



## RELAÇÃO ENTRE ACÚMULO DE METAIS EM TECIDO MUSCULAR DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES ORIUNDOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TURVO/GRANDE

Bruno César Rocha<sup>1</sup>

Eduardo A. Almeida<sup>2</sup>

Altair B. Moreira<sup>3</sup>

Márcia C. Bisinoti<sup>4</sup>

### RESUMO

Neste trabalho foram coletadas amostras de peixes (*Satanoperca pappaterra* (cará), *Schizodon altoparana* (lambari), *Serrasalmus marginatus* (piranha), *Acestrorhynchus lacustres* (peixe cachorra) e *Piaractus mesopotamicus* (pacu) foram coletadas nos rios Preto, Turvo e Grande durante as estações seca e chuvosa. Cômio, cobre, níquel, zinco e mercúrio foram quantificados no tecido de peixe e relacionado com os diferentes hábitos alimentares. Foram estabelecidas as seguintes ordens de acumulo de metais para as espécies de peixes em função do hábito alimentar: herbívoro - Fevereiro >> Ni> Cu> Cr> Hg, July Zn>> Ni> Cu> Hg> Cr; Carnívoro - Fevereiro Zn> Ni> Cu> Hg> Cr; July Ni> Zn> Cu> Cr> Hg.

**PALAVRAS-CHAVE:** bacia hidrográfica do Turvo/Grande. Metal. Peixes. contaminação

## RELATIONSHIP BETWEEN METAL ACCUMULATION IN FABRIC FISH MUSCLE WITH DIFFERENT FOOD HABITS ARISING OUT OF THE RIVER BASIN OF TURVO/GRANDE

### ABSTRACT

In this work fish samples (*Satanoperca pappaterra* (cará), *Schizodon altoparana* (lambari), *Serrasalmus marginatus* (piranha), *Acestrorhynchus lacustres* (peixe cachorra) e *Piaractus mesopotamicus* (pacu) were collected from the Preto, Turvo and Grande rivers during rainy and dry season. Chromium, copper, nickel, zinc and mercury were quantified in the muscle tissue and correlated with different eating

<sup>1</sup> Mestre, UNESP - SJRP. brunopriorrocha@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Prof. Livre-Docente, UNESP - SJRP. ealmeida@ibilce.unesp.br.

<sup>3</sup> Prof. MS 3.2, UNESP - SJRP. altair@ibilce.unesp.br.

<sup>4</sup> Prof. Livre-Docente, UNESP - SJRP. bisinoti@ibilce.unesp.br.



habits. Were established the following decreasing order of metal accumulation of metals for the species with a diet: scavenger-February Zn>> Ni> Cu> Cr> Hg, July Zn>> Ni> Cu> Hg> Cr; Carnivore - February Zn> Ni> Cu> Hg> Cr; July Ni> Zn> Cu> Cr> Hg.

## **RELACIÓN ENTRE LA ACUMULACIÓN DE METAL EN MÚSCULO DE PESCADO TELA CON HáBITOS ALIMENTARIOS DISTINTOS QUE SURJA DE LA CUENCA DEL TURVO/GRANDE**

### **RESUMEN**

En este trabajamos muestras de peces (*Satanoperca Pappaterra* (ñame), *altoparana Schizodon* (tetra), *Serrasalmus marginatus* (Piraña), el lago *Acestrorhynchus* (perro pescado) y *Piaractus mesopotamicus* (pacú) se recogieron en los ríos Negro, Turvo y mayor durante las estaciones secas y el cromo húmedo, cobre, níquel, zinc y mercurio fueron medidos en tejidos de peces y relacionados con diferentes hábitos alimenticios siguientes por orden de acumulación de metales para las especies de peces en función de los hábitos alimentarios se establecieron: herbívoro - Febrero >> Ni> Cu> Cr> Hg, julio >> Ni Zn> Cu> Hg> Cr; carnívoro - Febrero Zn> Ni> Cu> Hg> Cr, Ni julio> Zn> Cu> Cr> Hg.

### **1. INTRODUÇÃO**

A água é um precioso recurso natural que é utilizado para sobrevivência de praticamente todos os seres vivos conhecidos em nosso planeta, sendo empregada para diversos fins como irrigação, abastecimento público e industrial, manutenção da vida aquática, dentre outros. O crescimento populacional e desenvolvimento industrial têm trazido grandes benefícios à qualidade de vida da população, porém vem acompanhado do aporte de poluentes para os diversos compartimentos ambientais. Dentre estes se destacam os poluentes orgânicos e os inorgânicos, onde os metais tem sido alvo de vários estudos (OSTRANDER, 2005).

O conhecimento e caracterização da concentração de poluentes nos peixes de água doce da América do Sul encontram-se ainda incipientes, quando comparado com o de certas áreas temperadas do Planeta. No Brasil, entretanto, vários fatores têm colaborado para aumentar o interesse pelo estudo dos peixes de água doce. Um desses fatores tem sido o considerável aumento de lagos artificiais, relacionados com a construção de hidroelétricas, conseqüentemente, surgiu a oportunidade de aproveitá-los para maior produção de peixes e, com isso, a



necessidade de estudar e conhecer melhor a biologia e ecologia das espécies dessas áreas (NATURAE E MOSQUITÃO, 2007). Neste contexto, o pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor proteico e seu elevado nível de micronutrientes, sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades de pescadores.

Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a frequência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (PHILLIPS, G. R.; LENHARD, 1980). No Brasil existem poucos dados quanto à presença de elementos traço em alimentos de uma maneira geral e, sobre sua presença em peixes (MÖLLERKE, 2003).

A Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande (BHTG) é uma das 22 unidades de gerenciamento de recursos hídricos do estado de São Paulo e fica localizada na região noroeste do estado de São Paulo. As principais características referem-se a uma área predominantemente agrícola, pouco urbanizada e industrializada, onde o lançamento de efluentes domésticos e industriais e escoamento superficial agrícola e urbano parecem ser as principais vias de aporte de poluentes. Destaca-se ainda a expansão do cultivo de cana-de-açúcar na região, sendo hoje responsável por 30% da produção do estado. Alguns trabalhos feitos na região demonstraram a presença de alguns metais nas águas superficiais (MELO et al. 2009; CAMPANHA et al. 2010; CAMPANHA et al, 2012). Os principais corpos aquáticos da bacia são os rios Preto, Turvo e Grande, onde este último apresenta dois reservatórios para geração de energia elétrica, que também são fonte de renda para a população ribeirinha oriundos da atividade pesqueira. Neste contexto, fica evidente a necessidade de caracterização da presença de metais em tecidos de peixes da região. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi relacionar as concentrações totais dos metais Cr, Cu, Ni, Zn e Hg em tecidos de peixes com os diferentes hábitos alimentares e determinar o fator de bioacumulação desses para os rios Preto, Turvo e Grande localizados na bacia hidrográfica do Turvo/Grande.



## **2 PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 Amostragem**

Foram feitas duas campanhas para coleta de peixes nos rios Preto, Turvo e Grande, sendo uma em Fevereiro (86 peixes) e a outra em Julho (85 peixes) de 2010, Tabela 1. Os três pontos de coleta fazem parte da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande conforme ilustrado na Figura 01 e foram selecionados em função de estudo anterior feito na referida região (MELO et al. 2009; CAMPANHA et al. 2010; CAMPANHA et al, 2012). Os peixes foram capturados com 3 armadilhas (redes/malhadeiras de espera) armadas utilizando barco movido a motor de popa, em locais previamente escolhidos (via informações de ribeirinhos) com objetivo de aumentar o número de amostras, a variedade de espécies e o universo amostral. Após coleta, as amostras foram mantidas refrigeradas e processadas o mais rápido possível. O procedimento de coleta e preservação das amostras de água superficial coletadas nos três locais de amostragem foi realizado seguindo as recomendações de métodos oficiais (ABNT, 1987).

**Figura 1:** Descrição dos locais de amostragem ao longo dos rios Preto, Turvo e Grande, na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande

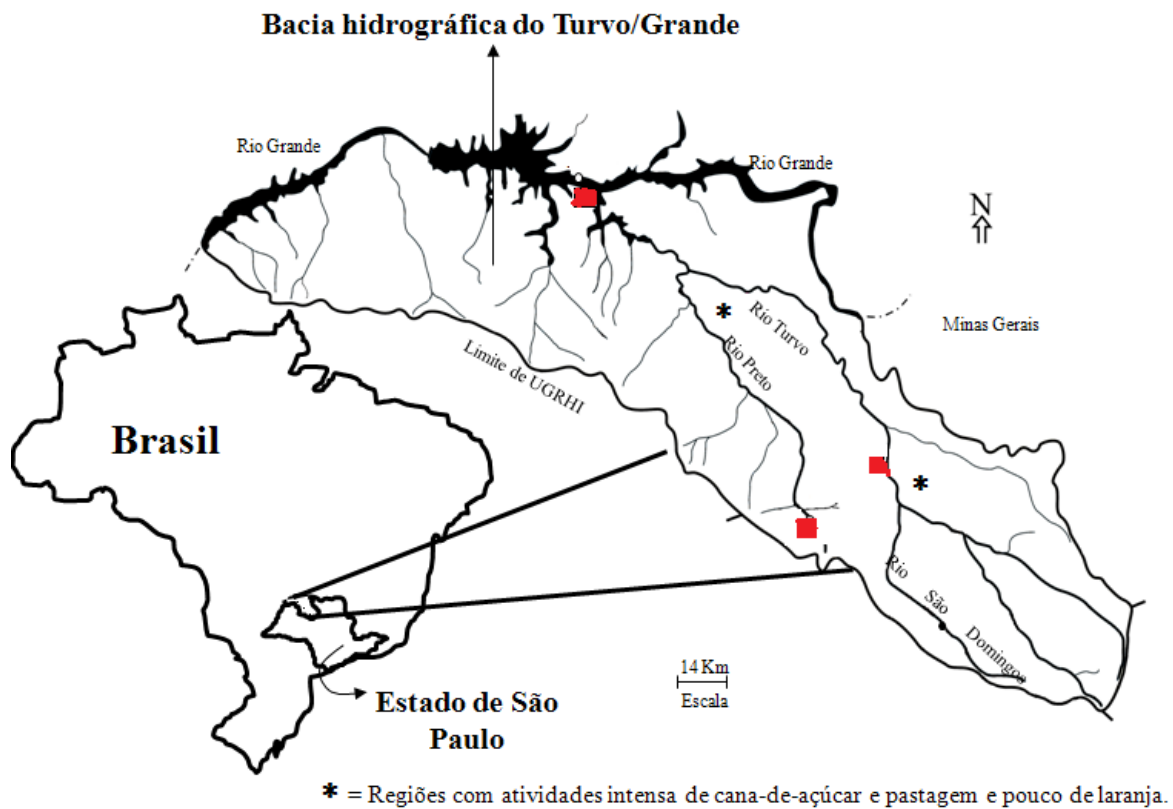


Tabela 1: Dados das amostras de peixes capturadas nos rios Preto, Turvo e Grande

Período Fevereiro		
ESPÉCIE	NOME POPULAR	TOTAL DE INDIVÍDUOS
<i>Satanoperca pappaterra</i>	Cará	36
<i>Schizodon altoparana</i>	Lambari	10
<i>Serrasalmus maculatus</i>	Piranha	3
<i>Serrasalmus marginatus</i>	Piranha	8
<i>Acestrorhynchus lacustres</i>	Cachorra	1
<i>Geophagus proximus</i>	Porquinho	10
<i>Astyanax altiparanae</i>	Lambari	2
<i>Galeocharax knerii</i>	Peixe cadela	3
<i>Schizodon borelli</i>	Piava	13





Período Júlio		
ESPÉCIE	NOME POPULAR	TOTAL DE INDIVÍDUOS
<i>Schizodon nasutus</i>	Timboré	50
<i>Serrasalmus Marginatus</i>	Piranha	3
<i>Prochilodus lineatus</i>	Curimba	1
<i>Galeocharax knerii</i>	Peixe Cadela	2
<i>Salminus brasiliensis</i>	Dourado	1
<i>Leporinus obtusidens</i>	Piapara	4
<i>Leporinus Friderici</i>	Piau	7
<i>Astyanax Altiparanae</i>	Lambari	4
<i>Satanoperca pappaterra</i>	Zóiuo	2
<i>Cichla temensis</i>	Tucunaré	11

## 2.2 Processamento das amostras

Utilizando tesoura e pinça cirúrgica metálicas, retirou-se de cada peixe uma amostra de músculo localizado na região dorsal (isenta de espinhos e escamas). Os tecidos foram identificados, embalados em sacos plásticos individuais e mantidos sob refrigeração.

A decomposição das amostras foi feita em triplicata, conforme adaptação do método 5694, proposto por *U. S. Geological Survey* (USGS, 1996). A quantificação do estoque total dos metais foi realizada empregando um Espectrofotômetro de Absorção Atômica com Atomização por Chama FAAS (Varian – AA240FS, Austrália), ou por Espectrofotometria Absorção Atômica com Atomização por Forno de Grafite com corretor Zeeman - GFAAS (Varian - AA280Z, Austrália) (BUTCHER E SNEDDON, 1998).<sup>0</sup>

Para a quantificação de mercúrio transferiram-se cerca de 0,5 g de amostra com 3,0 mL de solução de peróxido de hidrogênio 30% (v/v), mantendo-se em repouso por 12 horas. Posteriormente adicionaram-se de 1,0 e 4,0 mL de soluções concentradas de HNO<sub>3</sub> e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente mantendo em aquecimento por 2 horas a 60°C. Após resfriar a temperatura ambiente, adicionaram-se lentamente e sob leve agitação 15,0 mL de solução de KMnO<sub>4</sub> 6% (m/v) e deixou-se em repouso durante 12 horas. Em seguida, adicionaram-se 5,0 mL de solução de cloridrato de hidroxilamina (NH<sub>2</sub>OH.HCl) 30% (m/v) transferindo-se quantitativamente as amostras para balões volumétricos de 50,0 mL e completaram-se os volumes com água



desionizada. Para a quantificação de Hg o equipamento utilizado foi um espectrofotômetro de Fluorescência Atômica Brooks Rand modelo III, com argônio como gás de arraste e com limite de detecção de  $1,0 \text{ pg mL}^{-1}$  e comprimento de onda de 254,0 nm.

O Laboratório onde as análises são feitas participou de ensaios de proficiência para amostra de tecido vegetal (ano 2010) para os metais potássio, cobre, zinco, ferro, manganês e sódio, oferecido pela Embrapa – Pecuária Sudeste, bem como do ensaio de proficiência oferecido pelo INMETRO (ano 2009) para a quantificação de bário em amostras de água, obtendo resultados satisfatórios ( $z \leq 2$ ) em ambos os ensaios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, as concentrações mais elevadas foram observadas para os elementos zinco, níquel e cobre seguidas de cromo e mercúrio. Isso pode estar relacionado ao fato desses mananciais receberem aporte de efluentes industriais e domésticos e também pela região de São José do Rio Preto possuir atividades agrícolas que são importantes fontes de cobre e de zinco presentes como resíduos de fertilizantes e componentes fungicidas que a água de chuva ou irrigação lixívia para os mananciais (Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004 – 2007). Quanto ao níquel, sua presença em águas superficiais está relacionada principalmente com aportes e efluentes gerados por atividades industriais (KASPRZAK E SALNIKOW, 2007).

Quanto ao mercúrio, as espécies *Satanoperca pappaterra* (cará) e *Schizodon altoparanae* (lambari), apresentaram as menores concentrações ( $3,6$  a  $60,6 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ) provavelmente por possuírem hábitos alimentares de espécies detritívoras e, portanto, pertencerem a um nível trófico baixo o que proporciona uma menor bioacumulação de mercúrio. As espécies de níveis tróficos mais elevados como *Serrasalmus maculatus*, *Serrasalmus marginatus* ambas conhecidas como piranha e *Acestrorhynchus lacustris* conhecido como peixe cachorro tiveram as maiores concentrações de mercúrio ( $13,6$  a  $125,7 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Por se alimentarem de outras espécies que possivelmente já possuem níveis de Hg em seus organismos e proporcionam a bioacumulação do metal em espécies de níveis tróficos mais altos (TAVARES E CARVALHO, 1992).



As concentrações de mercúrio encontradas na espécie *Geophagus proximus* (porquinho) foram menores ( $0,1$  a  $1,0 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) que as concentrações em *Serrasalmus marginatus* (piranha) ( $6,1$  a  $33,7 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Isso se deve ao fato de possuírem hábitos alimentares diferentes sendo o da primeira espécie detritívoro (nível trófico baixo) e o da segunda espécie piscívoro (nível trófico elevado). A espécie de nível trófico mais elevado (*Serrasalmus marginatus*) se alimenta de outras espécies que, possivelmente, possuem mercúrio em seus organismos, o que pode levar o mercúrio passar por um processo de bioacumulação em seu organismo, explicando os valores mais elevados (MALM et al., 1997).

As espécies *Astyanax altiparanae* (lambari) e *Schizodon borelli* (piava) tiveram as menores concentrações de mercúrio ( $12,5$  a  $83,7 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) por possuírem hábitos alimentares de espécies detritívoras (baixo nível trófico) enquanto a espécie *Galeocharax knerii* (peixe cachorro) de nível trófico mais elevado apresentou a maior concentração ( $263$  a  $393 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) por se alimentar de outras espécies que possivelmente já possuíam níveis de mercúrio o que pode ter levado a ocorrer a bioacumulação do metal em seu organismo (CASTILHOS et al., 2001).

A bioacumulação de metais potencialmente tóxicos em peixes é evidente, mesmo quando esses contaminantes se encontram na água em concentrações quase não detectáveis (SIGEL et al., 2010; DIAS et al., 1994). Assim, por serem consumidores e pertencerem ao nível superior do ecossistema aquático, acumularam poluentes, daí a sua grande importância em testes de toxicidade e contaminações (DIAS et al., 1994). Por fazerem parte da dieta humana, esses organismos além de fornecer informações sobre a biodisponibilidade dos elementos analisados, fornecem também indicações sobre as concentrações disponíveis ao ser humano (TOMAZELLI et al., 2003).

Como não foram encontrados em uma mesma literatura todos os cinco metais estudados neste trabalho, fizeram-se as comparações e discussões utilizando duas referências mais recentes. A Tabela 02 lista os valores de concentrações máximas permitidas pela legislação brasileira de espécies metálicas em tecidos de peixe.





**Tabela 02:** Concentrações máximas, permitidas pela legislação, das espécies metálicas estudadas em tecido muscular de peixe

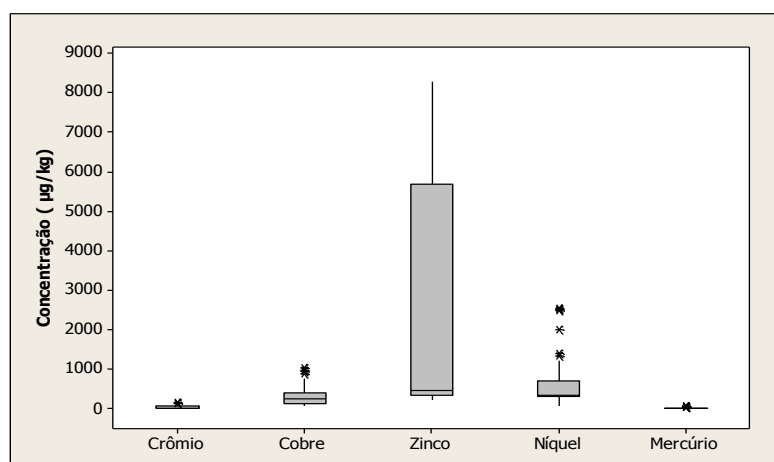
Legislação	Metal	VMP (mg kg <sup>-1</sup> )	Legislação	Metal	VMP (mg kg <sup>-1</sup> )
Ministério da saúde – 1977	Cu	30,0	ANVISA – Portaria 685 de 27 de Agosto de 1998	Ni	5,0
	Cr	0,1		Hg	0,5
	Zn	100,0		Hg*	1,0

(VMP) – Valor máximo permitido

(\*) – Peixes predadores

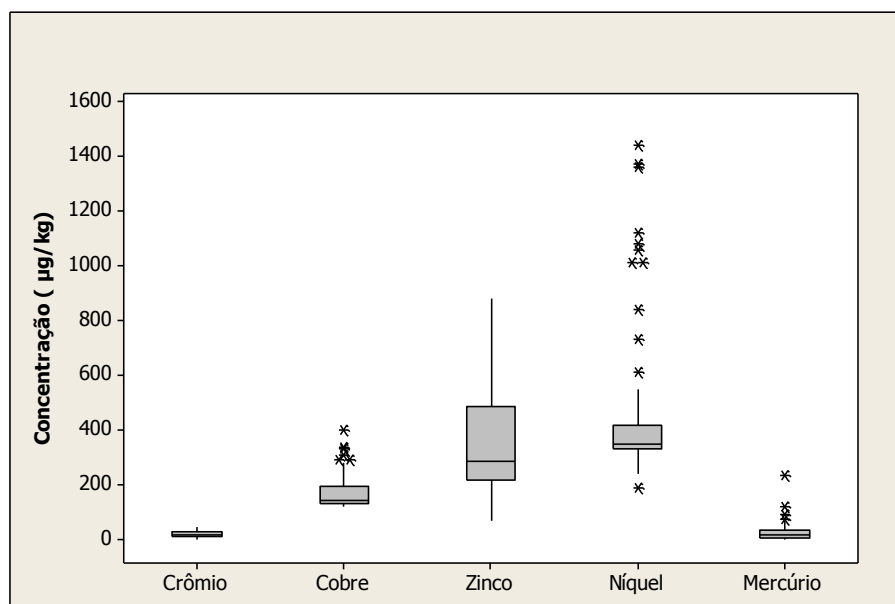
Para as espécies *detritívoras* e *carnívoras* dos sítios amostrais da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande (Figuras 2-3 e 4-5, respectivamente) as concentrações de metais de ambas as campanhas estão abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira listados na Figura 1. Independentemente do hábito alimentar, zinco foi o metal com maior intervalo de concentração nas campanhas variando entre 200–8.300 e 70–900  $\mu\text{g kg}^{-1}$  na primeira (período chuvoso) e segunda campanha (período de estiagem), respectivamente. Isto pode estar relacionado a essas espécies possuírem o hábito de ficarem próximas de fundos de lama e lodo grande parte do tempo, provavelmente favorecendo o contato direto com o zinco contido no sedimento de fundo. Além disto, devido aporte de fertilizantes e efluentes tanto industriais como domésticos nos mananciais, as concentrações de zinco em águas superficiais são relativamente maiores que os demais metais estudados o que pode favorecer maior absorção desse metal pelos peixes.

**Figura 2:** Relação entre espécies de peixes com *hábito alimentar detritívoro* coletadas na campanha de Fevereiro de 2010 nos rios Preto, Grande e Turvo e concentrações de metais determinadas nos respectivos tecidos musculares

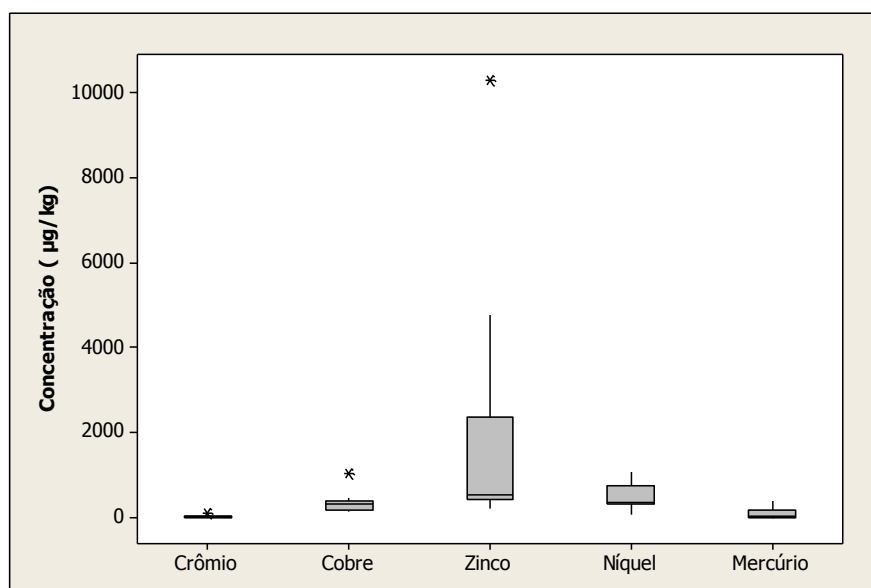




**Figura 3:** Relação entre espécies de peixes com hábito alimentar detritívoro coletadas na campanha de Julho de 2010 nos rios Preto, Grande e Turvo e concentrações de metais determinadas nos respectivos tecidos musculares

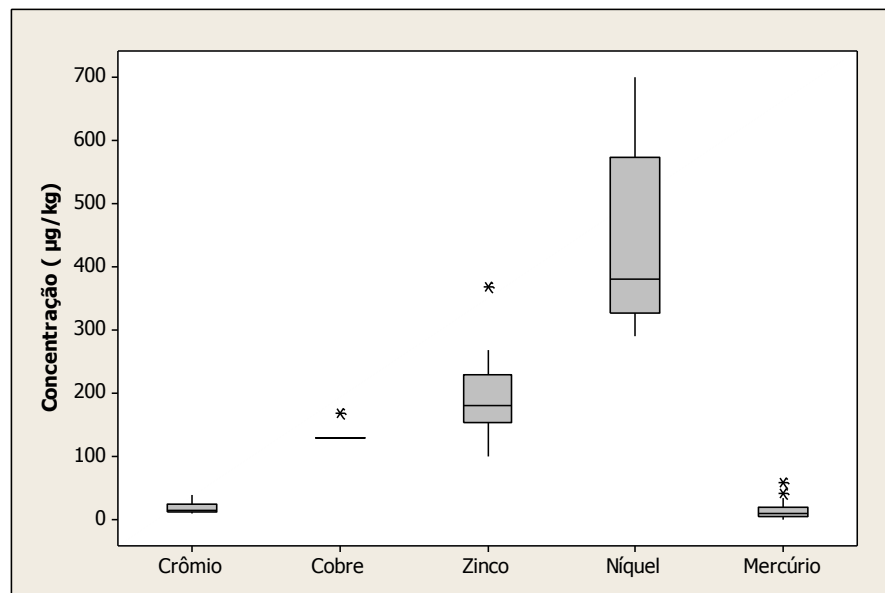


**Figura 4:** Relação entre espécies de peixes com *hábito alimentar carnívoro* coletadas na campanha de Fevereiro de 2010 nos rios Preto, Grande e Turvo e concentrações de metais determinadas nos respectivos tecidos musculares





**Figura 5:** Relação entre espécies de peixes com *hábito alimentar carnívoro* coletadas na campanha de Julho de 2010 nos rios Preto, Grande e Turvo e concentrações de metais determinadas nos respectivos tecidos musculares



Altamente tóxico para peixes jovens (MOON E MOMMSEN, 2005), o cobre apresentou valores muito abaixo do máximo permitido, sendo considerados como níveis naturais. Seu padrão de distribuição entre as espécies de hábitos alimentares detritívoras e carnívoras em ambas as campanhas foi semelhante. As concentrações variaram entre 70–750 e 130–300  $\mu\text{g kg}^{-1}$  na primeira e segunda campanha, respectivamente.

Quanto ao crômio, as concentrações variaram entre 20–98 e 4–60  $\mu\text{g kg}^{-1}$  na primeira e segunda campanha, respectivamente. Embora esses valores estejam abaixo dos permitidos pela legislação, o valor 98 pode ser considerado o máximo permitido. Conforme o Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, da CETESB (CETESB, 2008; 2010) na maioria dos poços monitorados no Estado, no Sistema Aquífero Bauru, as concentrações de crômio total mostraram-se elevadas em relação aos demais Sistemas Aquíferos, estando próximas do padrão de potabilidade. Destaca-se que caso o crômio em águas subterrâneas sejam oriundos do solo, os mesmos poderiam auxiliar na interpretação dos resultados encontrados em peixes coletados.



O Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo – 2010, da CETESB, sobre a Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande, cita para o Ribeirão da Onça, e os rios Preto e Turvo concentrações de crômio, cobre, níquel, zinco e mercúrio abaixo dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357.

O níquel tem ampla utilização em diversos produtos, o que muitas vezes provoca o seu transporte para os ecossistemas aquáticos, favorecendo concentrações tóxicas para biota (MECHE et al., 2010).<sup>0</sup> Entretanto, também apresentou concentrações abaixo do valor máximo permitido e padrão de distribuição semelhante entre as espécies de hábitos alimentares detritívoras e carnívoras em ambas as campanhas. As concentrações variaram entre 60–1300 e 250–900  $\mu\text{g kg}^{-1}$  na primeira e segunda campanha, respectivamente.

Quanto ao mercúrio, teve suas concentrações também abaixo dos valores máximos permitidos. As concentrações variaram entre 10–400 e 6–60  $\mu\text{g kg}^{-1}$  na primeira e segunda campanha, respectivamente. Entretanto na primeira campanha as espécies de hábito alimentar carnívoro apresentaram cerca de 6 vezes mais mercúrio que as detritívoras enquanto na segunda campanha a situação se inverteu com as detritívoras tendo concentrações 2 vezes maiores que as carnívoras.

De modo geral os peixes hibernam no inverno e se deslocam mais no verão. Consequentemente, isto pode alterar seu metabolismo influenciando na bioacumulação de metais potencialmente tóxicos. Na Tabela 2 estão apresentados os valores de concentrações de metais obtidos neste e em outros trabalhos. Observa-se que as concentrações de Cu determinadas em peixes dos rios da BHTG são inferiores aos determinados em peixes de rios que recebem o aporte de efluentes como o Rio Piracicaba, o Rio Gelado e em uma Baía na Turquia. Resultados opostos foram obtidos para o crômio, quando as concentrações encontradas neste trabalho foram 14 vezes superiores as determinadas em outras localidades no Brasil (Rio Gelado, Rio Piracicaba e Baía de Sepetiba e Ilha Grande). Como já comentado anteriormente nos relatórios da CETESB para águas subterrâneas também se observam os maiores valores de crômio comparada a outras regiões do estado de São Paulo, o que requer uma maior investigação quanto a origem deste elemento na região (SIGEL et al., 2007; BARROS et al., 2010).

As concentrações de mercúrio encontradas neste trabalho apresentaram comparáveis a de outras regiões (Tabela 2). Já as concentrações de Ni foram muito



semelhantes as encontradas para peixes do Rio Piracicaba. Quanto ao Zn, as concentrações encontradas em rios da BHTG foram inferiores as encontradas nos rios Piracicaba, o Rio Gelado e em uma Baía na Turquia.

**Tabela 2:** Concentração de Cu, Cr, Ni, Hg e Zn em tecido muscular de peixes coletados nos rios Preto, Turvo e Grande e em outras regiões no mundo

Local País	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	Hg (µg kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Referências
Rios da BHTG	<0,04 a 1,84	< 0,04 a 96,5	1,02 a 235,6	<0,1 a 2,5	<0,1 a 10,3	<b>Este trabalho</b>
Rio Gelado, Pará	-	<0,2 a 7,3	-	-	-	YILMAZ et al., 2010
Rio Piracicaba, SP, Brasil	0,19 a 4,18	0,05 a 1,95	-	0,05 a 2,83	3,1 a 16,3	AKAGI et al., 1995
Baía de Sepetiba e Ilha Grande, RJ, Brasil	0,1 a 315	0,1 a 2,3	-	0,03 a 0,5	0,1 a 650	MIRLEAN et al., 2005
Rio Tapajós, AM, Brasil	-	-	30 a 3.800	-	-	BRABO et al., 2000
Pantanal, Brazil	-	-	20 a 100	-	-	LEADY e GOTTGENS, 2001
Lago Sai Cinza, Pará, Brasil	-	-	28 a 2122	-	-	BRABO et al., 2000

- Metais não determinados no referido trabalho.

De acordo com a Tabela 3, independentemente do hábito alimentar e da estação do ano, pode-se estabelecer a seguinte ordem decrescente de fator bioacumulação de metais nas espécies de peixes coletadas nas duas campanhas de amostragens: Zn>Ni>Cr>Cu. Considerando o hábito alimentar, as espécies *detritívoras* apresentaram maior fator de bioacumulação e mesma ordem decrescente. Destaca-se que fatores de biocumulação superiores a 500 indicam altos níveis de bioconcentração, como os apresentados para a maioria das espécies investigadas..





**Tabela 3:** Fator de bioacumulação dos metais Cu, Cr, Ni e Zn em tecido muscular de peixes coletados nos rios Preto, Turvo e Grande

Hábito alimentar/estação do ano	Metais/Fator de bioacumulação			
	Cu	Cr	Ni	Zn
Detritívoro (Verão/chuvoso)	41 – 690	1 – 1250	101 – 3500	134 – 4059
Detritívoro (Inverno/seca)	0,1 – 260	25 – 1190	400 – 2250	40 – 4647
Carnívoro (Verão/chuvoso)	70 – 615	10 – 776	76 – 1646	104 – 5049
Carnívoro (Inverno/seca)	97 – 265	245 – 997	725 – 3241	126 – 2176

## 2. CONCLUSÃO

De modo geral todas as espécies coletadas nas duas campanhas de Fevereiro e Julho de 2010 em 3 mananciais localizados a Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande apresentaram concentrações de metais cobre, níquel, cromo zinco e mercúrio abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira.

As concentrações de zinco apresentaram-se relativamente muito maiores que os demais metais e isto pode ser devido ao aporte de fertilizantes e efluentes tanto industriais como domésticos nos mananciais. As concentrações de cromo total apresentaram-se próximas aos limites permitidos pela legislação, o que pode estar associado as características da região.

As ordens decrescentes de acumulação de metais no tecido muscular para as espécies com hábito alimentar *detritívoro* na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande foram, Fevereiro Zn>>Ni>Cu>Cr>Hg; Julho Zn>>Ni>Cu>Hg>Cr; e para carnívoros: Fevereiro Zn>Ni>Cu>Hg>Cr; Julho Ni>Zn>Cu>Cr>Hg.

Quanto ao fator de bioacumulação de metais, pode-se estabelecer a seguinte ordem decrescente de metais nas espécies de peixes coletadas nas duas campanhas de amostragens: Zn>Ni>Cr>Cu. Considerando o hábito alimentar, as espécies *detritívoras* apresentaram maior fator de bioacumulação e mesma ordem decrescente.



Do ponto de vista ambiental e considerando as atividades industriais e econômicas da região e a escassez de dados na literatura, este trabalho pode ser considerado pioneiro em estabelecer relações entre acumulação de metais em tecido muscular em diferentes espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares coletados na Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande em diferentes sazonalidades.

### 3. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro necessário a execução deste projeto (Projetos 05/51242-8 e 10/09271-9), bem como a CAPES e PROPG pela concessão da bolsa.

### 4. Referências

- ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**, Rio de Janeiro, 1987.
- AKAGI, H. et al. Methylmercury pollution in the Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 175, p. 85-95, 1995.
- BARROS, B.C.V.; Pinheiro, S.F.; Palheta, D.C.; Silva, C.S. Determinação de Cd, Cr e Al em tecido de peixe provenientes do Rio Gelado/APA, Floresta de Carajás-PA. **Holos Environment**, v. 10, p. 195-208, 2010.
- BRABO, E.S. et al. Mercury contamination of fish and exposures of an indigenous community in Pará State, Brazil. **Environmental Research**, v. 84, p. 197-203, 2000.
- BUTCHER, D. J.; Sneddon, J. **A Practical Guide to Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry**, Wiley Interscience, 1998.
- CAMPANHA, M. B.; Melo, C. A.; Moreira, A. B.; Ferrarese, R. F. M. S.; Tadini, A. M.; Garbin, E. V.; Bisinoti, M. C.; Pereira, E. R.; **Quim. Nova** 2010, 33, 1831.
- CAMPANHA, M. B.; Moreira, A. B.; Bisinoti, M. C.; **Journal of Soil and Sediments** 2012, 12, 1508.
- CASTILHOS, Z. C.; Bidone, E. D.; Hartz, S. M.; Bioaccumulation of Mercury by tucunaré (*Cichla ocellaris*) from Tapajos River region, Brazilian Amazon: a field dose-response approach. **Bulletin of Environmental Contamination and toxicology**, v.66, p. 631-637, 2001.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo, 2008. Disponível em : <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rios/rel\\_aguas\\_int\\_2008/relatorio\\_2008.zip](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2008/relatorio_2008.zip)> Acesso em Ago 2013.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo, 2010. Disponível em : <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rios/rel\\_aguas\\_int\\_2010/relatorio\\_2010.zip](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2010/relatorio_2010.zip)> Acesso em Ago 2013.
- DIAS, A. C. L.; Guimarães, J. R. D.; Malm, O.; Costa, P. A. S. Mecúrio total em músculo de cação *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) e de espadarte *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, na costa sul-sudeste do Brasil e suas implicações para a saúde pública. **Caderno de saúde pública**, v. 24 n 9, Rio de Janeiro, 1994.
- ADEYEYE, E.I.; Akinyugha, N.J.; Fesobi, M.E.; Tenabe, V. O. Determination of some metals in *Clarias gariepinus* (Cuvier and Vallenciennes), *Cyprinus carpio* (L.) and *Oreochromis niloticus* (L.) fishes in a polyculture fresh water pond and their environments. **Aquaculture**, v. 147, p. 205-214, 1996.



- KASPRZAK, K. S.; Salnikow, K. Níquel toxicity and carcinogenesis. In: SIGEL, A.; SIGEL H.; SIGEL R. K. O. Metal ions in life sciences: Nickel and its surprising impact in nature. **John Wiley & Sons**, Chichester, v. 2, p. 620-660, 2007.
- LEADY, B.S.; Gottgens, J.F. Mercury accumulation in sediment cores and along food chains in two regions of the Brazilian Pantanal. **Wetlands Ecology and Management**, v. 9, p. 349–361, 2001.
- MACHADO, I. C. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliensis* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 61(1) p., 13 – 18, 2002
- MALM, O. 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 Pollution**, v. 97, n.97, p. 45-51, 1997..
- MECHE, A.; Martins, M.C.; Lofrano, B.E.S.N.; Hardaway, C.J.; Merchant, M.; Verdade, L. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. **Microchemical Journal**, v. 94, p. 171-174, 2010.
- MELO, C. A.; Moreira, A. B.; Bisinoti, M. C.; **Quim. Nova** 2009, 32, nº6, 1436.
- Methods of analysis by the U. S. Geological Survey National Water Quality Laboratory-Preparation procedure for Aquatic Biological Material Determined for Trace Metals (1996).
- MIRLEAN, N.; Larned, S.T; Nikora, V.; Kutter, v. T. Mercury in lakes and lake fishes on a conservation-industry gradient in Brazil. **Chemosphere**, v. 60, p. 226–236, 2005.
- MÖLLERKE, R. de O. Total Arsenic levels as a bioindicator in the evaluation of fish quality (*Leporinus obtusidens* and *Pimelodus maculatus*) from the Guaíba Lake, Porto Alegre, Rio Grande do Sul State, Brazil, 2003
- MOON, T. W.; Mommsen, T. P. Environmental toxicology – Biochemistry and molecular biology of fishes. **Elsevier Science**, v.6, Amsterdam, 2005.
- NATURAE, P. C. H.; Mosquito. *Programa de Conservação da Ictiofauna*, 2007
- OSTRANDER, G. K. The techniques in aquatic toxicology. **CRC Press**, v. 2, Boca Raton, Flórida, 2005
- PHILLIPS, G. R.; Lenhard, T. E.; Gregory, R. W.; **Environmental Research** 1980, 22, 73.
- Resolucao Conama 357/2005
- SIGEL, A.; Sigel H.; Sigel R. K. O. Metal ions in life sciences: Nickel and its surprising impact in nature. **John Wiley & Sons**, v. 2, Chichester, 2007.
- SIGEL, A.; Sigel, H.; Sigel, R. K. O. Metal ions in life sciences: Organometallics in environmental and toxicology. **Royal Society of Chemistry Publishing**, v. 7, Cambridge, 2010.
- TAVARES, T. M.; Carvalho, F. M.; **Quim. Nova** 1992, 15, 147.
- TOMAZELLI, A. C.; Martinelli, L. A.; Avelar, W. A. P.; Camargo, P. B.; Fostier, A. H., Ferraz, E. S. B.; Krug, F. J.; Júnior, D. S. Biomonitoring of Pb and Cd in Two Impacted Watersheds in Southeast Brazil, Using the Freshwater Mussel *Anodonta trapesialis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia : Mycetopodidae) as a Biological Monitor. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, p. 673 – 684, 2003.
- YILMAZ, A.B.; Sangün, M.K.; Yaglioglu, D.; Turan, C. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. **Food Chemistry**, v.123, p. 410-415, 2010.