras não devem ser repetidos sistematicamente no texto.

Tabelas:

Devem ser numeradas com algarismos **árabicos** e encabeçadas pelo Título (autoexplicativo). Recomenda-se que os dados apresentados em tabelas não sejam repetidos em gráficos, a não ser quando absolutamente necessário. As tabelas devem ter, no máximo, 16 cm de largura. As tabelas devem ser em **formato “retrato”** e não ultrapassar uma página. Abreviaturas também devem ser evitadas, a não ser para unidades de medida. Se necessárias, porém, devem ter seu significado indicado em legenda sob a tabela.

Figuras (gráficos, desenhos, mapas ou fotos):

Devem ter, **no máximo**, 16 cm de largura e 21 cm de altura, ser numeradas com algarismos arábicos, com título autoexplicativo logo abaixo. Palavras em gráficos e mapas devem estar em fonte legível. Não inserir gráficos, mapas ou fotos em tabelas ou quadros. Os gráficos não devem ter linhas de grade nem margens.

Tabelas e figuras devem ser inseridas no item mais apropriado no transcorrer do texto. Os originais de desenhos, mapas e fotos devem ser enviados em arquivos distintos, preferencialmente em formato digital “tif” ou “jpeg, e permitir redução para 16 cm ou 7,5 cm de largura **sem perda de definição**.

DISCUSSÃO

A Discussão deve ser elaborada e não apenas uma comparação dos dados obtidos com os disponíveis em literatura. Deve focar e demonstrar as principais ideias e contribuições trazidas pelo trabalho, bem como comentar se há necessidade de novas pesquisas ou sobre eventuais limitações encontradas. Evitar repetir números já constantes dos resultados. A Discussão deve conter hipóteses e/ou comentários objetivos sobre os resultados, discutidos à luz de observações constantes da literatura especializada.

CONCLUSÃO

A Conclusão deve ser clara, concisa e responder ao objetivo do estudo. Deve, idealmente, ser capaz de propor uma solução (ou caminho de solução) para a demanda/problema, com base nos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS (opcional)

Devem ser sucintos, dirigidos a Instituição ou pessoa que tenha efetivamente colaborado para a realização do trabalho. De preferência, não deve ultrapassar cinco linhas.

Estrutura de Nota Científica

A Nota Científica deve seguir ordenação similar à de um Artigo Científico, contendo Título, Autor, Endereços institucional e eletrônico, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key words, Introdução, Material e Métodos, Resultado(s) e, eventualmente, Discussão, Agradecimento(s) (opcional) e Referências. Resultados e Discussão, neste caso, podem ser apresentados como item único.

A formatação segue o mesmo padrão, mas com no máximo 15 páginas (incluindo tabelas e figuras).

Obs: Não serão aceitos trabalhos com mais de seis autores

REFERÊNCIAS (normas para TODOS os tipos de publicação)

Devem ser apresentadas em ordem alfabética do sobrenome dos autores, sem numeração. Devem conter os nomes de todos os autores, ano de publicação, o título do artigo (por extenso) e do periódico (também por extenso), número do volume e/ou edição e número e/ou intervalo de páginas.

A exatidão e adequação das referências a trabalhos que tenham sido citados no texto são de responsabilidade do autor.

Dissertações e teses devem ser evitadas como referências. Porém, aceita-se quando absolutamente necessárias, mas devem estar disponíveis *on-line*.

Trabalhos de conclusão de graduação e resumos apresentados em congressos não são referências válidas.

Observação: inadequações nas referências também acarretarão a recusa do trabalho e a não devolução da taxa de submissão.

Como fazer citações no texto

Usar o sistema autor/data, ou seja, o sobrenome do autor em letras **maiúsculas** e o ano em que a obra foi publicada. Exemplos:

- * para um autor: “MIGHELL (1975) observou...”; “Segundo AZEVEDO (1965), a piracema...”; “Estas afirmações foram confirmadas em trabalhos posteriores (WAKAMATSU, 1973)”.
- * para dois autores: “Richter e EFANOV (1976) pesquisando...” Se o artigo que está sendo submetido estiver redigido em português, utilizar “e” ligando os sobrenomes dos autores. Se estiver redigido em inglês utilizar “and” (Richter and EFANOV, 1976), se em espanhol, utilizar “y” (Richter y EFANOV, 1976).
- * para três ou mais autores: o sobrenome do primeiro autor deve ser seguido da expressão “*et al.*” (*grafada em itálico*). Exemplo: “SOARES *et al.* (1978) constataram...” ou “Tal fato foi constatado na África (SOARES *et al.*, 1978).”
- * para o mesmo autor, em documentos de anos diferentes, respeitar a ordem cronológica, separando os anos por vírgula. Exemplo: “De acordo com SILVA (1980, 1985)...”
- * para citação de vários autores sequencialmente, respeitar a ordem cronológica do ano de publicação e separá-los por ponto e vírgula. Exemplo: “...nos viveiros comerciais (SILVA, 1980; FERREIRA, 1999; GIAMAS e BARBIERI, 2002)....”
- * quando for **ABSOLUTAMENTE** necessário se referir a um autor, ainda que não em razão de uma consulta direta ao trabalho por ele publicado, o nome desse autor deve ser citado em letras minúsculas apenas no texto, indicando-se logo a seguir, entre vírgulas e precedido da palavra latina *apud*, o nome do autor e ano do trabalho efetivamente consultado no qual aparece a referência ao autor não diretamente lido. Ex.: “Segundo Gulland, *apud* SANTOS (1978), os coeficientes...”

Como fazer citações na listagem de REFERÊNCIAS

1. DE DOCUMENTOS IMPRESSOS

Artigos científicos são listados como segue:

BARBIERI, E.; BONDIOLI, A.C.V.; DE MELO, C.B.; HENRIQUES, M.B. 2014 Nitrite toxicity to *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture Research*, 47(4): 1260-1268.

As referências devem ser ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do autor principal.

Havendo mais de uma obra com o mesmo sobrenome, considera-se a ordem cronológica e, persistindo a coincidência, a ordem alfabética do terceiro elemento da referência.

Recordando, após o nome dos autores, inserir o ano da publicação, o título do artigo, o título do periódico (em *italíco*; e que, repetindo, **NÃO DEVE SER ABREVIADO**), o volume (também em *italíco*), o fascículo (entre parênteses) e o número/intervalo de páginas.

A citação de dissertação e tese, tipos de documentos que se pode utilizar apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário e se estiver disponível *on line*, deve ser feita como segue:

BERNADOCCHI, L.C. 2012 *Captação de sementes em coletores artificiais e cultivo da ostra perlífera Pinctada imbricata (Mollusca: Pteriidae)*. São Paulo, Brasil. São Paulo. 75f. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes.pg.php>> Acesso em: 22 ago. 2014.

Para livro, também utilizado apenas quando ABSOLUTAMENTE necessário, a citação deve ser:

GOMES, F.P. 1978 *Curso de estatística experimental*. 8^a ed. Piracicaba: Escola Superior de

Agricultura “Luiz de Queiroz”. 430p.

ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J. 1991 *Long-run economic relationship: readings in cointegration*. New York: Oxford University Press. 301p.

NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford. 544p.

Capítulo de livro ou publicação em obra coletiva, cita-se:

MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W.C. 2010 Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford. p. 485-501.

Leis, Decretos, Instruções Normativas e Portarias são incluídas na listagem como segue:

BRASIL, 1988 CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. *Diário Oficial da União*, Brasília, 05 de outubro de 1988, nº. 191-A, Seção 1, p. 1.

BRASIL, 2000 LEI nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 19 de julho de 2000, nº. 138, Seção 1: p. 45.

BRASIL, 1990 DECRETO nº. 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as reservas extrativistas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 31 de janeiro de 1990, nº. 22, Seção 1, p. 2.

BRASIL, 2007 INSTRUÇÃO NORMATIVA nº. 02, de 18 de setembro de 2007.

Disciplina as diretrizes, normas e procedimentos para formação e funcionamento do Conselho Deliberativo de Reserva Extrativista e de Reserva de Desenvolvimento

Sustentável. *Diário Oficial da União*, 20 de setembro de 2007, nº. 182, Seção 1, p. 102.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2010b PORTARIA nº. 77, de 27 de agosto de 2010. Cria o Conselho Deliberativo da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo/RJ. *Diário Oficial da União*, Brasília, 01 de setembro de 2010, nº. 168, Seção 1: p. 69.

2. *DE MEIOS ELETRÔNICOS* (periódicos publicados exclusivamente *on line*; documentos consultados *online* e em CD-ROM)

Exemplos:

LAM, M.E.; PAULY. D. 2010 Who is right to fish? Evolving a social contract for ethical fisheries. *Ecology and Society*, 15(3): 16. [online] URL: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art16/>>

CASTRO, P.M.G. (sem data, *on line*) *A pesca de recursos demersais e suas transformações temporais*. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/textos.php>> Acesso em: 3 set. 2017.

TOLEDO PIZA, A.R.; LOBÃO, V.L.; FAHL, W.O. 2003 Crescimento de *Achatina fulica* (gigante africano) (Mollusca: Gastropoda) em função da densidade de estocagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 55, Recife, 14-18 jul./2003. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 1 CD-ROM.

INSTRUÇÕES COMPLEMENTARES

1. Fórmula, expressão e equação matemática

As fórmulas, expressão e equação matemática devem ser inseridas no texto (não utilizar figura). Exemplo: $TE = (N.F_m^{-1}) \cdot 100$.

2. Unidade de medida

Deve ser apresentada segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI). Exemplo: 10 m²; 100 peixes m⁻²; 20 t ha⁻¹; g L⁻¹.

3. Número de casas decimais

Deve ser padronizado para todo o texto. Por exemplo, grafado o comprimento dos exemplares amostrados com uma casa decimal, em todo o texto os valores referentes a esse parâmetro devem ser grafados com uma casa decimal.

4. Anexo e apêndice

Não devem ser utilizados.

5. Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor do Boletim do Instituto de Pesca.

ANEXO 3

Normas da revista “Journal of fish biology”

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. Journal of Fish Biology.

The *Journal* welcomes research manuscripts containing new biological insight into any aspect of fish biology. The *Journal* invites papers that report results and ideas of value to fish biology that will serve a wide international readership. Hence, the novelty of the content of manuscripts should have relevance beyond a particular species or place in which the work was carried out. Please note that the *Journal* is no longer considering short technical notes describing molecular markers (*e.g.* microsatellites) for publication. While the *Journal* will continue to consider papers describing new markers, these must be accompanied by additional detailed work focusing on their usage and addressing relevant biological questions (*e.g.* population structuring, parentage and genetic mapping).

2. Ethics.

Contributors to the *Journal of Fish Biology* must read the Editorial on the use and treatment of fishes in research in *Journal of Fish Biology* **68**, 1-2 (2006) (available [here](#)) and *Journal of Fish Biology* **78**, 393-394 (2011) (available [here](#)). They will be required to complete a questionnaire on submission of their paper, available for downloading [here](#).

The Fisheries Society of the British Isles (FSBI) considers that scientists should avoid research threatening the conservation status of any species of fish that is already regarded as threatened according to the IUCN Red List of Threatened Species and the associated current Red List Categories and Criteria (<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria>) or which is listed as such in a Red Data Book appropriate to the country of geographical area concerned. In accordance with this view, papers based on such research will not be accepted, unless the work had clear conservation objectives.

Irrespective of whether formal acknowledgement is made (see §5), all sources of funding in support of the research described must be declared when submitting the manuscript. If in doubt about any aspect of ethics relating to the paper, authors should consult www.publicationethics.org or the Editor-in-Chief.

3. Submission of manuscripts.

We will consider: Regular papers (original research); Review papers (either invited or agreed beforehand with an Associate Editor); Brief Communications; Letters; Comments and Replies. Authors should read the Editorial in *Journal of Fish Biology* **79**, 1-2 (2011) (available [here](#)).

All categories of manuscripts are submitted online at <http://ifb.edmgr.com>, where a user ID and password are assigned on the first visit. Full instructions and support are available on this site. **Authors are required to suggest potential referees** (in the ‘Suggest Reviewers’ section), selected internationally, for their manuscripts. The

suggested referees must be independent of the research under discussion, source funding and authors' institutions.

Papers will normally be critically **reviewed by two or more independent experts** in the relevant discipline and evaluated for publication by the Editors, but the Editors may return to authors without review any manuscripts that do not follow format of the Journal or are deemed to be of inadequate quality or inappropriate for the *Journal of Fish Biology*. The final decision to accept a paper will be made by the Editor-in-Chief.

4. Preparation of manuscripts.

Authors should consult a recent issue of *Journal of Fish Biology* for details of style and presentation. As a journal that serves the international community of fish biologists, there are a number of conventions in the preparation of manuscripts that are particular to the *Journal*, which often escape the notice of authors. Attention is drawn especially to Sections 16, *Units and Symbols*, 17, *Statistics, equations and mathematical expressions* and 18, *Species nomenclature*. **Carefully answer the questions after 'Author Comments' on submission. If the manuscript does not follow the format of the Journal, it will be returned to the authors unreviewed.**

For submission manuscripts must be **font size ≥12, double-spaced throughout**, all pages must be numbered and with **continuous line numbering**, including tables, figure captions and reference lists. **Do not save files in portable document format (PDF).**

The **first page** of the submission must contain the following information:

- the **title of the paper**, which should be short, but descriptive, and must not include any geographical (*e.g.* Baffin Island, Amazon Basin) or regional references (*e.g.* south-east Asia) unless they are fundamental to the scientific thrust of the paper. Such references can be included in the Key Word list;
- a descriptive **running headline** of no more than 45 characters, inclusive of spaces, should also be given on the first page;
- The **family or formal name by which each author is known** should be given with only the initials for given or familiar names.

The **address** of every author's primary affiliation (university, research institute, *etc.*) must be given in **full**. Ideally, no more than one address per author should appear. If appropriate, secondary affiliations can be recognized through an acknowledgement (see §5). If for any reason an author believes it essential to have a second affiliation address at the head of the paper, they should make the reason clear when submitting the manuscript.

If there has been a **change of address**, it should be added as a footnote.

Telephone number and email address for the **corresponding author** should be provided as a footnote. Under no circumstances will the *Journal* list more than one corresponding author.

Each **Table** (with caption above the table), **Figure** (captions on separate page) and **Appendix** must be prepared on a separate page (see §11 & 12). Information that is given in tables must not be duplicated in figures and *vice versa*, nor must the caption for a figure or table be duplicated in the text. **Do not indicate positions of tables and figures in the text.**

The paper **must not be written in the first person** (*i.e.* do not use ‘I’, ‘we’, ‘our’); all **spellings must be U.K (not American) English** (the *Journal* standard is the *Concise Oxford English Dictionary*), with the exception of exact quotations and references; all **Latin words** and phrases (excluding scientific names other than genus and species) must be in italics; **punctuation** should be consistent and only a single space inserted between words and after punctuation; **quotation marks** should only be used when giving an actual (referenced) quotation; text should be typed without end of line hyphenation, except for compound words; do not use lower case ‘l’ (letter el) for ‘1’ (digit one) or ‘O’ (oh) for ‘0’ (digit zero).

Text citations of references can be given in either of two ways: (1) with date in parentheses, *e.g.* ‘as demonstrated by Jones (1956)’; (2) with names and date in parentheses, *e.g.* ‘according to earlier findings (Jones, 1956)’. Where more than one reference is cited in the text these should be in chronological alphabetical order, *e.g.* Smith, 1975, 1988; Arnold, 1981; Jones, 1988; Tate, 1988.

For text citations where there are two authors, use the names of both authors and the year, *e.g.* Smith & Jones 2010; **do not use *et al.* for two-author references**. Where there are three or more authors, the citation should give the name of the first author only, followed by *et al.* (italic) and date, *e.g.* Smith *et al.*, 2002.

If more than one reference by the same author(s) published in the same year is cited, use *a, b, etc.* (italic but without a space) after the year in both text and reference list in the order that they are cited in the text, *e.g.* (1963a) — (1963b) — (1963a, b).

If there are two authors sharing the same surname and both have papers published in the same year, they should be distinguished by use of their initials *e.g.* Young, L., 2012, Young, T., 2012.

5. Regular papers

The first, title page should include:

- the paper title (as specified above);
- authors and author affiliations (as specified above); – running head (as specified above)
- the contact details telephone number and email address) for the **corresponding author** (‘Author to whom correspondence should be addressed’) as a footnote.

Where appropriate, a footnote to the first page can be added stating that ‘These authors made an equal contribution to this work’.

The second page should include:

- An **Abstract**, which must be concise and summarize **only** the significant findings of the paper (*i.e.* not the background or methods).
- **Key Words** list (≤ 6) must not exceed **100 characters in length**, including punctuation and spaces.

Regular papers will comprise **five main sections**: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a **combined Results and Discussion is not acceptable**) and References. Conclusions, as a heading, is only acceptable in Review Papers.

These **primary section headings** must be in bold capitals centred on the page.

Within sections, subdivisions must not exceed two grades: **secondary headings** must be non-bold capitals left-hand justified on their own line; **tertiary headings** are normal italic text (except for Latin phrases, genus and species, which must be roman text), also left-hand justified on their own line. **Two blank lines should be left after headings and between paragraphs.**

Where appropriate, **acknowledgements** should appear (without a heading) following the Discussion. Acknowledgements to individuals should use the family or formal name and initials only for given or familiar names **without the use of titles** (Dr, Prof., etc.).

Electronic References must be listed separately after the standard (journal and book) References.

6. Review papers.

Reviews should be **concise, critical and creative**. They should seek **to stimulate topical debate and new research initiatives**. Prospective authors are asked to submit a synopsis (two pages maximum) of their paper to an Associate Editor. The Editor-in-Chief may be consulted for advice on the appropriate Associate Editor to be approached. The synopsis should outline why the review is topical, its main points and objectives, and how it will stimulate debate and research. When the proposal has been accepted by an Associate Editor, they will invite the author to submit a manuscript within an agreed time limit.

Review papers must conform to the *Journal's* Instructions to authors in every respect, except that there will be no Materials and Methods or Results but there can still be a Discussion. As above, Discussion and Conclusions (if used) will appear as primary headings (see §5) but other major divisions within the review should also be preceded by an appropriate primary heading, *i.e.* in bold capitals centred on the page. Secondary and tertiary headings, as necessary, should also follow the format described above (§5).

7. Brief Communications.

A Brief Communication can cover any subject within the scope of the *Journal of Fish Biology* but should be **confined to a single point or issue of progress**, such as an unusual occurrence, an interesting observation, or a topical and timely finding. The manuscript must have relevance beyond the species or locality under consideration.

To qualify for inclusion as a **Brief Communication**, a paper **must be short** (five printed pages maximum; text *c.* 2500 words) but must follow the same format as given above for regular papers with respect to title, authors and affiliations, key words, acknowledgements and references (see §5) but the **Abstract** must be no more than **three sentences**. **No headings or subheadings should be included**. A Brief Communication should normally include **no more than one (multi-panel) figure and one table**.

8. Letters.

Letters **must be very short** (one and a half printed pages maximum; text *c.* 750 words) and deal with single significant finding or point for discussion that needs rapid publication. The submission should include a title page, key words but **no Abstract**, main text and references (maximum four) but **no tables or figures**.

9. Occasional Comments.

Comments concerning recent published papers in the *Journal* may be considered by the Editor-in-Chief. The comments will be sent to the original authors to provide an opportunity for reply. Publication of the Comment and Reply will end the debate.

10. References.

All **references must be given in full**, including the **complete author list** (initials only for given or familiar names), the title of the reference in full with the name of the journal (italic) in full, the volume number (but not part number; bold) and the page numbers.

Authors must check that all citations in the text are in the list of references and vice versa, and that the dates match. Journal titles, book titles and any other material within the reference list that will be italicized in print should be italicized or underlined in the manuscript.

The list of references should be arranged alphabetically according to the family or formal name of the first author and in the following order:

- 1 single authors – where more than one reference is given for a single author the publications should be listed chronologically;
- 2 two authors – these should be arranged first alphabetically, then chronologically;
- 3 three or more authors – these should be arranged chronologically.

If more than one reference by the same author or authors published in the same year is cited, use *a*, *b*, *etc.* (italic but without a space) after the year in both text and reference list in the order that they are cited in the text, e.g. (1963*a*) — (1963*b*) — (1963*a*, *b*).

All **references cited** must be in the public domain, and must appear in the **format shown below**. Also, the **Digital Object Identifier (doi)** must be included as volume and page information is not always available for articles published online. When a paper has appeared in Early View but is not yet available as hard copy, it should be designated as online (see below). e.g.:

Boisvert, C. A. (2005). The pelvic fin and girdle of Panderichthys and the origin of tetrapod locomotion. *Nature* **438**, 1145–1147. doi:10.1038/nature04119

Jonsson, B. & Jonsson, N. (2015). Sexual size dimorphism in anadromous brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* (online) DOI: 10.1111/jfb.12704

Nagahama, Y., Yoshikuni, M., Yamashita, M., Tokumoto, T. & Katsu, Y. (1995).

Regulation of oocyte growth and maturation in fish. In *Current Topics in Developmental Biology*, Vol. 30 (Pederson, R. A. & Schatten, G., eds), pp. 103–145. San Diego, CA: Academic Press.

Park, H. & Choi, H. (2010). Aerodynamic characteristics of flying fish in gliding flight. *Journal of Experimental Biology* **213**, 3269–3279. doi: 10.1242/jeb.050880>

Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*, 4th edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Where a paper is published in an open-access online journal, the reference should also include the URL for the paper e.g.:

Britton, J. R., Pegg, J. & Williams, C. F. (2011). Pathological and ecological host consequences of infection by an introduced fish parasite. *PLoS One* **6**, e26363. doi: 10.1371/journal.pone.0026365

Doctoral (PhD) theses can be cited within the reference list provided that there is a permanent record of them held (e.g. thesis has been lodged at the individual's University or Institution Library as a permanent addition to the collection there). **Master's (MSc) theses** can be cited within the reference list only if the work is readily available electronically and the URL provided. e.g.
 Armas-Rosales, A.M. (2006). Genetic effects in the determination of cold and salinity tolerances in tilapia. Master's Thesis. Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA. http://etd.lsu.edu/docs/available/ etd-11172006-085843/unrestricted/Armas-Rosales_thesis.pdf (last accessed 6 December 2013).

Lockwood, S.J. (1972). An ecological survey of an 0-group plaice population, Filey Bay, Yorkshire. PhD Thesis. University of East Anglia, Norwich, U.K.

Electronic references must be listed separately, under the heading **Electronic References**, and set out as examples given below. Electronic references can include references not subject to peer review and formal publication – **grey literature**.
 ICES (2001). Report of the Northern Pelagic and Blue Whiting Fisheries Working Group. *ICES CM2001/ACFM:17*. Available at
<http://www.ices.dk/reports/acfm/2001/wgnpbw/wgnpbw01.pdf> (last accessed 6 April 2010).

Marshall, A., Bennett, M. B., Kodja, G., Hinojosa-Alvarez, S., Galvan-Magana, F., Harding, M., Stevens, G. & Kashiwagi, T. (2011). *Manta birostris*. In *IUCN Red List of Threatened Species* Version 2013.2. Available at
<http://www.iucnredlist.org/details/198921/0> (last accessed 9 December 2013).

11. Illustrations.

Figures and figure captions must be submitted as separate files.

All figures must be numbered consecutively using Arabic numerals [Fig. 1, 2, etc.]: subdivide by **lower case letters**: (a), (b), etc., in order of their mention in the text. A fully descriptive **stand-alone caption, including the full scientific name(s) of the species** to which the illustration applies and full expansion of abbreviations appearing in the figure, must be provided for every figure and the complete list of **figure captions typed together on a separate page**.

Captions and keys must not be included on the figures. All relevant information, e.g. keys to the symbols, formulae and regression values, must be included in the caption not on the figure.

Colour figures are free of charge both online and in print.

Line artwork (vector graphics) should normally be prepared in black, white and shades of grey. They should be saved as Encapsulated PostScript (EPS). **Native file formats should not be submitted.**

Photographs should be selected only to illustrate something that cannot adequately be displayed in any other manner. **Magnification** should be given as a **scale bar** embedded in the figure and all stains used should be described in full. They should be saved as bitmap files (half-tones or photographic images) as Tagged Image Format (TIFF). Again, **Native file formats should not be submitted.**

Artwork should be received in digital format with figures and figure captions saved in separate files from the main text of the manuscript. The minimum reduction for the figures may be indicated. More detailed information on the submission of electronic artwork can be found at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/illustration.asp>

Maps and charts should be within a frame showing latitude and longitude tick marks on the inside of the frame but co-ordinate values outside the frame, along the left-hand and lower margins only. If only one co-ordinate value is given for latitude and longitude, it is essential to include N or S, E or W, as appropriate. If two or more co-ordinate values are given N, S, E and W are redundant and should be omitted as the numerical sequence provides the necessary orientation. The *Journal's* standard for geographical names, countries, seas, rivers, etc. is *The Times Concise Atlas of the World*. London: Times Books. Copyright (see §13) for any figure or illustration taken from another publication must be acknowledged in legend to the figure.

Acknowledgement to a non-author who has contributed a figure or illustration to the paper should appear following the Discussion (see §5), not in the legend to the figure or illustration.

12. Tables.

Tables must be submitted as separate files; tables must not be embedded in the text file in picture format.

Tables must be numbered consecutively in roman numerals (Table I, II, *etc.*), **in the order they are cited** in the text. Captions for tables **should be typed directly above each table**, not on a separate page, and must include the full **scientific name(s) of the species** to which it refers unless these names appear in the body of the table. Footnotes to tables should be indicated by superscripts and typed at the bottom of the tables.

Abbreviations must be defined as footnotes in the tables.

13. Acknowledgement of copyright.

Authors should obtain permission from the copyright owner (usually this is the publisher) to use any figure, table or extended quotation from material that has previously been published. Acknowledgements, however, should cite the author: 'Reproduced with permission from Einstein (1975)'.

14. Supporting Information.

As a service to authors and readers, the *Journal of Fish Biology* will host supporting information online. Supporting Information files are hosted by the Publisher in the format supplied by the author and are not copy-edited by the Publisher. **It is the responsibility of the author to supply Supporting Information in an appropriate file format (e.g. Word) and to ensure that it is accurate and correct.** Authors **should therefore prepare Supporting Information with the same rigour as their main paper, including adherence to Journal style (e.g. formatting of references)**, except that files should be prepared without line numbers or wide-line spacing, and with all track-change edits accepted. Supporting Information can be provided as separate files or as one combined file. Authors are discouraged from supplying very large files or files in non-standard file formats, both of which may reduce their use to the readership. Supporting Information files containing tables (including data sets), videos and animations are accepted. A series of figures which form a data set are acceptable, but

individual figures are not. Supporting Information files containing .kmz files to increase knowledge of specific geographical location are encouraged.

15. Abbreviations and acronyms.

A small number of abbreviations and acronyms that are in widespread daily scientific use are permitted without expansion; these are listed on the *Journal* webpage (wileyonlinelibrary.com/journal/jfb). Without exception, all other **abbreviations and acronyms must be given in the fully expanded form** on first mention in the text and in all figure and table captions. If abbreviations appear in figures or tables, the fully expanded form must be given in the caption or as a table footnote.

16. Units, time, distance.

Physical measurements should use **metric units only** in accordance with the Système International d'Unités (SI), e.g. mm, mm³, s, g, µg, m s⁻¹, g l⁻¹. Use mg l⁻¹ not ppm. Use **joules** not calories. Authors will find the following two publications helpful: BSI (1967). *Recommendations for Letter Symbols, Signs and Abbreviations: BS 1991*, Part I. London: British Standards Institute.

and

Baron, D. N. (Ed.) (1977) *Units, Symbols and Abbreviations. A Guide for Biological and Medical Editors and Authors*, 3rd edn. London: The Royal Society of Medicine. In the text, one-digit numbers should be spelt out unless they are used with units of measure (in which case they should not be hyphenated), e.g. five boxes, 5 cm. Numerals should be used for all numbers of two or more digits, e.g. 34 boxes. Where decimal values are given, the number of decimal places should be proportionate with respect to the accuracy of the work; e.g. do not give more than one place of decimals for a mean when measuring to the nearest integer unit. Means and error (S.D., S.E., 95% C.L., etc.), should be to the same number of decimal places; e.g. 15.1 ± 0.2 not 15.1 ± 0.194.

In mathematical expressions, single letters (italics) should be used for variables or parameters, qualifying them with subscripts (roman) if required, e.g. length L, fork length L_F (not FL), standard length L_S, index I, gonado-somatic index I_G, hepatosomatic index I_H, mass (not weight) M, wet mass (M_w) etc.

The 24 hour clock should be used for time of day, e.g. 1435 hours, not 2.35 p.m.

Calendar dates should be as, e.g. 15 June 1998.

Salinity is dimensionless with no units; do not use psu, %o or similar

Ship's speed should be given in km h⁻¹ but can be followed by knots (nautical miles per hour) in parentheses.

Latitude and longitude can be given either as degrees° minutes' seconds" or decimal degrees, proportionate to the accuracy of position fixing in the field. (N.B. 0.1 second of latitude is equivalent to 185 m but for longitude this decreases by cosine latitude with increasing latitude). Read Editorial in *Journal of Fish Biology* **82**, 1771–1772 DOI: [10.1111/jfb.12146](https://doi.org/10.1111/jfb.12146) (2013).

17. Statistics, equations and mathematical expressions.

Present statistics as follows: name of test, test statistic with associated degrees of freedom (d.f.; N.B. an F-distribution has TWO d.f. values) and probability level (P).

The P-values given by statistical packages assume that all the assumptions of the

statistical method have been met in full. Although ANOVA and regression are robust, the real *P*-values are likely to be different from the values printed by the package, because of violations of the assumptions. **Only if it can be explicitly demonstrated that data conform fully to all the assumptions of the statistical method used can precise *P*-values can be cited.** On these instances *P*-values must be provided with three decimal places. In all other circumstances (*i.e.* the norm), *P*-values must be limited to: **>0·05, 0·05, 0·01 and 0·001.**

Provide **confidence intervals** (95% C.I.) for parameters estimated by ANOVA and regression analysis. Where numerical resampling (*e.g.* bootstrapping) is used to assess the statistical significance of a given parameter (*e.g.* F_{ST} , G_{ST} , D_J), in addition to resulting confidence intervals, the number of replicates should be also provided (*e.g.* 1000 bootstrap replicates). Read the Editorial in *Journal of Fish Biology* results in *Journal of Fish Biology* **78**, 697–699 (2011) (available [here](#)).

The Journal follows a strict format for equations and mathematical expressions.

Please read the Editorial in *Journal of Fish Biology* **82**, 1771–1772 DOI: [10.1111/jfb.12146 \(2013\)](https://doi.org/10.1111/jfb.12146)

18. Species nomenclature.

The plural of more than one individual of a single species is ‘fish’ but if there is more than one species, it is ‘fishes’.

On **first mention of all fish species** in the main text they must be named both by their common name, if available, followed by their binomial scientific names (in italics) with the describing authorities and dates of authorship, *e.g.* Atlantic salmon *Salmo salar* L. 1758. The common name should not be separated from the scientific name by a comma nor should the species’ name be in parentheses. (Linnaeus shall be abbreviated to ‘L.’ but all other naming authorities must appear in full).

After initial use of the species’ common, scientific and author’s names, subsequent reference to the species should use the scientific name only, *i.e.* without further reference to common name, describing author or date. The genus name should be abbreviated to a single letter (*e.g.* *C. carpio* and *O. mykiss*), except at the start of a sentence or where confusion may arise from multiple genera with the same first letter, when genus is given in full.

The describing authority and date of authorship should not be separated by a comma, *e.g.* the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792), **not** (Walbaum, 1792). First use of species names in the title and Abstract must include common and scientific names as above, but do not require the describing authority and date of authorship. The scientific name must also appear in full in every related figure and table caption but without the common name, describing authority or date of authorship.

The use or absence of **parentheses around the naming authority’s name** is covered by strict rules. If the current accepted scientific name is the same as that given by the original naming author, the name appears without parentheses, *e.g.* *Pleuronectes platessa* L. 1758, but if the current accepted scientific name differs from that given by the original naming author, the original author’s name appears within parentheses, *e.g.* *Platichthys flesus* (L. 1758). The citation for the original description of a species should

not be included in the References unless additional specific details (*i.e.* more than just the species name) supplied by that publication are discussed in the manuscript.

The Journal's standard reference for the correct scientific names and formatting of naming author is:

Eschmeyer, W. N. (Ed.) *Catalog of Fishes* electronic version (15 November 2013).

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

The Journal's standard references for **common names**, include;

For European fishes:

Wheeler, A. (1992). A list of the common and scientific names of fishes of the British Isles. *Journal of Fish Biology* **41** (Supplement A), 17–26. doi: 10.1111/j.1095-8649.1992.tb05644.; Wheeler, A.C., Merrett, N.R. & Quigley, D.T.G. (2004).

Additional records and notes for Wheeler's (1992) *List of the Common and Scientific Names of Fishes of the British Isles*. *Journal of Fish Biology* **65**, Supplement B, 1–40. doi: 10.1111/j.0022-1112.2004.00583.x;

For North American fishes (except those covered above for British fishes):

Nelson, J.S., Crossman, E.J., Espinosa-Pérez, H., Findley, L.T., Gilbert, C.R., Lea, R.N. & Williams, J.D. (2004). Common and scientific names of fishes from the United States, Canada, and Mexico, 6th edn. Special Publication 29. Bethesda, MD: American Fisheries Society.

For all other areas:

Froese, R. & Pauly, D. (Eds) (2013). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Available at <http://www.fishbase.org/Search.php>

FAO (2013). ASFIS List of Species for Fishery Statistics Purposes. Rome: Fisheries & Aquaculture Department, FAO. Available at <http://www.fao.org/fishery/collection/asfis/en>

When first using scientific species names the describing authority name appears in parentheses only if the binomial combination of the name has changed since the original description. *Oncorhynchus clarkii* (Richardson 1836) for example, includes the authority name in parentheses because Richardson initially described the species in the genus *Salmo*, under the name *Salmo clarkia*, whereas the name *Salmo marmoratus* Cuvier 1829 is currently recognized exactly as originally named by Cuvier.

When the describing authority is Linnaeus, this should be abbreviated to L., e.g. *Cyprinus carpio* L. 1758. The citation for the original description of a species should not be included in the References unless additional specific details (*i.e.* more than just the species name) supplied by that publication are discussed in the manuscript.

Use the online *Catalog of Fishes* as the standard authority for species nomenclature and date of description: Eschmeyer, W. N. (Ed.) *Catalog of Fishes* electronic version (5 January 2011). <http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> After initial use of the species' common and scientific names, subsequent reference to the species should use the scientific name (without describing author or date) NOT the common name. The genus name should be abbreviated to a single letter (*e.g.* C.

carpio and *O. mykiss*), except at the start of a sentence or where confusion may arise from multiple genera with the same first letter.

When listing **synonyms for a species**, the following style is required [based in part on: Mincarone, M. M. & Fernholm, B. (2010). Review of the Australian hagfishes with description of two new species of *Eptatretus* (Myxinidae), *Journal of Fish Biology* **77**, 779–801. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02661.x]:

Eptatretus cirrhatus (Forster 1801)

Homea banksii Fleming 1822: 375 (original description; type locality: South Seas; holotype: unknown)

Bdellostoma heptatrema Müller 1836: 79 (original description; type locality: South seas; holotype: unknown)

Bdellostoma forsteri Müller 1836: 80 (original description; type locality: Queen Charlotte Sound, New Zealand; holotype: unknown). Conel, 1931: 76 *Bdellostoma forsteri* var. *heptatrema*. Müller, 1838: 174 (new combination)

Bdellostoma cirrhatum. Günther, 1870: 511 (in part). Hutton, 1872: 87 (in part). Putnam, 1874: 160 (in part). Günther, 1880: 27

(Note that species names that are modifications of an existing binomial, rather than an original description, are separated from the author name by a full stop, *Bdellostoma cirrhatum*. Günther, 1870: 511 (in part).

Read the Editorial in *Journal of Fish Biology* **78**, 1283–1290 DOI: [10.1111/j.1095-8649.2011.02979.x \(2011\)](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.02979.x).

The International Code of Zoological Nomenclature (Article 8.5, amendment) requires that a work bearing a new taxonomic name, issued and distributed electronically must be registered in the Official Register of Zoological Nomenclature (ZooBank) and contain evidence in the work itself of such registration. The *Journal of Fish Biology* requires that any manuscript dealing with the description of new species, genera, or families, submitted to the Journal, must be registered in ZooBank and the name of each new taxonomic name (e.g., new family, genus or species) should be added to ZooBank. Instructions on how to do this are available via ZooBank (<http://zoobank.org/>) and associated video tutorials (<http://zoobank.org/VideoGuide>), and in the Editorial on this subject in *Journal of Fish Biology* **90**, 1167–1169. DOI: [10.1111/jfb.13271](https://doi.org/10.1111/jfb.13271).

19. Curation of taxonomic specimens.

Any specimens used for taxonomic analyses should, wherever possible, be deposited in appropriate scientific collections (e.g. museums and university collections, or private collections when there is good evidence that these are adequately maintained), with identifying catalogue numbers, so that they are accessible to the scientific community for subsequent examination and taxonomic revision. **Namebearing type specimens of taxa that are described in the Journal of Fish Biology as new to science must be deposited in recognized national or international institutions that can meet ICZN (2012) criteria for Recommendations 72F.1-5 into the foreseeable future:**

ICZN (2012). *The International Code of Zoological Nomenclature* 4th edn. London: The International Trust for Zoological Nomenclature 1999.

<http://iczn.org/iczn/index.jsp>

A paratype series may be distributed among more than one recognized national or international institution at the discretion of the authors. This is encouraged for paratype series that include numerous specimens, where the paratype series can be split into two or more representative samples, comprising several specimens that are deposited at different institutions. See Eschmeyer's *Catalog of Fishes Online* (available at <http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>) for a check list of institutions and their official abbreviations for use in manuscripts. Also, for U.S. and Canadian institutions see:

Poss, S. G. & Collette, B. B. (1995). Second survey of fish collections in the United States and Canada. *Copeia* **1995**, 48–70. <http://www.jstor.org/stable/1446799>
Read the Editorial in *Journal of Fish Biology* **78**, 1283–1290 DOI: [10.1111/j.1095-8649.2011.02979.x \(2011\)](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.02979.x).

20. Genetic nomenclature.

The *Journal* uses the zebrafish system (see http://zfin.org/zf_info/nomen.html) for differentiating genes and proteins *etc.* of fish origin. On first mention, the name of a gene *etc.* should be given in full (roman) with its abbreviated form immediately after in parentheses. Thereafter, the abbreviated format should be used. **Authors are responsible for ensuring that they adhere to the Journal of Fish Biology style for naming genes etc. (as indicated above). Failure to do so will result in their paper being returned to them for correction at the final proofreading stage and thereby delaying its publication.**

21. Sequence data.

Manuscripts containing novel amino-acid sequences of proteins or novel nucleotide sequences (*e.g.* primer sequences) will only be accepted if they carry **a statement that all the data have been deposited with an appropriate data bank**, *e.g.* the European Molecular Biology Laboratory (EMBL) or GenBank Data Libraries.

The *Journal of Fish Biology* strongly recommends that when authors deposit data in genetic data banks they include specimen catalogue numbers (for specimens preserved in collections), a note identifying sequences that are derived from type specimens and collection locality data.

The **database accession number** must be given in the Materials and Methods section of the manuscript. For taxonomic papers that refer to sequences derived from specimens preserved in collections (see §19) authors should **include a Table** that clearly links each sequence accession number with the specimen from which it was derived. Sequences from type specimens should also be clearly identified in this table (**e.g. given in bold text**, but the significance of the bold text must be explained either in the table caption or as a table footnote).

An appropriate nomenclature for genetic sequences for type specimens is given by:

Chakrabarty, P. (2010). Genotypes: a concept to help integrate molecular phylogenetics and taxonomy. *Zootaxa* **2632**, 67–68.

<http://www.mapress.com/zootaxa/2010/f/zt02632p068.pdf>.

Sequences from holotypes are identified as hologenotypes, those from topotypes are topogenotypes, and the genetic marker(s) used are incorporated into the nomenclature (*e.g.* paragenotype ND2).

Lengthy **nucleotide sequences** will only be published in the text if, in the judgement of the Editor-in-Chief, these results are of general interest and importance. **Where sequences are already published, reference to the original source will suffice.**

22. RAPD –randomly amplified polymorphic DNA.

Data derived by RAPD technology are frequently not satisfactory and conclusions derived from them unreliable. Papers submitted to the *Journal* must not include data generated by this technique.

ANEXO 4

Artigo de divulgação científica publicado Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia,
2015, 116: 41-44.

Consumo de *fast-food* por peixes: um estudo de caso do uso da ceva no matrinxã (*Brycon falcatus*, Müller & Troschel, 1844) em afluentes da bacia do rio Tapajós

Liliane S. de Matos^{1,2} e Lucélia N. Carvalho^{1,2,3}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, Campus Universitário de Cuiabá, 78060-900. Cuiabá, MT, Brasil. E-mail: lilstedile@hotmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais-PPGCAM. UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil.

³Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais-ICNHS. UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267. Sinop, MT, Brasil. E-mail: carvalholn@yahoo.com.br

A problemática das cevas no rio Teles Pires

Análogo aos malefícios do *fast-food* ao ser humano, as cevas podem estar prejudicando a saúde dos peixes na Amazônia Meridional. Este fato deve-se a oferta de cevas nos rios que pode estar contribuindo para uma alimentação desbalanceada e de alto ganho calórico conforme documentada no presente estudo.

No Mato Grosso o histórico de uso das cevas vem de longa data, no rio Cuiabá desde 1987, no rio Teles Pires desde 2007, e no rio Paraguai desde 2008. Na região da bacia do rio Teles Pires, uma das técnicas mais utilizadas pelos pescadores para captura de peixes é a ceva, definida como: alimentos (soja, milho, mandioca) que se colocam em lugar determinado para atrair principalmente os peixes onívoros. Dentre os alimentos ofertados no rio Teles Pires, o soja (*Glycine max*) *in natura* é o mais frequente, devido à grande oferta na região, porém, os grãos de soja possuem vários fatores antinutricionais (Francis *et al.*, 2001). O termo antinutricional implica em substância que pode alterar o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos, diminuir a digestibilidade ou metabolismo, alterando a fisiologia dos peixes, tornando suscetíveis a parasitos e prejudicando o crescimento e o desempenho produtivo, ocasionando óbito se utilizado por períodos prolongados (Makkar e Becker, 1997). A maioria dos grãos usados nas rações não alteram o sabor e odor dos filés de maneira detectável pelos consumidores,

mas podem causar diferenças na coloração e textura da carne, dependendo do tipo de ingrediente e do nível de inclusão na dieta. No rio Teles Pires, verificou-se que a dieta do matrinxã é cerca de 90% baseada em soja *in natura* proveniente da ceva (Matos, 2014). E isto, além de ocasionar grande deposição de gordura no músculo, pode estar afetando a coloração do filé, pois estes peixes estão deixando de se alimentarem dos itens que possuem carotenoides, como por exemplo os crustáceos (Ogawa & Maia, 1999). Os consumidores já percebem a diferença no sabor e coloração dos peixes, pois pescado oriundo do rio Teles Pires já é qualificado regionalmente como “peixe de ceva”.

Descrição da área: mapeamento das cevas

Para nosso desenho experimental mapeamos os rios de acordo com a oferta de ceva, e elaboramos um sistema de densidade de cevas na bacia do rio Teles Pires situada na Amazônia Meridional (Fig.1). Realizamos coletas no rio Verde classificado como baixa densidade de cevas (uma ceva para cada 1000m de rio); no rio Celeste com média densidade de cevas (uma ceva para cada 500m de rio); no rio Teles Pires com alta densidade de cevas (uma ceva para cada 100m de rio); no rio Tapaiúna que não possuía cevas, mas estava próximo ao sistema de cevas; e no rio Cristalino sem cevas, considerado nosso estudo tratamento controle pois está dentro de uma Unidade de Conservação. O soja *in natura* é oferecido ilegalmente aos peixes, hidratado em água ou na forma natural (seco). As cevas podem ser feitas de várias formas: tratador mecânico que disponibiliza o soja *in natura* seco por tempo integral (Fig.2-a); com sacos de ráfia perfurados, submersos na água (Fig.2-b); em canos de PVC de 200 mm e 6 m de comprimento, perfurados, dispostos no leito do rio (Fig.2-c); e com tambores plásticos de 50 e 200 L perfurados para que o soja saia de forma contínua submersos na água e fixados próximos a trapiches (Fig.2-d).

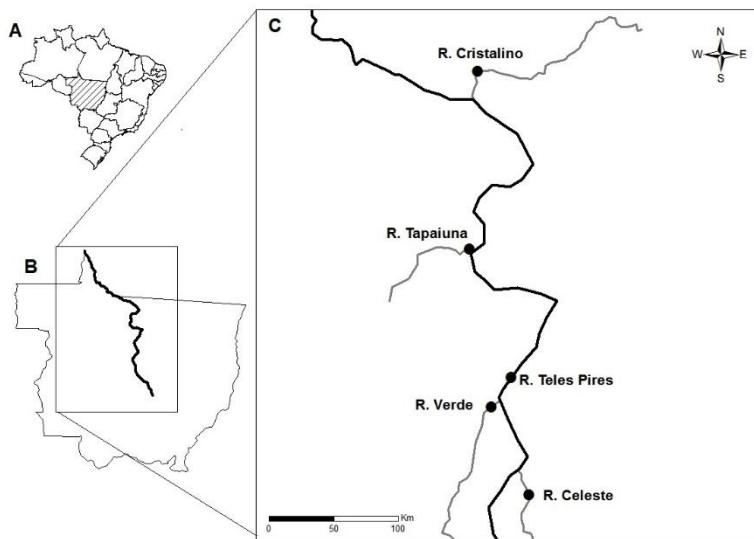


Figura 1. Área de estudo mostrando os rios de coleta: rio Celeste ($12^{\circ}24'56,00''S$ e $55^{\circ}31'28,00''W$), rio Verde ($11^{\circ}4'1,99''S$ e $55^{\circ}34'17,00''W$), rio Teles Pires ($11^{\circ}34'48,00''S$ e $55^{\circ}39'5,00''W$), rio Tapaiúna ($10^{\circ}41'29,28''S$ e $55^{\circ}56'51,11''W$) e rio Cristalino ($9^{\circ}32'47,00''S$ e $55^{\circ}47'38,00''W$). Estado de Mato Grosso, Brasil.



Figura 2. Cevas de soja *in natura* na bacia do rio Teles Pires. a) ceva mecânica; b) ceva em saco de rafia perfurado; c) ceva em cano de PVC perfurado; d) ceva em tambor plástico perfurado. Fonte: Beckmann, M. (2012).

O impacto da ceva na dieta de um peixe onívoro, *Brycon falcatus*

Os peixes onívoros utilizam uma grande variedade de alimentos, de origem animal e vegetal, podendo apresentar dieta diversificada, dependendo da região e da época do ano. Espécies de *Brycon*, vivem geralmente em pequenos cardumes, tendo uma dieta onívora, que inclui frutos, sementes, flores, insetos, peixes e mesmo pequenos vertebrados (Lilyestrom & Taphorn, 1983). Estudos sobre a dieta de *Brycon falcatus* (Fig.3) na bacia amazônica descreveram como itens alimentares: vegetais durante a estação chuvosa, artrópodes na estação seca, e folhas, flores, crustáceos e peixes nas duas estações (Blanco-Parra e Bejarano-Rodríguez, 2006; Albrecht *et al.*, 2009). Porém, a intervenção humana nos ambientes naturais pode influenciar na dieta de peixes. Diante disto, realizamos um estudo comparativo da dieta de *B. falcatus* coletados na bacia do rio Teles Pires em rios com e sem ceva.



Figura 3. Exemplar de *Brycon falcatus* coletado na bacia do rio Teles Pires. Fonte: Matos, L.S. (2012).

Analisando o conteúdo estomacal dos peixes coletados, nosso estudo observou que a dieta do *B. falcatus* em rios com cevas, mudou gradualmente, conforme foi aumentando a densidade de cevas mudou a composição e a diversidade de itens. A dieta dos peixes no rio Cristalino foi a mais diversificada (16 itens) quando comparada com a do rio Teles Pires (10 itens). Na dieta do *B. falcatus* do rio Cristalino os itens de maior importância foram folhas, crustáceos e peixes. Já no rio Teles Pires os itens de maior importância foram soja *in natura* (Fig.4) e milho *in natura*. A capacidade de capturar alimento é determinada pelo comportamento do animal, como onde procurar, como se aproximar e como efetuar a captura. Quando um animal não precisa mais ir capturar seu alimento, ele torna-se menos eficiente nisto (Orams, 2002). Pois o fato de receber

alimento do ser humano torna-se uma opção atraente, exigindo menos esforço. E se essa oferta de alimento é frequente de tal forma que o peixe não precise forragear, ele perde a capacidade ou habilidade para fazê-lo e tornar-se dependente dos humanos (Orams, 2002).



Figura 4. Estômago de *Brycon falcatus* coletado na bacia do rio Teles Pires repleto de grãos de soja. Fonte: Matos, L.S. (2012).

Efeito na composição química do filé e gordura celomática

Com a implantação de cevas no habitat natural, o comportamento alimentar do matrinxã vem sofrendo alterações (Matos, 2014), o que reflete na composição química e provoca alterações nas propriedades organolépticas da carne. A composição química do pescado varia entre 60 a 85% de umidade, 15 a 24% de proteína, 0,6 a 36% de gordura e 1 a 2% de minerais, sendo influenciado pela espécie, época do ano, disponibilidade de alimento, qualidade da dieta, estágio de maturação gonadal e a parte do corpo analisada (Ogawa & Maia, 1999). Como há uma relação entre a composição química do peixe e da dieta consumida, peixes que consomem mais alimentos energéticos possuem maior quantidade de lipídeos. Neste contexto, realizamos um estudo comparando o percentual de gordura celomática e composição química do filé de *B. falcatus* coletados na bacia do rio Teles Pires em rios com e sem ceva.

No percentual de gordura celomática, os peixes coletados no rio Teles Pires estavam mais “gordos” do que os do rio Cristalino. Este acúmulo de gordura provavelmente deve ser em função da alta concentração de proteína bruta na dieta baseada em soja in natura, que foi convertida em energia e armazenada em forma de gordura celomática. Na composição química dos filés de *B. falcatus*, encontramos que os peixes coletados no rio Teles Pires possuem mais gordura e proteína bruta no filé do

que do rio Cristalino. Considerando que existe relação entre a composição química do peixe e da dieta consumida, a composição química das dietas do *B. falcatus* refletiram no percentual de proteína bruta e gordura dos filés nos rios coletados.

Efeito no sabor e coloração dos filés

Com a implantação de cevas no habitat natural, o comportamento alimentar do matrinxã vem sofrendo alterações (Matos, 2014), o que reflete na composição química e provoca alterações nas propriedades organolépticas da carne. Estudos sobre o efeito da ceva, no padrão de coloração e sabor de filés de peixes selvagens são escassos. Para o salmão selvagem e de cultivo, comparações entre as propriedades organolépticas da carne (Johnston *et al.*, 2006), indicaram diferenças no sabor e coloração, entretanto, salmão de cultivo com dietas balanceadas são tão aceitáveis quanto os selvagens para consumo. Em estudo sobre a coloração do filé de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) selvagem e de cultivo, foi constatado que a coloração vermelha foi mais intensa nos filés dos peixes selvagens devido sua alimentação rica em carotenoides (Santamaria & Antunes, 1998/1999). Verificamos então, se existia diferença no sabor e na cor do filé de *B. falcatus* de rios com e sem ceva da bacia do rio Teles Pires, utilizando como ferramenta a análise sensorial.

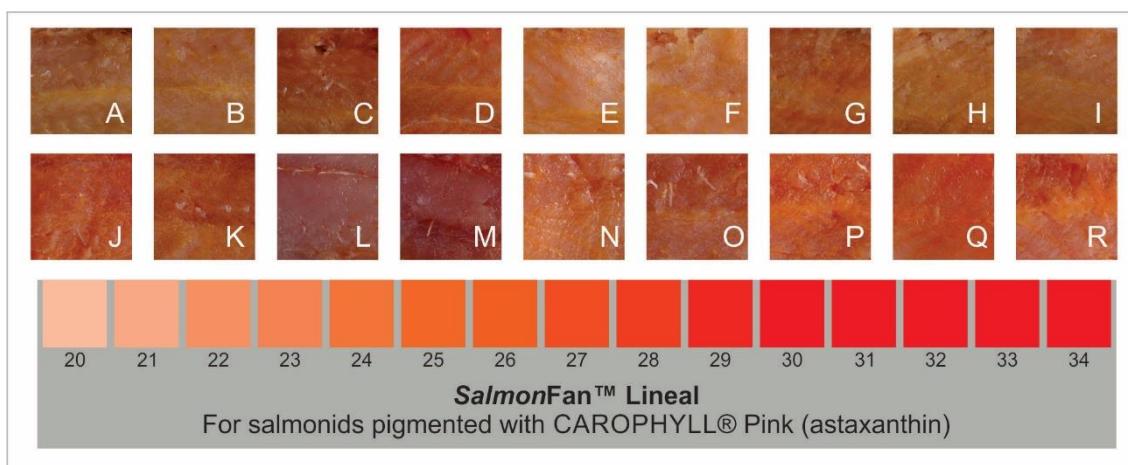


Figura 5. Filés de matrinxã *Brycon falcatus* utilizados para análise da coloração pelo método da escala colorimétrica *Salmonfan*©. Amostras de A-I oriundas de peixes coletados no rio Teles Pires. Amostras de J-R oriundas do rio Cristalino. Fonte: Matos, L.S. (2012).

Na análise sensorial, os provadores encontraram diferença no sabor, e visualmente também foi detectada diferença na coloração dos filés (Fig.5), tendo os peixes do rio Cristalino maior tendência a tons salmão (Matos *et al*, 2015). A diferença no padrão de coloração dos filés pode ser explicada pela oferta de soja *in natura* no rio Teles Pires, com filés tendendo a tons amarelos. E a dieta natural dos peixes do rio Cristalino, composta também por crustáceos, que são fonte de carotenoides, com filés tendendo ao tons salmão.

Considerações finais

Concluímos que a oferta de soja *in natura* em cevas alterou a dieta, gordura celomática, composição química, sabor e coloração dos filés de *B. falcatus* coletados no rio Teles Pires. O mapeamento das cevas apresentado neste estudo foi realizado em 2013, atualmente este número é maior. Os efeitos da ceva na ictiofauna podem ser potencializados devido maior número de cevas e a oferta de outros alimentos além do soja *in natura*, como a castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). Em comunicação pessoal com Colônia de Pescadores Z-16, a partir de dados coletados nas declarações de pesca individual-DPI, é notória a diminuição dos estoques de *B. falcatus*. Considerando que já existe legislação no estado de Mato Grosso (Lei 9.096) que proíbe o uso de cevas no leito dos rios, as informações dos efeitos da ceva no matrinxã poderão ser utilizadas em políticas públicas.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do pescador amador Marcos Beckmann. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Sinop / MT e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT edital 005/2012.

Literatura Citada

- Albrecht, M. P, E. P. Caramaschi & M. H. Horn. 2009. Population responses of two omnivorous fish species to impoundment of a Brazilian tropical river. *Hydrobiologia* 627:181-193.
- Blanco-parra, M. D. P. & Bejarano-rodríguez, I. (2006). Alimentación y reproducción de las principales especies ícticas del río Mesay durante el período de “aguas altas”. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)* ISSN-0034-7744 Vol. 54 (3): 853-859.

- Francis, G, H. P. S. Makkar & K. Becker. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish: review. *Aquaculture*, v. 199, p. 197-227.
- Johnston, I. A, X. Li, V. L. A. Vieira, D. Nickell, A. Dingwall, R. Alderson, P. Campbell & R. Bickerdike. 2006. Muscle and flesh quality traits in wild and farmed *Atlantic salmon*. *Aquaculture* 256:323–336.
- Lilyestrom, C. & D. Taphorn. 1983. Aspectos sobre la biología y conservación de la palambra (*Brycon whitei*) Myers y Weitzmann, Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 1 (1), 53-59.
- Makkar, H.P.S. & K. Becker. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal Agriculture Science*, Cambridge, v. 128, p. 311-322.
- Mato Grosso. Lei Nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009. Diário Oficial 16.01.09 e D.O. 11.03.09. Dispõe sobre a Política da Pesca no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. Palácio Paiaguás, em Cuiabá, 16 de janeiro de 2009.
- Matos, L.S. 2014. Dieta, composição química, contaminação por metais pesados e análise sensorial do peixe matrinxã (*Brycon falcatus*, Müller e Troschel, 1844) em rios Amazônicos. Sinop. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso. Brasil. 122p.
- Matos, L. S, J. O. S. Silva, A. Tesk & L.N. Carvalho. 2015. Impacto da ceva no sabor e coloração de filés do peixe matrinxã selvagem na Bacia Amazônica. *Revista Colombiana de Ciência Animal* 2015; 7(2):148-153.
- Muller, J. & F.H. Troschel. 1844. Synopsis generum et specierum familiae characinorum (Prodromus descriptionis novorum generum et specierum). *Archiv. Naturgesch* 10 (1):81-99.
- Ogawa, N. B. P. & E. L. Maia. 1999. Manual de Pesca: ciência e tecnologia do pescado. Varela. São Paulo, Brasil.
- Orams, M. B. 2002. Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism Management*, 23, 281–293.
- Santamaria, F. M. & S. A. Antunes. 1998/1999. Coloração e rendimento do filé de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849), (Pisces, Characidae) silvestre e criada em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca* 25(único):27-30.