



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
FEDERAL DE RONDÔNIA



**RELATÓRIO TRIMESTRAL
AVALIAÇÃO AMBIENTAL**



PROGRAMA:

Hidrobiogeoquímica do Mercúrio e Outros Metais Pesados no Rio Madeira - UHE Santo Antônio

**Laboratório
BIOGEOQUÍMICA
AMBIENTAL
Wolfgang C. Pfeiffer**

<http://www.biogeoquimica.unir.br>

Abril/2013

Coordenação:

Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos (wanderley@pq.cnpq.br)

Equipe Ambiental:

Prof. Dr. Angelo Gilberto Manzatto (UNIR)

Dr. Márcio Rodrigues de Miranda (UFRJ/UNIR)

MSc. Dario Pires de Carvalho (Doutorando-UNIR/UFRJ)

MSc. Cleber Calado Luz (Doutorando-UNIR/UFRJ)

MSc. Marília Higino Mussy (Doutoranda-UNIR/UFRJ)

MSc. Roberta Carolina Ferreira Galvão (UNIR)

MSc. Igor Bruno Barboza de Holanda (UNIR)

Leidiane Caroline Lauthartte (Mestranda/UNIR)

Maria Cristina Nery do Nascimento Recktenvald (Mestranda/UNIR/UFAM)

Maria Thereza Souza Bastos (Bióloga/UNIR)

Francisca Denilça Narciso dos Santos (Química/UNIR)

Charliene Lima da Silva (Pedagoga/UNIR)

Júlia Yunes Herrmann (Química/UNIR)

Walkimar Costa Junior (Iniciação Científica/UNIR)

Andressa de Jesus França (Iniciação Científica/UNIR)

Bruna Daniely Brito Viana (Iniciação Científica/UNIR)

Melissa de Souza Barbosa (Iniciação Científica/UNIR)

Antônio Gomes da Costa (Auxiliar de Serviços Gerais/UNIR)

Consultores:

Dr. Olaf Malm (IBCCF/UFRJ)

Dr. Ronaldo de Almeida (UNIR/UFRJ/UFAM)

Laboratório
BIOGEOQUÍMICA
AMBIENTAL
Wolfgang C. Pfeiffer

Sumário

I. APRESENTAÇÃO

II. ÁGUA (AG)

III. MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

IV. SEDIMENTO DE FUNDO (SD)

V. PEIXES (PX)

VI. MACRÓFITAS AQUÁTICAS (MA)

VII. PLÂNCTON (PL)

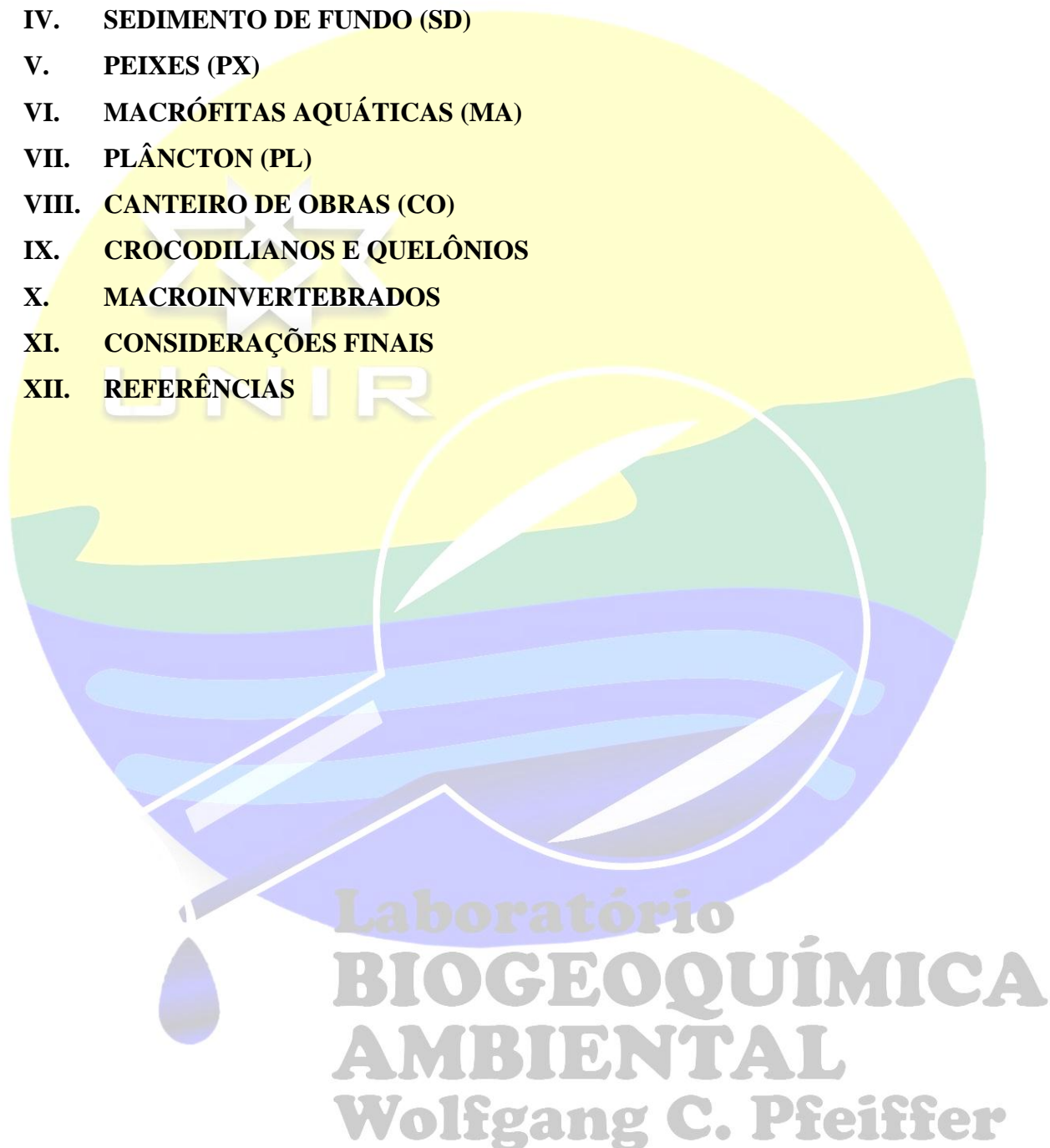
VIII. CANTEIRO DE OBRAS (CO)

IX. CROCODILIANOS E QUELÔNIOS

X. MACROINVERTEBRADOS

XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

XII. REFERÊNCIAS



I. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem como objetivo apresentar a avaliação do monitoramento do Programa de Hidrobiogeoquímica (HDBGQ), seguindo o cronograma de trimestralidade na fase de Pós-Enchimento (dez/2011 a dez/2012), conforme cronograma de execução disposto no Plano de Trabalho HDBGQ. Neste período, seguem apresentados apenas os resultados das diferentes matrizes ambientais avaliadas no programa, portanto as informações de abrangência da área de estudo, estações de coleta, cronograma de execução, métodos de amostragens e analíticos podem ser consultados no *Relatório de Acompanhamento dos Programas Ambientais após a emissão da Licença de Operação – LO, em 10/10/2012, sob o nº 02001.061283/2012-2, por meio da correspondência SAE/PVH: 0872/2012.*

No presente relatório seguem apresentados a dinâmica dos elementos traço, com ênfase no mercúrio total (Hg-T) e metilmercúrio (MeHg), nas diferentes matrizes abióticas e bióticas da fase de Pós-Enchimento da UHE Santo Antônio do reservatório compreendendo o período de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. Esta fase do estudo é fundamental para acompanhar e compreender a evolução do comportamento do mercúrio e estabelecer parâmetros de comparação com a fase de Pré-Enchimento. Além do acompanhamento trimestral, foi realizado o monitoramento mensal da concentração de mercúrio na água do Rio Madeira e tributários no período de abril de 2012 a dezembro de 2012, com o objetivo de avaliar a sua dinâmica e transporte espacial e sazonal.



Laboratório
**BIOGEOQUÍMICA
AMBIENTAL**
Wolfgang C. Pfeiffer

II. ÁGUA (AG)

II.1. Resultados

Os valores médios de mercúrio total (Hg-T) e metilmercúrio (MeHg) nas águas do rio Madeira e tributários entre os meses de novembro e dezembro de 2011 e de março a dezembro de 2012 estão sumarizados na tabela II.1 e representados nas figuras II.1 e II.2. A FRAÇÃO TOTAL da água corresponde as concentrações de mercúrio e metilmercúrio encontradas na água não filtrada, enquanto que a FRAÇÃO DISSOLVIDA corresponde as concentrações de mercúrio e metilmercúrio encontradas na água filtrada em filtros de celulose de $0,45\mu\text{m}$ (diâmetro do poro) que retém o material particulado em suspensão (MPS). A partição do mercúrio e metilmercúrio entre as frações total e dissolvida é um dos fatores mais importantes nos estudos de mobilização e transporte desse contaminante em sistemas aquáticos (Almeida et al., 2007).



Laboratório
BIOGEOQUÍMICA
AMBIENTAL
Wolfgang C. Pfeiffer

Tabela II.1. Concentrações de Hg-T (fração total) e Metil-Hg (fração total) nas águas do rio Madeira e Tributários (média \pm DP) com o amostras coletadas nos meses de novembro/2011 a dezembro/2012.

Período	Hg-T (ng/L)		Hg-T (ng/L)		MeHg (ng/L)		MeHg (ng/L)	
	Fração Total	N	Fração Total	N	Fração Total	N	Fração Total	N
	Rio Madeira		Tributários		Rio Madeira		Tributários	
Nov/11	7,510 \pm 1,100	05	3,760 \pm 1,290	05	-	-	-	-
Dez/11	15,490 \pm 5,850	05	10,280 \pm 7,000	08	-	-	-	-
Mar/11	9,470 \pm 2,390	05	2,400 \pm 0,650	08	-	-	-	-
Abr/12	4,877 \pm 1,488	09	3,091 \pm 2,643	14	0,220 \pm 0,134	09	0,214 \pm 0,190	16
Mai/12	7,029 \pm 1,020	08	2,012 \pm 1,575	14	0,166 \pm 0,075	10	0,131 \pm 0,138	16
Jun/12	4,028 \pm 1,069	12	3,592 \pm 1,414	18	0,082 \pm 0,087	12	0,126 \pm 0,128	18
Jul/12	4,584 \pm 1,934	12	2,964 \pm 1,868	16	0,021 \pm 0,018	12	0,075 \pm 0,096	16
Ago/12	5,156 \pm 1,174	14	4,275 \pm 1,953	16	0,124 \pm 0,255	14	0,105 \pm 0,114	16
Set/12	4,272 \pm 1,213	13	3,204 \pm 3,240	16	0,044 \pm 0,048	13	0,166 \pm 0,196	16
Out/12	3,480 \pm 0,100	14	3,080 \pm 0,143	17	0,272 \pm 0,416	14	0,233 \pm 0,193	17
Nov/12	3,263 \pm 0,010	13	3,223 \pm 1,345	16	-	-	-	-
Dez/12	3,521 \pm 0,102	13	2,611 \pm 1,637	18	-	-	-	-
Média	6,057 \pm 3,519	123	3,708 \pm 2,156	166	0,133 \pm 0,092	84	0,150 \pm 0,057	115

II.1.1. Mercúrio Total em Água Não Filtrada (Fração Total)

As médias das concentrações de Hg-T no rio Madeira foram superiores as médias encontradas nos tributários. Este fato pode estar associado a maior quantidade de material particulado em suspensão (MPS) que este rio carrega. Situação inversa é observada para a média das concentrações de MeHg, isto pode estar relacionado a composição do MPS proveniente dos tributários ser mais orgânica que mineral, o que conferiria mais sítios de ligação do metilmercúrio ao material particulado (Tabela II.1).

Observa-se uma dinâmica sazonal na concentração de Hg-T na fração total da água com média mais elevada no mês de maio/12 nas estações do rio Madeira, ocorrendo o inverso para as estações dos tributários. Nos demais meses (junho a dezembro/12) as médias foram equivalentes nas estações tanto do rio Madeira como dos tributários (Figura II.1).

De acordo com a resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 a concentração máxima de mercúrio total permitida é de 0,0002 mg/L (200 ng/L). Até o momento todos os valores encontrados de mercúrio (Hg-T e MeHg) na água estão abaixo do preconizado pela referida legislação.

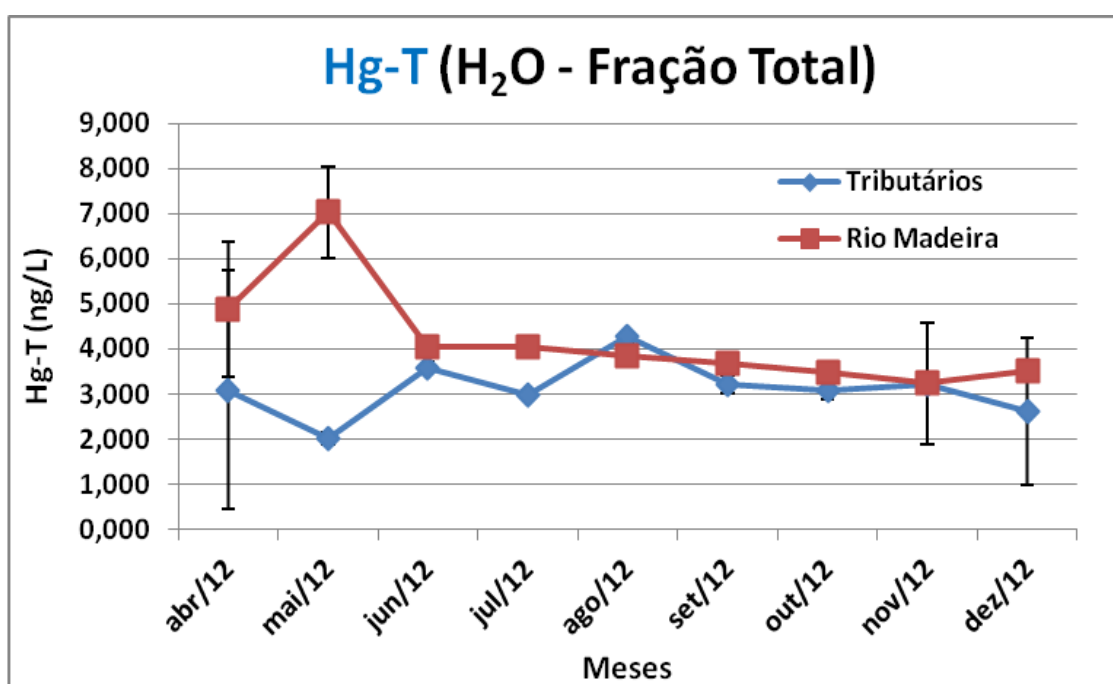


Figura II.1. Concentrações média mensais de Hg-T na água não filtrada (Fração Total) no rio Madeira e nos Tributários de abril a dezembro de 2012.

A dinâmica das concentrações média do MeHg na fração da água apresenta uma sensível redução a partir do mês de maio/12 e se mantém constante no período de junho a agosto/12. No rio Madeira houve uma diminuição na concentração de metilmercúrio em

setembro/2012 seguido de um súbito aumento em outubro/2012. Nos tributários o aumento na concentração de metilmercúrio ocorre a partir de setembro/2012 (Figura II.2).

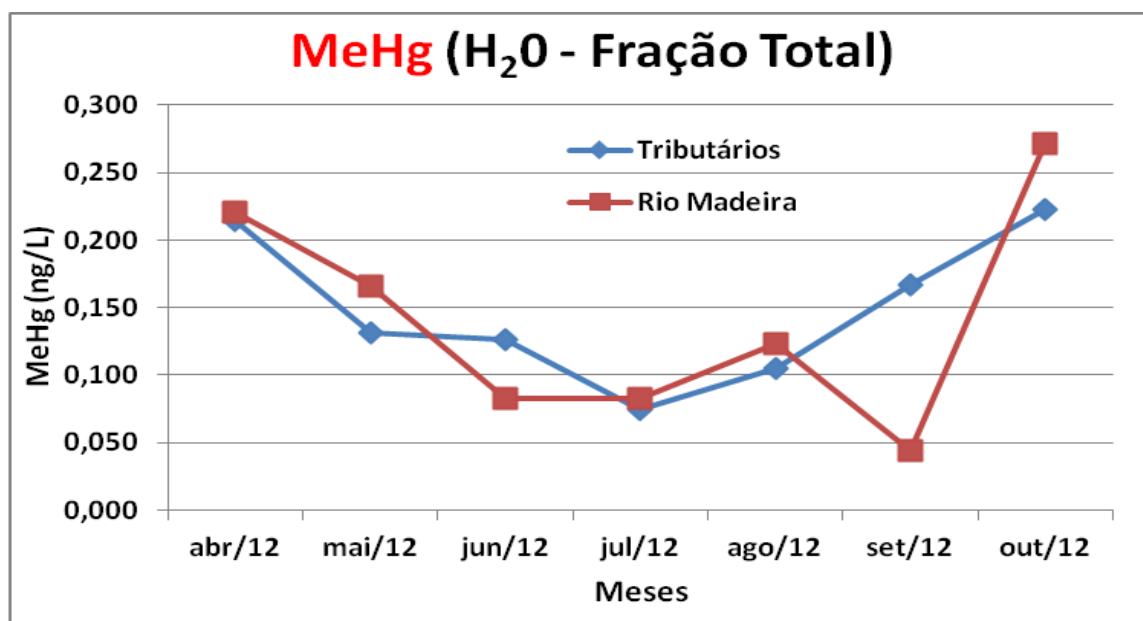


Figura II.2. Concentrações média mensais de MeHg na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira e nos Tributários de de abril a dezembro de 2012.

Quando comparados as concentrações médias de Hg-T e MeHg encontradas a montante da barragem com as encontradas a jusante da barragem da UHE Santo Antônio foi possível observar que não houve diferença entre os dois sistemas (Tabela II.2; Figuras II.3 e II.4).

Tabela II.2. Comparação entre as médias das concentrações de Hg-T na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira e Tributários a montante e a jusante da barragem da UHE Santo Antônio no período de pós-enchimento (abril de 2012 a dezembro de 2012).

	Tributários Montante	Rio Madeira Montante	Tributários Jusante	Rio Madeira Jusante
Média (ng/L)	3,44	6,35	6,62	7,25
DP	1,91	2,63	3,34	2,56
N	65	26	18	23

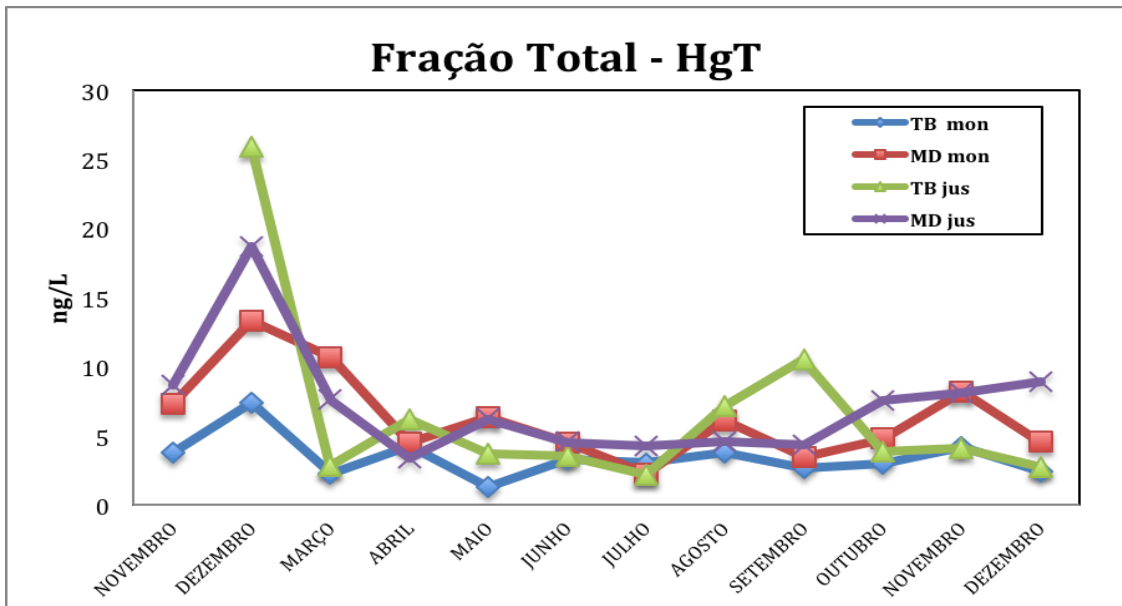


Figura II.3. Concentrações média mensais de Hg-T na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira (montante e jusante da UHE Santo Antônio) de novembro de 2011 a dezembro de 2012.

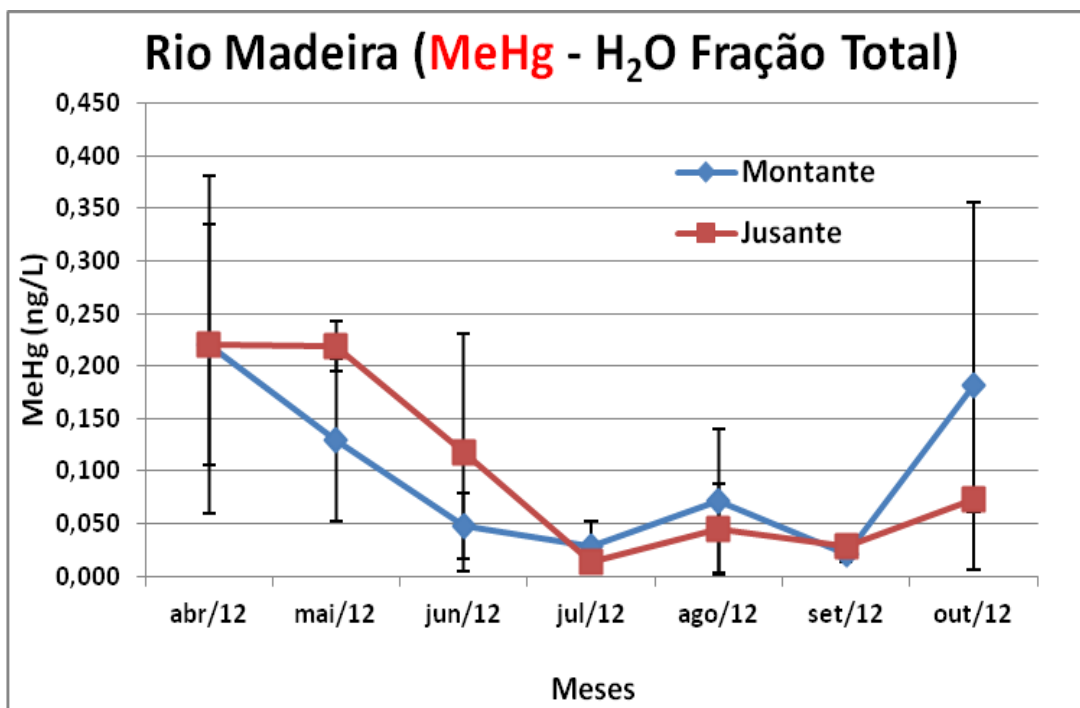


Figura II.4. Concentrações média mensais de MeHg na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira (montante e jusante da UHE-SAE) de de abril a outubro de 12.

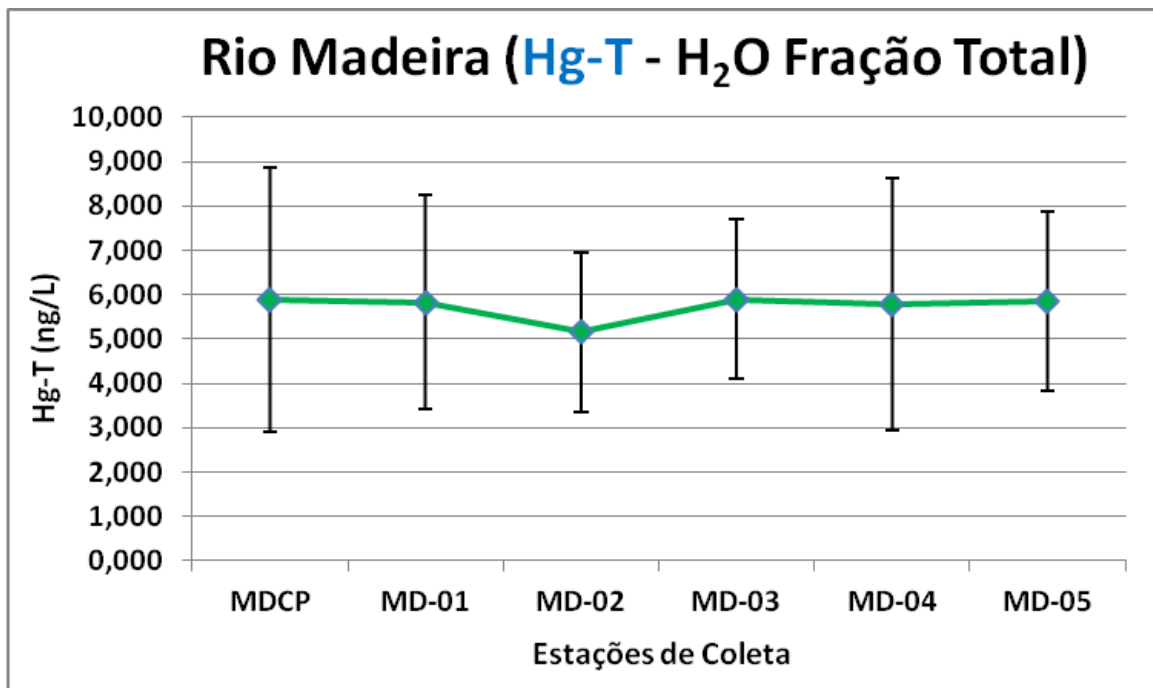


Figura II.5. Concentrações média de Hg-T na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira considerando as estações a montante (MDCP, MD-01 e MD-02) e jusante (MD-03, MD-04 e MD-05).

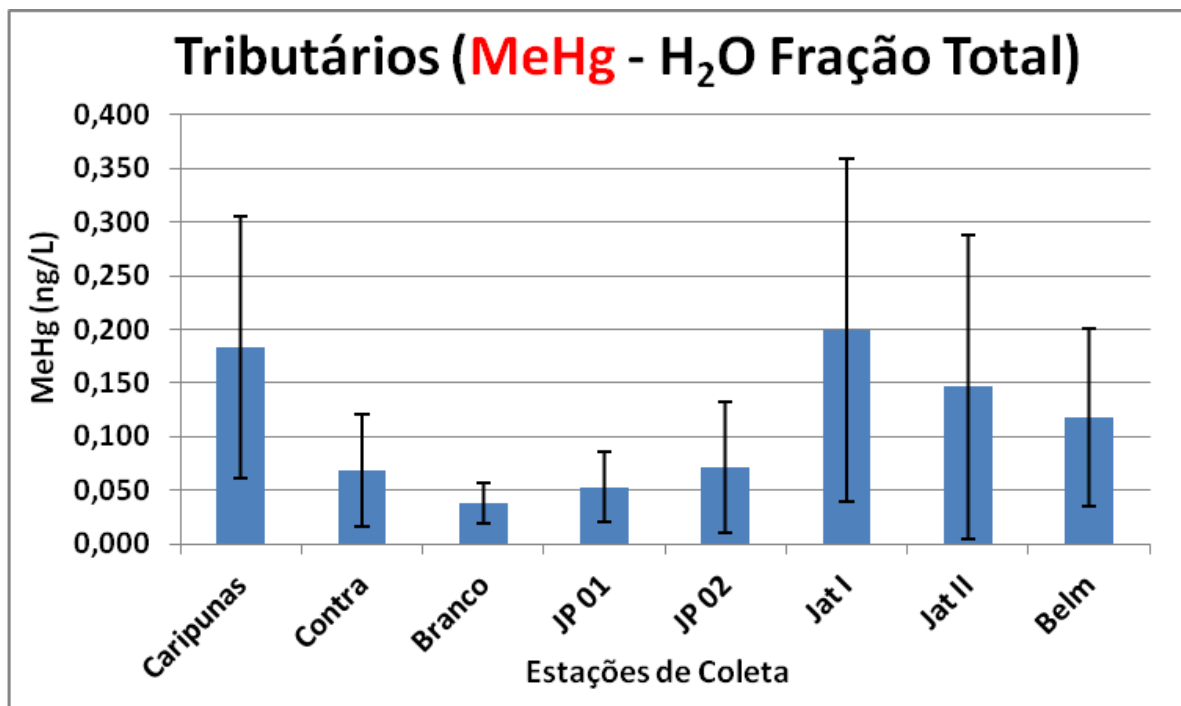


Figura II.6. Concentrações média de MeHg na água não filtrada (**Fração Total**) nos Tributários de abril a dezembro de 2012.

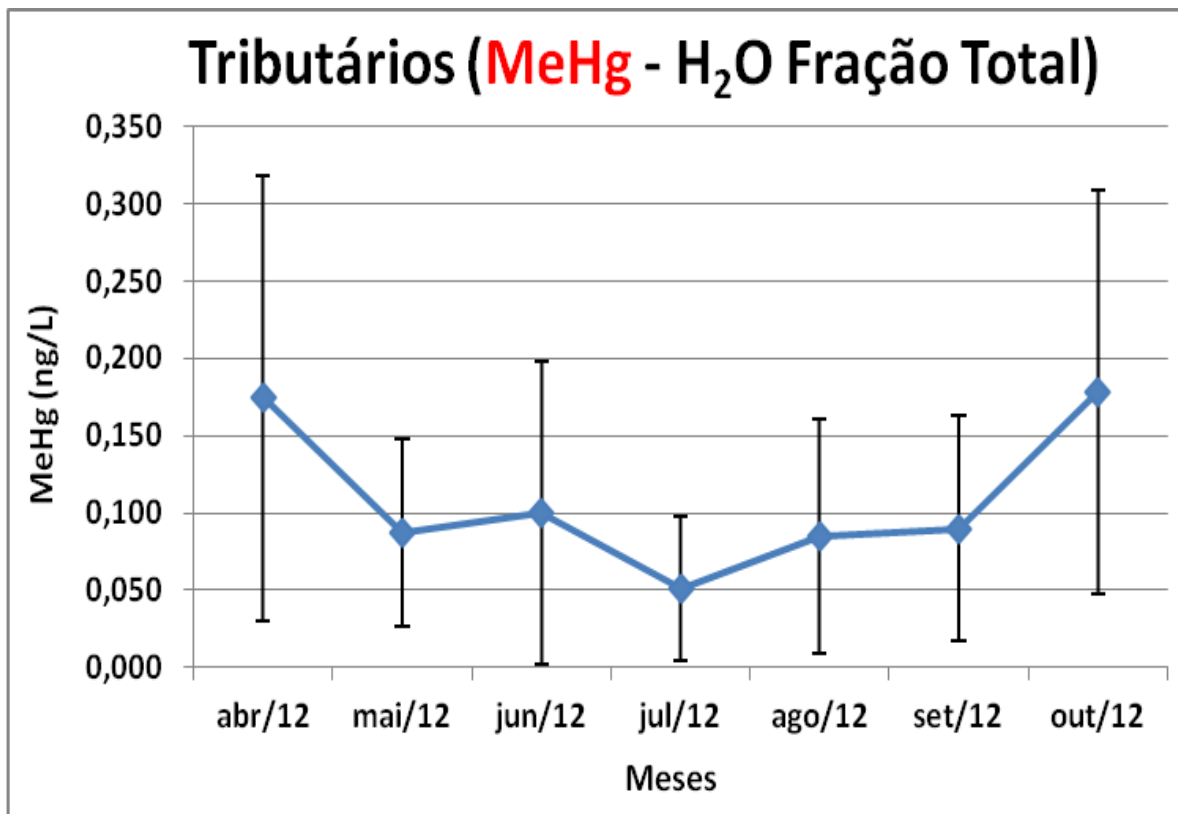


Figura II.7. Concentrações média mensal de MeHg na água não filtrada (**Fração Total**) nas estações dos Tributários de abril a dezembro de 2012.

II.1.2. Mercúrio total em água filtrada (**Fração Dissolvida**)

Na tabela II.3. figura II.8 estão ilustradas as concentrações de Hg-T na água filtrada (**Fração Dissolvida**) no período de março a setembro de 2012, onde a média dos tributários foi superior a média do Rio Madeira.

Tabela II.3. Comparação entre as médias das concentrações de Hg-T na água não filtrada (**Fração Total**) no rio Madeira e Tributários no período de pós-enchimento (março de 2012 a dezembro de 2012).

MESES	TRIBUTÁRIOS (ng/L)	DP	N	RIO MADEIRA (ng/L)	DP	N
Mar/12	0,974	0,378	8	1,138	0,588	5
Abr/12	0,903	0,500	5	0,987	0,311	2
Jun/12	1,111	1,030	9	0,945	0,236	6
Set/12	1,293	0,750	9	1,445	0,647	6

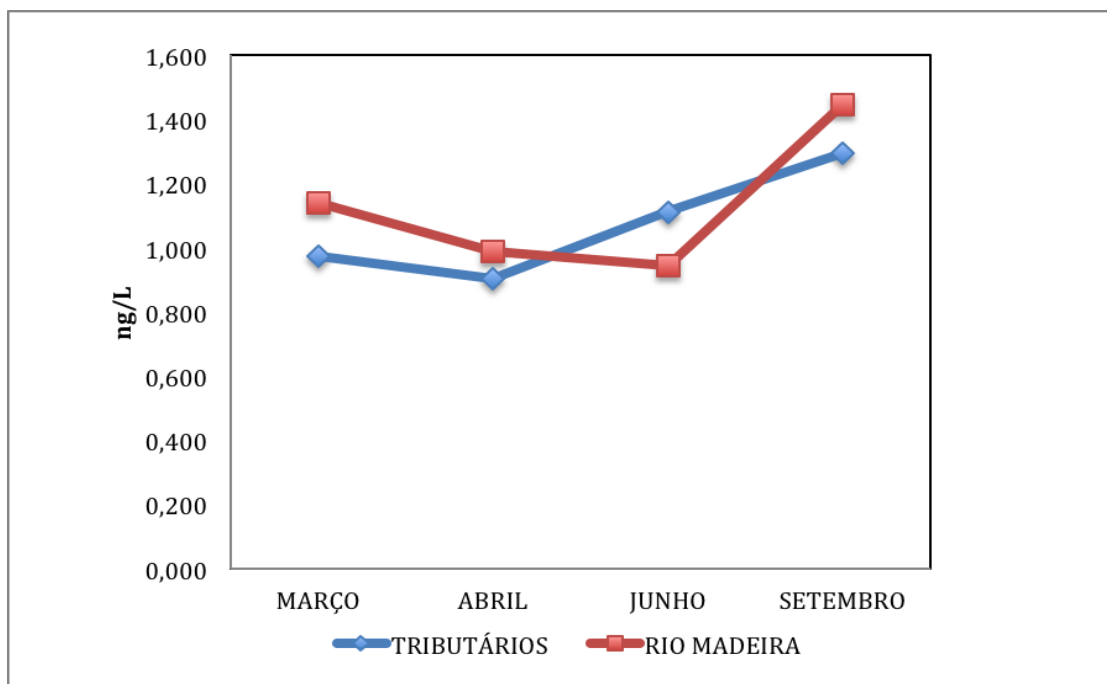


Figura II.8. Concentrações de Hg-T na água filtrada (**Fração Dissolvida**) no rio Madeira e nos Tributários de março a setembro de 2012.

II.1.3. Metilmercúrio em Água Filtrada (Fração Dissolvida)

Em relação ao MeHg foi possível observar que há não há variação entre as médias dos tributários e do rio Madeira ao longo do monitoramento (Figura II.9).

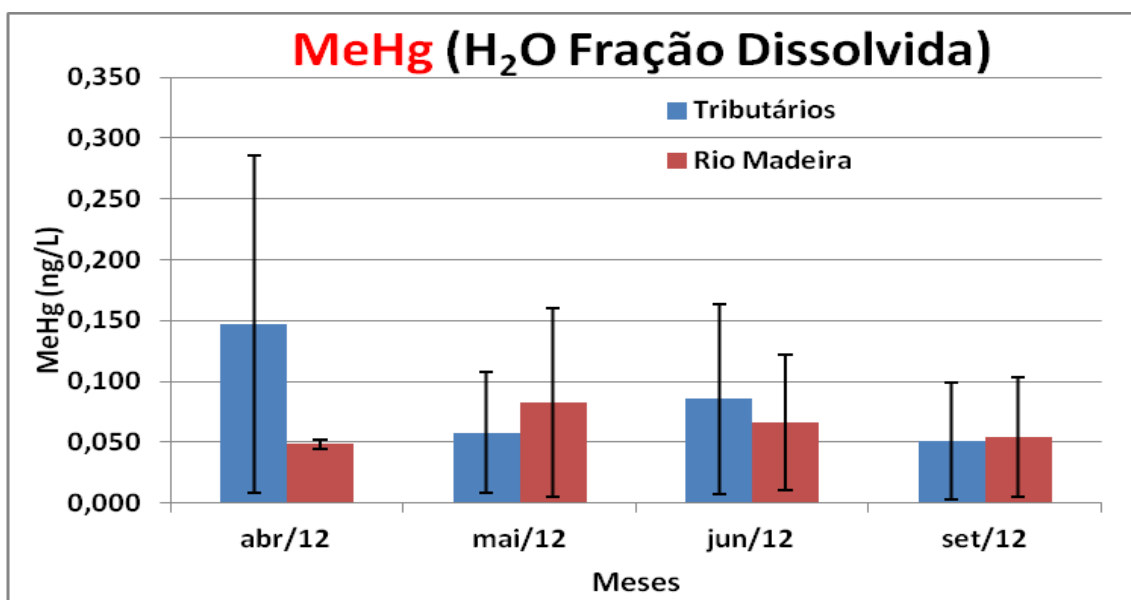


Figura II.9. Concentrações de MeHg na água filtrada (**Fração Dissolvida**) no rio Madeira e nos Tributários de abril a setembro de 2012.

II.2. Considerações

Ao longo do monitoramento, foi possível observar que durante o período de pré-enchimento a concentração de metilmercúrio dissolvido no período de águas altas foi maior que no período de águas baixas. Entretanto, não há diferença significativa entre as concentrações de metilmercúrio dissolvido ao compararmos as fases de pré e pós-enchimento nos tributários e do rio, sendo que os maiores valores foram encontrados no período de águas altas da fase de pré-enchimento.

III. MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

O presente capítulo tem como finalidade apresentar as concentrações dos elementos traços Cobalto (Co), Manganês (Mn), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Mercúrio (Hg) no material particulado em suspensão (MPS) referente as coletas realizadas nas semanas de 13 a 15 de dezembro de 2011, de 20 a 23 de março de 2012, de 25 a 29 de junho de 2012, de 10 a 14 de setembro de 2012 e de 10 a 17 de dezembro de 2012. Os resultados encontrados foram comparados com os resultados do período de pré-enchimento.

III.1. Resultados

O total de material particulado em suspensão no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $53,79 \pm 47,26$ mg/L, $10,82 \pm 4,50$ mg/L, $28,66 \pm 30,01$ mg/L, $86,54 \pm 196,96$ mg/L, $35,78 \pm 49,90$ mg/L, respectivamente. O total de material particulado em suspensão no rio Madeira foi de $248,10 \pm 202,63$ mg/L, $391,42 \pm 107,22$ mg/L, $121,67 \pm 19,67$ mg/L, $49,58 \pm 40,88$ mg/L e $244,61 \pm 62,39$ mg/L, respectivamente (Figura III.1).

As legendas do eixo de *X* das figuras de III.1 à III.10 são as seguintes:

- a) TRIBUTÁRIOS (barras amarelas): RBR= rio Branco; CT; rio Contra; JP01 e JP02= rio Jacy-Paraná; CP= rio Caripunás; JATI= Igarapé Jatuarana I; JATII= Igarapé Jatuarana II; BLM= Igarapé Belmont.
- b) RIO MADEIRA (barras vermelhas): MDCP= rio Madeira próximo ao rio Caripunás; MD01 e MD02= rio Madeira à montante da UHE-Santo Antônio; MD03, MD04 e MD05= rio Madeira à jusante da UHE-Santo Antônio.

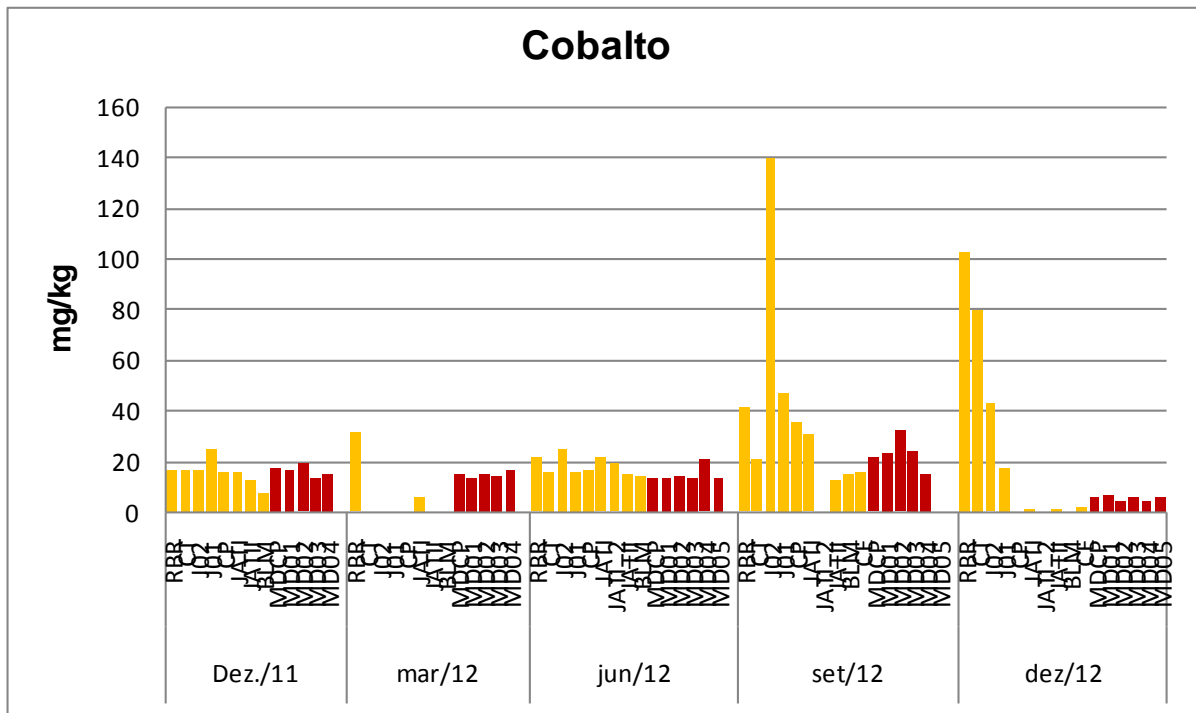


Figura III.2. Concentração de cobalto no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de cobre no MPS nos tributários avaliados (n=45) foi de $56,09 \pm 82,53$ mg/kg com valores entre 4,27 e 434,11 mg/kg e no rio Madeira (n=28) de $29,91 \pm 7,92$ mg/kg com valores entre 20,78 e 53,67 mg/kg.

A concentração de cobre no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $12,67 \pm 7,94$ mg/kg, $31,15 \pm 7,95$ mg/kg, $40,87 \pm 16,98$ mg/kg, $145,60 \pm 143,12$ mg/kg e $34,98 \pm 24,60$ mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de $28,63 \pm 4,90$ mg/kg; $23,06 \pm 1,42$ mg/kg; $29,28 \pm 4,83$ mg/kg; $41,68 \pm 10,33$ mg/kg e $27,49 \pm 1,30$ mg/kg, respectivamente (Figura III.3).

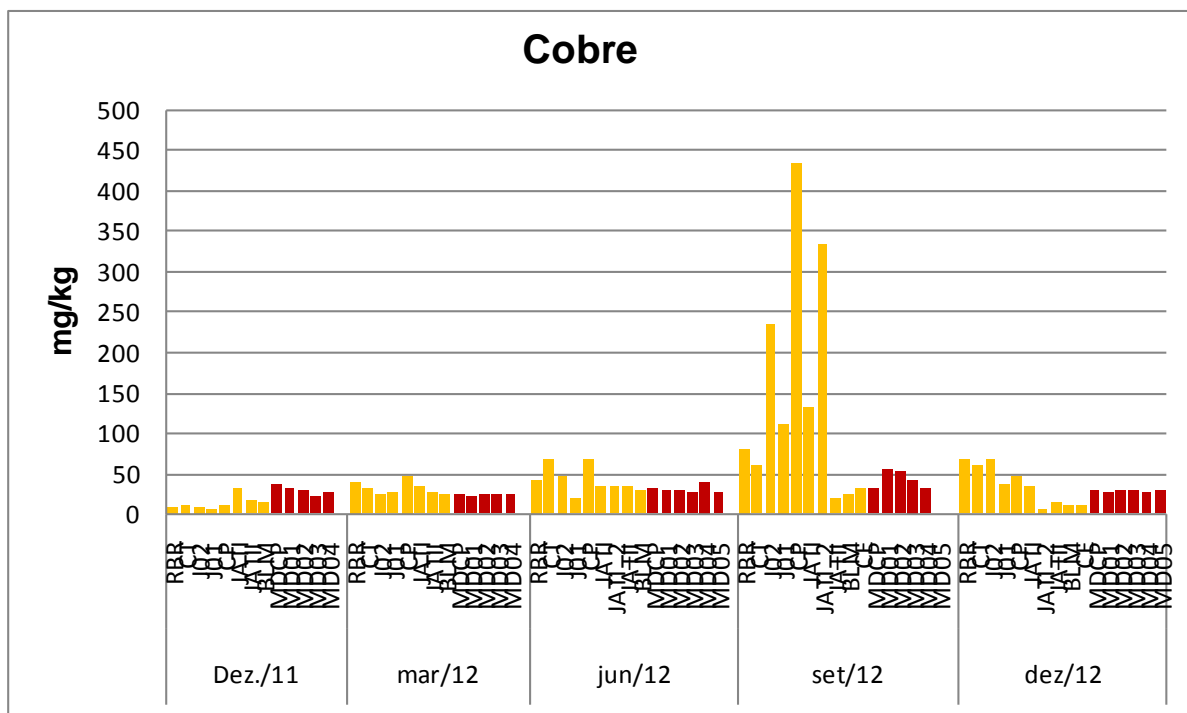


Figura III.3. Concentração de cobre no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de chumbo no MPS nos tributários avaliados foi de $40,66 \pm 63,24$ mg/kg (n=45) com valores entre <LQ e 265,51 mg/kg e no rio Madeira de $27,66 \pm 15,51$ mg/kg (n=28) com valores entre <LQ e 62,48 mg/kg.

A concentração de chumbo no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $85,42 \pm 56,73$ mg/kg, $87,58 \pm 108,15$ mg/kg, $13,66 \pm 25,46$ mg/kg, $18,04 \pm 24,27$ mg/kg e $14,22 \pm 31,26$ mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de $39,24 \pm 10,54$ mg/kg, $37,25 \pm 6,25$ mg/kg, $24,66 \pm 12,68$ mg/kg, $29,40 \pm 22,50$ mg/kg e $11,58 \pm 4,09$ mg/kg, respectivamente (Figura III.4).

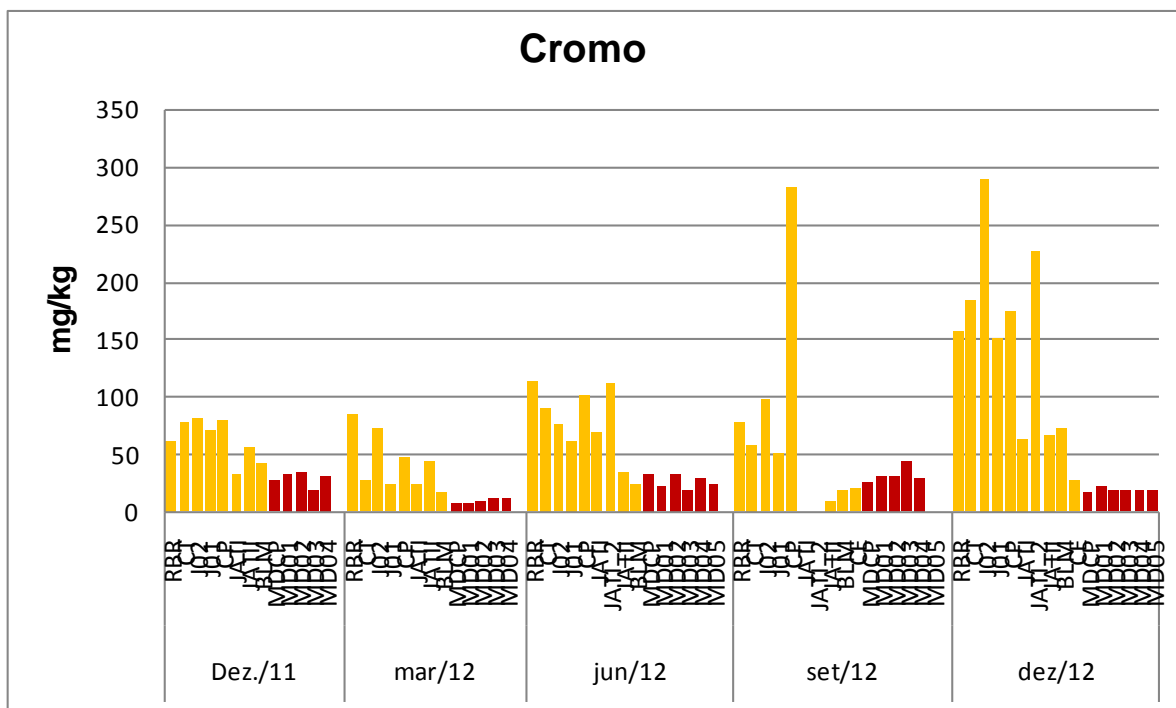


Figura III.5. Concentração de cromo no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de ferro no MPS nos tributários avaliados foi de 65967 ± 26883 mg/kg (n=45) com valores entre 24447 e 135232 mg/kg e; no rio Madeira de 38237 ± 6809 mg/kg (n=28) com valores entre 22463 e 54550 mg/kg.

A concentração de ferro no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de 55487 ± 18535 mg/kg, 86692 ± 30701 mg/kg, 51681 ± 13745 mg/kg, 63764 ± 30746 mg/kg e 72828 ± 26049 mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de 31618 ± 5345 mg/kg, 37620 ± 3123 mg/kg, 37714 ± 7234 mg/kg, 46284 ± 7123 mg/kg e 38086 ± 2862 mg/kg, respectivamente (Figura III.6).

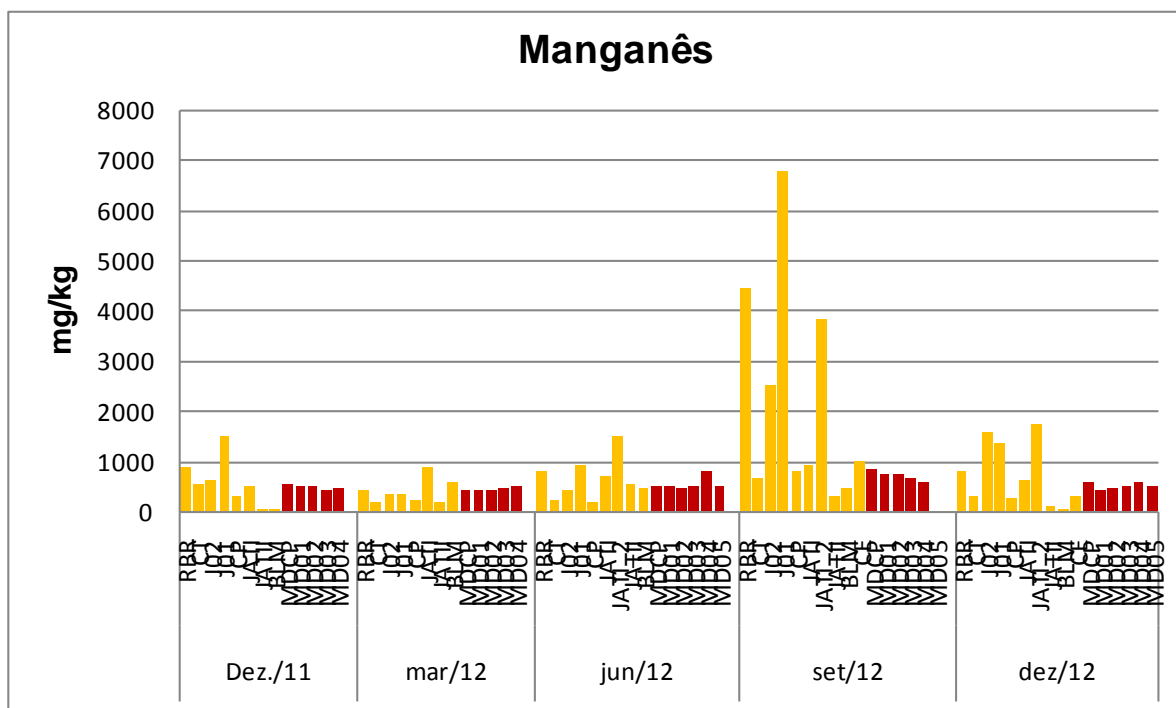


Figura III.7. Concentração de manganês no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de níquel no MPS nos tributários avaliados foi de $14,12 \pm 22,02$ mg/kg (n=45) com valores entre <LQ e 95,55 mg/kg e no rio Madeira de $22,70 \pm 13,74$ mg/kg (n=28) com valores entre <LQ e 79,52 mg/kg.

A concentração de níquel no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $2,00 \pm 5,71$ mg/kg, $4,89 \pm 13,83$ mg/kg, $30,14 \pm 24,84$ mg/kg, $1,42 \pm 4,49$ mg/kg e $29,44 \pm 26,93$ mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de $29,24 \pm 28,36$ mg/kg, $22,48 \pm 2,60$ mg/kg, $26,33 \pm 5,15$ mg/kg, $12,31 \pm 13,12$ mg/kg e $22,43 \pm 1,42$ mg/kg, respectivamente (Figura III.8).

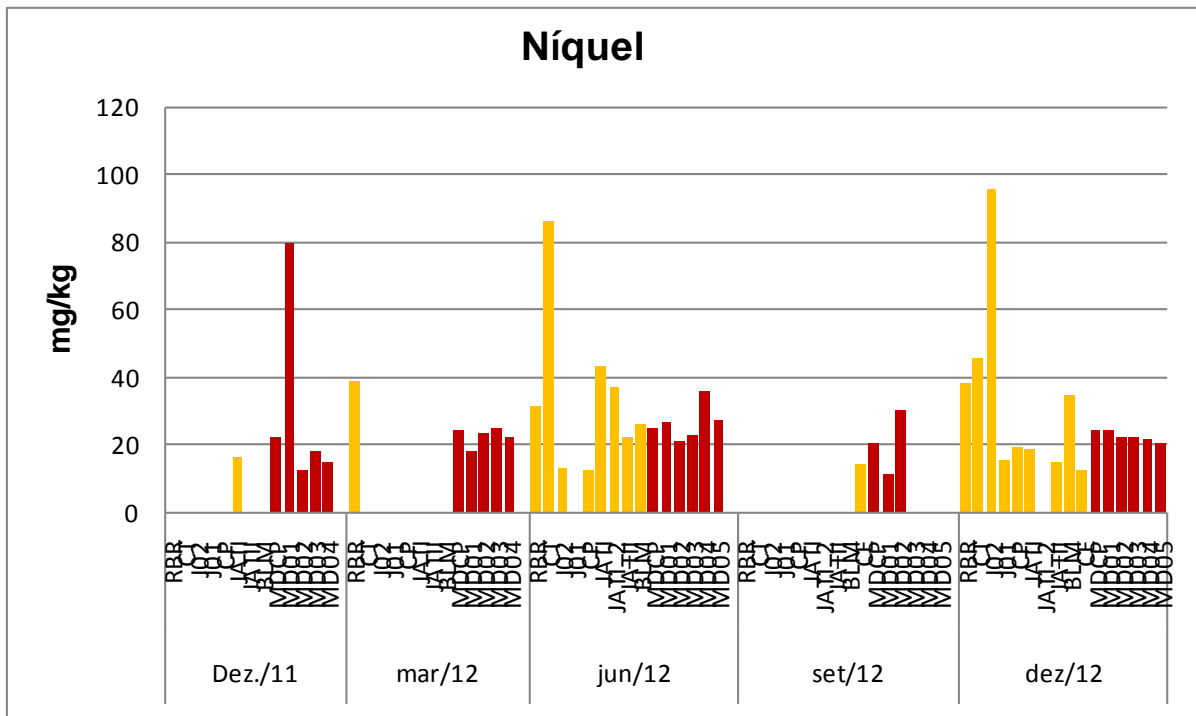


Figura III.8. Concentração de níquel no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de zinco no MPS nos tributários avaliados (n=45) foi de 180 ± 286 mg/kg com valores entre <LQ e 1300 mg/kg e no rio Madeira de $112 \pm 81,38$ mg/kg (n=28) com valores entre 49 e 380 mg/kg.

A concentração de zinco no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $125 \pm 38,63$ mg/kg; $165,97 \pm 71,19$ mg/kg; $83,10 \pm 64,97$ mg/kg; 484 ± 508 mg/kg e 60 ± 53 mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de $97,07 \pm 20,57$ mg/kg; $73,60 \pm 7,39$ mg/kg; $65,23 \pm 15,20$ mg/kg; $252,54 \pm 106$ mg/kg e $89,05 \pm 9,83$ mg/kg, respectivamente (Figura III.9).

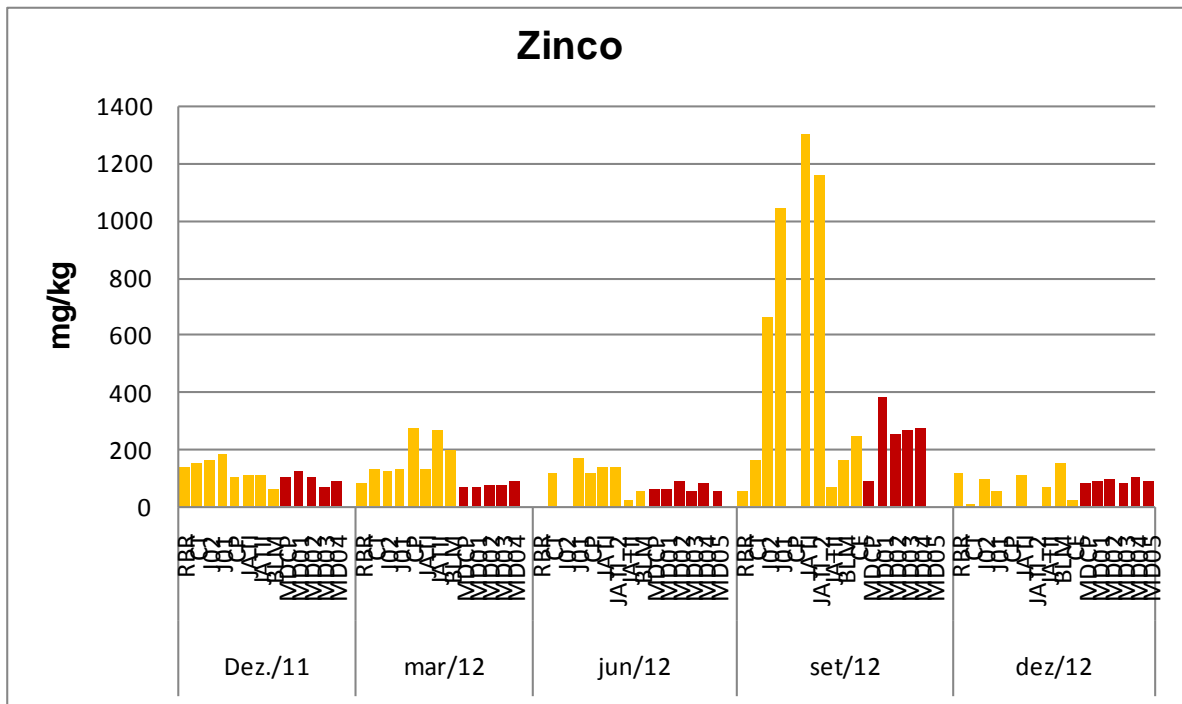


Figura III.9. Concentração de zinco no material particulado em suspensão nas amostras de nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

No período avaliado a concentração média de mercúrio no MPS nos tributários avaliados foi de $0,62 \pm 0,71$ mg/kg (n=45) com valores entre 0,06 e 2,55 mg/kg e no rio Madeira de $0,20 \pm 0,30$ mg/kg (n=28) com valores entre 0,02 e 0,98 mg/kg.

A concentração de mercúrio no mês de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $0,18 \pm 0,04$ mg/kg, $0,23 \pm 0,09$ mg/kg, $0,54 \pm 0,46$ mg/kg, $1,41 \pm 0,91$ mg/kg e $0,47 \pm 0,53$ mg/kg, respectivamente. Durante o período amostrado a concentração no rio Madeira foi de $0,08 \pm 0,02$ mg/kg, $0,05 \pm 0,02$ mg/kg, $0,07 \pm 0,12$ mg/kg, $0,79 \pm 0,25$ mg/kg e $0,08 \pm 0,02$ mg/kg, respectivamente (Figura III.10).

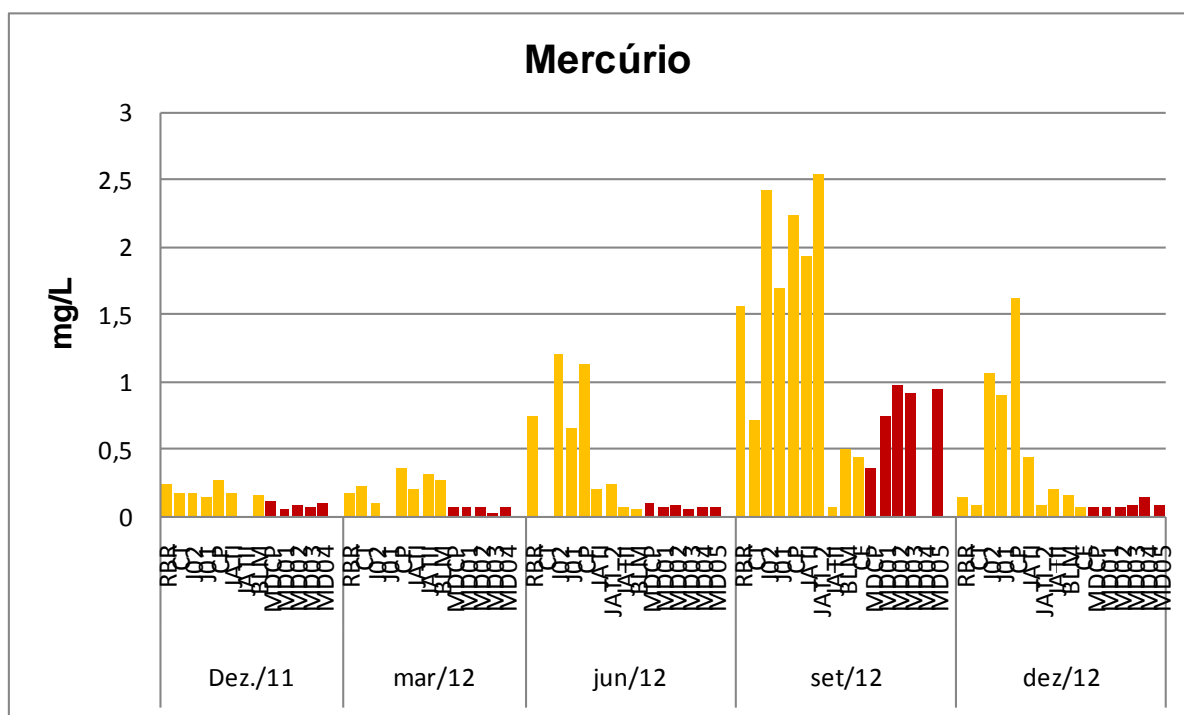


Figura III.10. Concentração de mercúrio no material particulado em suspensão nas amostras de água nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

De forma geral as concentrações dos elementos traço mais elevadas foram encontrados no mês de setembro de 2012, referente ao período de águas baixas na região. Em relação ao material particulado em suspensão, os tributários apresentaram em média maior concentração em relação ao particulado do rio Madeira no mês de setembro de 2012. Isso se deve as altas concentrações encontradas nos tributários localizadas a jusante do eixo da barragem. Embora alguns elementos traço apresentaram maiores concentrações associadas ao material particulado nas estações localizadas nos tributários, o rio Madeira tende a transportar uma maior quantidade destes elementos devido a sua alta carga de sólidos suspenso.

III.2. Análise Estatística

A seguir são apresentados os resultados da análise estatística da variação das concentrações dos elementos traço no material particulado em suspensão. As comparações foram realizadas levando-se em consideração os valores encontrados no: i) pré-enchimento e pós-enchimento; ii) Rio Madeira e Tributários e; iii) variação sazonal (Maio de 2009 a Dezembro de 2012).

III.2.1. Efeito da Barragem: Pré-Enchimento vs Pós-Enchimento

Ocorreu um aumento significativo ($p < 0,0001$) na concentração de Hg no MPS no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.1 e III.2). A média dos valores de Hg no pré-enchimento foi de $0,16 \pm 0,14$ mg/kg ($n=102$) e no pós-enchimento foi de $0,46 \pm 0,62$ mg/kg ($n=68$) no Sistema Madeira (média dos valores encontrados nos pontos monitorados no rio Madeira e Tributários).

Tabela III.1. Efeito da Barragem na concentração de Mercúrio (Hg): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,974	< 0,0001	Sim

Tabela III.2. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Mercúrio.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	0,46	0,62	68	A
PRE	0,16	0,14	102	B

Com relação as concentrações de Co no pré-enchimento e pós-enchimento não foi encontrada diferença significativa ($p=0,064$) no Sistema Madeira (tabelas III.3 e III.4)

Tabela III.3. Efeito da Barragem na concentração de Cobalto (Co): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,979	0,064	Não

Tabela III.4. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cobalto.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	26,49	48,02	62	A
PRE	14,93	14,57	66	A

Ocorreu um aumento significativo ($p < 0,028$) na concentração de Mn no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.5 e III.6). A média dos valores do Mn no pré-enchimento foi de $524,78 \pm 460,27$ mg/kg ($n=100$) e no pós-enchimento foi de $779,79 \pm 1012,72$ mg/kg ($n=72$) no Sistema Madeira.

Tabela III.5. Efeito da Barragem na concentração de Manganês (Mn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,974	0,028	Sim

Tabela III.6. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Manganês.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	779,79	1012,72	72	A
PRE	524,78	460,27	100	B

Assim como o Hg e o Mn, ocorreu um aumento significativo ($p < 0,0001$) na concentração de Cr no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.7 e III.8). A média dos valores do Cr no pré-enchimento foi de $22,61 \pm 18,13$ mg/kg ($n=60$) e no pós-enchimento foi de $59,34 \pm 59,57$ mg/kg ($n=70$) no Sistema Madeira.

Tabela III.7. Efeito da Barragem na concentração de Cromo (Cr): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,979	< 0,0001	Sim

Tabela III.8. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cromo.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	59,34	59,57	70	A
PRE	22,61	18,13	60	B

As concentrações de Ni também apresentaram um aumento significativo ($p=0,009$) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.9 e III.10). A média dos valores do Ni no pré-enchimento foi de $19,04 \pm 15,44$ mg/kg ($n=60$) e no pós-enchimento foi de $27,73 \pm 18,16$ mg/kg ($n=40$) no Sistema Madeira.

Tabela III.9. Efeito da Barragem na concentração de Níquel (Ni): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,983	0,009	Sim

Tabela III.10. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Níquel.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	27,73	18,16	45	A
PRE	19,04	15,44	60	B

As concentrações de Pb também apresentaram um aumento significativo ($p=0,007$) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.11 e III.12). A média dos valores do Pb no pré-enchimento foi de $34,43 \pm 21,62$ mg/kg ($n=77$) e no pós-enchimento foi de $53,20 \pm 53,91$ mg/kg ($n=49$) no Sistema Madeira.

Tabela III.11. Efeito da Barragem na concentração de Chumbo (Pb): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,979	0,007	Sim

Tabela III.12. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Chumbo.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	53,20	53,91	49	A
PRE	34,43	21,62	77	B

Assim como o Pb, as concentrações de Cu também apresentaram um aumento significativo ($p<0,0001$) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.13 e III.14). A média dos valores do Cu no pré-enchimento foi de $15,77 \pm 10,47$ mg/kg ($n=80$) e no pós-enchimento foi de $46,27 \pm 66,39$ mg/kg ($n=72$) no Sistema Madeira.

Tabela III.13. Efeito da Barragem na concentração de Cobre (Cu): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,976	< 0,0001	Sim

Tabela III.14. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cobre.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	46,27	66,39	72	A
PRE	15,77	10,47	80	B

As concentrações de Fe apresentaram um aumento significativo ($p=0,030$) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.15 e III.16). A média dos valores de Fe

no pré-enchimento foi de 45043,33±34869,04 mg/kg (n=102) e no pós-enchimento foi de 55568,58±25448,35 mg/kg (n=72) no Sistema Madeira.

Tabela III.15. Efeito da Barragem na concentração de Ferro (Fe): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,974	0,030	Sim

Tabela III.16. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Ferro.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	55568,58	25448,35	72	A
PRE	45043,33	34869,04	102	B

As concentrações de Zn também apresentaram um aumento significativo (p=0,002) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.17 e III.18). A média dos valores do Zn no pré-enchimento foi de 85,03±84,49 mg/kg (n=90) e no pós-enchimento foi de 172,65±230,04 mg/kg (n=67) no Sistema Madeira.

Tabela III.17. Efeito da Barragem na concentração de Zinco (Zn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,975	0,002	Sim

Tabela III.18. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Zinco.

Categoria	Média (mg/kg)	DP	N	Grupos
POS	172,65	230,04	67	A
PRE	85,03	84,49	90	B

Analisando a concentração do total de sólidos em suspensão (TSS) foi possível observar que ocorreu uma diminuição significativa (p=0,005) no pós-enchimento em relação ao pré-enchimento (tabelas III.19 e III.20). Essa diminuição pode estar relacionada com o aumento da maioria dos elementos traço monitorados.

Tabela III.19. Efeito da Barragem na concentração de Total de Sólidos em Suspensão (TSS): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
-----------	---------------	----------	--------------

PRE vs POS 1,975 0,005 Sim

Tabela III.20. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Total de Sólidos em Suspensão.

Categoria	Média (mg/L)	DP	N	Grupos
PRE	226,89	344,08	91	A
POS	105,17	143,37	73	B

III.2.2. Efeito da Barragem: Rio Madeira vs Tributários

A concentração de Hg nos Tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados nos Tributários no pré-enchimento ($p < 0,0001$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.21 e III.22)

Tabela III.21. Efeito da Barragem na concentração de Mercúrio (Hg): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD). ID_TB: Tributários. ID_MD: Rio Madeira.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	0,001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,595	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,160	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	1,000	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,326	Não

Tabela III.22. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Hg.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
BARRAGEM-POS(ID-TB)	0,606	A
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	0,228	B
BARRAGEM-POS(ID-MD)	0,228	B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	0,065	B

Com relação ao Co, não foi observada diferença significativa entre os valores do rio Madeira e Tributários quando comparados o pré e o pós-enchimento (tabelas III.23 e III.24), apenas quando comparadas as médias do pré-enchimento do rio Madeira com o pós-enchimento dos Tributários ($p = 0,025$).

Tabela III.23. Efeito da Barragem na concentração de Cobalto (Co): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	0,025	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,604	0,093	Não
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,604	0,207	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	0,836	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,604	0,959	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	0,992	Não

Tabela III.24. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Cobalto.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
BARRAGEM-POS(ID-TB)	34,932	A	
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	18,597	A	B
BARRAGEM-POS(ID-MD)	14,001	A	B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	11,479		B

A concentração de Mn nos tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados nos Tributários no pré-enchimento ($p=0,045$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.25 e III.26).

Tabela III.25. Efeito da Barragem na concentração de Manganês (Mn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,044	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	0,146	Não
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,595	0,046	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,992	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	1,000	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,996	Não

Tabela III.26. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Manganês.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
BARRAGEM-POS(ID-TB)	923,591	A	
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	541,525		B
BARRAGEM-POS(ID-MD)	540,124		B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	499,663		B

A concentração de Cr nos tributários na fase de pós-enchimento também foi maior que os valores encontrados nos Tributários no pré-enchimento ($p<0,0001$). Em adição, a média dos Tributários no pós-enchimento foi superior a média do rio Madeira no mesmo período

($p < 0,0001$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.27 e III.28)

Tabela III.27. Efeito da Barragem na concentração de Cromo (Cr): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,604	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,604	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	0,328	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,604	0,927	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,604	0,727	Não

Tabela III.28. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Cromo.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
BARRAGEM-POS(ID-TB)	80,967	A
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	31,508	B
BARRAGEM-POS(ID-MD)	24,895	B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	13,708	B

A concentração de Ni nos tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados nos tributários no pré-enchimento ($p=0,013$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.29 e III.30).

Tabela III.29. Efeito da Barragem na concentração de Níquel (Ni): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,612	0,013	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,612	0,164	Não
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,612	0,608	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,612	0,281	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,612	0,890	Não
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,612	0,600	Não

Tabela III.30. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do Rio Madeira e Tributários na concentração de Níquel.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
BARRAGEM-POS(ID-TB)	30,709	A
BARRAGEM-POS(ID-MD)	24,622	A
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	21,367	A
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	15,996	B

A concentração de Pb nos tributários na fase de pós-enchimento também foi maior que os valores encontrados nos tributários no pré-enchimento ($p < 0,0002$). Em adição, a média dos Tributários no pós-enchimento foi superior a média do rio Madeira no mesmo período ($p < 0,0001$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.31 e III.32)

Tabela III.31. Efeito da Barragem na concentração de Chumbo (Pb): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,605	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,605	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,605	0,0002	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,605	0,631	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,605	0,618	Não
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,605	1,000	Não

Tabela III.32. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do Rio Madeira e Tributários na concentração de Chumbo.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
BARRAGEM-POS(ID-TB)	75,542	A
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	38,571	B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	28,898	B
BARRAGEM-POS(ID-MD)	27,941	B

A concentração de Cu nos tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados nos Tributários no pré-enchimento ($p < 0,0001$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.33 e III.34).

Tabela III.33. Efeito da Barragem na concentração de Cobre (Cu): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,599	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,599	0,005	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,599	0,132	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,599	0,230	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,599	0,849	Não
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,599	0,605	Não

Tabela III.34. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do Rio Madeira e Tributários na concentração de Cobre.

Categoria	Média	Grupos
BARRAGEM-POS(ID-TB)	55,379	A
BARRAGEM-POS(ID-MD)	31,099	A B

BARRAGEM-PRE(ID-MD)	21,922	B
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	9,303	B

A concentração de Cu nos tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados no Rio Madeira no pré-enchimento ($p=0,0002$), e desse modo não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no pré e o pós-enchimento para a mesma localização (Tabelas III.33 e III.34).

Tabela III.35. Efeito da Barragem na concentração de Ferro (Fe): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,0002	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	0,120	Não
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,595	0,434	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,011	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,595	0,713	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,595	0,400	Não

Tabela III.36. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Ferro.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
BARRAGEM-POS(ID-TB)	61713,713	A	
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	52745,837	A	
BARRAGEM-POS(ID-MD)	45326,692	A	B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	33583,501		B

A concentração de Zn nos Tributários na fase de pós-enchimento foi maior que os valores encontrados nos Tributários no pré-enchimento ($p=0,016$). Entretanto, não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas no rio Madeira quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.37 e III.38).

Tabela III.37. Efeito da Barragem na concentração de Zinco (Zn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,598	0,002	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,598	0,016	Sim
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,598	0,249	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,598	0,507	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,598	0,888	Não
BARRAGEM-PRE(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-MD)	2,598	0,841	Não

Tabela III.38. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Zinco.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
BARRAGEM-POS(ID-TB)	203,819	A	
BARRAGEM-POS(ID-MD)	126,484	A	B
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	97,761		B
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	68,382		B

A concentração de TSS no rio Madeira na fase de pré-enchimento foi maior que os valores encontrados no rio Madeira no pós-enchimento ($p < 0,0001$). Não foi observada diferença significativa entre as médias encontradas nos Tributários quando comparados o pré e o pós-enchimento (Tabelas III.39 e III.40). No período de pré-enchimento a média do TSS era superior no rio Madeira quando comparada com a média dos Tributários ($p < 0,0001$). Entretanto, não há diferença entre as médias encontradas no rio Madeira e Tributários no pós-enchimento ($p = 0,303$).

Tabela III.39. Efeito da Barragem na concentração de Total de Sólidos em Suspensão (TSS): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,596	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-POS(ID-TB)	2,596	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-PRE(ID-MD) vs BARRAGEM-POS(ID-MD)	2,596	< 0,0001	Sim
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,596	0,225	Não
BARRAGEM-POS(ID-MD) vs BARRAGEM-POS(ID-TB)	2,596	0,303	Não
BARRAGEM-POS(ID-TB) vs BARRAGEM-PRE(ID-TB)	2,596	0,999	Não

Tabela III.40. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS do rio Madeira e Tributários na concentração de Total de Sólidos em Suspensão.

Categoria	Média (mg/L)	Grupos	
BARRAGEM-PRE(ID-MD)	467,063	A	
BARRAGEM-POS(ID-MD)	164,496		B
BARRAGEM-POS(ID-TB)	68,251		B
BARRAGEM-PRE(ID-TB)	62,330		B

III.2.3. Efeito da Barragem: Variação Temporal

Com relação ao Hg foi possível observar que o mês de setembro de 2012 apresentou a maior média em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento ($p < 0,0001$). Após esse aumento em setembro de 2012, há uma diminuição na concentração de

Hg em dezembro de 2012, voltando aos níveis encontrados no pré-enchimento (tabelas III.41 e III.42).

Tabela III.41. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Mercúrio (Hg): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs AB	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs EN	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Mar.12	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs AA	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs V	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.12	3,145	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Jun.12	3,145	< 0,0001	Sim
Jun.12 vs AB	3,145	0,448	Não
Jun.12 vs EN	3,145	0,503	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,145	0,809	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,145	0,874	Não
Jun.12 vs AA	3,145	0,935	Não
Jun.12 vs V	3,145	0,972	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,145	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,145	0,444	Não
Dez.12 vs EN	3,145	0,501	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,145	0,822	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,145	0,885	Não
Dez.12 vs AA	3,145	0,944	Não
Dez.12 vs V	3,145	0,978	Não
V vs AB	3,145	0,957	Não
V vs EN	3,145	0,974	Não
V vs Dez.11	3,145	0,999	Não
V vs Mar.12	3,145	1,000	Não
V vs AA	3,145	1,000	Não
AA vs AB	3,145	0,982	Não
AA vs EN	3,145	0,991	Não
AA vs Dez.11	3,145	1,000	Não
AA vs Mar.12	3,145	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,145	1,000	Não
Mar.12 vs EN	3,145	1,000	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,145	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,145	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,145	1,000	Não
EN vs AB	3,145	1,000	Não

Tabela III.42. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de mercúrio.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Set.12	1,251	A
Jun.12	0,336	B
Dez.12	0,327	B
V	0,219	B
AA	0,202	B
Mar.12	0,156	B
Dez.11	0,139	B
EN	0,121	B
AB	0,112	B

Assim como o Hg foi possível observar que o mês de setembro de 2012 apresentou a maior média na concentração de Co em relação aos demais períodos amostrados no pré-enchimento (*e.g.*, Águas Altas, $p=0,019$) e pós-enchimento (dezembro de 2011, $p=0,049$; junho de 2012, $p=0,044$). No caso do Co, os valores encontrados em dezembro de 2012, apesar da média ser menor que a de setembro de 2012, não houve diferença estatística ($p=0,144$). Desse modo, não está caracterizada uma diminuição na sua concentração.

Tabela III.43. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Cobalto (Co): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs AB	3,160	0,000	Sim
Set.12 vs AA	3,160	0,019	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,160	0,049	Sim
Set.12 vs Mar.12	3,160	0,185	Não
Set.12 vs Jun.12	3,160	0,044	Sim
Set.12 vs V	3,160	0,111	Não
Set.12 vs Dez.12	3,160	0,144	Não
Set.12 vs EN	3,160	0,204	Não
EN vs AB	3,160	0,638	Não
EN vs AA	3,160	0,996	Não
EN vs Dez.11	3,160	0,999	Não
EN vs Mar.12	3,160	1,000	Não
EN vs Jun.12	3,160	0,999	Não
EN vs V	3,160	1,000	Não
EN vs Dez.12	3,160	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,160	0,842	Não
Dez.12 vs AA	3,160	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,160	1,000	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,160	1,000	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,160	1,000	Não
Dez.12 vs V	3,160	1,000	Não

V vs AB	3,160	0,856	Não
V vs AA	3,160	1,000	Não
V vs Dez.11	3,160	1,000	Não
V vs Mar.12	3,160	1,000	Não
V vs Jun.12	3,160	1,000	Não
Jun.12 vs AB	3,160	0,956	Não
Jun.12 vs AA	3,160	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,160	1,000	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,160	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,160	0,994	Não
Mar.12 vs AA	3,160	1,000	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,160	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,160	0,977	Não
Dez.11 vs AA	3,160	1,000	Não
AA vs AB	3,160	0,974	Não

Tabela III.44. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Cobalto.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Set.12	56,709	A	
EN	24,568	A	B
Dez.12	21,367	A	B
V	20,614	A	B
Jun.12	16,819		B
Mar.12	15,949		B
Dez.11	15,912		B
AA	15,061		B
AB	3,010		B

Seguindo a mesma tendência do Hg foi possível observar que o mês de setembro de 2012 apresentou a maior média na concentração de Mn em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento ($p < 0,0001$). Após esse aumento em setembro de 2012, há uma diminuição na concentração de Hg em dezembro de 2012, voltando aos níveis encontrados no pré-enchimento (tabelas III.45 e III.46).

Tabela III.45. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Manganês: (Mn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs AB	3,144	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Mar.12	3,144	< 0,0001	Sim
Set.12 vs AA	3,144	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,144	0,001	Sim
Set.12 vs Jun.12	3,144	0,001	Sim
Set.12 vs Dez.12	3,144	0,001	Sim

Set.12 vs EN	3,144	0,000	Sim
Set.12 vs V	3,144	0,001	Sim
V vs AB	3,144	0,822	Não
V vs Mar.12	3,144	0,978	Não
V vs AA	3,144	0,987	Não
V vs Dez.11	3,144	1,000	Não
V vs Jun.12	3,144	1,000	Não
V vs Dez.12	3,144	1,000	Não
V vs EN	3,144	1,000	Não
EN vs AB	3,144	0,834	Não
EN vs Mar.12	3,144	0,984	Não
EN vs AA	3,144	0,990	Não
EN vs Dez.11	3,144	1,000	Não
EN vs Jun.12	3,144	1,000	Não
EN vs Dez.12	3,144	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,144	0,934	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,144	0,994	Não
Dez.12 vs AA	3,144	0,998	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,144	1,000	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,144	1,000	Não
Jun.12 vs AB	3,144	0,977	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,144	0,999	Não
Jun.12 vs AA	3,144	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,144	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,144	0,998	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,144	1,000	Não
Dez.11 vs AA	3,144	1,000	Não
AA vs AB	3,144	1,000	Não
AA vs Mar.12	3,144	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,144	1,000	Não

Tabela III.46. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Manganês.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Set.12	1677,657	A
V	661,057	B
EN	643,382	B
Dez.12	630,624	B
Jun.12	590,065	B
Dez.11	519,930	B
AA	465,077	B
Mar.12	406,160	B
AB	350,569	B

Com relação ao Cr foi possível observar que o mês de dezembro de 2012 apresentou a maior média na sua concentração em relação aos demais períodos amostrados no pré-enchimento (*e.g.*, Águas Altas, $p < 0,0001$) e em março de 2012 (tabelas III.47 e III.48), durante o pós-enchimento,

Tabela III.47. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Cromo (Cr): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Dez.12 vs AB	3,159	0,005	Sim
Dez.12 vs V	3,159	0,000	Sim
Dez.12 vs AA	3,159	< 0,0001	Sim
Dez.12 vs EN	3,159	0,001	Sim
Dez.12 vs Mar.12	3,159	0,003	Sim
Dez.12 vs Dez.11	3,159	0,121	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,159	0,234	Não
Dez.12 vs Set.12	3,159	0,411	Não
Set.12 vs AB	3,159	0,312	Não
Set.12 vs V	3,159	0,345	Não
Set.12 vs AA	3,159	0,258	Não
Set.12 vs EN	3,159	0,626	Não
Set.12 vs Mar.12	3,159	0,717	Não
Set.12 vs Dez.11	3,159	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,159	1,000	Não
Jun.12 vs AB	3,159	0,377	Não
Jun.12 vs V	3,159	0,432	Não
Jun.12 vs AA	3,159	0,332	Não
Jun.12 vs EN	3,159	0,729	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,159	0,809	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,159	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,159	0,571	Não
Dez.11 vs V	3,159	0,748	Não
Dez.11 vs AA	3,159	0,676	Não
Dez.11 vs EN	3,159	0,940	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,159	0,963	Não
Mar.12 vs AB	3,159	0,962	Não
Mar.12 vs V	3,159	1,000	Não
Mar.12 vs AA	3,159	1,000	Não
Mar.12 vs EN	3,159	1,000	Não
EN vs AB	3,159	0,958	Não
EN vs V	3,159	1,000	Não
EN vs AA	3,159	1,000	Não
AA vs AB	3,159	0,992	Não
AA vs V	3,159	1,000	Não
V vs AB	3,159	0,994	Não

Tabela III.48. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Cromo.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Dez.12	95,028	A	
Set.12	59,317	A	B
Jun.12	55,718	A	B
Dez.11	49,368	A	B
Mar.12	29,587		B
EN	29,164		B
AA	22,110		B
V	21,864		B
AB	0,580		B

Com relação ao Ni foi possível observar que no período de pré-enchimento (Águas Baixas) foi encontrada a menor média, enquanto que em dezembro de 2012 foi encontrada a maior média na sua concentração em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento (tabelas III.49 e III.50). Os períodos de Vazante, Enchente e Águas Altas no pré-enchimento e os meses de dezembro de 2011, março, junho e dezembro de 2012, no pós-enchimento apresentaram diferença significativa com relação ao período de Águas Baixas.

Tabela III.49. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Níquel (Ni): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Jun.12 vs AB	3,174	0,0002	Sim
Jun.12 vs Set.12	3,174	0,917	Não
Jun.12 vs AA	3,174	0,713	Não
Jun.12 vs EN	3,174	0,935	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,174	0,998	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,174	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,174	1,000	Não
Jun.12 vs V	3,174	1,000	Não
V vs AB	3,174	0,002	Sim
V vs Set.12	3,174	0,970	Não
V vs AA	3,174	0,922	Não
V vs EN	3,174	0,992	Não
V vs Mar.12	3,174	1,000	Não
V vs Dez.11	3,174	1,000	Não
V vs Dez.12	3,174	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,174	0,001	Sim
Dez.12 vs Set.12	3,174	0,971	Não
Dez.12 vs AA	3,174	0,896	Não
Dez.12 vs EN	3,174	0,991	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,174	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,174	1,000	Não

Dez.11 vs AB	3,174	0,036	Sim
Dez.11 vs Set.12	3,174	0,996	Não
Dez.11 vs AA	3,174	0,996	Não
Dez.11 vs EN	3,174	1,000	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,174	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,174	0,069	Não
Mar.12 vs Set.12	3,174	0,999	Não
Mar.12 vs AA	3,174	1,000	Não
Mar.12 vs EN	3,174	1,000	Não
EN vs AB	3,174	0,008	Sim
EN vs Set.12	3,174	1,000	Não
EN vs AA	3,174	1,000	Não
AA vs AB	3,174	0,020	Sim
AA vs Set.12	3,174	1,000	Não
Set.12 vs AB	3,174	0,602	Não

Tabela III.50. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Níquel.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Jun.12	30,660	A	
V	29,150	A	
Dez.12	28,606	A	
Dez.11	27,063	A	
Mar.12	25,251	A	
EN	23,528	A	
AA	21,239	A	
Set.12	18,946	A	B
AB	2,010		B

Durante o início da fase de pós-enchimento foi possível notar que o mês de março apresentou a maior média da concentração de chumbo, seguida de uma diminuição nos meses seguintes (tabelas III.51 e III.52).

Tabela III.51. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Chumbo (Pb): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Mar.12 vs Dez.12	3,161	0,001	Sim
Mar.12 vs Jun.12	3,161	0,000	Sim
Mar.12 vs V	3,161	0,000	Sim
Mar.12 vs EN	3,161	< 0,0001	Sim
Mar.12 vs Set.12	3,161	0,005	Sim
Mar.12 vs AA	3,161	0,000	Sim
Mar.12 vs AB	3,161	0,003	Sim
Mar.12 vs Dez.11	3,161	0,755	Não
Dez.11 vs Dez.12	3,161	0,073	Não

Dez.11 vs Jun.12	3,161	0,040	Sim
Dez.11 vs V	3,161	0,056	Não
Dez.11 vs EN	3,161	0,015	Sim
Dez.11 vs Set.12	3,161	0,261	Não
Dez.11 vs AA	3,161	0,085	Não
Dez.11 vs AB	3,161	0,209	Não
AB vs Dez.12	3,161	0,997	Não
AB vs Jun.12	3,161	0,997	Não
AB vs V	3,161	1,000	Não
AB vs EN	3,161	0,999	Não
AB vs Set.12	3,161	1,000	Não
AB vs AA	3,161	1,000	Não
AA vs Dez.12	3,161	0,996	Não
AA vs Jun.12	3,161	0,995	Não
AA vs V	3,161	1,000	Não
AA vs EN	3,161	0,998	Não
AA vs Set.12	3,161	1,000	Não
Set.12 vs Dez.12	3,161	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,161	1,000	Não
Set.12 vs V	3,161	1,000	Não
Set.12 vs EN	3,161	1,000	Não
EN vs Dez.12	3,161	1,000	Não
EN vs Jun.12	3,161	1,000	Não
EN vs V	3,161	1,000	Não
V vs Dez.12	3,161	1,000	Não
V vs Jun.12	3,161	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,161	1,000	Não

Tabela III.52. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Chumbo.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Mar.12	98,542	A	
Dez.11	73,295	A	B
AB	38,268		B C
AA	37,957		B C
Set.12	36,383		B C
EN	30,906		C
V	30,833		C
Jun.12	27,381		C
Dez.12	26,456		C

Seguindo a mesma tendência do Hg foi possível observar que o mês de setembro de 2012 apresentou a maior média na concentração de Cu em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento ($p < 0,0001$). Após esse aumento em setembro de 2012, há uma diminuição na concentração de Hg em dezembro de 2012, voltando aos níveis encontrados no pré-enchimento (tabelas III.53 e III.54).

Tabela III.53. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Cobre (Cu):
Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs AB	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs EN	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs AA	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs V	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Mar.12	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.12	3,150	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Jun.12	3,150	< 0,0001	Sim
Jun.12 vs AB	3,150	0,687	Não
Jun.12 vs EN	3,150	0,827	Não
Jun.12 vs AA	3,150	0,921	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,150	0,970	Não
Jun.12 vs V	3,150	0,987	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,150	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,150	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,150	0,845	Não
Dez.12 vs EN	3,150	0,936	Não
Dez.12 vs AA	3,150	0,978	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,150	0,994	Não
Dez.12 vs V	3,150	0,998	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,150	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,150	0,969	Não
Mar.12 vs EN	3,150	0,992	Não
Mar.12 vs AA	3,150	0,998	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,150	1,000	Não
Mar.12 vs V	3,150	1,000	Não
V vs AB	3,150	0,999	Não
V vs EN	3,150	1,000	Não
V vs AA	3,150	1,000	Não
V vs Dez.11	3,150	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,150	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,150	1,000	Não
Dez.11 vs AA	3,150	1,000	Não
AA vs AB	3,150	1,000	Não
AA vs EN	3,150	1,000	Não
EN vs AB	3,150	1,000	Não

Tabela III.542. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Cobre.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Set.12	110,963	A
Jun.12	36,234	B
Dez.12	32,175	B
Mar.12	28,038	B
V	21,296	B
Dez.11	18,807	B
AA	16,996	B
EN	15,310	B
AB	12,283	B

Com relação as concentrações de Fe, não foi encontrada diferença entre os períodos amostrados no pré-enchimento e pós-enchimento (tabelas III.55 e III.56).

Tabela III.55. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Ferro (Fe): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Mar.12 vs AB	3,143	0,255	Não
Mar.12 vs V	3,143	0,371	Não
Mar.12 vs EN	3,143	0,411	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,143	0,665	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,143	0,717	Não
Mar.12 vs AA	3,143	0,809	Não
Mar.12 vs Set.12	3,143	0,996	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,143	0,999	Não
Dez.12 vs AB	3,143	0,658	Não
Dez.12 vs V	3,143	0,791	Não
Dez.12 vs EN	3,143	0,831	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,143	0,952	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,143	0,965	Não
Dez.12 vs AA	3,143	0,993	Não
Dez.12 vs Set.12	3,143	1,000	Não
Set.12 vs AB	3,143	0,795	Não
Set.12 vs V	3,143	0,892	Não
Set.12 vs EN	3,143	0,920	Não
Set.12 vs Jun.12	3,143	0,982	Não
Set.12 vs Dez.11	3,143	0,987	Não
Set.12 vs AA	3,143	0,999	Não
AA vs AB	3,143	0,977	Não
AA vs V	3,143	0,995	Não
AA vs EN	3,143	0,998	Não
AA vs Jun.12	3,143	1,000	Não
AA vs Dez.11	3,143	1,000	Não
Dez.11 vs AB	3,143	1,000	Não

Dez.11 vs V	3,143	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,143	1,000	Não
Dez.11 vs Jun.12	3,143	1,000	Não
Jun.12 vs AB	3,143	1,000	Não
Jun.12 vs V	3,143	1,000	Não
Jun.12 vs EN	3,143	1,000	Não
EN vs AB	3,143	1,000	Não
EN vs V	3,143	1,000	Não
V vs AB	3,143	1,000	Não

Tabela III.56. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Ferro.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Mar.12	67818,892	A
Dez.12	59800,376	A
Set.12	57937,914	A
AA	50864,126	A
Dez.11	46307,363	A
Jun.12	46094,782	A
EN	44352,866	A
V	43344,881	A
AB	41480,796	A

Com relação ao Zn o mês de setembro de 2012 apresentou a maior média na sua concentração em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento ($p < 0,0001$). Após esse aumento em setembro de 2012, há uma diminuição na concentração de Hg em dezembro de 2012, voltando aos níveis encontrados no pré-enchimento (tabelas III.57 e III.58).

Tabela III.57. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Zinco (Zn): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs EN	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs AA	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.12	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs V	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Jun.12	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs AB	3,148	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Mar.12	3,148	< 0,0001	Sim
Mar.12 vs EN	3,148	0,924	Não
Mar.12 vs AA	3,148	0,937	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,148	0,994	Não
Mar.12 vs V	3,148	0,995	Não

Mar.12 vs Jun.12	3,148	0,998	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,148	1,000	Não
Mar.12 vs AB	3,148	1,000	Não
AB vs EN	3,148	0,916	Não
AB vs AA	3,148	0,932	Não
AB vs Dez.12	3,148	0,997	Não
AB vs V	3,148	0,997	Não
AB vs Jun.12	3,148	0,999	Não
AB vs Dez.11	3,148	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,148	0,986	Não
Dez.11 vs AA	3,148	0,990	Não
Dez.11 vs Dez.12	3,148	1,000	Não
Dez.11 vs V	3,148	1,000	Não
Dez.11 vs Jun.12	3,148	1,000	Não
Jun.12 vs EN	3,148	1,000	Não
Jun.12 vs AA	3,148	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,148	1,000	Não
Jun.12 vs V	3,148	1,000	Não
V vs EN	3,148	1,000	Não
V vs AA	3,148	1,000	Não
V vs Dez.12	3,148	1,000	Não
Dez.12 vs EN	3,148	1,000	Não
Dez.12 vs AA	3,148	1,000	Não
AA vs EN	3,148	1,000	Não

Tabela III.58. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Zinco.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Set.12	436,180	A
Mar.12	130,444	B
AB	119,883	B
Dez.11	114,270	B
Jun.12	87,635	B
V	84,975	B
Dez.12	81,484	B
AA	67,124	B
EN	64,357	B

Com relação ao TSS foi possível observar que no período de pré-enchimento (Águas Altas) foi encontrada a maior média, enquanto que em junho de 2012 foi encontrada a menor média na sua concentração em relação aos demais períodos amostrados no pré e pós-enchimento (tabelas III.59 e III.60).

Tabela III.59. Efeito da Barragem na variação sazonal da concentração de Total de Sólidos em Suspensão (TSS): Análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95% (Tukey HSD).

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
AA vs Jun.12	3,146	0,002	Sim
AA vs Set.12	3,146	0,002	Sim
AA vs Dez.12	3,146	0,012	Sim
AA vs EN	3,146	0,004	Sim
AA vs Dez.11	3,146	0,041	Sim
AA vs V	3,146	0,050	Sim
AA vs Mar.12	3,146	0,098	Não
AA vs AB	3,146	0,045	Sim
AB vs Jun.12	3,146	0,903	Não
AB vs Set.12	3,146	0,918	Não
AB vs Dez.12	3,146	0,996	Não
AB vs EN	3,146	0,997	Não
AB vs Dez.11	3,146	0,999	Não
AB vs V	3,146	1,000	Não
AB vs Mar.12	3,146	1,000	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,146	0,992	Não
Mar.12 vs Set.12	3,146	0,994	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,146	1,000	Não
Mar.12 vs EN	3,146	1,000	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,146	1,000	Não
Mar.12 vs V	3,146	1,000	Não
V vs Jun.12	3,146	0,999	Não
V vs Set.12	3,146	0,999	Não
V vs Dez.12	3,146	1,000	Não
V vs EN	3,146	1,000	Não
V vs Dez.11	3,146	1,000	Não
Dez.11 vs Jun.12	3,146	0,999	Não
Dez.11 vs Set.12	3,146	1,000	Não
Dez.11 vs Dez.12	3,146	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,146	1,000	Não
EN vs Jun.12	3,146	0,998	Não
EN vs Set.12	3,146	0,999	Não
EN vs Dez.12	3,146	1,000	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,146	1,000	Não
Dez.12 vs Set.12	3,146	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,146	1,000	Não

Tabela III.60. Efeito da Barragem na variação sazonal: Análise das diferenças entre as categorias sazonais na concentração de Total de Sólidos em Suspensão.

Categoria	Média (mg/L)	Grupos
AA	415,789	A
AB	183,631	B

Mar.12	157,208	B
V	134,808	B
Dez.11	128,523	B
EN	127,298	B
Dez.12	114,099	B
Set.12	71,821	B
Jun.12	65,863	B

III.3. Considerações

Com relação as concentrações de elementos traço no MPS no rio Madeira e Tributários no período de pré e pós-enchimento foi possível observar que:

- A exceção do Co, a média do pós-enchimento dos elementos traço no MPS monitorados foi significativamente superior a média do pré-enchimento;
- As maiores médias foram encontradas nos Tributários no período de pós-enchimento;
- Para o Hg, Co, Cu e Zn, o mês de setembro de 2012 (pós-enchimento) apresentou as maiores médias quando comparados aos demais períodos amostrados;
- O Cromo apresentou a maior média no mês de dezembro de 2012;
- O Pb apresentou a maior média em março de 2012, com uma diminuição significativa ao longo do monitoramento da fase de pós-enchimento.

IV. SEDIMENTO DE FUNDO (SD)

O presente capítulo tem como finalidade apresentar as concentrações de Cobalto (Co), Manganês (Mn), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cobre (Cu); Ferro (Fe), Zinco (Zn), Mercúrio Total (Hg-T) e Metilmercúrio (MeHg) no sedimento de fundo referente aos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012. Os dados obtidos foram comparados com os resultados encontrados no período de pré-enchimento. Os resultados de Hg-T e MeHg estão expressos em $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb) e os demais elementos traço em mg/kg (ppm).

IV.1. Resultados

IV.1.2. Hg-T e MeHg

Nas tabelas IV.1 a IV.5 estão apresentados os resultados da concentração de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo coletado durante o período de dezembro de 2011 a dezembro de 2012.

Tabela IV.1. Valores de concentração de Hg-T e MeHg o no sedimento de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento em dezembro de 2011.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg-T ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	MeHg ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	96,38	0,19
Lago Madalena (Rio Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	101,29	0,36
Rio Branco	346291,4	8963077	104,77	1,47
Rio Contra	342915,8	8971137	45,23	0,09
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	143,66	1,47
Rio Caripunas	321045,1	8982951	25,82	0,26
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	30,73	0,17
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	40,65	0,52
Rio Madeira MDCP (montante)	322645,8	8982927	52,29	0,48
Rio Madeira MD01 (montante)	371247,7	9004372	31,35	0,28
Rio Madeira MD02 (montante)	392579,8	9025917	32,74	0,39
Rio Madeira MD03 (jusante)	398061,0	9028624	13,09	0,16
Rio Madeira MD04 (jusante)	406280,4	9045467	21,00	0,25

Tabela IV.2 Valores de concentração de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento em março de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg-T (µg/kg)	MeHg (µg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	90,82	0,12
Rio Branco	346291,4	8963077	114,51	0,19
Rio Contra	342915,8	8971137	65,73	0,03
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	106,01	5,94
Rio Caripunas	321045,1	8982951	68,22	0,36
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	40,00	0,46
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	63,80	0,70
Rio Madeira MDCP (margem direita)	323526,6	8982764	47,10	0,11
Rio Madeira MDCP (margem esquerda)	321887,8	8983261	29,84	0,05
Rio Madeira MD01 (margem direita)	371854,2	9004064	43,97	0,12
Rio Madeira MD01 (margem esquerda)	370821,6	9004877	55,89	0,19
Rio Madeira MD02 (margem direita)	392966,2	9025860	49,37	0,15
Rio Madeira MD02 (margem esquerda)	392006,2	9026027	32,28	0,15
Rio Madeira MD03 (margem direita)	398294,2	9028326	33,53	0,06
Rio Madeira MD03 (margem esquerda)	397739,2	9028989	24,87	0,05

Tabela IV.3. Valores de concentração de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento em junho de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg-T (µg/kg)	MeHg (µg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	113,99	1,24
Lago Madalena (Rio Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	116,41	0,43
Rio Branco	346291,4	8963077	107,61	0,60
Rio Contra	342915,8	8971137	96,33	0,07
Igarapé Jatuarana I 01	384536,3	9024008	37,88	0,43
Igarapé Jatuarana I 02	385866,7	9031610	69,85	1,87
Rio Caripunas	321045,1	8982951	54,38	0,66
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	36,58	0,90
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	28,76	0,57
Rio Madeira MDCP (margem direita)	323526,6	8982764	32,26	0,20
Rio Madeira MDCP (margem esquerda)	321887,8	8983261	25,72	0,18
Rio Madeira MD01 (margem direita)	371854,2	9004064	26,23	0,25
Rio Madeira MD01 (margem esquerda)	370821,6	9004877	39,56	0,36
Rio Madeira MD02 (margem direita)	392966,2	9025860	28,60	0,20
Rio Madeira MD02 (margem esquerda)	392006,2	9026027	40,46	0,26
Rio Madeira MD03 (margem direita)	398294,2	9028326	39,52	0,15
Rio Madeira MD03 (margem esquerda)	397739,2	9028989	27,42	0,23
Rio Madeira MD04 (margem direita)	406654,2	9044698	40,04	0,19
Rio Madeira MD04 (margem esquerda)	405931,3	9045982	75,74	0,18
Rio Madeira MD05 (margem direita)	399075,7	9038835	28,29	0,17
Rio Madeira MD05 (margem esquerda)	398354,5	9039367	24,18	0,15

Tabela IV.4. Valores de concentração de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento em setembro de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg-T (µg/kg)	MeHg (µg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	113,75	*
Lago Madalena (Rio Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	131,58	*
Rio Branco	346291,4	8963077	128,66	*
Rio Contra	342915,8	8971137	113,64	*
Igarapé Jatuarana I 01	384536,3	9024008	66,56	*
Igarapé Jatuarana I 02	385866,7	9031610	67,96	*
Igarapé Ceará	353334,1	8995132	51,00	*
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	76,60	*
Rio Madeira MDCP (margem direita)	323526,6	8982764	39,60	*
Rio Madeira MDCP (margem esquerda)	321887,8	8983261	52,14	*
Rio Madeira MD01 (margem direita)	371854,2	9004064	60,98	*
Rio Madeira MD01 (margem esquerda)	370821,6	9004877	58,80	*
Rio Madeira MD02 (margem direita)	392966,2	9025860	46,99	*
Rio Madeira MD02 (margem esquerda)	392006,2	9026027	51,50	*
Rio Madeira MD03 (margem direita)	398294,2	9028326	37,39	*
Rio Madeira MD03 (margem esquerda)	397739,2	9028989	36,16	*
Rio Madeira MD04 (margem direita)	406654,2	9044698	46,83	*
Rio Madeira MD04 (margem esquerda)	405931,3	9045982	81,73	*
Rio Madeira MD05 (margem direita)	399075,7	9038835	52,71	*
Rio Madeira MD05 (margem esquerda)	398354,5	9039367	56,77	*

* **Em Procedimento Analítico**

Tabela IV.5. Valores de concentração de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento em dezembro de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg-T (µg/kg)	MeHg (µg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	66,81	*
Lago Madalena (Rio Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	93,49	*
Rio Branco	346291,4	8963077	110,03	*
Rio Contra	342915,8	8971137	70,60	*
Igarapé Jatuarana I 01	384536,3	9024008	33,68	*
Igarapé Jatuarana I 02	385866,7	9031610	123,76	*
Igarapé Ceará	353334,1	8995132	53,65	*
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	48,68	*
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	27,55	*
Rio Madeira MDCP (margem direita)	323526,6	8982764	41,21	*
Rio Madeira MDCP (margem esquerda)	321887,8	8983261	63,95	*
Rio Madeira MD01 (margem direita)	371854,2	9004064	43,59	*
Rio Madeira MD01 (margem esquerda)	370821,6	9004877	40,14	*
Rio Madeira MD02 (margem direita)	392966,2	9025860	37,08	*
Rio Madeira MD02 (margem esquerda)	392006,2	9026027	35,95	*
Rio Madeira MD03 (margem direita)	398294,2	9028326	17,74	*
Rio Madeira MD03 (margem esquerda)	397739,2	9028989	20,39	*
Rio Madeira MD04 (margem direita)	406654,2	9044698	30,05	*
Rio Madeira MD04 (margem esquerda)	405931,3	9045982	12,24	*
Rio Madeira MD05 (margem direita)	399075,7	9038835	30,36	*
Rio Madeira MD05 (margem esquerda)	398354,5	9039367	24,29	*

*** Em Procedimento Analítico**

As legendas do eixo de X das figuras de IV.1, IV.3, IV.6, IV., IV.10, IV.12, IV.14, IV.16, IV.18 e IV.20 são as seguintes:

- c) TRIBUTÁRIOS (barras amarelas): RBR= rio Branco; CT; rio Contra; JP01 e JP02= rio Jacy-Paraná; CP= rio Caripunas; JATI= Igarapé Jatuarana I; JATII= Igarapé Jatuarana II; BLM= Igarapé Belmont.
- d) RIO MADEIRA (barras vermelhas): MDCP= rio Madeira próximo ao rio Caripunas; MD01 e MD02= rio Madeira à montante da UHE-Santo Antônio; MD03, MD04 e MD05= rio Madeira à jusante da UHE-Santo Antônio. e= margem esquerda do rio Madeira; d= margem direita do rio Madeira.

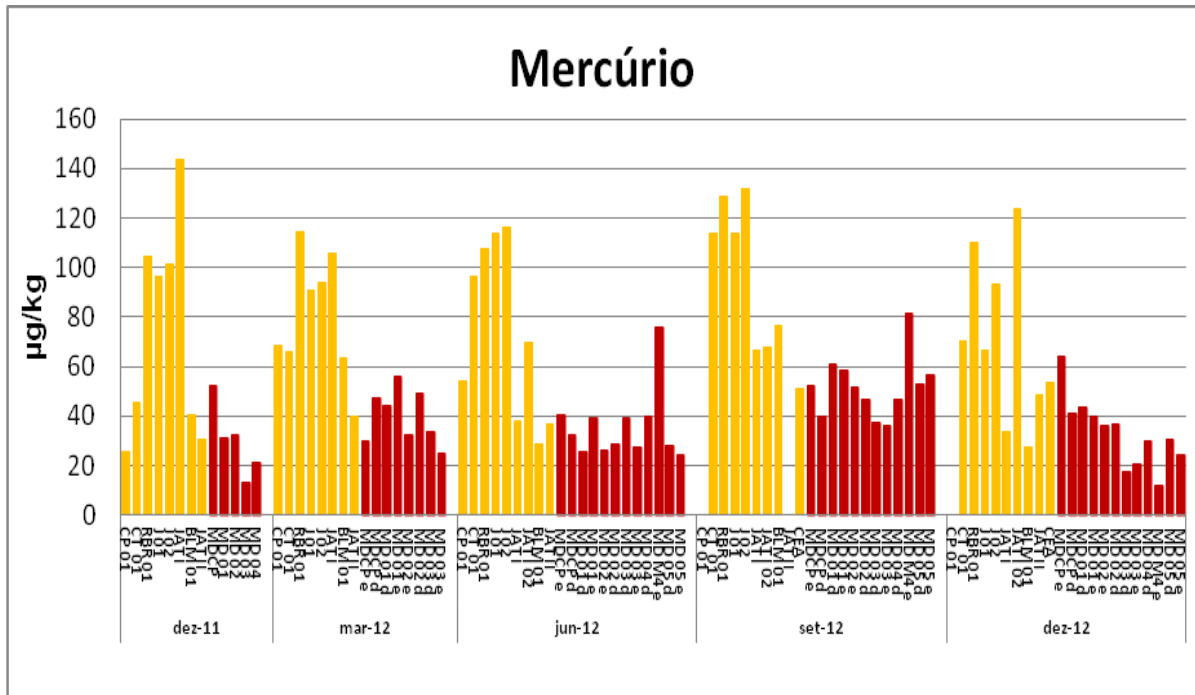


Figura IV.1. Concentrações de Hg-T no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011, março de 2012 e junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012. As estações nos Tributários e rio Madeira estão representadas por colunas de cor amarela e vermelha, respectivamente.

No período avaliado a concentração média de Hg-T no sedimento de fundo dos Tributários foi de $76,08 \pm 35,36 \mu\text{g/kg}$ (n=42) e no rio Madeira de $39,06 \pm 14,89 \mu\text{g/kg}$ (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de Hg-T nos tributários foi de $70,00 \pm 30,00 \mu\text{g/kg}$ com valores entre 29,00 e 142,00 $\mu\text{g/kg}$ e no rio Madeira $40,00 \pm 20,00 \mu\text{g/kg}$ com valores entre 18,00 e 128,00 $\mu\text{g/kg}$. A concentração de Hg-T no período de dezembro de 2011 a dezembro de 2012 nos Tributários foi de $73,56 \pm 43,39 \mu\text{g/kg}$, $80,12 \pm 25,05 \mu\text{g/kg}$, $73,53 \pm 35,67 \mu\text{g/kg}$, $93,72 \pm 31,56 \mu\text{g/kg}$ e $69,81 \pm 33,35 \mu\text{g/kg}$, respectivamente. A concentração de Hg-T no rio Madeira nesse período foi de $30,09 \pm 14,77 \mu\text{g/kg}$, $39,61 \pm 10,95 \mu\text{g/kg}$, $35,67 \pm 14,08 \mu\text{g/kg}$, $51,80 \pm 15,80 \mu\text{g/kg}$ e $33,09 \pm 14,90 \mu\text{g/kg}$, respectivamente. Em relação ao Hg-T podemos observar que as estações de monitoramento localizadas nos Tributários a montante da UHE Santo Antônio apresentam uma sensível tendência mais elevada de Hg-T que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem (Figura IV.2).

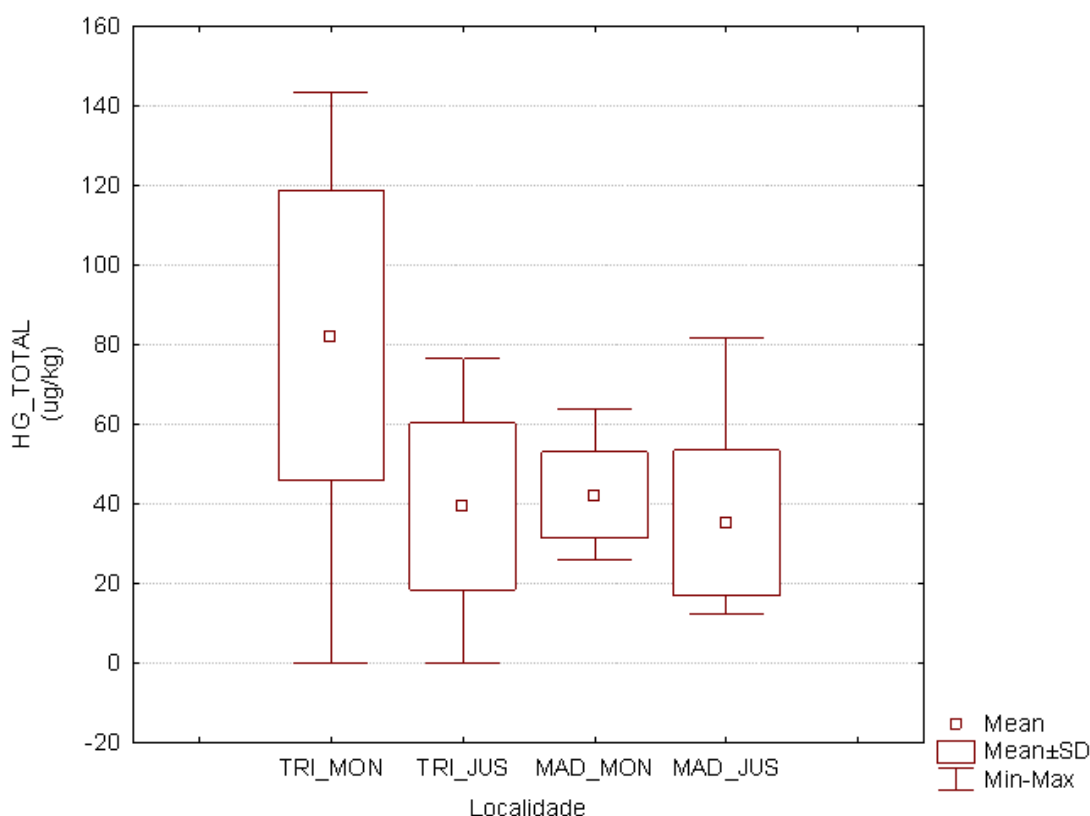


Figura IV.2. Concentrações médias de Hg-T no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de MeHg no sedimento de fundo dos tributários foi de $0,70 \pm 1,17 \mu\text{g}/\text{kg}$ (n=25) e no rio Madeira de $0,20 \pm 0,10 \mu\text{g}/\text{kg}$ (n=25). A concentração de MeHg no mês de dezembro de 2011, março de 2012 e junho nos tributários foi de $0,57 \pm 0,57 \mu\text{g}/\text{kg}$, $1,04 \pm 1,99 \mu\text{g}/\text{kg}$ e $0,75 \pm 0,53 \mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente. No rio Madeira foi de $0,31 \pm 0,12 \mu\text{g}/\text{kg}$, $0,11 \pm 0,05 \mu\text{g}/\text{kg}$ e $0,21 \pm 0,06 \mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente.

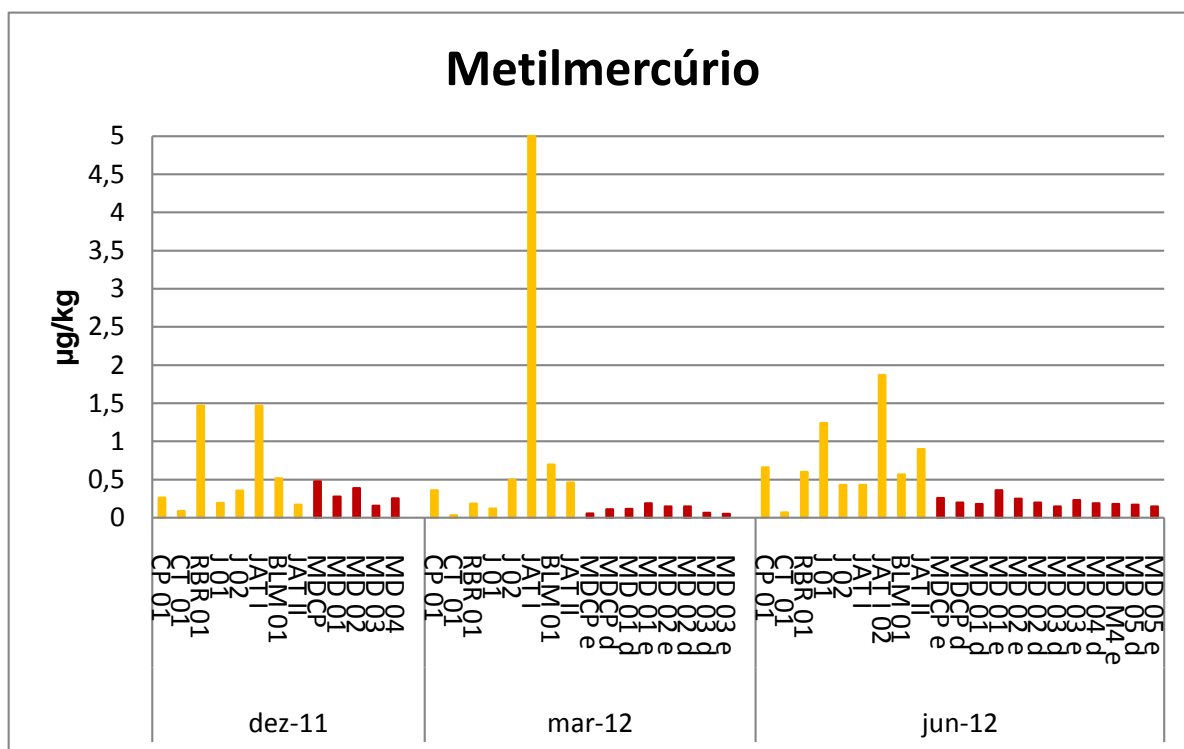


Figura IV.3. Concentrações de MeHg no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a junho de 2012. As estações nos Tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

IV.2. Relação de Hg-T e MeHg

No período avaliado a relação média de metilmercúrio e mercúrio total no sedimento dos tributários foi de $1,07 \pm 1,18 \%$ (n=25) e no rio Madeira de $0,61 \pm 0,33 \%$ (n=25). A porcentagem de MeHg nos sedimentos de fundo nos meses de dezembro de 2011, março de 2012 e junho de 2012 nos tributários foi de $0,75 \pm 0,49\%$; $1,16 \pm 1,84\%$ e $1,28 \pm 0,92\%$, respectivamente (Figura IV.4), enquanto que no rio Madeira a porcentagem de MeHg foi de $1,07 \pm 0,16\%$; $0,27 \pm 0,09\%$ e $0,64 \pm 0,21\%$, respectivamente (Figura IV.5).



Figura IV.4– Relação de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo dos Tributários nos meses de dezembro de 2011 a junho de 2012.

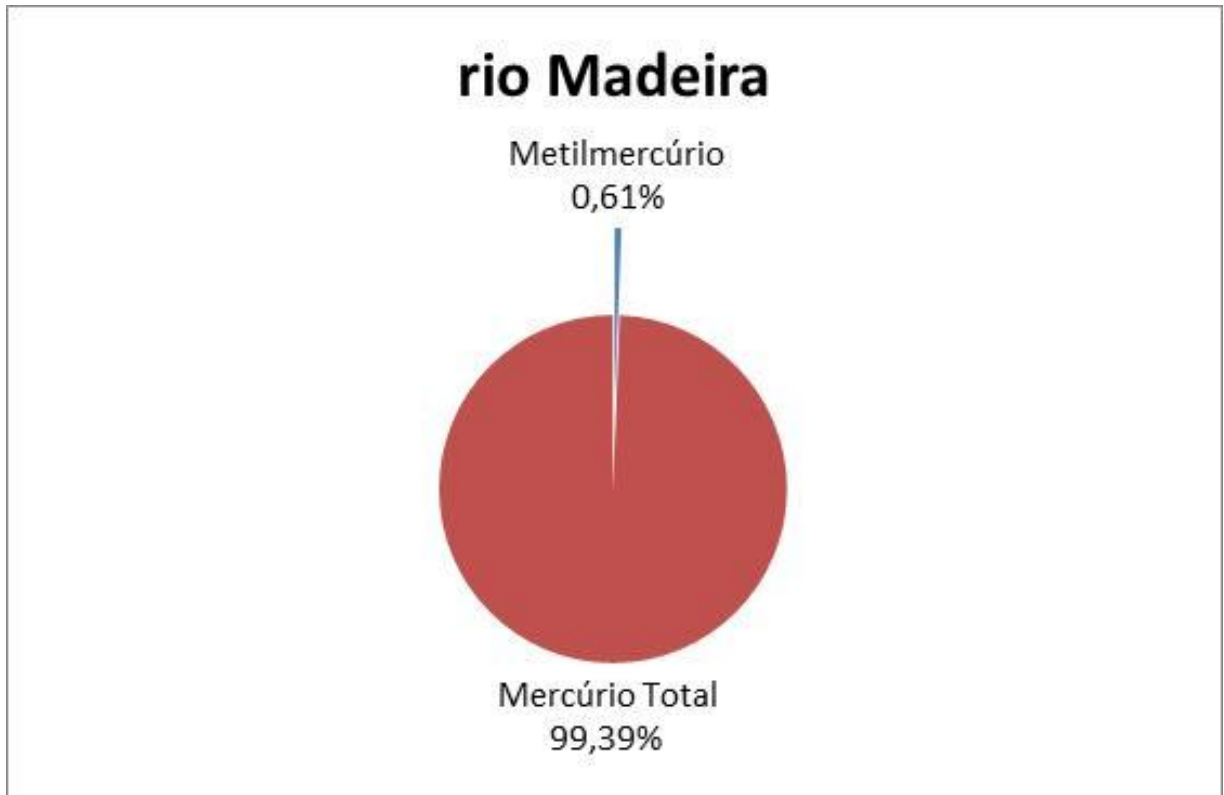


Figura IV.5. Relação de Hg-T e MeHg no sedimento de fundo do rio Madeira nos meses de dezembro de 2011 a junho de 2012.

IV.3. Demais Elementos Traço

Nas tabelas IV.6 a IV.10 estão apresentados os resultados da concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo coletados durante o período pós-enchimento da UHE Santo Antônio em dezembro de 2011, março de 2012 e junho de 2012.

Tabela IV.6. Concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento do UHE Santo Antônio em dezembro de 2011.

Localidade	Longitude	Latitude	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	2,46	3,82	2,51	0,51	13,67	4,58	3836,31	13,54
Lago Madalena (Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	3,00	33,10	3,85	1,79	16,36	8,10	6659,38	21,26
Rio Branco	346291,4	8963077	8,22	551,43	5,59	1,71	10,58	5,74	27163,63	28,74
Rio Contra	342915,8	8971137	1,17	31,85	2,01	0,14	7,63	2,28	1647,19	6,61
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	1,09	20,84	5,24	<LDT	9,32	6,43	6562,08	9,02
Rio Caripunás	321045,1	8982951	12,99	440,27	5,98	9,83	1,68	16,78	25663,85	51,89
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	4,04	32,99	1,41	2,42	5,71	4,52	3736,05	7,74
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	9,33	238,92	6,66	8,89	15,14	18,26	28667,03	38,84
Rio Madeira MDCP (M)	322645,8	8982927	11,99	675,56	7,48	12,42	8,63	22,91	27211,92	43,86
Rio Madeira MD01 (M)	371247,7	9004372	10,35	409,76	6,62	11,71	13,98	17,37	24314,92	58,26
Rio Madeira MD02 (M)	392579,8	9025917	11,01	451,80	8,48	10,11	12,68	17,40	25447,18	56,90
Rio Madeira MD03 (J)	398061,0	9028624	7,06	206,52	3,98	7,79	6,76	9,96	15387,02	34,11
Rio Madeira MD04 (J)	406280,4	9045467	8,83	335,96	5,64	8,67	9,49	13,08	21365,36	43,78

Tabela IV.7. Concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento/estabilização do UHE Santo Antônio em março de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	9,92	116,63	8,63	4,42	18,47	4,89	13473,37	20,54
Rio Branco	346291,4	8963077	2,60	529,88	5,58	2,37	2,26	17,07	10718,84	18,64
Rio Contra	342915,8	8971137	2,16	754,86	7,78	3,37	3,78	13,54	5965,38	14,73
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	2,61	21,61	10,53	6,58	10,37	8,39	8392,61	8,60
Rio Caripunás	321045,1	8982951	2,85	14,70	5,81	5,08	16,23	4,17	3854,13	10,00
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	9,61	61,97	11,63	19,06	16,62	13,66	8580,71	22,21
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	12,42	251,63	12,51	26,27	17,72	19,08	23530,38	46,71
Rio Madeira MDCP (MD)	323526,6	8982764	14,14	429,43	13,19	31,88	22,06	24,63	19717,63	50,22
Rio Madeira MDCP (MD)	321887,8	8983261	13,10	300,65	10,15	24,35	15,78	20,41	14385,22	29,34
Rio Madeira MD01 (MD)	371854,2	9004064	11,19	375,06	11,28	25,59	16,49	21,27	13239,13	40,07
Rio Madeira MD01 (MD)	370821,6	9004877	10,95	285,90	8,85	19,69	16,18	18,80	15727,77	33,99
Rio Madeira MD02 (MD)	392966,2	9025860	17,91	308,51	13,31	32,51	22,60	25,65	15293,79	36,01
Rio Madeira MD02 (ME)	392006,2	9026027	12,78	171,80	12,24	27,89	16,18	18,82	12654,50	24,52
Rio Madeira MD03 (MD)	398294,2	9028326	11,01	130,24	10,69	20,43	13,86	16,32	11189,00	30,04
Rio Madeira MD03 (ME)	397739,2	9028989	11,32	170,57	11,10	22,22	11,91	15,36	10930,48	18,52

Tabela IV.8. Concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento/estabilização do UHE Santo Antônio em junho de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	2,84	32,15	2,23	1,55	17,28	3,94	4941,05	13,77
Lago Madalena (Jacy-Paraná)	346781,6	8973506	3,16	29,27	3,16	3,27	20,79	7,23	7406,37	28,97
Rio Branco	346291,4	8963077	7,46	184,91	3,22	2,29	19,09	5,05	22646,52	28,09
Rio Contra	342915,8	8971137	2,36	40,81	2,48	1,10	18,46	3,88	8204,27	7,27
Igarapé Jatuarana I 01	384536,3	9024008	11,48	288,90	7,71	20,54	15,41	16,31	27090,13	49,89
Igarapé Jatuarana I 02	385866,7	9031610	14,86	202,94	9,89	25,60	28,47	29,24	33602,05	60,54
Rio Caripunas	321045,1	8982951	0,87	9,83	2,01	<LQ	12,48	1,99	2702,09	5,14
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	10,64	164,95	3,39	19,17	15,52	14,84	25522,10	60,71
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	10,52	259,28	3,28	16,91	14,13	14,58	25338,10	52,91
Rio Madeira MDCP (MD)	323526,6	8982764	11,41	427,06	3,62	16,66	14,20	14,11	24438,95	49,64
Rio Madeira MDCP (MD)	321887,8	8983261	9,39	253,03	3,09	15,05	11,75	13,23	16817,84	37,73
Rio Madeira MD01 (MD)	371854,2	9004064	9,79	402,14	2,75	14,88	11,14	15,00	21303,42	46,01
Rio Madeira MD01 (ME)	370821,6	9004877	10,73	456,86	2,97	15,81	16,38	14,98	26663,89	46,13
Rio Madeira MD02 (MD)	392966,2	9025860	11,81	428,42	3,27	18,98	14,89	15,58	24922,21	44,04
Rio Madeira MD02 (ME)	392006,2	9026027	12,80	464,45	7,42	19,55	13,67	15,73	20628,50	40,34
Rio Madeira MD03 (MD)	398294,2	9028326	9,02	267,41	2,58	12,95	10,16	10,66	16947,75	35,05
Rio Madeira MD03 (ME)	397739,2	9028989	9,18	239,14	5,81	13,92	14,84	16,01	29901,44	37,96
Rio Madeira MD04 (MD)	406654,2	9044698	13,48	549,02	3,21	20,68	18,45	19,96	31053,24	63,28
Rio Madeira MD04 (ME)	405931,3	9045982	11,70	420,29	3,20	17,03	15,26	17,05	28551,41	53,90
Rio Madeira MD05 (MD)	399075,7	9038835	11,81	264,70	2,50	13,82	10,76	9,16	20753,12	42,48
Rio Madeira MD05 (ME)	398354,5	9039367	9,78	273,15	2,86	14,22	10,86	12,02	19253,42	41,71

Tabela IV.9. Concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento/estabilização do UHE Santo Antônio em setembro de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	4,14	48,93	5,98	4,60	15,67	5,65	8382,87	18,97
Rio Branco	346291,4	8963077	2,05	28,48	6,89	3,02	13,26	6,56	7058,94	21,40
Rio Contra	342915,8	8971137	7,22	193,73	7,42	3,48	15,36	4,69	18822,83	32,24
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	1,88	13,73	5,91	3,34	14,96	5,82	3351,20	6,15
Rio Caripunas	321045,1	8982951	11,98	272,26	9,48	21,90	19,03	17,82	27423,23	60,91
Igarapé Ceará	353334,1	8995132	12,04	339,09	9,41	21,30	17,83	17,63	27149,97	54,79
Igarapé Jatuarana II	398120,8	9043688	10,98	131,87	8,69	21,55	25,24	23,56	28072,79	56,44
Rio Madeira MDCP (ME)	321887,8	8983261	6,38	100,47	10,71	5,41	13,08	6,14	17948,56	26,53
Rio Madeira MD01 (MD)	371854,2	9004064	9,67	296,25	5,76	16,47	10,97	13,06	14004,04	39,07
Rio Madeira MD01 (ME)	370821,6	9004877	12,58	468,46	9,68	21,85	17,55	18,36	26163,89	59,55
Rio Madeira MD02 (MD)	392966,2	9025860	13,69	513,43	10,52	23,10	20,01	18,97	28854,01	68,13
Rio Madeira MD02 (ME)	392006,2	9026027	12,30	477,54	8,97	22,07	16,64	16,31	16130,77	50,99
Rio Madeira MD03 (MD)	398294,2	9028326	11,60	328,54	9,78	20,70	14,71	14,96	24635,47	52,52
Rio Madeira MD03 (ME)	397739,2	9028989	14,12	508,83	9,32	24,51	19,02	18,13	24137,34	66,39

Tabela IV.10. Concentração média de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn nos sedimentos de fundo do rio Madeira e seus Tributários durante o período de pós-enchimento/estabilização do UHE Santo Antônio em dezembro de 2012.

Localidade	Longitude	Latitude	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Rio Jacy-Paraná	347106,2	8981699	7,70	179,47	9,50	11,48	17,76	9,47	19588,59	45,85
Rio Branco	346291,4	8963077	2,16	18,72	9,71	5,14	21,32	6,31	5900,32	25,70
Rio Contra	342915,8	8971137	11,69	471,19	11,53	5,23	19,67	5,00	22449,23	44,41
Igarapé Jatuarana I	384536,3	9024008	3,28	60,57	8,54	3,59	14,32	4,11	9724,50	15,08
Rio Caripunas	321045,1	8982951	10,51	322,14	13,11	21,52	16,93	17,07	29244,41	73,18
Igarapé Ceará	353334,1	8995132	3,08	28,61	13,41	7,42	12,21	9,59	35075,56	49,39
Igarapé Belmont	406274,0	9044401	7,08	75,58	6,24	9,37	17,04	6,73	12734,29	33,31
Rio Madeira MDCP (MD)	323526,6	8982764	6,08	50,75	8,30	14,68	13,10	8,17	8730,47	52,65
Rio Madeira MDCP (ME)	321887,8	8983261	8,15	119,08	10,74	18,35	16,32	14,19	18602,83	59,24
Rio Madeira MD01 (MD)	371854,2	9004064	11,32	482,49	12,49	20,55	16,82	18,48	26112,44	64,29
Rio Madeira MD01 (ME)	370821,6	9004877	12,54	517,95	13,84	22,94	16,62	21,26	27691,27	65,94
Rio Madeira MD02 (MD)	392966,2	9025860	12,34	533,25	14,02	23,61	18,24	20,73	29303,53	71,79
Rio Madeira MD02 (ME)	392006,2	9026027	11,71	528,58	12,55	21,59	15,58	18,28	19914,34	77,78
Rio Madeira MD03 (MD)	398294,2	9028326	11,36	502,41	13,05	21,06	17,00	18,70	26553,61	64,16
Rio Madeira MD03 (ME)	397739,2	9028989	12,64	540,08	13,05	22,98	16,86	18,71	28968,26	73,82

No período amostrado a concentração média de cobalto no sedimento de fundo dos tributários foi de $6,35 \pm 4,15$ mg/kg (n=42) e no rio Madeira foi de $11,12 \pm 2,07$ mg/kg (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), a concentração de cobalto nos tributários foi de $5,67 \pm 3,30$ mg/kg com valores entre 0,15 – 12,13 mg/kg e no rio Madeira foi de $11,31 \pm 2,00$ mg/kg com valores entre 6,36 e 15,78 mg/kg.

A concentração de cobalto no meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $5,29 \pm 4,37$ mg/kg; $5,48 \pm 4,38$ mg/kg; $7,13 \pm 4,98$ mg/kg; $7,08 \pm 4,24$ mg/kg e $6,64 \pm 3,32$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $9,85 \pm 1,97$ mg/kg; $12,80 \pm 2,37$ mg/kg; $10,91 \pm 1,48$ mg/kg; $11,42 \pm 2,06$ mg/kg e $11,54 \pm 2,38$ mg/kg, respectivamente.

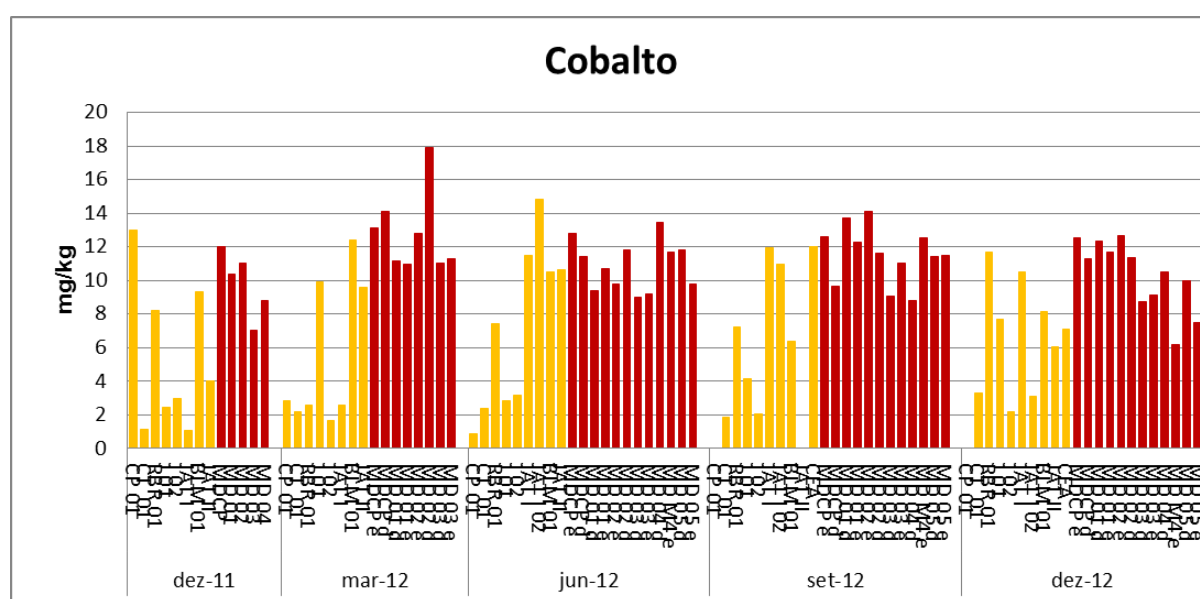


Figura IV.6. Concentrações de cobalto no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas por colunas de cor amarela e vermelha, respectivamente.

Em relação ao elemento cobalto observa-se que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante apresentam uma tendência de menor teor de cobalto que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de cobalto nas estações de montante (Figura IV.7).

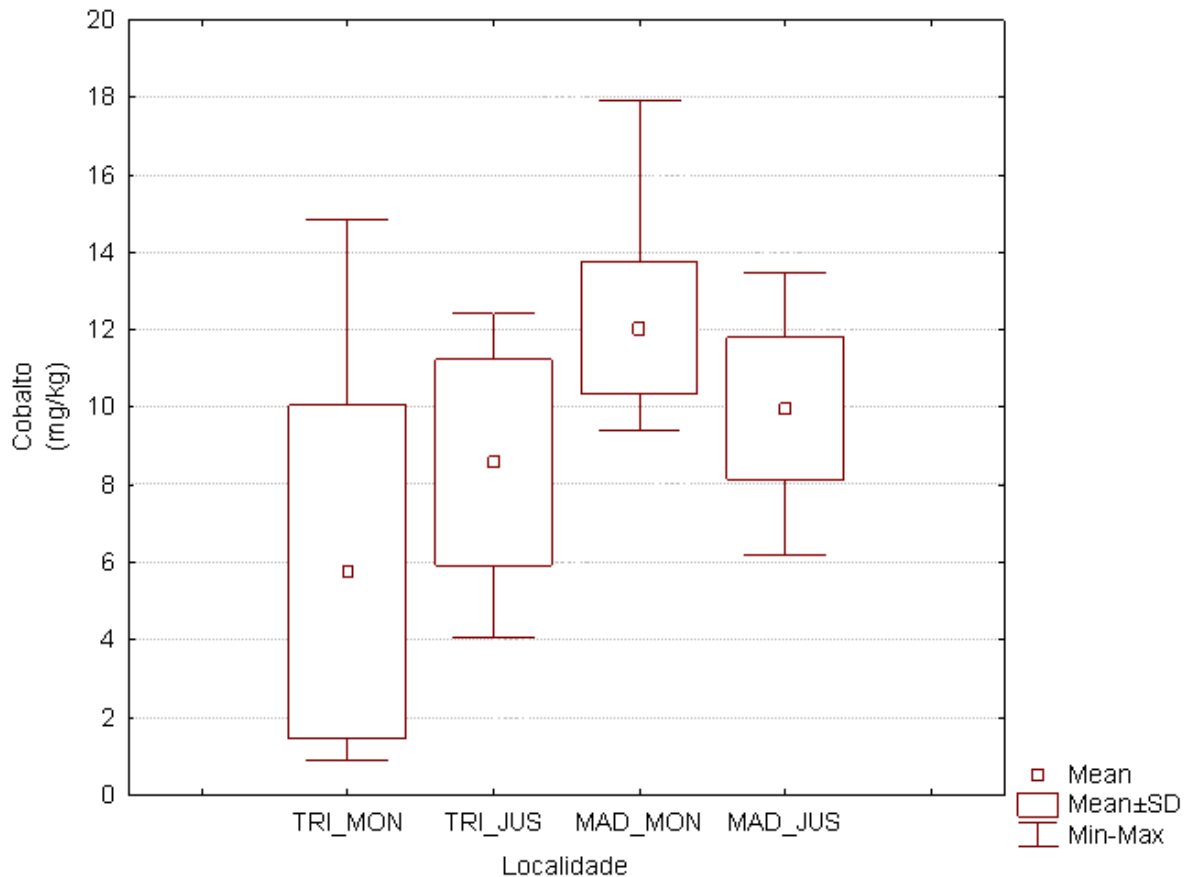


Figura IV.7. Concentrações médias de cobalto no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de cobre no sedimento de fundo dos tributários avaliados foi de $9,86 \pm 6,52$ mg/kg (n=42) e no rio Madeira de $16,27 \pm 3,98$ mg/kg. (n=49). No período de avaliação de Pré-Enchimento (2008-2011) a concentração de cobre nos tributários foi de $6,96 \pm 4,37$ mg/kg com valores entre 0,56 e 19,26 mg/kg e no rio Madeira foi de $17,77 \pm 3,35$ mg/kg com valores entre 9,84 e 23,31 mg/kg.

A concentração de cobre nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $8,34 \pm 5,92$ mg/kg, $10,22 \pm 6,58$ mg/kg, $10,79 \pm 8,80$ mg/kg, $10,98 \pm 7,44$ mg/kg e $8,96 \pm 4,27$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $16,14 \pm 4,91$ mg/kg, $20,16 \pm 3,64$ mg/kg, $14,46 \pm 2,91$ mg/kg, $16,09 \pm 3,93$ mg/kg e $16,93 \pm 4,27$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.8).

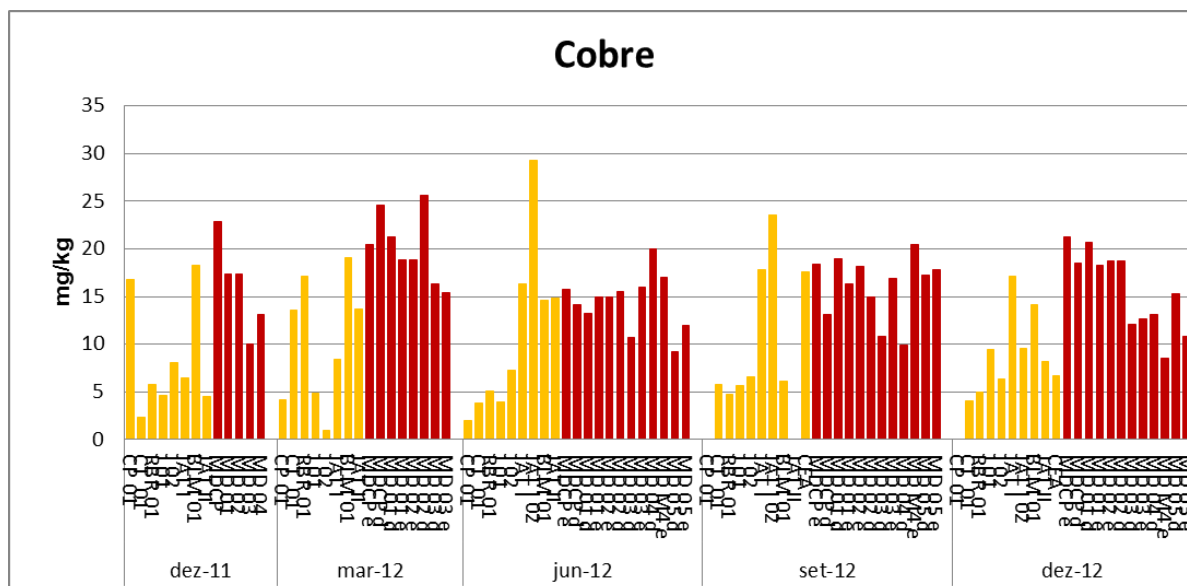


Figura IV.8. Concentrações de cobre no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento cobre observa-se que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante apresentam uma tendência de menor teor de cobre que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de cobre nas estações de montante (Figura IV.9).

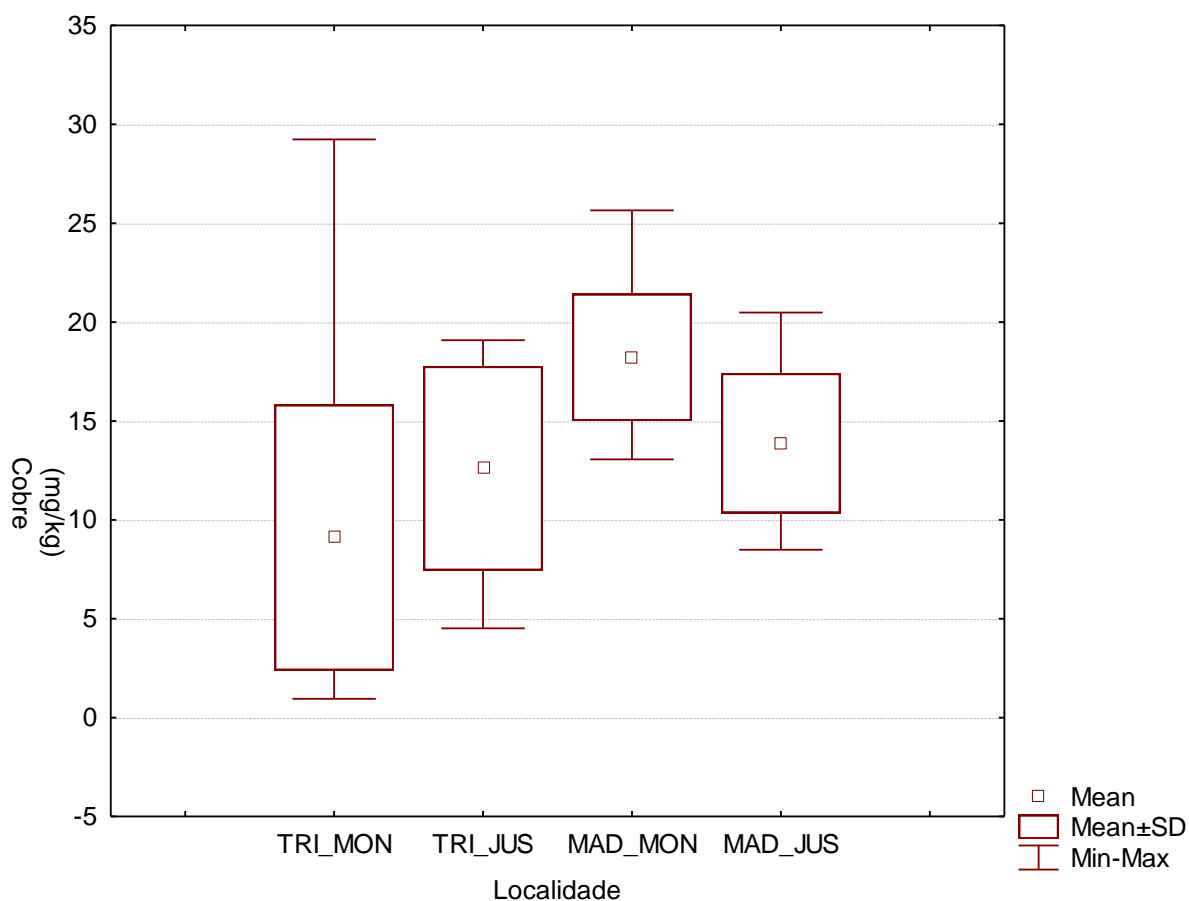


Figura IV.9. Concentração de cobre no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de chumbo no sedimento de fundo dos tributários avaliados foi de $14,96 \pm 5,40$ mg/kg ($n=42$) e no rio Madeira de $14,23 \pm 3,53$ mg/kg ($n=49$). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de chumbo nos tributários foi de $11,91 \pm 3,58$ mg/kg com valores entre 2,64 e 18,84 mg/kg e no rio Madeira $12,74 \pm 3,05$ mg/kg com valores entre 3,90 e 18,35 mg/kg.

A concentração de chumbo nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $10,01 \pm 4,99$ mg/kg, $12,93 \pm 6,64$ mg/kg, $17,96 \pm 4,71$ mg/kg, $16,80 \pm 3,98$ mg/kg e $16,52 \pm 2,30$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $10,31 \pm 2,97$ mg/kg; $16,88 \pm 3,70$ mg/kg e $13,53 \pm 2,60$ mg/kg; $15,31 \pm 3,50$ mg/kg e $15,57 \pm 3,65$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.10).

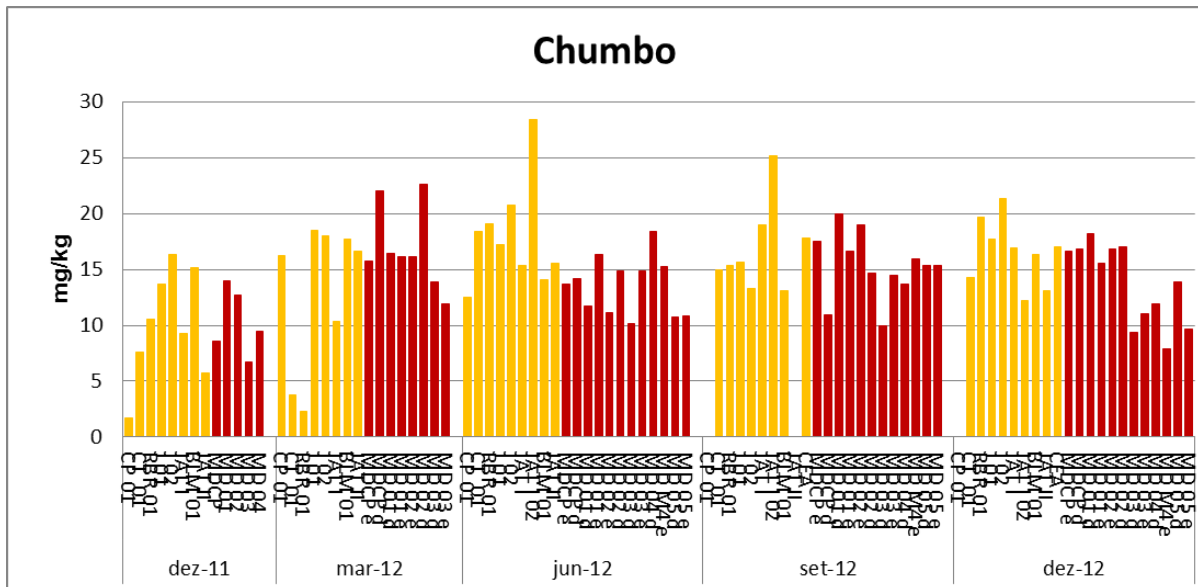


Figura IV.10. Concentração de chumbo no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento chumbo observa-se na figura IV.11 que não ocorreu diferenciação espacial no teor de chumbo entre as estações localizadas nos tributários e as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência mais elevada na concentração de chumbo nas estações de montante.

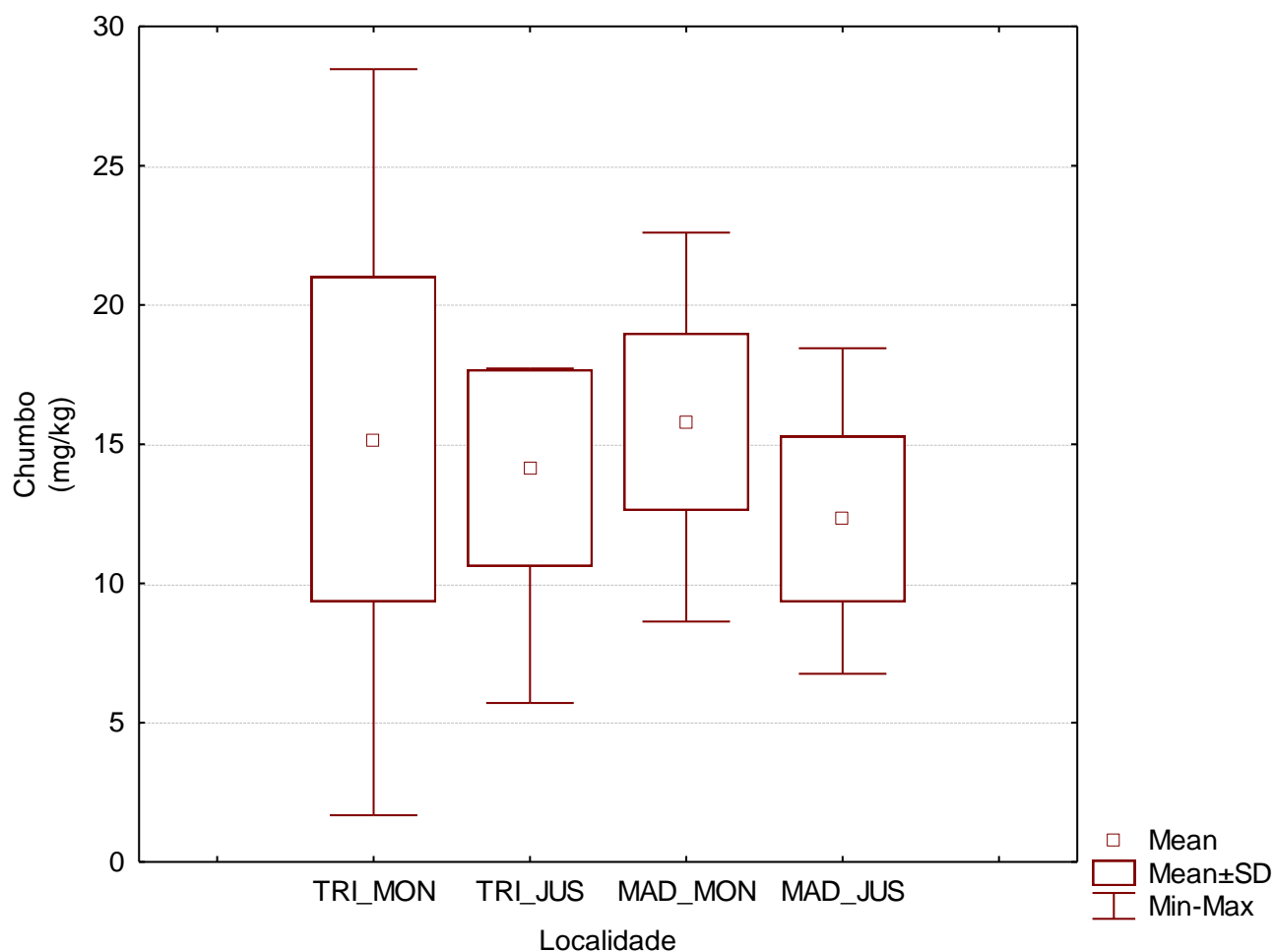


Figura IV.11. Concentração de chumbo no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de cromo no sedimento de fundo dos tributários avaliados foi de $6,99 \pm 3,58$ mg/kg (n=42) e no rio Madeira de $8,31 \pm 3,50$ mg/kg (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de cromo nos tributários foi de $7,44 \pm 3,19$ mg/kg, com valores entre 2,28 e 19,40 mg/kg e no rio Madeira foi de $9,64 \pm 2,23$ mg/kg, com valores entre 4,58 e 20,23 mg/kg.

A concentração de cromo nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $4,16 \pm 1,99$ mg/kg; $8,44 \pm 2,88$ mg/kg, $4,15 \pm 2,74$ mg/kg, $8,06 \pm 1,77$ mg/kg e $10,12 \pm 2,33$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $6,44 \pm 1,73$ mg/kg, $11,35 \pm 1,52$ mg/kg, $3,61 \pm 1,48$ mg/kg, $8,68 \pm 3,57$ mg/kg e $9,87 \pm 3,60$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.12).

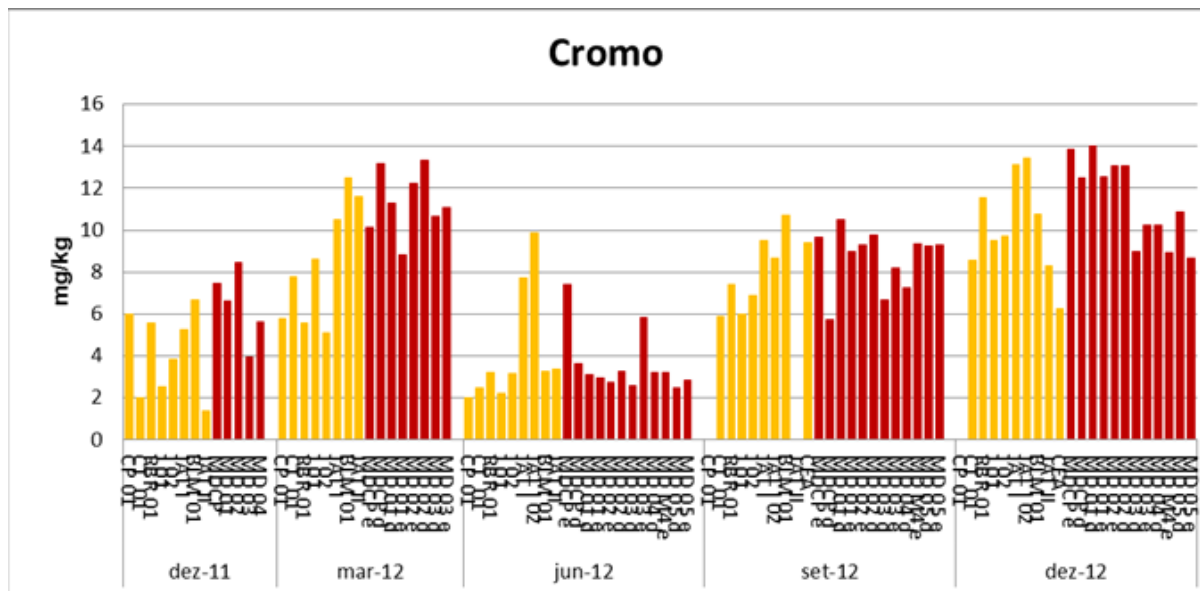


Figura IV.12 Concentração de cromo no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento cromo observa-se na figura IV.13 que não houve uma diferenciação espacial no teor de cromo entre as estações localizadas nos tributários e as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de cromo nas estações de montante.

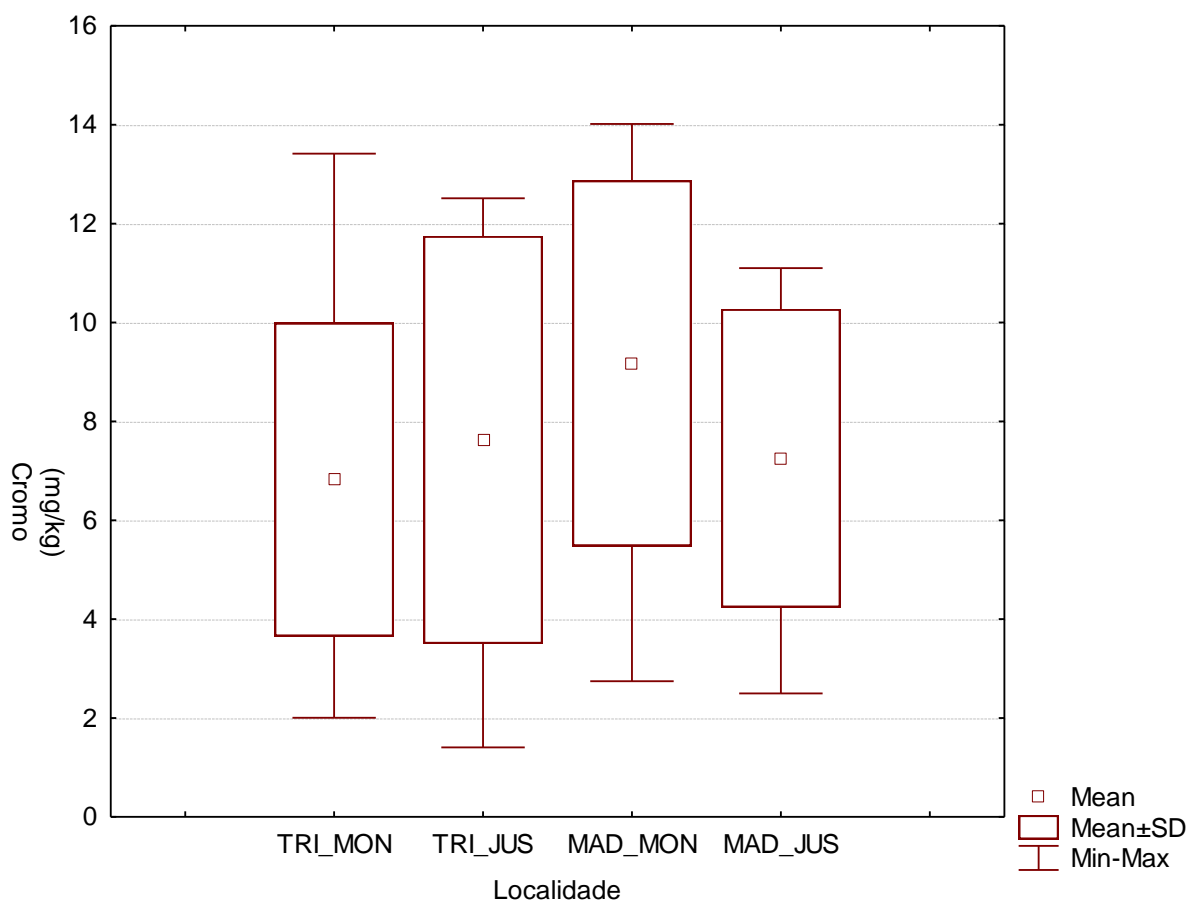


Figura IV.13. Concentração de cromo no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de ferro no sedimento de fundo dos tributários avaliados foi de 15238 ± 10168 mg/kg (n=42) e no rio Madeira de 21519 ± 5337 mg/kg (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de ferro nos tributários foi de $18767,3 \pm 16032,4$ mg/kg com valores entre 159,9 e 60920,20 mg/kg e no rio Madeira foi de $38208,10 \pm 17024,10$ mg/kg com valores entre 14076,9 e 76613,20 mg/kg.

A concentração de ferro nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $12991,94 \pm 11872,94$ mg/kg, $10645,06 \pm 6472,86$ mg/kg, $17494,74 \pm 11557,09$ mg/kg, 17276 ± 10168 mg/kg e 18005 ± 9805 mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi $22745,28 \pm 4630,42$ mg/kg, $23436,27 \pm 4886,39$ mg/kg, 22500 ± 5333 mg/kg e 23674 ± 5738 mg/kg, respectivamente (Figura IV.14).

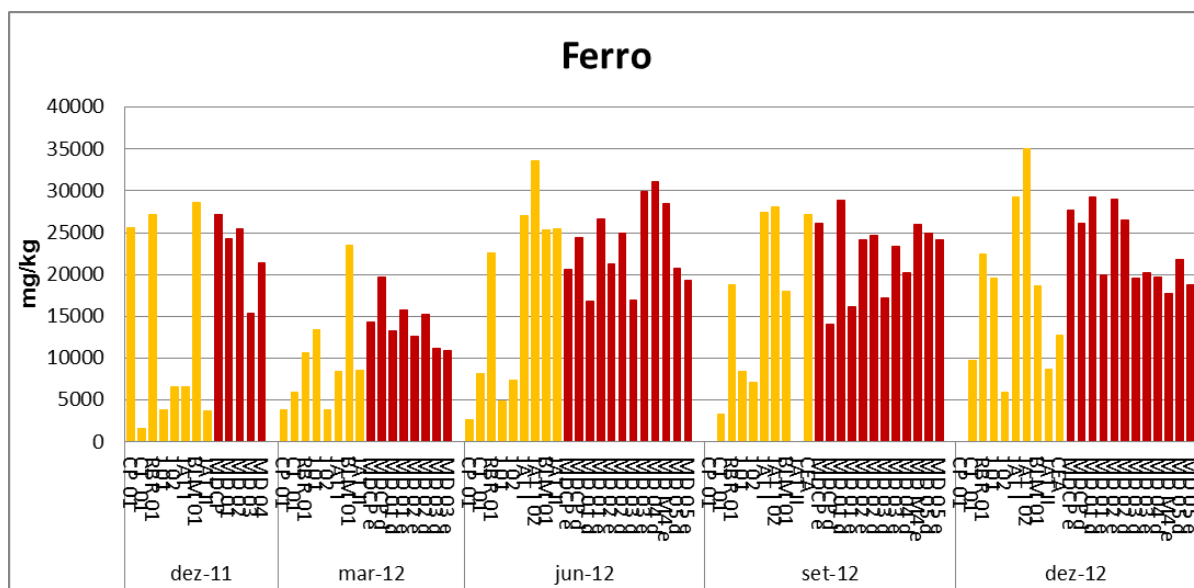


Figura IV.14. Concentração de ferro no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento ferro observa-se na figura IV.14 que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante apresentaram uma tendência de menor teor de ferro que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de ferro nas estações de montante.

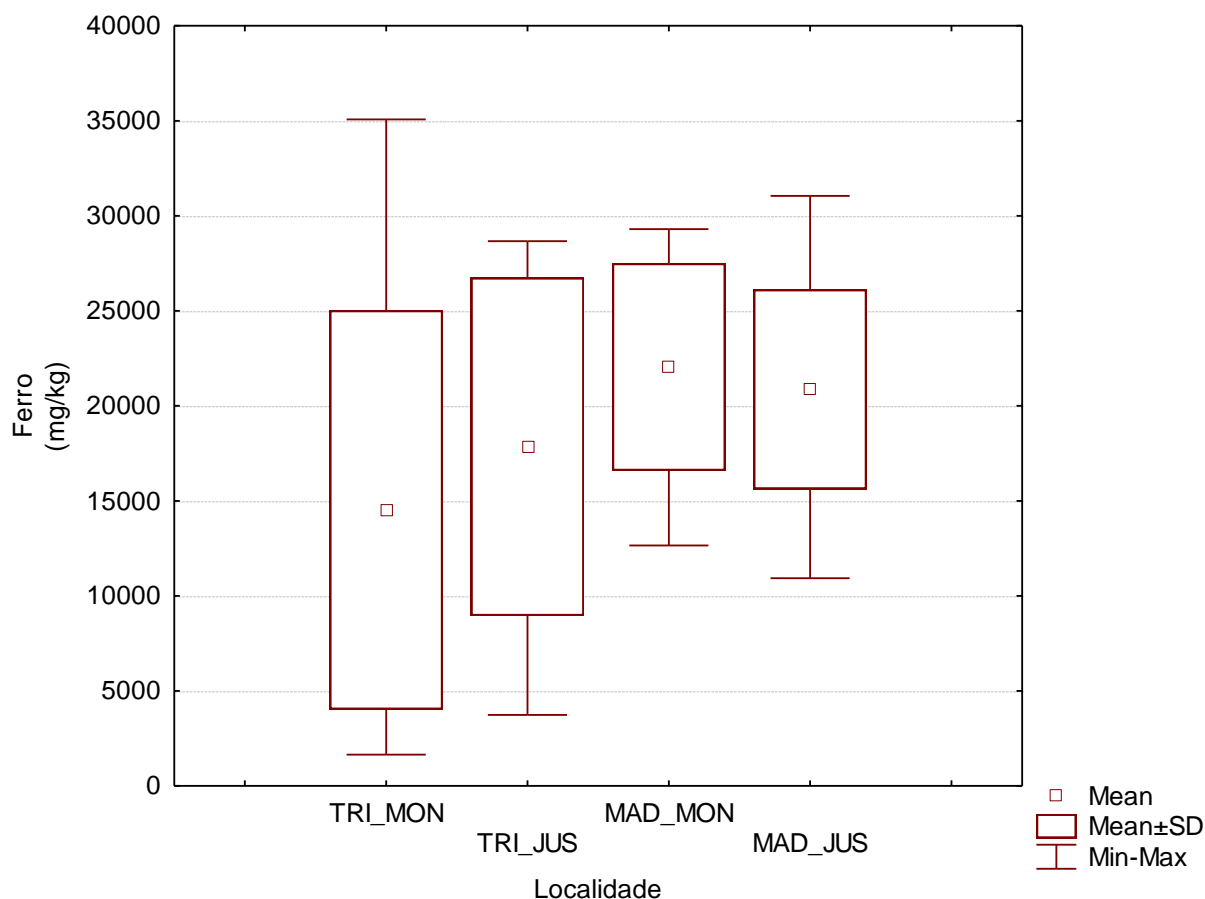


Figura IV.15. Concentração de ferro no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de manganês no sedimento de fundo dos tributários foi de $166,50 \pm 177,50$ mg/kg (n=42) e no rio Madeira de $366,58 \pm 126,80$ mg/kg (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de manganês nos tributários foi de $166,23 \pm 191,40$ mg/kg com valores entre 9,81 e 881,30 mg/kg e no rio Madeira foi de $444,73 \pm 117,72$ mg/kg com valores entre 245,24 e 827,60 mg/kg.

A concentração de manganês nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $169,15 \pm 217,04$ mg/kg, $220,16 \pm 278,87$ mg/kg, $134,78 \pm 108,07$ mg/kg, $141,07 \pm 118,50$ mg/kg e $147,35 \pm 154,07$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $415,92 \pm 172,47$ mg/kg; $271,52 \pm 105,68$ mg/kg, $370,47 \pm 104,68$ mg/kg, $373,60 \pm 120$ mg/kg e $394,90 \pm 123,85$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.16).

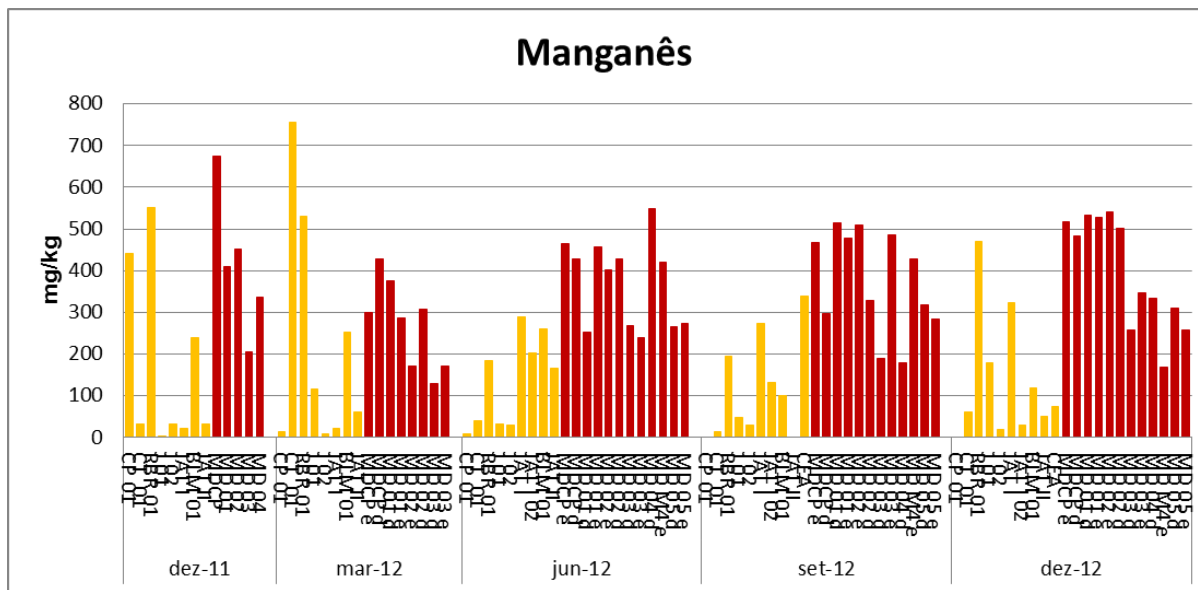


Figura IV.16. Concentração de manganês no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento manganês observa-se na figura IV.17 que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante não apresentaram diferenciação em relação aos tributários a jusante, entretanto apresentaram menor teor que as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de manganês nas estações de montante.

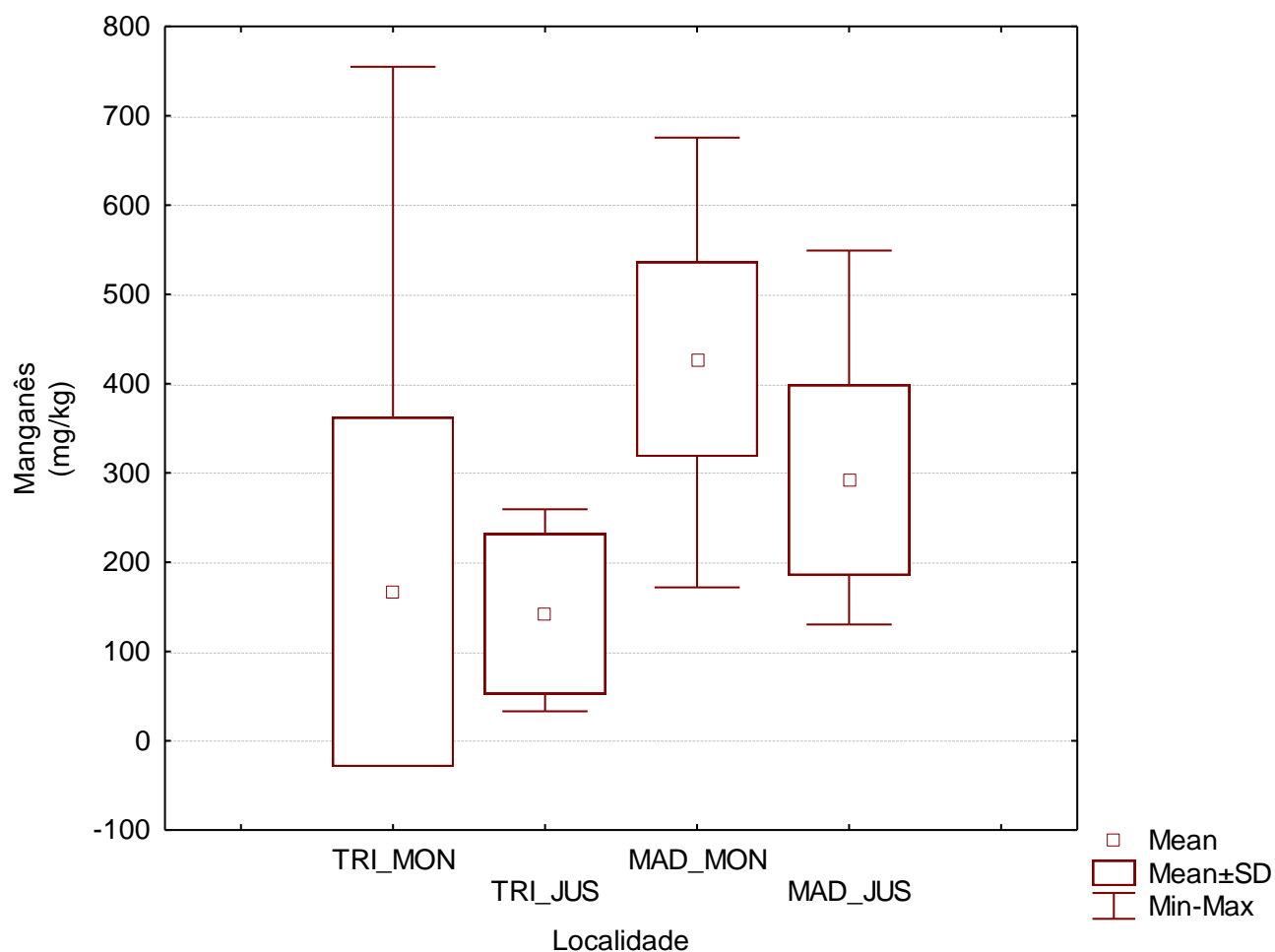


Figura IV.17. Concentração de ferro no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de níquel no sedimento de fundo dos tributários avaliados foi de $9,24 \pm 8,10$ mg/kg (n=42) e no rio Madeira de $18,75 \pm 5,26$ mg/kg (n=49). No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de níquel nos tributários foi de $6,88 \pm 5,90$ mg/kg com valores entre <LQ e 21,35 mg/kg e no rio Madeira foi de $16,92 \pm 2,57$ mg/kg com valores entre 10,96 e 22,80 mg/kg.

A concentração de níquel nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $3,61 \pm 4,01$ mg/kg, $16,25 \pm 12,56$ mg/kg, $10,04 \pm 10,27$ mg/kg, $10,58 \pm 9,15$ mg/kg e $10,75 \pm 6,03$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $10,14 \pm 1,96$ mg/kg, $19,75 \pm 9,58$ mg/kg, $16,13 \pm 2,49$ mg/kg, $20,00 \pm 5,00$ mg/kg e $20,45 \pm 5,00$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.18).

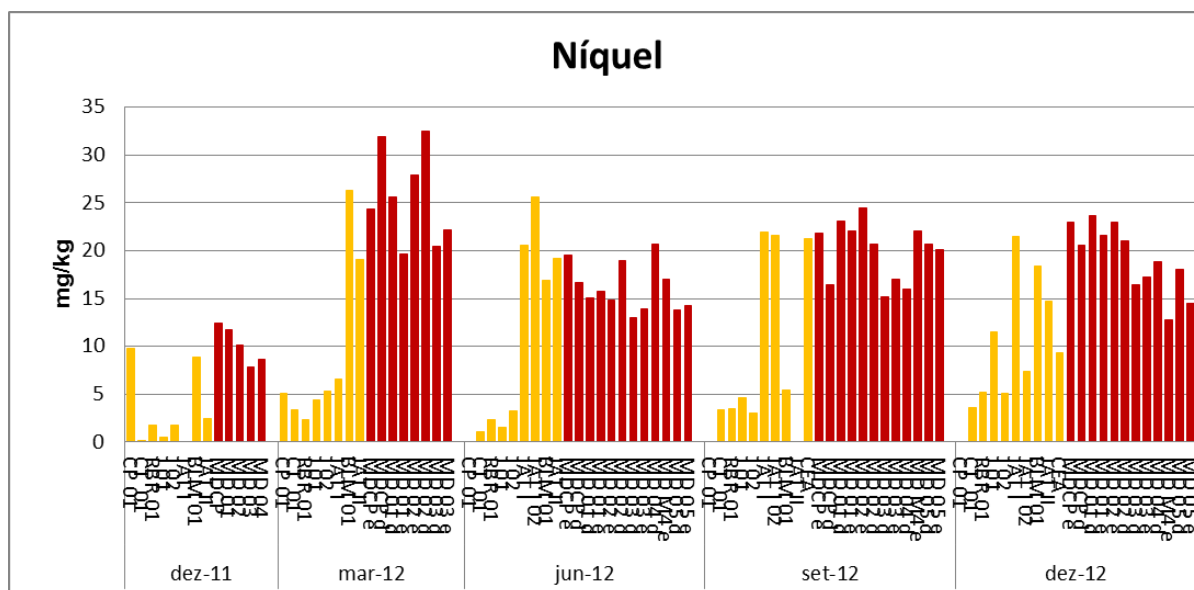


Figura IV.18. Concentração de níquel no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento níquel observa-se na figura IV.19 que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante apresentam uma tendência de menor teor de níquel que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de níquel nas estações de montante.

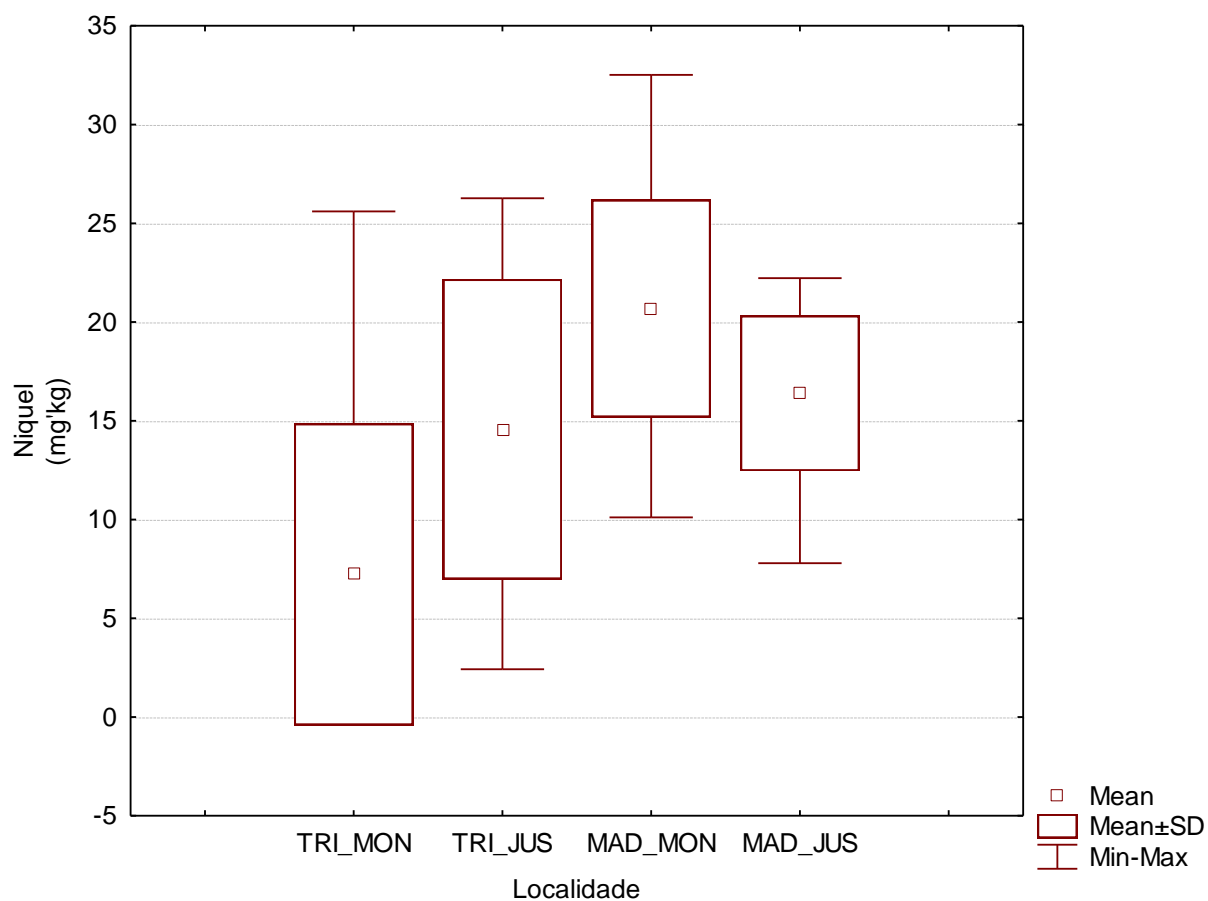


Figura IV.19. Concentração de níquel no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

No período avaliado a concentração média de zinco no sedimento de fundo dos tributários avaliados (n=42) foi de $21,40 \pm 19,60$ mg/kg e no rio Madeira (n=49) de $49,50 \pm 13,25$ mg/kg. No período de avaliação de pré-enchimento (2008-2011), o teor de zinco nos tributários foi de $44,53 \pm 25,62$ mg/kg com valores entre 9,29 e 97,92 mg/kg e no rio Madeira $65,02 \pm 13,75$ mg/kg com valores entre 40,19 e 109,62 mg/kg.

A concentração de zinco nos meses de dezembro de 2011, março de 2012, junho de 2012, setembro de 2012 e dezembro de 2012 nos tributários foi de $22,20 \pm 16,49$ mg/kg, $20,20 \pm 12,77$ mg/kg, $34,14 \pm 22,49$ mg/kg, $34,68 \pm 20,27$ mg/kg e $44,30 \pm 17,60$ mg/kg, respectivamente. No rio Madeira foi de $47,38 \pm 10,13$ mg/kg, $32,84 \pm 9,71$ mg/kg, $44,85 \pm 7,85$ mg/kg, $54,00 \pm 13,40$ mg/kg e $56,95 \pm 14,07$ mg/kg, respectivamente (Figura IV.20).

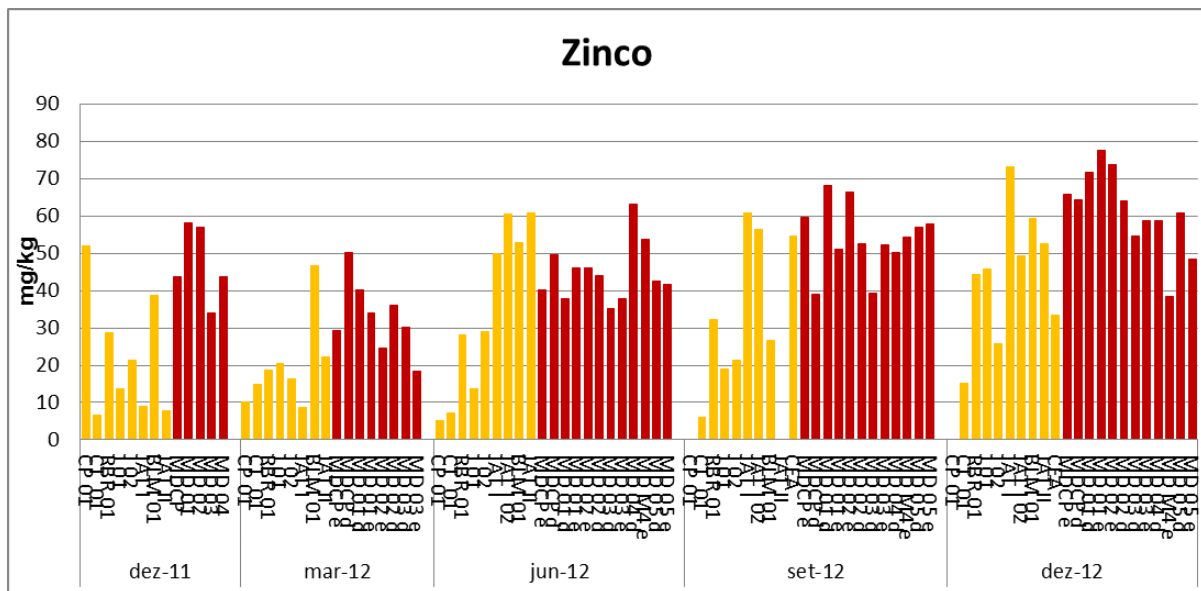


Figura IV.20. Concentração de zinco no sedimento de fundo nos meses de dezembro de 2011 a dezembro de 2012. As estações nos tributários e rio Madeira estão representadas, respectivamente, por colunas de cor amarela e vermelha.

Em relação ao elemento zinco observa-se na figura IV.21 que as estações de monitoramento localizadas nos tributários a montante apresentam uma tendência de menor teor de zinco que os tributários a jusante, assim como em relação as estações de monitoramento situadas no rio Madeira. Comparando as estações do rio Madeira a montante e a jusante do eixo da barragem observa-se uma tendência de maior concentração de zinco nas estações de montante.

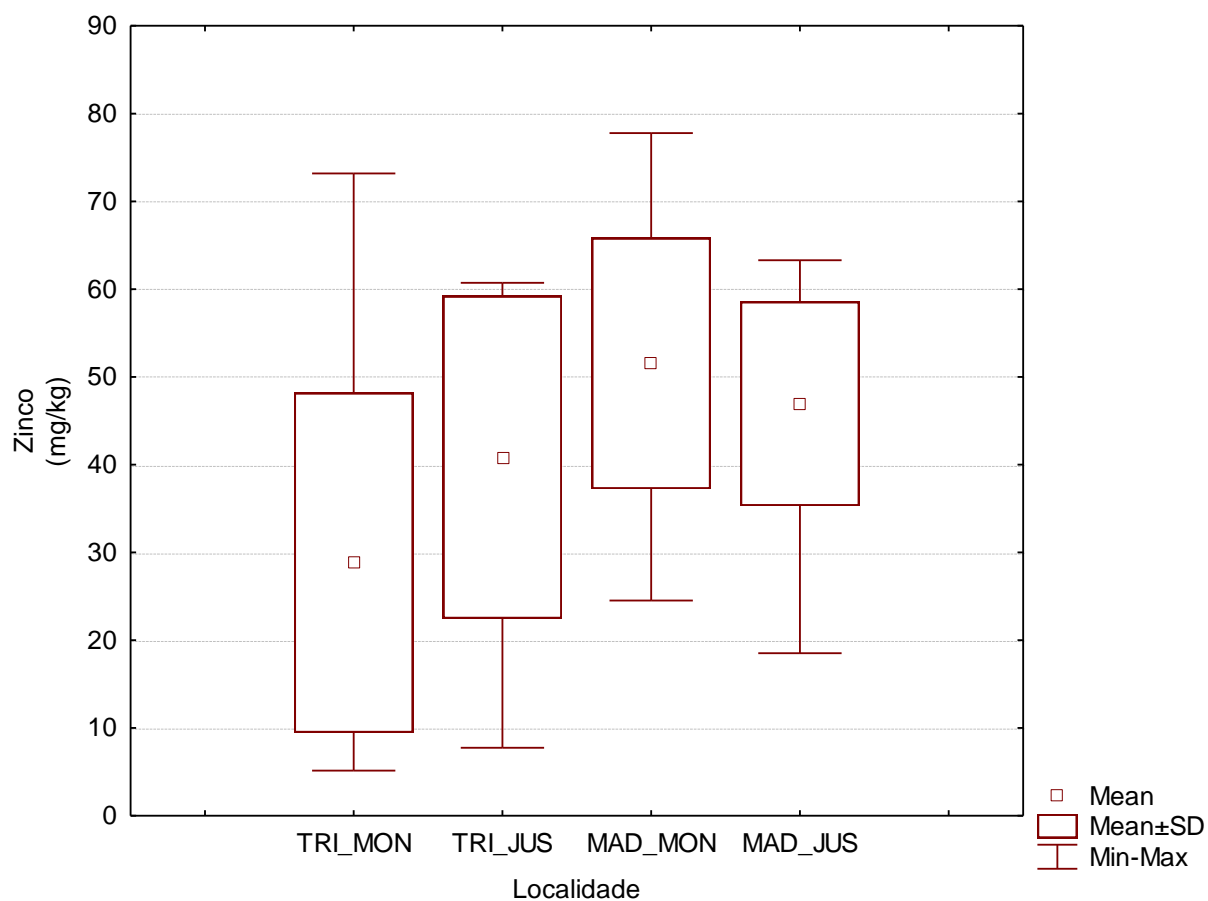


Figura IV.21. Concentração de zinco no sedimento de fundo nos tributários a montante (TRI_MON) e a jusante (TRI_JUS) e no rio Madeira a montante (MAD_MON) e a jusante (MAD_JUS).

IV.2. Análise Estatística

A seguir são apresentados os resultados da análise estatística da variação das concentrações dos elementos traço no sedimento de fundo. As comparações foram realizadas levando-se em consideração os valores encontrados no: i) pré-enchimento e pós-enchimento; ii) Rio Madeira e Tributários e; iii) variação sazonal (julho de 2008 a Dezembro de 2012)

IV.2. Efeito da Barragem: Pré-Enchimento vs Pós-Enchimento

Com relação ao Hg não foi encontrada diferença estatística entre as médias do pré e pós-enchimento (tabelas IV.11 e IV.12).

Tabela IV.11. Efeito da barragem na concentração de Hg: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Diferença	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	0,000	0,987	Não

Tabela IV.12. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Hg.

Categoria	Média (µg/kg)	Grupos
POS	0,057	A
PRE	0,057	A

Assim como o Hg não foi encontrada diferença estatística entre as médias do pré e pós-enchimento na concentração de Mn (tabelas IV.13 e IV.14).

Tabela IV.13. Efeito da barragem na concentração de Mn: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,971	0,072	Não

Tabela IV.14. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Mn.

Categoria	Média estimada	Grupos
POS	269,01	A
PRE	318,66	A

Com relação ao Fe foi observado um aumento significativo entre as médias do pré e pós-enchimento ($p < 0,0001$), sendo a maior média registrada no pós-enchimento (Tabelas IV.15 e IV.16).

Tabela IV.15. Efeito da barragem na concentração de Fe: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,971	< 0,0001	Sim

Tabela IV.16. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Fe.

Categoria	Média estimada	Grupos
POS	18439,52	A
PRE	29823,08	B

Assim como o Fe, foi observado que nas concentrações de Pb houve um aumento significativo entre as médias do pré e pós-enchimento ($p=0,0002$), sendo a maior média registrada no pré-enchimento (Tabelas IV.17 e IV.16).

Tabela IV.17. Efeito da barragem na concentração de Pb: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
PRE vs POS	1,971	0,0002	Sim

Tabela IV.18. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Pb.

Categoria	Média estimada	Grupos
PRE	12,51	A
POS	14,44	B

Com relação ao Zn foi observado um aumento significativo entre as médias do pré e pós-enchimento ($p<0,0001$), sendo a maior média registrada no pós-enchimento (Tabelas IV.19e IV.20).

Tabela IV.19. Efeito da barragem na concentração de Zn: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,971	< 0,0001	Sim

Tabela IV.20. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Zn.

Categoria	Média estimada	Grupos
POS	40,73	A
PRE	55,15	B

As concentrações de Cr apresentaram um diminuição significativa no pós-enchimento quando comparada com o pré-enchimento ($p=0,020$). O resultado pode ser visualizado nas tabelas IV.19 e IV.20.

Tabela IV.21. Efeito da barragem na concentração de Cr: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,971	0,020	Sim

Tabela IV.22. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cr.

Categoria	Média estimada	Grupos
POS	7,651	A
PRE	8,663	B

Com relação ao Cu não foi observado diferença significativa entre as médias do pré e pós-enchimento (tabelas IV.24 e IV.25).

Tabela IV.24. Efeito da barragem na concentração de Cu: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
PRE vs POS	1,971	0,881	Não

Tabela IV.25. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cu.

Categoria	Média estimada	Grupos
PRE	13,051	A
POS	13,183	A

A mesma tendência foi seguida pelas concentrações de Co, onde não foi observada diferença significativa entre as médias do pré e pós-enchimento (tabelas IV.26 e IV.27).

Tabela IV.26. Efeito da barragem na concentração de Co: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
POS vs PRE	1,971	0,994	Não

Tabela IV.27. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Co.

Categoria	Média estimada	Grupos
POS	8,825	A
PRE	8,829	A

Com relação ao Ni, também não foi observada diferença significativa entre as médias do pré e pós-enchimento (tabelas IV.28 e IV.29).

Tabela IV.28. Efeito da barragem na concentração de Ni: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
PRE vs POS	1,971	0,080	Não

Tabela IV.29. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Ni.

Categoria	Média estimada	Grupos
PRE	12,405	A
POS	14,187	A

IV.3. Efeito da Barragem: Rio Madeira vs Tributários

Os valores de Hg no sedimento de fundo no pós-enchimento apresentaram a mesma tendência que no pré-enchimento, demonstrando médias maiores de Hg nos Tributários que no rio Madeira (tabelas IV.30 e IV.31).

Tabela IV.30. Efeito da barragem na concentração de Hg no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,800	Não
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,601	Não

Tabela IV.31. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Hg no Rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (µg/kg)	Grupos
ID-TB(BARRAGEM-POS)	0,078	A
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	0,074	A
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	0,045	B
ID-MD(BARRAGEM-POS)	0,039	B

No caso do Mn foi possível observar que as médias encontradas no rio Madeira, tanto no pré quanto no pós-enchimento, foram superiores as encontradas nos Tributários (tabelas IV.32 e IV.33).

Tabela IV.32. Efeito da barragem na concentração de Mn no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,064	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	1,000	Não

Tabela IV.33. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Mn no Rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	439,532	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	366,583	A	
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	161,099		B
ID-TB(BARRAGEM-POS)	157,811		B

Com relação ao Fe foi possível observar que a maior média encontrada foi no rio Madeira no período do pré-enchimento, e que as demais médias não possuem diferença significativa (tabelas IV.34 e IV.35).

Tabela IV.34. Efeito da barragem na concentração de Fe no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	0,089	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,804	Não
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	0,405	Não

Tabela IV.35. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Fe no Rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	38003,011	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	21519,705		B
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	19159,957		B
ID-TB(BARRAGEM-POS)	14929,551		B

Com relação ao Pb foi possível observar que a maior média encontrada foi nos Tributários no período do pós-enchimento (tabelas IV.36 e IV.37), evidenciando um aumento em relação a média dos Tributários do pré-enchimento ($p=0,012$). Não foi encontrada diferença estatística entre as médias do rio Madeira no pré e pós-enchimento ($p=0,132$).

Tabela IV.36. Efeito da barragem na concentração de Pb no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,012	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,038	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,946	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,047	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,132	Não
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,929	Não

Tabela IV.37. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Pb no rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-TB(BARRAGEM-POS)	14,677	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	14,235	A	B
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	12,687		B C
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	12,271		C

Com relação ao Zn foi possível observar que a maior média foi encontrada no rio Madeira no período do pré-enchimento, evidenciando uma diminuição na sua concentração no rio Madeira durante o pós-enchimento ($p < 0,0001$). O mesmo foi observado com relação as concentrações nos Tributários (tabelas IV.38 e IV.39).

Tabela IV.38. Efeito da barragem na concentração de Zn no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,225	Não
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	0,009	Sim

Tabela IV.39. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Zn no rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	64,765	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	49,470		B
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	42,613		B
ID-TB(BARRAGEM-POS)	30,772		C

Assim como o Zn foi possível observar que a maior média do Cr foi encontrada no rio Madeira no período do pré-enchimento (tabelas IV.40 e IV.41).

Tabela IV.40. Efeito da barragem na concentração de Cr no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,121	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	0,120	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,515	Não
ID-TB(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	0,770	Não

Tabela IV.41. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cr no Rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	9,560	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	8,313	A	B
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	7,493		B
ID-TB(BARRAGEM-POS)	6,898		B

Com relação ao Cu foi possível observar que a maior média foi encontrada no rio Madeira no período do pré-enchimento (tabelas IV.42 e IV.43). Não foi encontrada diferença estatística entre as médias do rio Madeira no pré e pós-enchimento ($p=0,373$). Foi possível observar também um acréscimo nas concentrações de Cu nos Tributários do período de pós-enchimento em comparação com as concentrações nos Tributários do pré-enchimento.

Tabela IV.42. Efeito da barragem na concentração de Cu no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,373	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,029	Sim

Tabela IV.43. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Cu no rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	17,627	A	
ID-MD(BARRAGEM-POS)	16,267	A	
ID-TB(BARRAGEM-POS)	9,668		B
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	7,085		C

Com relação ao Co foi possível observar que as médias encontradas no rio Madeira, tanto no pré quanto no pós-enchimento, foram superiores as encontradas nos tributários (tabelas IV.44 e IV.45).

Tabela IV.44. Efeito da barragem na concentração de Co no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-MD(BARRAGEM-POS)	2,589	0,996	Não
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,818	Não

Tabela IV.45. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Co no rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	11,232	A
ID-MD(BARRAGEM-POS)	11,116	A
ID-TB(BARRAGEM-POS)	6,214	B
ID-TB(BARRAGEM-PRE)	5,696	B

Assim como o Co, as médias das concentrações de Ni encontradas no rio Madeira, tanto no pré quanto no pós-enchimento, foram superiores as encontradas nos tributários (tabelas IV.46 e IV.47).

Tabela IV.46. Efeito da barragem na concentração de Ni no rio Madeira e Tributários: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-POS) vs ID-MD(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,217	Não
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-MD(BARRAGEM-PRE) vs ID-TB(BARRAGEM-POS)	2,589	< 0,0001	Sim
ID-TB(BARRAGEM-POS) vs ID-TB(BARRAGEM-PRE)	2,589	0,215	Não

Tabela IV.47. Efeito da Barragem: Análise das diferenças entre as categorias PRE e POS na concentração de Ni no rio Madeira e Tributários.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
ID-MD(BARRAGEM-POS)	18,757	A
ID-MD(BARRAGEM-PRE)	16,795	A
ID-TB(BARRAGEM-POS)	8,856	B

IV.3. Efeito da Barragem: Variação Sazonal

Os maiores valores observados na concentração de Hg no sedimento de fundo foi em setembro de 2012, seguido da Vazante e Águas Baixas (tabelas IV.48 e IV.49).

Tabela IV.48. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Hg: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs AA	3,136	0,017	Sim
Set.12 vs Dez.12	3,136	0,304	Não
Set.12 vs Jun.12	3,136	0,413	Não
Set.12 vs EN	3,136	0,391	Não
Set.12 vs Dez.11	3,136	0,913	Não
Set.12 vs Mar.12	3,136	0,980	Não
Set.12 vs AB	3,136	1,000	Não
Set.12 vs V	3,136	1,000	Não
V vs AA	3,136	0,055	Não
V vs Dez.12	3,136	0,506	Não
V vs Jun.12	3,136	0,624	Não
V vs EN	3,136	0,630	Não
V vs Dez.11	3,136	0,973	Não
V vs Mar.12	3,136	0,997	Não
V vs AB	3,136	1,000	Não
AB vs AA	3,136	0,005	Sim
AB vs Dez.12	3,136	0,276	Não
AB vs Jun.12	3,136	0,404	Não
AB vs EN	3,136	0,335	Não
AB vs Dez.11	3,136	0,952	Não
AB vs Mar.12	3,136	0,994	Não
Mar.12 vs AA	3,136	0,479	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,136	0,964	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,136	0,985	Não
Mar.12 vs EN	3,136	0,993	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,136	1,000	Não
Dez.11 vs AA	3,136	0,828	Não
Dez.11 vs Dez.12	3,136	0,998	Não
Dez.11 vs Jun.12	3,136	1,000	Não
Dez.11 vs EN	3,136	1,000	Não
EN vs AA	3,136	0,840	Não
EN vs Dez.12	3,136	1,000	Não
EN vs Jun.12	3,136	1,000	Não
Jun.12 vs AA	3,136	0,974	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,136	1,000	Não
Dez.12 vs AA	3,136	0,990	Não

Tabela IV.49. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Hg.

Categoria	Média ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Grupos	
Set.12	0,069	A	
V	0,067	A	
AB	0,066	A	
Mar.12	0,060	A	B
Dez.11	0,057	A	B
EN	0,053	A	B
Jun.12	0,052	A	B
Dez.12	0,051	A	B
AA	0,044		B

Com relação ao Mn não foi observada variação sazonal nos períodos amostrados no pré e pós-enchimento (tabelas IV.50 e IV.51)

Tabela IV.50. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Mn: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
V vs Mar.12	3,134	0,640	Não
V vs Dez.11	3,134	0,849	Não
V vs AB	3,134	0,627	Não
V vs Jun.12	3,134	0,787	Não
V vs Dez.12	3,134	0,846	Não
V vs Set.12	3,134	0,880	Não
V vs EN	3,134	0,990	Não
V vs AA	3,134	1,000	Não
AA vs Mar.12	3,134	0,738	Não
AA vs Dez.11	3,134	0,924	Não
AA vs AB	3,134	0,704	Não
AA vs Jun.12	3,134	0,876	Não
AA vs Dez.12	3,134	0,923	Não
AA vs Set.12	3,134	0,947	Não
AA vs EN	3,134	0,999	Não
EN vs Mar.12	3,134	0,949	Não
EN vs Dez.11	3,134	0,995	Não
EN vs AB	3,134	0,968	Não
EN vs Jun.12	3,134	0,992	Não
EN vs Dez.12	3,134	0,997	Não
EN vs Set.12	3,134	0,999	Não
Set.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	1,000	Não
Set.12 vs AB	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não

Dez.12 vs Dez.11	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs AB	3,134	1,000	Não
AB vs Mar.12	3,134	1,000	Não
AB vs Dez.11	3,134	1,000	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,134	1,000	Não

Tabela IV.51. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Mn.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
V	375,408	A
AA	351,970	A
EN	320,563	A
Set.12	280,586	A
Dez.12	277,805	A
Jun.12	269,463	A
AB	268,528	A
Dez.11	264,065	A
Mar.12	245,841	A

Os maiores valores encontrados foram no período de Águas Altas e Enchente e os menores valores no meses de março e dezembro de 2012, o que evidencia uma diminuição da concentração de ferro ao longo do monitoramento (tabelas IV.52 e IV.53)

Tabela IV.52. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Fe: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
AA vs Mar.12	3,134	0,000	Sim
AA vs Dez.11	3,134	0,019	Sim
AA vs Dez.12	3,134	0,030	Sim
AA vs Set.12	3,134	0,052	Não
AA vs Jun.12	3,134	0,063	Não
AA vs V	3,134	0,229	Não
AA vs AB	3,134	0,635	Não
AA vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Mar.12	3,134	0,000	Sim
EN vs Dez.11	3,134	0,028	Sim
EN vs Dez.12	3,134	0,044	Sim
EN vs Set.12	3,134	0,074	Não
EN vs Jun.12	3,134	0,089	Não
EN vs V	3,134	0,300	Não
EN vs AB	3,134	0,752	Não
AB vs Mar.12	3,134	0,019	Sim

AB vs Dez.11	3,134	0,410	Não
AB vs Dez.12	3,134	0,665	Não
AB vs Set.12	3,134	0,763	Não
AB vs Jun.12	3,134	0,814	Não
AB vs V	3,134	0,975	Não
V vs Mar.12	3,134	0,503	Não
V vs Dez.11	3,134	0,977	Não
V vs Dez.12	3,134	1,000	Não
V vs Set.12	3,134	1,000	Não
V vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,134	0,692	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,997	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Set.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Mar.12	3,134	0,763	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,999	Não
Set.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,134	0,789	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,134	0,999	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,134	0,995	Não

Tabela IV.53. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Fe.

Categoria	Média	Grupos		
AA	33805,389	A		
EN	32980,300	A		
AB	27227,847	A	B	
V	22628,707	A	B	C
Jun.12	20889,899	A	B	C
Set.12	20410,703	A	B	C
Dez.12	20017,125		B	C
Dez.11	16743,225		B	C
Mar.12	11968,474			C

Os maiores valores de chumbo foram encontrados em setembro e junho de 2012, evidenciando um acréscimo na sua concentração no período de pós-enchimento (tabelas IV.54 e IV.55).

Tabela IV.54. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Pb: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,000	Sim
Set.12 vs EN	3,134	0,002	Sim
Set.12 vs V	3,134	0,022	Sim
Set.12 vs AB	3,134	0,007	Sim
Set.12 vs AA	3,134	0,685	Não

Set.12 vs Dez.12	3,134	0,913	Não
Set.12 vs Mar.12	3,134	0,996	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,002	Sim
Jun.12 vs EN	3,134	0,011	Sim
Jun.12 vs V	3,134	0,067	Não
Jun.12 vs AB	3,134	0,029	Sim
Jun.12 vs AA	3,134	0,913	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,134	0,990	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,134	0,015	Sim
Mar.12 vs EN	3,134	0,109	Não
Mar.12 vs V	3,134	0,279	Não
Mar.12 vs AB	3,134	0,224	Não
Mar.12 vs AA	3,134	0,997	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,134	0,027	Sim
Dez.12 vs EN	3,134	0,185	Não
Dez.12 vs V	3,134	0,437	Não
Dez.12 vs AB	3,134	0,364	Não
Dez.12 vs AA	3,134	1,000	Não
AA vs Dez.11	3,134	0,033	Sim
AA vs EN	3,134	0,221	Não
AA vs V	3,134	0,536	Não
AA vs AB	3,134	0,441	Não
AB vs Dez.11	3,134	0,674	Não
AB vs EN	3,134	1,000	Não
AB vs V	3,134	1,000	Não
V vs Dez.11	3,134	0,922	Não
V vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Dez.11	3,134	0,888	Não

Tabela IV.55. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Pb.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Set.12	15,905	A	
Jun.12	15,427	A	
Mar.12	14,909	A	B
Dez.12	14,380	A	B
AA	14,043	A	B
AB	12,214		B C
V	11,885		B C
EN	11,800		B C
Dez.11	10,126		C

Os maior valor de zinco foi encontrado no período de Águas Baixas e os menores valores foram encontrados nos meses amostrados no período de pós-enchimento (e.g., março de 2012), evidenciando uma diminuição na sua concentração ao longo do monitoramento (tabelas IV.56 e IV.57).

Tabela IV.56. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Zn: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
AB vs Mar.12	3,134	< 0,0001	Sim
AB vs Dez.11	3,134	0,0002	Sim
AB vs Jun.12	3,134	0,007	Sim
AB vs Set.12	3,134	0,194	Não
AB vs V	3,134	0,548	Não
AB vs EN	3,134	0,421	Não
AB vs Dez.12	3,134	0,793	Não
AB vs AA	3,134	0,997	Não
AA vs Mar.12	3,134	< 0,0001	Sim
AA vs Dez.11	3,134	0,007	Sim
AA vs Jun.12	3,134	0,094	Não
AA vs Set.12	3,134	0,676	Não
AA vs V	3,134	0,940	Não
AA vs EN	3,134	0,942	Não
AA vs Dez.12	3,134	0,995	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,134	0,004	Sim
Dez.12 vs Dez.11	3,134	0,110	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,134	0,620	Não
Dez.12 vs Set.12	3,134	0,993	Não
Dez.12 vs V	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Mar.12	3,134	0,003	Sim
EN vs Dez.11	3,134	0,105	Não
EN vs Jun.12	3,134	0,647	Não
EN vs Set.12	3,134	0,998	Não
EN vs V	3,134	1,000	Não
V vs Mar.12	3,134	0,030	Sim
V vs Dez.11	3,134	0,313	Não
V vs Jun.12	3,134	0,906	Não
V vs Set.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Mar.12	3,134	0,080	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,540	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	0,989	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,134	0,479	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,960	Não
Dez.11 vs Mar.12	3,134	0,998	Não

Tabela IV.57. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Zn.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos			
AB	60,426	A			
AA	56,656	A	B		
Dez.12	51,878	A	B	C	
EN	50,503	A	B	C	
V	49,151	A	B	C	
Set.12	46,275	A	B	C	D
Jun.12	40,264		B	C	D
Dez.11	31,887			C	D
Mar.12	26,273				D

Os maiores valores de cromo foram encontrados em março e dezembro de 2012, assim como no período de Águas Altas. Os menores valores foram encontrados em dezembro de 2011 e junho de 2012 (tabelas IV.54 e IV.55).

Tabela IV.58. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Cr: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Dez.12 vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
Dez.12 vs Dez.11	3,134	< 0,0001	Sim
Dez.12 vs EN	3,134	0,003	Sim
Dez.12 vs Set.12	3,134	0,214	Não
Dez.12 vs AB	3,134	0,159	Não
Dez.12 vs V	3,134	0,639	Não
Dez.12 vs AA	3,134	0,968	Não
Dez.12 vs Mar.12	3,134	0,999	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
Mar.12 vs Dez.11	3,134	< 0,0001	Sim
Mar.12 vs EN	3,134	0,104	Não
Mar.12 vs Set.12	3,134	0,765	Não
Mar.12 vs AB	3,134	0,789	Não
Mar.12 vs V	3,134	0,979	Não
Mar.12 vs AA	3,134	1,000	Não
AA vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
AA vs Dez.11	3,134	< 0,0001	Sim
AA vs EN	3,134	0,043	Sim
AA vs Set.12	3,134	0,769	Não
AA vs AB	3,134	0,764	Não
AA vs V	3,134	0,990	Não
V vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
V vs Dez.11	3,134	0,002	Sim
V vs EN	3,134	0,736	Não
V vs Set.12	3,134	1,000	Não
V vs AB	3,134	1,000	Não

AB vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
AB vs Dez.11	3,134	0,001	Sim
AB vs EN	3,134	0,747	Não
AB vs Set.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,010	Sim
Set.12 vs EN	3,134	0,977	Não
EN vs Jun.12	3,134	< 0,0001	Sim
EN vs Dez.11	3,134	0,059	Não
Dez.11 vs Jun.12	3,134	0,933	Não

Tabela IV.59. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Cr.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos			
Dez.12	10,495	A			
Mar.12	9,897	A			
AA	9,671	A			
V	8,942	A	B		
AB	8,649	A	B		
Set.12	8,430	A	B		
EN	7,644		B	C	
Dez.11	5,034			C	D
Jun.12	3,840				D

Com relação ao Cu não foi observada variação sazonal nos períodos amostrados no pré e pós-enchimento (tabelas IV.60 e IV.61)

Tabela IV.60. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Cu: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Mar.12 vs Dez.11	3,134	0,802	Não
Mar.12 vs AB	3,134	0,658	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,134	0,911	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,134	0,976	Não
Mar.12 vs V	3,134	0,988	Não
Mar.12 vs EN	3,134	0,993	Não
Mar.12 vs Set.12	3,134	1,000	Não
Mar.12 vs AA	3,134	1,000	Não
AA vs Dez.11	3,134	0,883	Não
AA vs AB	3,134	0,708	Não
AA vs Dez.12	3,134	0,964	Não
AA vs Jun.12	3,134	0,996	Não
AA vs V	3,134	0,999	Não
AA vs EN	3,134	1,000	Não
AA vs Set.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,959	Não
Set.12 vs AB	3,134	0,921	Não

Set.12 vs Dez.12	3,134	0,994	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs V	3,134	1,000	Não
Set.12 vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Dez.11	3,134	0,984	Não
EN vs AB	3,134	0,959	Não
EN vs Dez.12	3,134	0,999	Não
EN vs Jun.12	3,134	1,000	Não
EN vs V	3,134	1,000	Não
V vs Dez.11	3,134	0,998	Não
V vs AB	3,134	0,998	Não
V vs Dez.12	3,134	1,000	Não
V vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,999	Não
Jun.12 vs AB	3,134	0,999	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs AB	3,134	1,000	Não
AB vs Dez.11	3,134	1,000	Não

Tabela IV.61. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Cu.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos
Mar.12	15,189	A
AA	14,375	A
Set.12	14,047	A
EN	13,457	A
V	13,031	A
Jun.12	12,883	A
Dez.12	12,313	A
AB	11,733	A
Dez.11	11,339	A

Os maior valor de cobalto foi encontrado no período de Águas Altas, sendo que em dezembro de 2011 foi encontrado o menor valor. Os demais valores não apresentaram diferença estatística ao longo do monitoramento (tabelas IV.62 e IV.63).

Tabela IV.62. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Co: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
AA vs Dez.11	3,134	0,119	Não
AA vs AB	3,134	0,016	Sim
AA vs Dez.12	3,134	0,486	Não
AA vs V	3,134	0,739	Não
AA vs EN	3,134	0,747	Não
AA vs Mar.12	3,134	0,948	Não

AA vs Jun.12	3,134	0,955	Não
AA vs Set.12	3,134	0,998	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,560	Não
Set.12 vs AB	3,134	0,401	Não
Set.12 vs Dez.12	3,134	0,964	Não
Set.12 vs V	3,134	0,994	Não
Set.12 vs EN	3,134	0,999	Não
Set.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,770	Não
Jun.12 vs AB	3,134	0,680	Não
Jun.12 vs Dez.12	3,134	0,997	Não
Jun.12 vs V	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs EN	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Mar.12	3,134	1,000	Não
Mar.12 vs Dez.11	3,134	0,871	Não
Mar.12 vs AB	3,134	0,852	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Mar.12 vs V	3,134	1,000	Não
Mar.12 vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Dez.11	3,134	0,814	Não
EN vs AB	3,134	0,685	Não
EN vs Dez.12	3,134	1,000	Não
EN vs V	3,134	1,000	Não
V vs Dez.11	3,134	0,965	Não
V vs AB	3,134	0,971	Não
V vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,134	0,986	Não
Dez.12 vs AB	3,134	0,992	Não
AB vs Dez.11	3,134	1,000	Não

Tabela IV.63. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Co.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
AA	10,588	A	
Set.12	9,746	A	B
Jun.12	9,289	A	B
Mar.12	9,139	A	B
EN	9,004	A	B
V	8,653	A	B
Dez.12	8,370	A	B
AB	7,447		B
Dez.11	7,041		B

Os maiores valores de níquel foram encontrados em março, setembro e dezembro de 2012. Os menores valor foi encontrados em dezembro de 2011 (tabelas IV.64 e IV.65).

Tabela IV.64. Efeito da barragem na variação sazonal da concentração de Ni: análise das diferenças entre as categorias com um intervalo de confiança de 95%.

Contraste	Valor crítico	Pr > Dif	Significante
Mar.12 vs Dez.11	3,134	0,003	Sim
Mar.12 vs AB	3,134	0,061	Não
Mar.12 vs V	3,134	0,422	Não
Mar.12 vs EN	3,134	0,603	Não
Mar.12 vs Jun.12	3,134	0,804	Não
Mar.12 vs AA	3,134	0,796	Não
Mar.12 vs Dez.12	3,134	0,986	Não
Mar.12 vs Set.12	3,134	1,000	Não
Set.12 vs Dez.11	3,134	0,006	Sim
Set.12 vs AB	3,134	0,138	Não
Set.12 vs V	3,134	0,660	Não
Set.12 vs EN	3,134	0,848	Não
Set.12 vs Jun.12	3,134	0,954	Não
Set.12 vs AA	3,134	0,957	Não
Set.12 vs Dez.12	3,134	1,000	Não
Dez.12 vs Dez.11	3,134	0,024	Sim
Dez.12 vs AB	3,134	0,422	Não
Dez.12 vs V	3,134	0,920	Não
Dez.12 vs EN	3,134	0,991	Não
Dez.12 vs Jun.12	3,134	0,999	Não
Dez.12 vs AA	3,134	1,000	Não
AA vs Dez.11	3,134	0,059	Não
AA vs AB	3,134	0,731	Não
AA vs V	3,134	0,994	Não
AA vs EN	3,134	1,000	Não
AA vs Jun.12	3,134	1,000	Não
Jun.12 vs Dez.11	3,134	0,128	Não
Jun.12 vs AB	3,134	0,906	Não
Jun.12 vs V	3,134	0,999	Não
Jun.12 vs EN	3,134	1,000	Não
EN vs Dez.11	3,134	0,099	Não
EN vs AB	3,134	0,888	Não
EN vs V	3,134	1,000	Não
V vs Dez.11	3,134	0,468	Não
V vs AB	3,134	1,000	Não
AB vs Dez.11	3,134	0,574	Não

Tabela IV.65. Efeito da Barragem: Análise das diferenças da categoria variação sazonal na concentração de Ni.

Categoria	Média (mg/kg)	Grupos	
Mar.12	17,316	A	
Set.12	16,218	A	
Dez.12	14,988	A	
AA	13,781	A	B
Jun.12	13,519	A	B
EN	13,199	A	B
V	11,958	A	B
AB	10,903	A	B
Dez.11	6,331		B

IV.4. Considerações

Com relação as concentrações de elementos traço nos sedimentos de fundo do rio Madeira e Tributários no período de pré e pós-enchimento foi possível observar que:

- Não foi encontrada diferença significativa entre o pré e o pós-enchimento para o Hg, Mn, Cu, Ni e Co;
- Com relação ao Fe, Zn e Cr foi observado que as concentrações do pré-enchimento foram superiores as concentrações do pós-enchimento;
- O Pb foi o único elemento traço que apresentou aumento no pós-enchimento, apresentando o seu maior valor nos Tributários no mês de março de 2012, com diminuição na sua concentração nos meses seguintes.

V. PEIXES (PX)

V.1. RESULTADOS

Os resultados dos peixes coletados durante o período do pré-enchimento e do pós-enchimento de acordo com os seus hábitos alimentares (Figura V.1) foram comparados entre si, e partir destes resultados foram selecionados 13 espécies que ocorreram tanto no pré-enchimento quanto no pós-enchimento e que apresentavam concentrações de mercúrio acima do permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de 0,500 mg/kg. Todas estas espécies selecionadas são muito apreciadas na culinária da população local e estão descritas a seguir:

- i) **Detritívoro** - *Hemiodus unimaculatus* (charuto, voador);
- ii) **Herbívoro** - *Schizodon fasciatus* (piauí-de-cabeça-gorda);
- iii) **Planctívoro** - *Anodus elongatus* (cubiu, orana), *Hypophthalmus edentatus* (mandubi) e *Hypophthalmus marginatus* (mapará);
- iv) **Onívoro** - *Calophysus macropterus* (piracatinga) e *Triportheus albus* (sardinha);
- v) **Carnívoro** - *Cichla pleiozona* (tucunaré amarelo), *Plagioscion squamosissimus* (pescada) e *Hoplias malabaricus* (traíra);
- vi) **Piscívoro** - *Ageneiosus inermis* (bocudo, fidalgo), *Rhaphiodon vulpinus* (cachorra-facão, peixe-cachorro) e *Brachyplatystoma rousseauxii* (dourada) ambos de hábitos alimentares piscívoros.

Os gráficos gerados a partir da seleção destas espécies evidenciaram a biomagnificação do Hg ao longo da cadeia trófica (Figura V.2). Foi verificada uma diferenciação da concentração de Hg entre machos e fêmeas no período de pré-enchimento (Figura V.3) e pós-enchimento (Figura V.4) entre as espécies selecionadas. Também foram observadas diferenças nas concentrações de Hg no período de pré e pós enchimento entre machos e fêmeas a montante do reservatório UHE Santo Antônio (Figura V.5). Os gráficos das figuras V.6 e V.7 mostraram as concentrações de Hg de cada espécie e foi verificado também a ocorrência na diferença da concentração do Hg a montante e a jusante do reservatório de Santo Antônio nas espécies selecionadas (Figura V.8).

O número de peixes analisados no período do pré-enchimento (n=2121) é superior ao número de peixes analisados no pós-enchimento (n=387). Serão realizadas mais análises no pós-enchimento para uma melhor comparação e para avaliar possíveis aumentos na

concentração do Hg nas espécies de peixes em função da construção da UHE Santo Antônio no rio Madeira.

As maiores concentrações médias de Hg encontradas no período do pré-enchimento foram para as espécies planctívoras ($0,41\pm 0,28$ mg/kg), carnívoras ($0,42\pm 0,30$ mg/kg) e piscívoras ($0,94\pm 0,88$ mg/kg). O mesmo padrão foi observado para o período do pós-enchimento com concentrações médias de Hg nos planctívoros de ($0,34\pm 0,13$ mg/kg), e nos piscívoros de ($0,65\pm 0,41$ mg/kg). A exceção foi dos carnívoros que apresentou uma média de ($0,26\pm 0,14$ mg/kg).

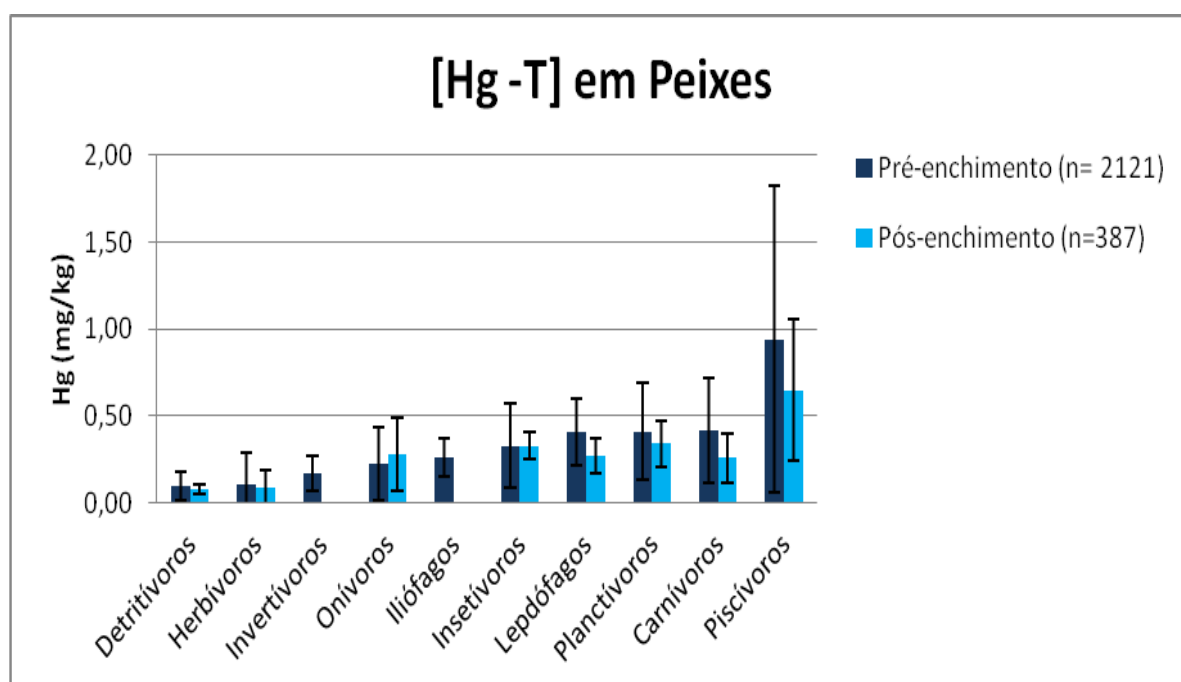


Figura V.1. Concentração de Mercúrio nos peixes, pré-enchimento e pós-enchimento.

A figura V.2 ilustra as concentrações de Hg ao longo da cadeia trófica nas espécies selecionadas no pré e pós-enchimento do reservatório de Santo Antônio. As espécies detritívoras apresentaram uma média de $0,10\pm 0,12$ mg/kg, seguido dos herbívoros com $0,23\pm 0,29$ mg/kg, carnívoros com $0,35\pm 0,20$ mg/kg, planctívoros com $0,47\pm 0,22$ mg/kg, onívoros com $0,62\pm 0,28$ mg/kg e os piscívoros com $0,79\pm 0,15$ mg/kg. Este gráfico (Figura V.2) demonstra a biomagnificação do Hg ao longo da cadeia alimentar, onde as espécies consideradas topos de cadeia (piscívoros) vão apresentar concentrações mais altas.

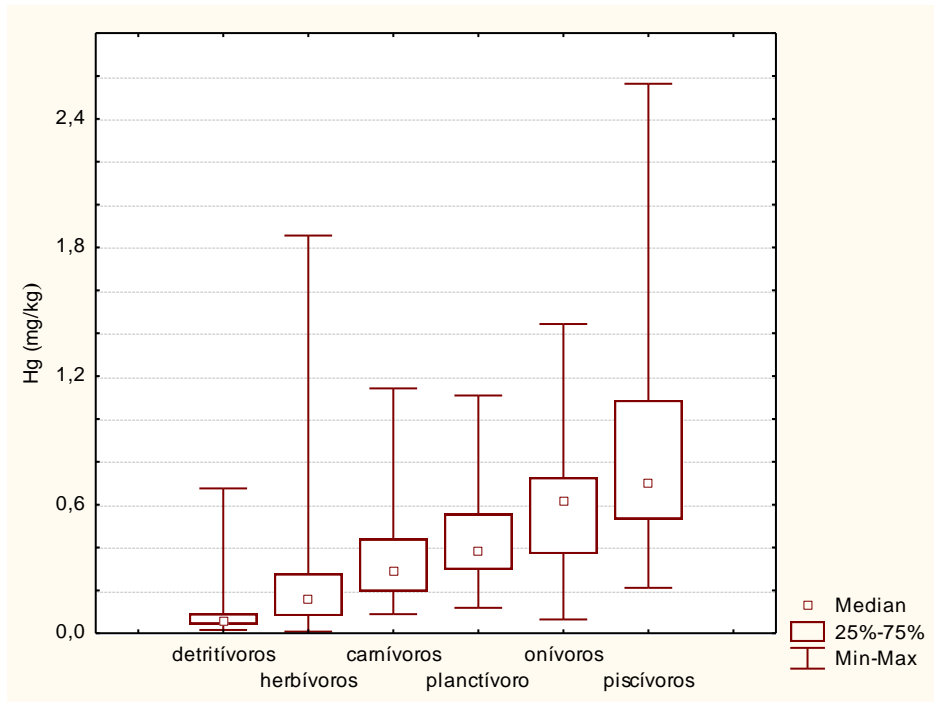


Figura V.2. Concentração de mercúrio e hábitos alimentares nas espécies de peixes selecionadas.

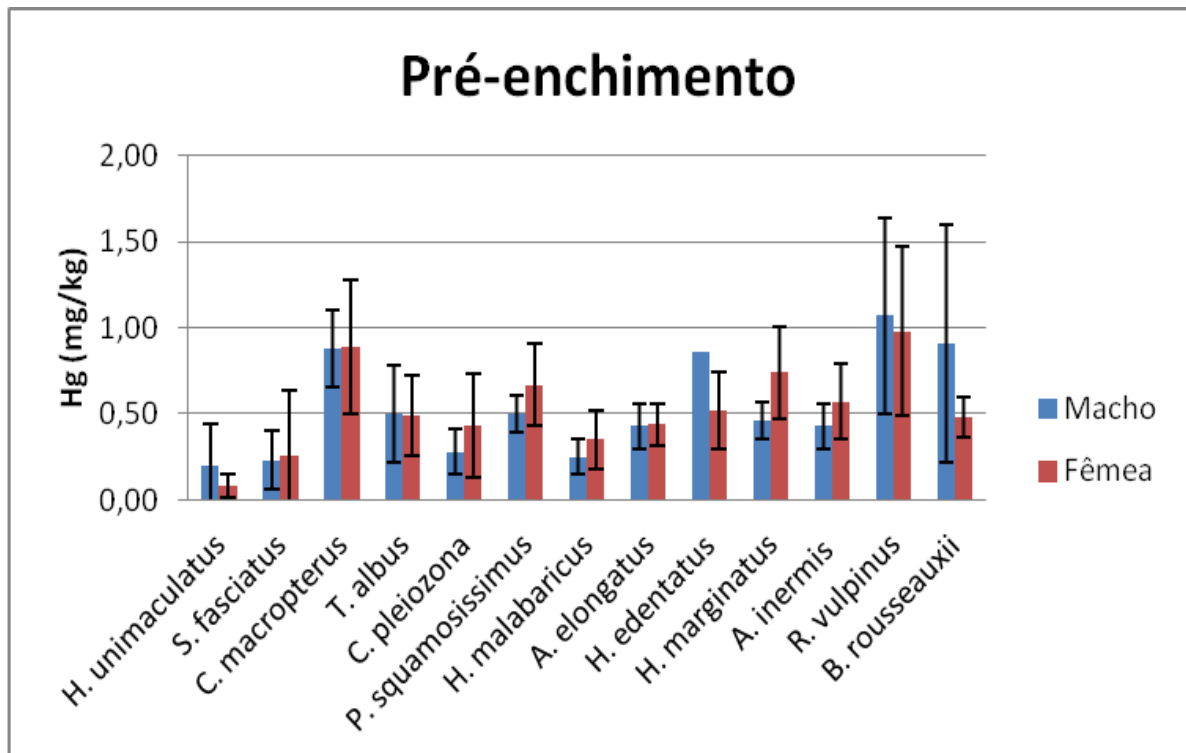


Figura V.3. Concentração de mercúrio entre machos (M) e fêmeas (F) no pré-enchimento. *Hemiodus unimaculatus* (M=9 e F=49); *Schizodon fasciatus* (M=21 e F=27); *Calophrys macropterus* (M=5 e F=7); *Triporthus albus* (M=11 e F=18); *Cichla pleiozona* (M=20 e F=15); *Plagioscion squamosissimus* (M=4 e F=9); *Hoplias malabaricus* (M=12 e F=17); *Anodus elongatus* (M=17 e F=15); *Hypophthalmus edentatus* (M=1 e F=8); *Hypophthalmus marginatus* (M=2 e F=15); *Ageneiosus inermis* (M=5 e F=6); *Rhaphiodon vulpinus* (M=26 e F=32); *Brachyplatystoma rousseauxii* (M=6 e F=3).

As concentrações médias de Hg nos peixes selecionados variaram de acordo com a espécie e gênero no período do pré-enchimento. As concentrações mais altas de Hg nos machos foram observadas nas espécies *R. vulpinus* com $1,07 \pm 0,57$ mg/kg, no *B. rousseauxii* com $0,91 \pm 0,69$ mg/kg, no *C. macropterus* com $0,88 \pm 0,22$ mg/kg, *H. edentatus* com $0,86$ mg/kg, *T. albus* com $0,50 \pm 0,28$ mg/kg e no *P. squamosissimus* com $0,50 \pm 0,11$ mg/kg. Nas fêmeas as maiores concentrações de Hg foram observadas nas espécies *R. vulpinus* com $0,98 \pm 0,49$ mg/kg, *C. macropterus* com $0,89 \pm 0,39$ mg/kg, *H. marginatus* com $0,74 \pm 0,27$ mg/kg, *P. squamosissimus* com $0,67 \pm 0,24$ mg/kg, *A. inermis* com $0,57 \pm 0,22$ mg/kg, e no *H. edentatus* com $0,52 \pm 0,22$ mg/kg. As demais espécies ficaram dentro dos limites estabelecidos pela OMS.

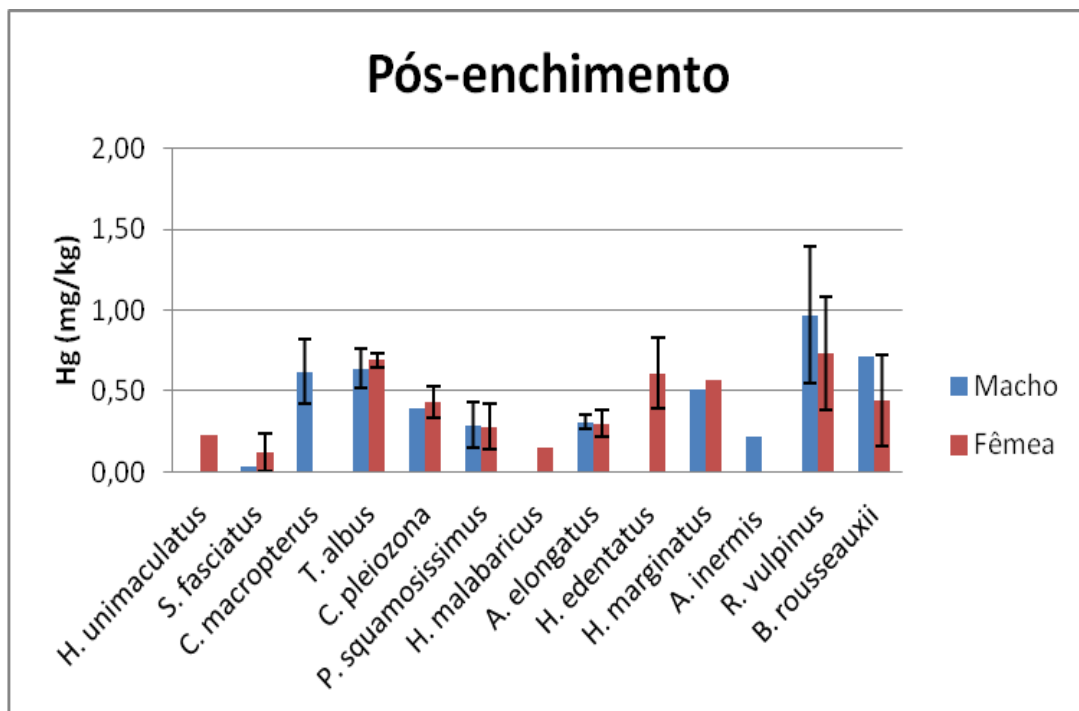


Figura V.4. Concentração de mercúrio entre machos (M) e fêmeas (F) no pré-enchimento. *Hemiodus unimaculatus* (M=0 e F=1); *Schizodon fasciatus* (M=1 e F=6); *Calophrys macropterus* (M=2 e F=0); *Triporthes albus* (M=5 e F=6); *Cichla pleiozona* (M=1 e F=6); *Plagioscion squamosissimus* (M=21 e F=19); *Hoplias malabaricus* (M=0 e F=1); *Anodus elongatus* (M=10 e F=13); *Hypophthalmus edentatus* (M=0 e F=2); *Hypophthalmus marginatus* (M=1 e F=1); *Ageneiosus inermis* (M=1 e F=0); *Rhaphiodon vulpinus* (M=9 e F=11); *Brachyplatystoma rousseauxii* (M=1 e F=2).

No pós-enchimento as concentrações mais altas de Hg nos machos foram observadas nas espécies *R. vulpinus* com $0,97 \pm 0,42$ mg/kg, no *B. rousseauxii* com $0,71$ mg/kg, no *C. macropterus* com $0,62 \pm 0,20$ mg/kg, *T. albus* com $0,64 \pm 0,12$ mg/kg, *H. marginatus* com $0,51$ mg/kg. Nas fêmeas as maiores concentrações de Hg foram observadas nas espécies *R. vulpinus* com $0,73 \pm 0,35$ mg/kg, *T. albus* com $0,69 \pm 0,04$ mg/kg, *H. edentatus* com $0,61 \pm 0,22$

mg/kg, *H. marginatus* com 0,57 mg/kg. As demais espécies estavam dentro dos limites estabelecidos pela OMS.

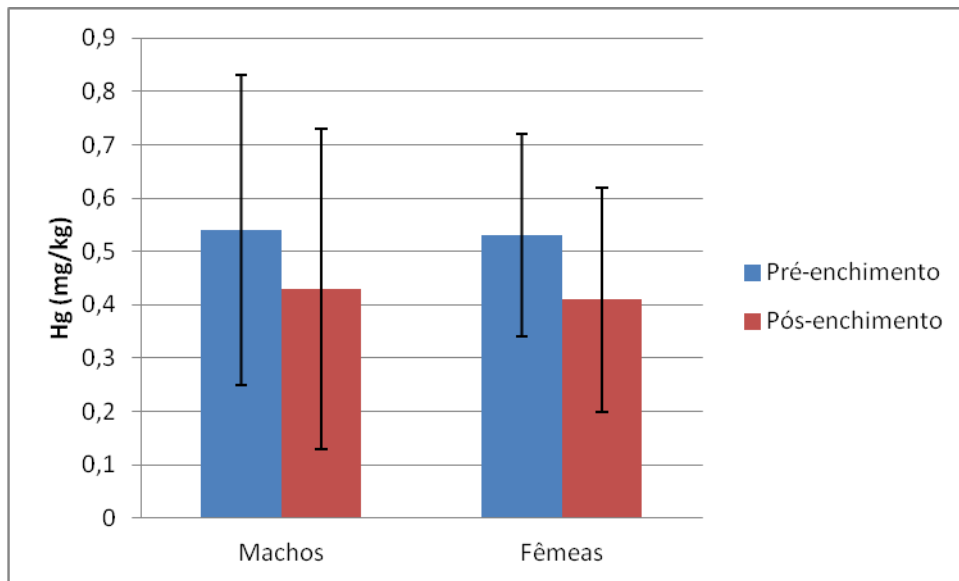


Figura V.5. Comparação da concentração do mercúrio entre machos e fêmeas do pré-enchimento (M=139 e F=221) e do pós-enchimento (M=52 e F=68).

A avaliação geral entre machos e fêmeas e a concentração de Hg tanto no período do pré-enchimento, quanto do pós-enchimento, não mostrou diferenciação entre esses gêneros. A média dos machos e fêmeas do pré-enchimento foram respectivamente: $0,54 \pm 0,29$ mg/kg e $0,53 \pm 0,19$ mg/kg. E as concentrações médias de Hg no pós-enchimento foram respectivamente: $0,43 \pm 0,30$ mg/kg e $0,41 \pm 0,21$ mg/kg

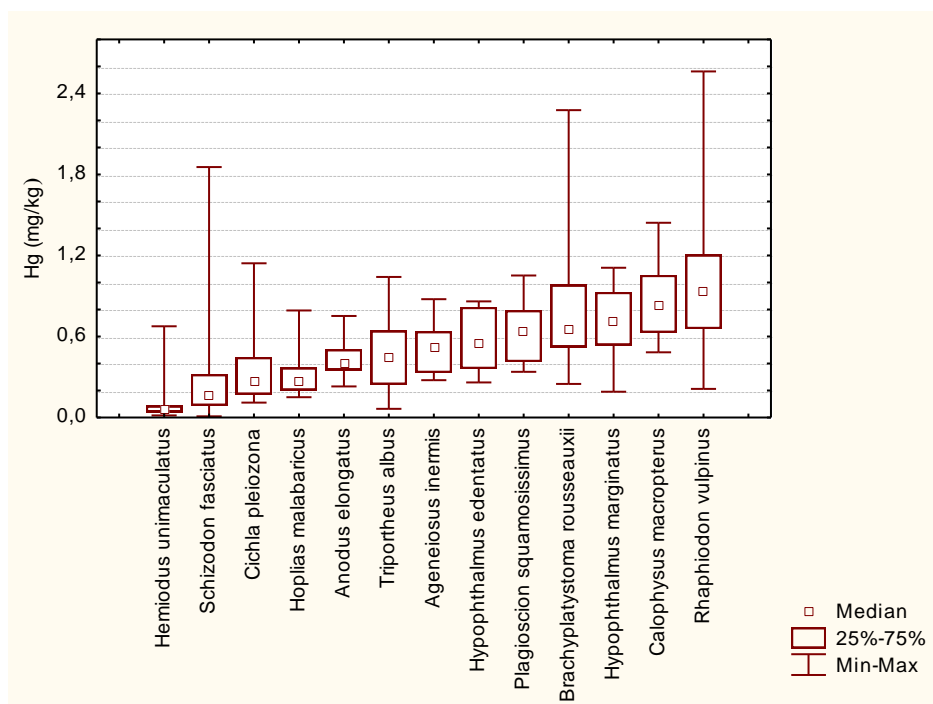


Figura V.6. Concentração de mercúrio nas espécies selecionadas no período de pré-enchimento. *Hemiodus unimaculatus* (n=58); *Schizodon fasciatus* (n=48); *Calophysus macropterus* (n=12); *Triportheus albus* (n=29); *Cichla pleiozona* (n=35); *Plagioscion squamosissimus* (n=13); *Hoplias malabaricus* (n=29); *Anodus elongatus* (n=32); *Hypophthalmus edentatus* (n=9); *Hypophthalmus marginatus* (n=17); *Ageneiosus inermis* (n=11); *Rhaphiodon vulpinus* (n=58); *Brachyplatystoma rousseauxii* (n=9).

As concentrações médias de Hg em cada uma das espécies no pré-enchimento foram: *Hemiodus unimaculatus* (0,10±0,12 mg/kg); *Schizodon fasciatus* (0,25±0,30 mg/kg); *Hoplias malabaricus* (0,31±0,15 mg/kg); *Cichla pleiozona* (0,34±0,23 mg/kg); *Anodus elongatus* (0,44±0,13 mg/kg); *Triportheus albus* (0,49±0,24 mg/kg); *Ageneiosus inermis* (0,51±0,19 mg/kg); *Hypophthalmus edentatus* (0,56±0,23 mg/kg); *Plagioscion squamosissimus* (0,62±0,22 mg/kg); *Hypophthalmus marginatus* (0,71±0,27 mg/kg); *Brachyplatystoma rousseauxii* (0,77±0,59 mg/kg); *Calophysus macropterus* (0,88±0,32 mg/kg); *Rhaphiodon vulpinus* (1,02±0,52 mg/kg).

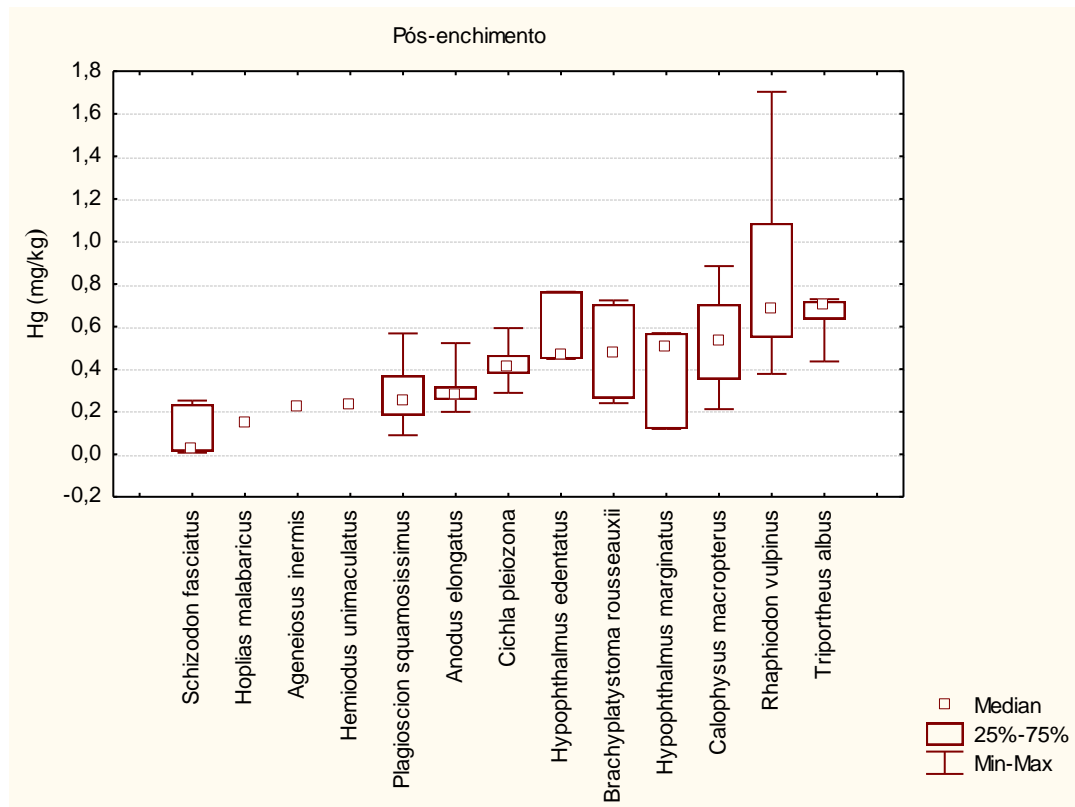


Figura V.7. Concentração de mercúrio nas espécies selecionadas no período de pré-enchimento. *Hemiodus unimaculatus* (n=1); *Schizodon fasciatus* (n=7); *Calophysus macropterus* (n=2); *Triportheus albus* (n=11); *Cichla pleiozona* (n=7); *Plagioscion squamosissimus* (n=40); *Hoplias malabaricus* (n=1); *Anodus elongatus* (n=23); *Hypophthalmus edentatus* (n=2); *Hypophthalmus marginatus* (n=2); *Ageneiosus inermis* (n=1); *Rhaphiodon vulpinus* (n=20); *Brachyplatystoma rousseauxii* (n=3).

As concentrações médias de Hg em cada uma das espécies no pré-enchimento foram: *Schizodon fasciatus* (0,11±0,11 mg/kg); *Hoplias malabaricus* (0,15 mg/kg); *Ageneiosus*

inermis (0,22 mg/kg); *Hemiodus unimaculatus* (0,23 mg/kg); *Plagioscion squamosissimus* (0,29±0,14 mg/kg); *Anodus elongatus* (0,30±0,06 mg/kg); *Cichla pleiozona* (0,43±0,09 mg/kg); *Brachyplatystoma rousseauxii* (0,53±0,25 mg/kg); *Hypophthalmus marginatus* (0,54±0,04 mg/kg); *Hypophthalmus edentatus* (0,61±0,22 mg/kg); *Calophysus macropterus* (0,62±0,12 mg/kg); *Triportheus albus* (0,67±0,09 mg/kg); *Rhaphiodon vulpinus* (0,84±0,39 mg/kg).

Concentrações de Hg semelhantes ao deste estudo já foram relatados por outros pesquisadores na região amazônica como os estudos desenvolvidos por Silva-Filho et al (2008) em uma revisão da contaminação de mercúrio em peixes onde as espécies de peixes carnívoras da região de Alta Floresta (Região Amazônica) apresentaram as maiores concentrações de Hg em músculo. Silva et al (2006), realizando um estudo em três lagos da Bacia do rio Tapajós também observou níveis de Hg elevados para a espécie *Rhaphiodon vulpinus* (0,488-0,598 mg/kg), porém não tão altos quanto os observados neste trabalho. Bastos et al (2008), ao avaliarem a concentração de Hg em peixes da Bacia do Rio Madeira no período de 1987 a 2000 encontraram valores semelhantes aos resultados atuais.

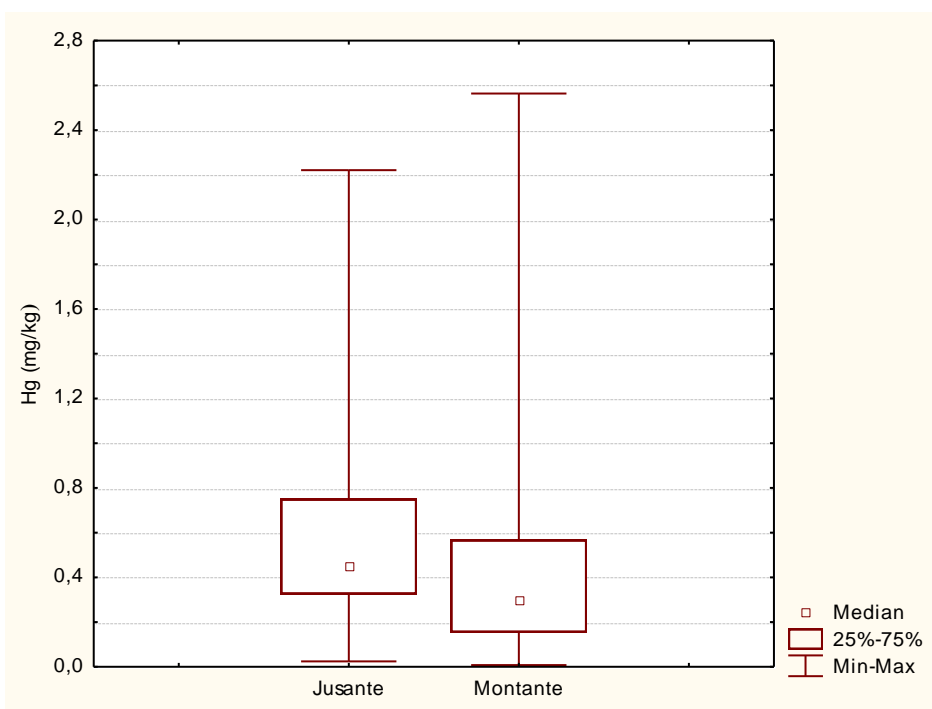


Figura V.8. Relação das concentrações de mercúrio a jusante e a montante do reservatório.

As espécies a jusante do reservatório durante todo o período do pré e pós-enchimento apresentaram concentrações médias mais elevadas 0,55±0,36 mg/kg do que as espécies a montante do reservatório de 0,42±0,41 mg/kg. Fato como esse já foram relatados por Malm et al (2004) no reservatório da UHE de Tucuruí. As concentrações de mercúrio a montante foram mais baixas (planctívoro = 0,237 mg/kg, piscívoro = 0,233 mg/kg) do que a jusante (planctívoro = 0,679 mg/kg, piscívoro = 1,131 mg/kg).

De um modo geral, as concentrações de Hg no período do pré-enchimento ainda são mais elevadas do que as do pós-enchimento devido ao número de amostras analisadas do pré ser superior ao do pós-enchimento. Os hábitos alimentares piscívoro, onívoros e planctívoros das espécies selecionadas, apresentaram as maiores concentrações de Hg com níveis superiores aos estabelecidos pela OMS e ANVISA. Os peixes apresentam diferenças das concentrações de Hg relacionadas ao sexo, tendo algumas espécies maiores concentrações nos macho e outras maiores concentrações nas fêmeas. As espécies que apresentaram as maiores concentrações de Hg no pré-enchimento e continuam mantendo estes altos níveis foram: *Rhaphiodon vulpinus*, *Brachyplatystoma rousseauxii*, *Calophysus macropterus*, *Hypophthalmus marginatus*, *Hypophthalmus edentatus* e foi observada uma elevação na concentração do Hg para a espécie *Triportheus albus*.

VI. MACRÓFITA (MC)

VI. RESULTADOS

VI.1. Hg-T

A tabela VI.1 e a figura VI.1 apresentam as concentrações médias de Hg-T em *Eichornia crassipes* amostradas nos rios Madeira e Jaci Paraná durante o Pós-Enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio no período de abril a dezembro de 2012. Dentre os tributários do rio Madeira, o rio Jaci Paraná foi o único que apresentou bancos de *Eichornia crassipes* com biomassa suficiente para a análise, sendo que a amostragem ocorreu apenas nos meses de junho e setembro, nos demais períodos tais macrófitas não foram avistadas.

Tabela VI.1. Estatística descritiva das concentrações de Hg-T (mg/kg) em macrófitas aquáticas nos rios Madeira e Jaci Paraná amostradas no período de abril a dezembro de 2012.

Local de Coleta	Mês	Média	Mínimo	Máximo	DP	n
Rio Madeira	Abril	0,005	0,003	0,007	0,001	10
Rio Madeira	Mai	0,006	0,004	0,012	0,003	10
Rio Madeira	Junho	0,018	0,004	0,104	0,026	13
Rio Jaci Paraná	Junho	0,010	0,004	0,017	0,009	02
Rio Madeira	Setembro	0,005	0,003	0,008	0,001	21
Rio Jaci Paraná	Setembro	0,003	0,003	0,003	0,000	02
Rio Madeira	Dezembro	0,005	0,004	0,009	0,002	12

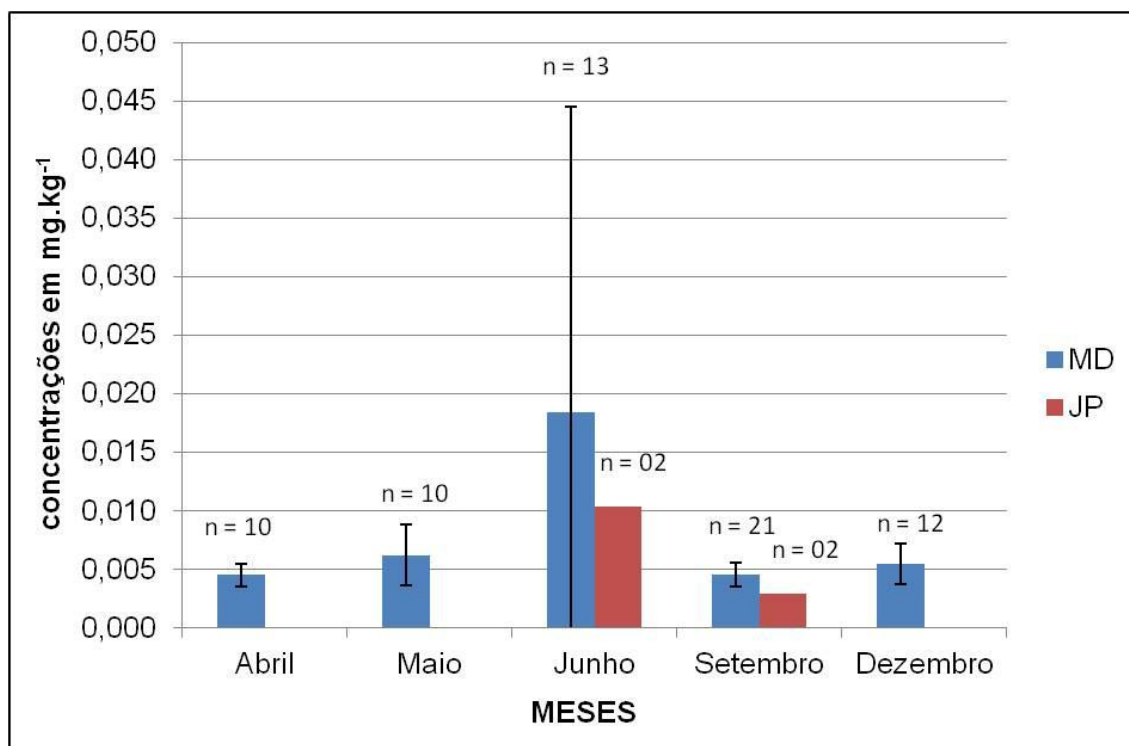


Figura VIII.1: Concentrações de Hg-T (mg/kg⁻¹) em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira e rio Jaci Paraná ao longo de 2012 (período de pós-enchimento do reservatório). **Legenda:** MD-Rio Madeira; JP-Rio Jaci Paraná; n - número de macrófitas amostradas.

Dentre os cinco períodos amostrados destaca-se o mês de junho que teve a maior concentração de Hg-T em uma macrófita amostrada no rio Madeira em frente ao igarapé Belmont. Junho foi o único período em que esse banco de macrófitas esteve presente, por isso não foi possível acompanhar a possível evolução das concentrações que podem estar relacionadas a deposição atmosférica proveniente da cidade de Porto Velho ou ao funcionamento de dragas nas proximidades da margem onde esteve localizado esse banco de macrófitas (Longitude 406334,528; Latitude 9046112,878; Zona 20L). Pode-se dizer que apesar dessa concentração ter sido mais elevada que nos demais locais e períodos amostrados, as concentrações de Hg no período de pós-enchimento do reservatório são condizentes com as de áreas não contaminadas.

A fim de investigar a existência de diferenças significativas entre as concentrações de Hg-T entre os rios Madeira e Jaci Paraná foi realizado o teste estatístico de Kruskal-Wallis (K-W) que demonstrou a ausência de diferença significativa entre as concentrações de Hg-T, conforme pode ser verificado pela estatística: K-W = 2,30; gl = 1; p = 0,13; α = 0,05.

A tabela VI.2 e a figura VI.2 apresentam as concentrações médias de Hg-T em *Eichornia crassipes* amostradas nos rios Madeira e Jaci Paraná no período de pré-enchimento (2008, 2009, 2010 e 2011) e pós-enchimento/estabilização (2012) do reservatório. Foi

possível observar que as concentrações médias de Hg-T em macrófitas são bem próximas nos dois períodos e por localidade, mesmo o N amostral tendo sido diferente em certos casos.

Tabela VIII. 2: Estatística descritiva das concentrações de Hg em macrófitas nos períodos de pré e pós-enchimento do reservatório nos rios Madeira (MD) e Jaci Paraná (JP). Valores em mg/kg.

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	DP	n
PRE MD	0,008	0,004	0,012	0,003	09
PRE JP	0,009	0,004	0,014	0,004	06
POS MD	0,008	0,003	0,104	0,013	66
POS JP	0,007	0,003	0,017	0,007	04

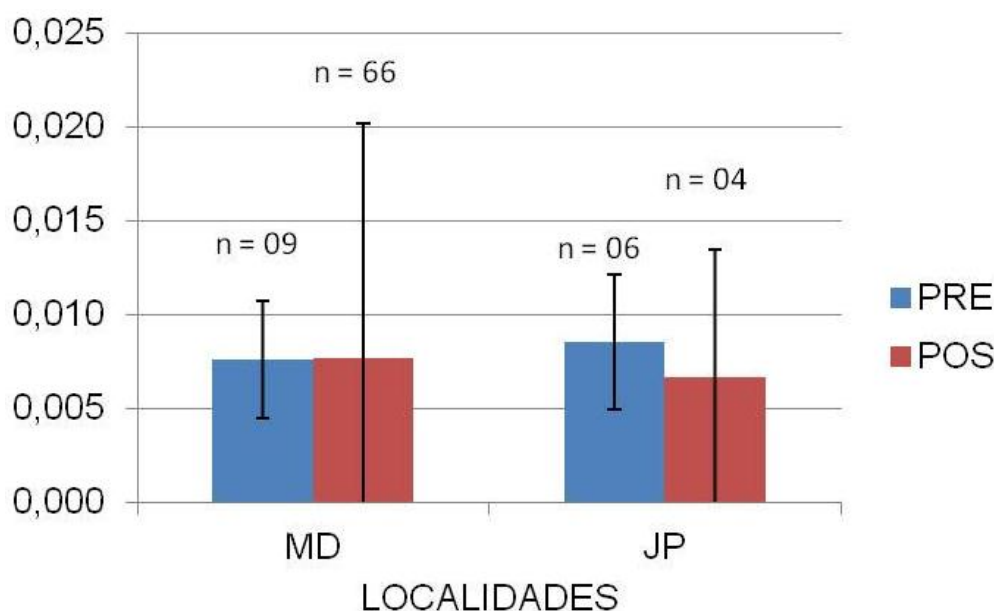


Figura VIII.2: Concentrações de Hg-T (mg/kg) em *Eichornia crassipes* amostradas nos rios Madeira e Jaci Paraná nos períodos de pré e pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio. **Legenda:** MD-Rio Madeira; JP-Rio Jaci Paraná.

A diferença das concentrações de Hg-T de ambos períodos foi verificada através do teste de K-W que demonstrou a existência de diferença significativa dada pela estatística K-W = 5,32; gl = 1; p = 0,02; α = 0,05, conforme pode ser observado na tabela VIII.3 que apresenta as comparações múltiplas pareadas realizadas pelo teste de Dunn. A partir desses resultados pode-se dizer que o Hg presente em *Eichornia crassipes* no pré-enchimento é significativamente diferente do Hg presente em *Eichornia crassipes* no pós-enchimento. Da mesma forma buscou-se verificar a significância das diferenças entre as localidades, entretanto o teste de K-W demonstrou a ausência (K-W = 0,060; gl = 1; p = 0,806; α = 0,05).

Tabela VIII.3: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral.

Amostra	Média das ordenações	n	Soma das ordenações	Grupos
Hg PRE	56,333	15	845,000	A
Hg POS	40,143	70	2810,000	B

Os testes de K-W e as comparações múltiplas de Dunn indicam o possível aumento na concentração de Hg nas macrófitas no pós-enchimento, porém não se pode concluir que esse aumento esteja associado ao efeito barragem, pois pode ser que essa diferença seja em consequência da diferença no *N* amostral ou, ainda, seja algo pontual, portanto é necessário continuar o monitoramento das macrófitas para acompanhar o possível incremento em suas concentrações, pois conforme relata Coelho-Souza et al. (2006) as macrófitas aquáticas desempenham um papel importante no ciclo do Hg, pois suas raízes constituem principal local de formação do metilmercúrio (MeHg).

Sobre as concentrações de elementos-traço em macrófitas aquáticas Olivero & Beatris (1998) encontraram níveis de Hg-T em *Eichornia crassipes* de um pântano que recebe descargas de Hg de uma mina de ouro na Colômbia que variaram de 0,219 a 0,277 mg/kg. Molina et al. (2010) quantificaram concentrações de Hg-T que variaram de 0,064 a 0,102 mg/kg em macrófitas no período de águas altas da planície de inundação do rio Beni. Pode-se perceber que os valores encontrados por Olivero e Beatris (1998) foram superiores aos deste monitoramento, sendo que os de Molina et al. (2010) foram próximos aos do período de pós-enchimento do reservatório em questão. É importante destacar ainda que essas concentrações são superiores as do EIA-RIMA (0,0005–0,0020 mg/kg), mas estão condizentes com as concentrações de áreas não contaminadas.

VI.1. Demais Elementos Traço

A tabela VI. 4 e a figura VI.3 apresentam as concentrações médias de Co, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn e Cu em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira e no rio Jaci Paraná no período do pós-enchimento do reservatório.

Tabela VI.4. Estatística descritiva das concentrações de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn (mg/kg) em macrófitas amostradas ao longo de 2012.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Co MD Abril	2,361	0,167	2,110	2,690	10
Co MD Maio	1,970	0,245	1,552	2,280	10
Co MD Junho	2,004	0,417	1,607	3,086	10
Co JP Junho	1,864	0,255	1,684	2,045	02
Co MD Setembro	1,726	0,187	1,400	2,120	21
Co JP Setembro	1,530	0,127	1,440	1,620	02
Co MD Dezembro	1,603	0,119	1,310	1,720	12
Mn MD Abril	702,480	177,404	470,060	935,150	10
Mn MD Maio	418,961	235,482	123,957	812,486	10
Mn MD Junho	315,660	202,342	45,475	717,530	10
Mn JP Junho	1425,249	146,962	1321,331	1529,167	02
Mn MD Setembro	124,606	120,708	14,770	468,440	21
Mn JP Setembro	998,370	285,869	796,230	1200,510	02
Mn MD Dezembro	160,251	118,541	52,730	427,890	12
Cr MD Abril	0,744	0,167	0,600	1,170	10
Cr MD Maio	1,476	0,111	1,338	1,703	10
Cr MD Junho	0,968	0,111	0,789	1,187	10
Cr JP Junho	0,861	0,094	0,794	0,928	02
Cr MD Setembro	0,912	0,121	0,710	1,220	21
Cr JP Setembro	0,865	0,007	0,860	0,870	02
Cr MD Dezembro	1,527	0,099	1,400	1,730	12
Ni MD Abril	5,181	1,189	3,860	6,750	10
Ni MD Maio	5,668	0,559	4,943	6,707	10
Ni MD Junho	5,505	1,285	3,752	7,976	10
Ni JP Junho	2,527	0,093	2,461	2,593	02
Ni MD Setembro	4,893	1,137	3,520	7,220	21
Ni JP Setembro	2,370	0,170	2,250	2,490	02
Ni MD Dezembro	5,030	1,428	3,450	8,850	12
Pb MD Abril	5,694	0,481	4,790	6,180	10
Pb MD Maio	4,481	0,447	3,718	4,994	10
Pb MD Junho	5,105	0,382	4,563	5,645	10
Pb JP Junho	4,965	0,844	4,368	5,561	02
Pb MD Setembro	5,441	0,519	4,480	6,500	21
Pb JP Setembro	4,630	0,255	4,450	4,810	02
Pb MD Dezembro	5,280	0,263	4,900	5,850	12
Cu MD Abril	10,692	1,362	9,220	13,300	10
Cu MD Maio	8,585	1,258	6,435	10,531	10
Cu MD Junho	8,100	1,110	6,200	9,610	10
Cu JP Junho	3,652	0,604	3,225	4,080	02
Cu MD Setembro	7,103	1,488	4,240	11,190	21
Cu JP Setembro	3,510	0,127	3,420	3,600	02
Cu MD Dezembro	9,659	1,489	7,020	13,200	12
Fe MD Abril	196,417	109,606	108,540	466,440	10

continuação

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Fe MD Maio	216,335	47,487	150,200	310,076	10
Fe MD Junho	165,990	82,907	97,353	391,518	10
Fe JP Junho	117,826	91,064	53,434	182,218	02
Fe MD Setembro	104,998	81,288	36,830	425,230	21
Fe JP Setembro	71,665	94,858	4,590	138,740	02
Fe MD Dezembro	131,633	80,095	34,050	323,130	12
Zn MD Abril	20,361	2,513	16,130	25,080	10
Zn MD Maio	20,500	3,112	15,959	24,736	10
Zn MD Junho	13,406	2,974	9,680	19,748	10
Zn JP Junho	32,880	8,208	27,076	38,683	02
Zn MD Setembro	16,218	4,057	7,910	22,580	21
Zn JP Setembro	59,765	30,554	38,160	81,370	02
Zn MD Dezembro	20,223	11,117	13,700	55,060	12

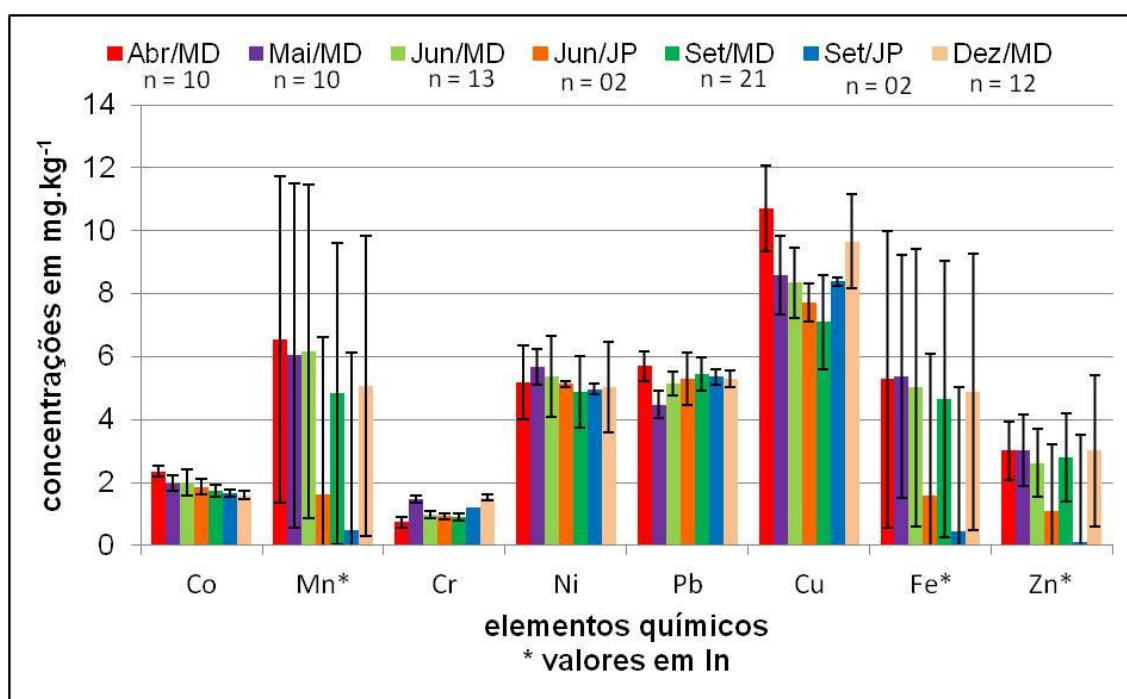


Figura VI.3. Concentrações de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn (mg/kg^{-1}) em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira e rio Jaci Paraná ao longo de 2012. *ln: logaritmo natural.

Dentre as concentrações dos elementos químicos investigados, Fe e Mn apresentaram maior variação entre as médias. O teste de K-W demonstrou a existência de diferença significativa entre as concentrações de Mn, Ni, Cu e Zn, conforme pode ser verificado nas tabelas VI.5, VI.6, VI.7 e VI.8, e apresentado, respectivamente, pelas estatísticas: K-W =

10,25; gl = 1 p = 0,001; K-W = 11,12; gl = 1; p = 0,001; K-W = 11,12; gl = 1; p = 0,001; K-W: 10,60; gl = 1; p= 0,001.

Tabela VIII.5: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Mn / Teste bilateral. Valores em mg/kg.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Mn MD	63	2021,000	32,079	A
Mn JP	04	257,000	64,250	B

Tabela VIII.6: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Ni / Teste bilateral. Valores em mg/kg.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Ni JP	04	10,000	2,500	A
Ni MD	63	2268,000	36,000	B

Tabela VIII.7: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Cu / Teste bilateral. Valores em mg/kg.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Cu JP	04	10,000	2,500	A
Cu MD	63	2268,000	36,000	B

Tabela VIII.8: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Zn / Teste bilateral. Valores em mg/kg.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Zn MD	63	2019,000	32,048	A
Zn JP	04	259,000	64,750	B

Em síntese, o teste de K-W e o teste bilateral de Dunn demonstram Mn, Ni, Cu e Zn como elementos que estão presentes em concentrações significativamente diferentes entre os rios Madeira e Jaci Paraná ao longo de 2012. É necessário investigar as possíveis causas dessas diferenças.

VI.2 COMPARAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE Co, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn e Cu REALIZADAS PARA OS PERÍODOS DE PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

A tabela VI.9 e a figura VI.4 apresentam as concentrações médias de Co, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn e Cu em *Eichornia crassipes* amostradas nos rios Madeira e Jaci Paraná nos períodos de pré e pós-enchimento do reservatório.

Tabela VI. 9. Estatística descritiva das concentrações de Co, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn e Cu em macrófitas nos períodos de pré e pós enchimento/estabilização do reservatório nos rios Madeira e Jaci Paraná. Valores em mg/kg.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Co MD PRE	3,05	3,95	0,09	10,00	05
Mn MD PRE	1763,97	2281,49	47,14	5686,60	05
Cr MD PRE	4,73	4,31	1,44	10,18	05
Ni MD PRE	8,23	8,27	0,92	22,50	05
Pb MD PRE	6,15	5,86	1,37	16,27	05
Cu MD PRE	12,33	15,30	0,30	38,66	05
Fe MD PRE	901,69	1404,00	0,34	3384,08	05
Zn MD PRE	25,27	12,63	12,36	40,47	05
Co MD POS	1,89	0,34	1,31	3,09	63
Mn MD POS	300,17	261,54	14,77	935,15	63
Cr MD POS	1,10	0,33	0,60	1,73	63
Ni MD POS	5,19	1,16	3,45	8,85	63
Pb MD POS	5,24	0,57	3,72	6,50	63
Cu MD POS	8,55	1,87	4,24	13,30	63
Fe MD POS	151,94	90,47	34,05	466,44	63
Zn MD POS	17,87	6,18	7,91	55,06	63
Co JP PRE	5,35	5,37	1,55	9,15	02
Mn JP PRE	4725,70	4756,08	1362,64	8088,75	02
Cr JP PRE	4,85	5,14	1,22	8,49	02
Ni JP PRE	7,15	6,36	2,65	11,65	02
Pb JP PRE	11,12	11,21	3,19	19,05	02
Cu JP PRE	13,05	13,18	3,73	22,38	02
Fe JP PRE	566,70	649,48	107,45	1025,95	02
Zn JP PRE	30,89	31,38	8,71	53,08	02
Co JP POS	1,70	0,25	1,44	2,04	04
Mn JP POS	1211,81	308,51	796,23	1529,17	04
Cr JP POS	0,86	0,05	0,79	0,93	04
Ni JP POS	2,45	0,14	2,25	2,59	04
Pb JP POS	4,80	0,54	4,37	5,56	04
Cu JP POS	3,58	0,37	3,23	4,08	04
Fe JP POS	94,75	80,46	4,59	182,22	04
Zn JP POS	46,32	23,97	27,08	81,37	04

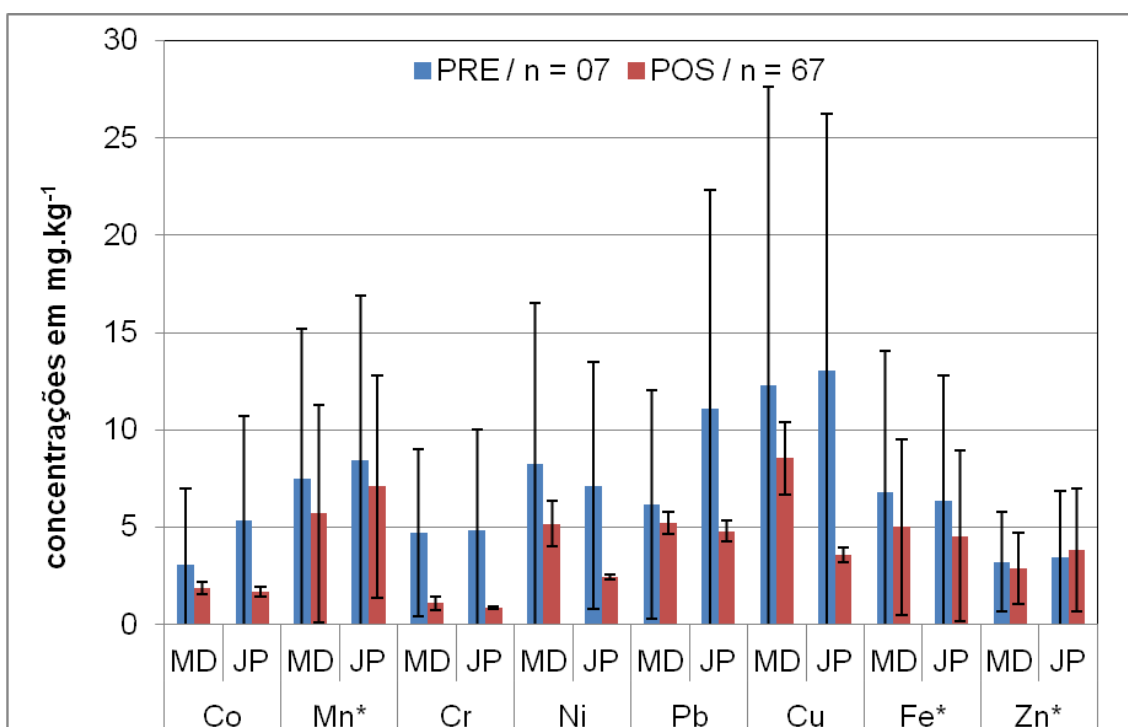


Figura VI.4. Concentrações de Co, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn e Cu (mg/kg^{-1}) em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira e Jaci Paraná nos períodos de pré e pós-enchimento/estabilização do reservatório. * Valores de Mn, Fe e Zn em ln.

A estatística do teste de K-W mostra que não existe diferença significativa entre as concentrações de Co, Ni, Pb, Cu e Zn ($K-W = 0,03$; $gl = 1$; $p = 0,86$; $K-W = 1,05$; $gl = 1$; $p = 0,30$; $K-W = 0,77$; $gl = 1$; $p = 0,38$; $K-W = 0,00$; $gl = 1$; $p = 0,98$; $K-W = 0,56$; $gl = 1$; $p = 0,45$) (todos com $\alpha = 0,05$) entre os períodos de pré e pós-enchimento do reservatório, dessa forma pode-se dizer que não há alteração nas concentrações desses metais no sistema após o barramento do rio.

Os elementos traço Mn ($K-W = 7,03$; $gl = 1$; $p = 0,01$), Cr ($K-W = 12,78$; $gl = 1$; $p = 0,00$), e Fe ($K-W = 3,87$; $gl = 1$; $p = 0,05$) (todos com $\alpha = 0,05$) apresentam diferenças significativas em suas concentrações em ambos os períodos de amostragem havendo a formação de grupos, conforme pode ser observado nas tabelas VI.10, VI.11, VI.12 e VI.13.

Tabela VI.10. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Mn/ Teste bilateral.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Mn PRE	07	406,000	58,000	A
Mn POS	67	2369,000	35,358	B

Tabela VI.11: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Cr/ Teste bilateral.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Cr PRE	07	456,000	65,143	A
Cr POS	67	2319,000	34,612	B

Tabela VI.12: Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn para o elemento Fe/ Teste bilateral.

Amostra	N	Soma das ordenações	Média das ordenações	Grupos
Fe PRE	07	369,000	52,714	A
Fe POS	67	2406,000	35,910	B

As diferenças significativas nas concentrações de Mn, Cr e Fe mostram uma diminuição na concentração destes elementos no período de pós-enchimento. De uma forma geral, as macrófitas apresentaram concentrações de Co, Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Fe e Mn condizentes com as de áreas não contaminadas, entretanto, é importante destacar que as concentrações médias encontradas são superiores as do EIA-RIMA (Cu= 8,87 mg/kg; Cr= 0,64 mg/kg; Zn= 25,26 mg/kg e Mn= 321,41 mg/kg. Em folhas de *Eichornia crassipes* Pfeiffer (1986) encontrou concentrações médias Pb, Cr, Cu e Zn inferiores as quantificadas para o período de pré-enchimento e em alguns casos (Pb e Cr) superiores para o período de pós-enchimento do reservatório da UHE-Santo Antônio (2,6 - 5,2 mg/kg; 0,6 - 1,6 mg/kg; 5,3 - 10,4 mg/kg e 70 - 100,9 mg/kg, respectivamente).

VI. 3. MeHg

As concentrações de MeHg em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira estão apresentadas na tabela VI.13 e na figura VI.6. Foi possível observar que os maiores valores de MeHg foram encontrados no mês de junho, entretanto vale ressaltar que essas concentrações estão condizentes com as de áreas não contaminadas.

Tabela VI.13. Estatística descritiva das concentrações de MeHg (mg/kg) em macrófitas no rio Madeira e Jaci Paraná amostradas ao longo de 2012.

Meses	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	n
Abril	0,0013	0,0014	0,0001	0,0045	10
Mai	0,0006	0,0003	0,0003	0,0011	10
Junho	0,0074	0,0038	0,0022	0,0142	12
Setembro	0,0002	0,0003	0,0000	0,0010	21

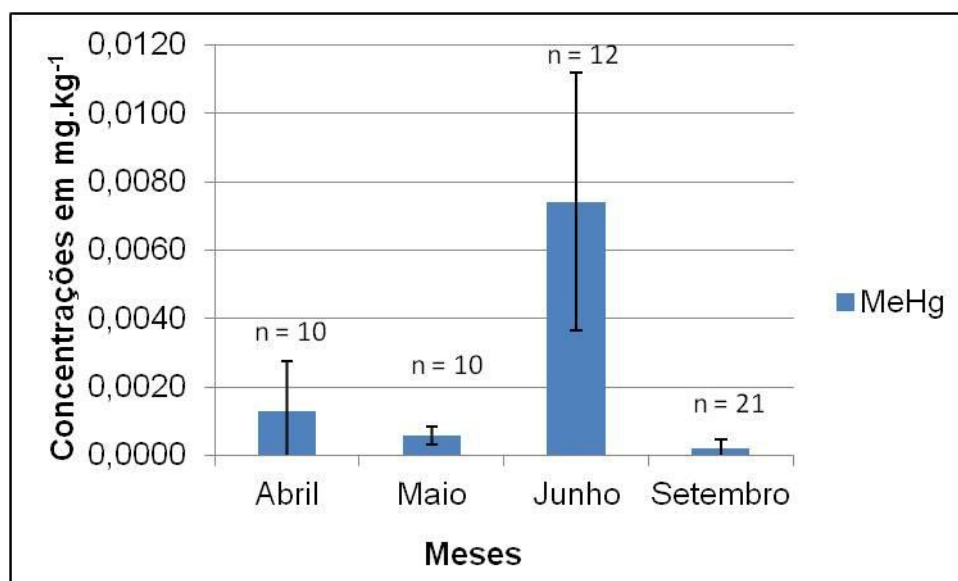


Figura VI.6: Concentrações de MeHg (mg/kg) em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira ao longo de 2012 (período de pós-enchimento do reservatório).

VII. PLÂNCTON (PL)

VII.1. Resultados

O fitoplâncton e o zooplâncton têm sido utilizados em diversos estudos sobre a biogeoquímica do mercúrio uma vez que pequenas alterações na bioacumulação do Hg pelo fitoplâncton podem ter implicações significativas na biomagnificação do Hg no sistema aquático como um todo (Carroll et al., 2011). A amostragem de plâncton (zooplâncton e fitoplâncton) foi realizada nos ambientes lênticos formados pelo reservatório como o Rio Jaci-Paraná, Igarapé Jatuarana e Rio Branco.

As concentrações de mercúrio e metilmercúrio (mg/kg) no plâncton na fase de pós-enchimento estão expostas nas tabelas VII.1 a VII.3.

Tabela VII.1. Concentração de mercúrio (Hg) e metilmercúrio (MeHg) no Fitoplâncton (rede 25 μ m) no período de pós-enchimento. Os valores estão expressos em mg/kg.

Tributários	Dez/11		Mar/12		Jun/12		Set/12		Dez/12	
	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg
RBR	-	-	0,105	0,003	-	0,002	-	-	-	-
JAT 1	0,085	-	0,101	-	-	0,045	0,136	0,064	0,118	-
J 01	0,079	-	0,118	-	-	0,014	0,127	0,013	0,093	-
J 02	0,069	-	0,116	-	-	0,06	0,028	0,001	0,090	-
Média	0,077	-	0,110	0,003	-	0,03	0,097	0,029	0,100	-
n	3	-	4	-	-	4	3	3	3	-

Tabela VII.2. Concentração de mercúrio (Hg) e metilmercúrio (MeHg) no Zooplâncton (rede 70 μ m) no período de pós-enchimento. Os valores estão expressos em mg/kg.

Tributários	Dez/11		Mar/12		Jun/12		Set/12		Dez/12	
	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg
RBR	-	-	0,114	0,0035	-	0,003	-	-	-	-
JAT 1	0,074	-	0,083	-	-	0,061	0,155	0,081	0,105	-
J 01	0,124	-	0,158	-	-	0,034	0,114	0,015	0,101	-
J 02	0,136	-	0,087	0,009	-	0,059	0,017	0,009	0,091	-
Média	0,111	-	0,11	0,006	-	0,039	0,096	0,035	0,099	-
n	3	-	4	2	-	4	3	3	3	-

Tabela VII.3. Concentração de mercúrio (Hg) e metilmercúrio (MeHg) no Zooplâncton (rede 160 µm) no período de pós-enchimento. Os valores estão expressos em mg/kg.

Tributários	Dez/11		Mar/12		Jun/12		Set/12		Dez/12	
	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg	HgT	MeHg
RBR	-	-	0,101	0,006	-	0,006	-	-	-	-
JAT 1	-	-	0,322	0,227	-	-	0,150	0,092	0,133	-
J 01	-	-	0,157	-	-	0,075	0,114	0,045	0,119	-
J 02	-	-	0,096	-	-	0,073	0,017	0,009	0,088	-
Média	-	-	0,169	0,116	-	0,051	0,094	0,048	0,113	-
n	-	-	4	2	-	3	3	3	3	-

A figura VII.1 apresenta os valores médios de Hg-T no fitoplâncton (25µm) das amostragens realizadas de maio de 2009 a setembro de 2012.

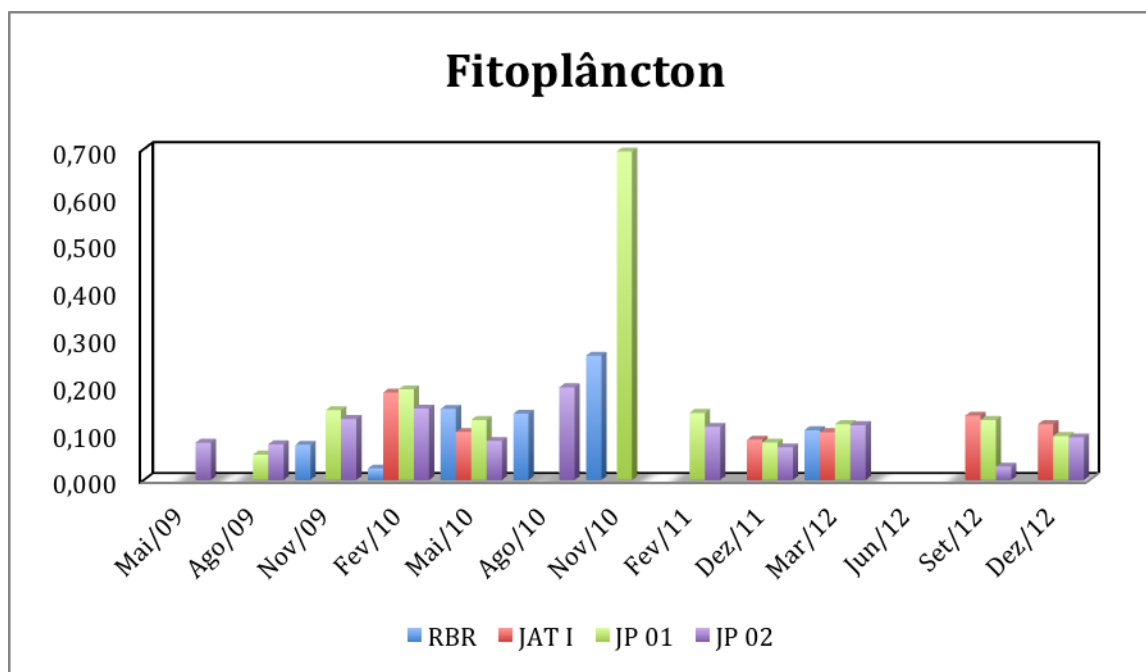


Figura VII.1. Concentração média de Hg-T no fitoplâncton nos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

As figuras VII.2 e VII.3 apresentam os valores médios de Hg-T no zooplâncton (rede 70 µm e rede 160 µm) das amostragens realizadas de maio de 2009 a setembro de 2012.

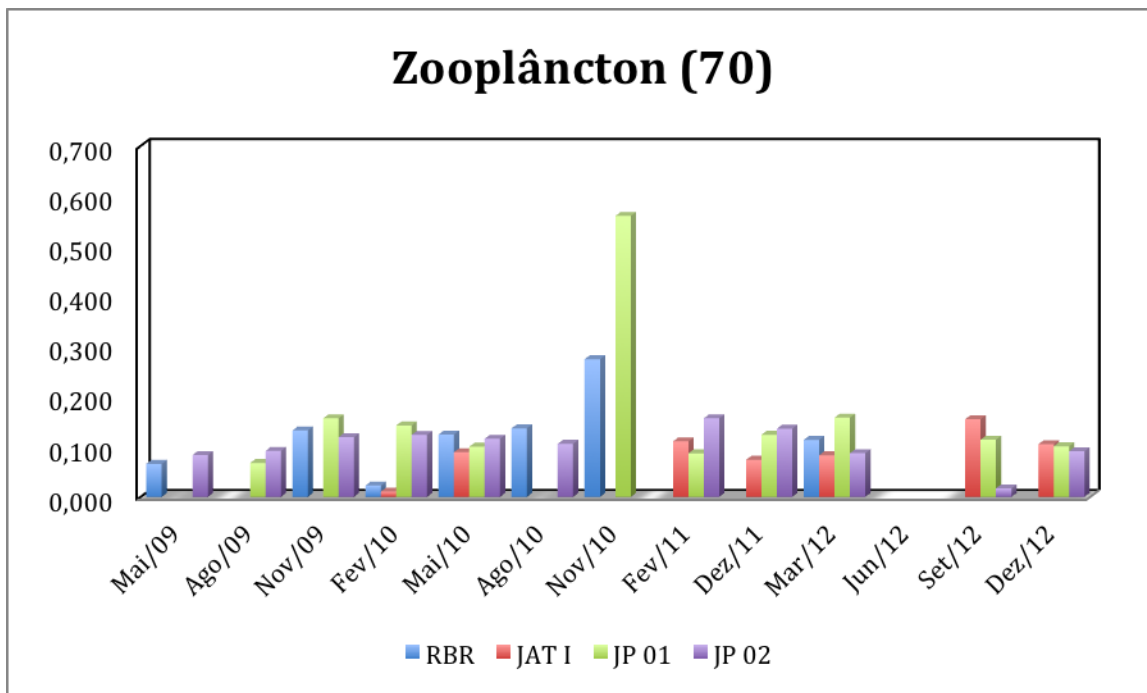


Figura VII.2. Concentração média de Hg-T no zooplâncton (70µm) nos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

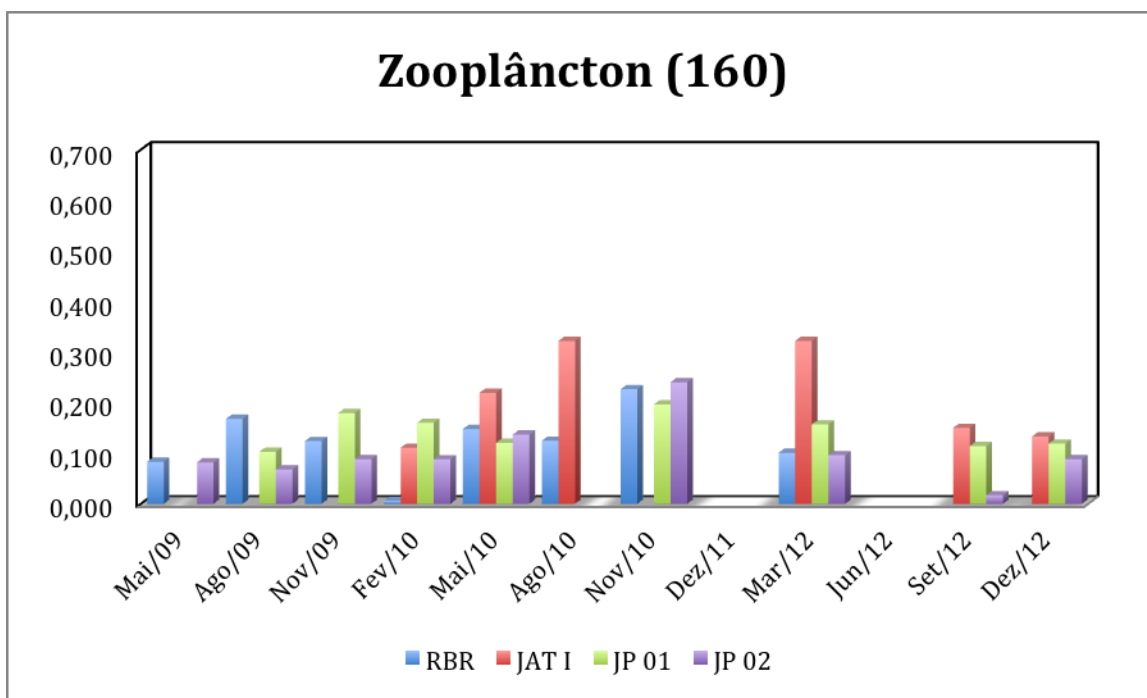


Figura VII.3. Concentração média de Hg-T no zooplâncton (160µm) nos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

Não foi observada diferença significativa quando comparadas as médias do plâncton no pré e pós-enchimento (tabela VII.4). A figura VII. 4 ilustra a concentração de metilmercúrio ao longo da cadeia alimentar planctônica, evidenciando que não há diferença

estatística entre os níveis tróficos, não sendo caracterizada a biomagnificação envolvendo os componentes do plâncton.

Tabela VII.4. Comparação entre as concentrações médias de mercúrio total no pré e pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio. Os valores estão expressos em mg/kg.

	Pré-Enchimento			Pós-Enchimento			Significância
	Média	DP	n	Média	DP	n	
Fitoplâncton	0,156	0,139	20	0,097	0,031	11	0,1784
Zooplâncton (70)	0,131	0,109	22	0,106	0,040	11	0,4707
Zooplâncton (160)	0,143	0,071	21	0,134	0,087	8	0,7663

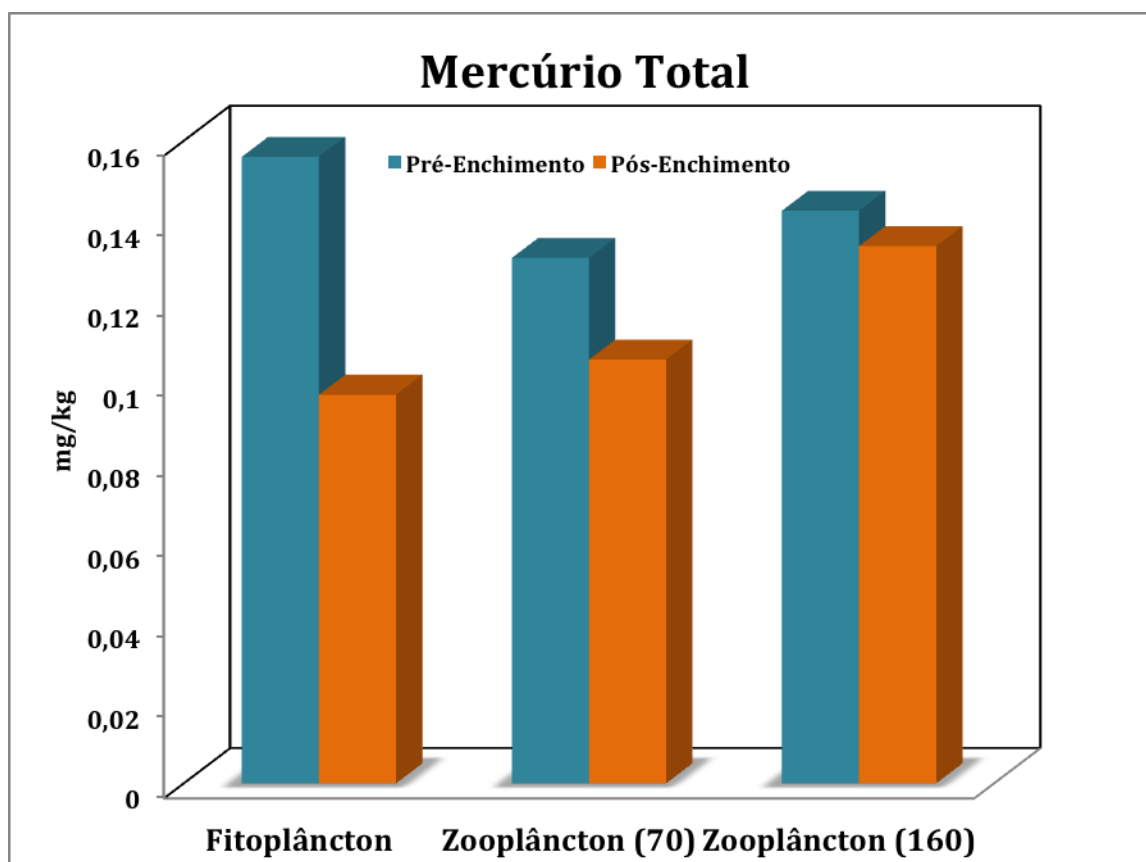


Figura VII.4. Concentração de mercúrio ao longo da cadeia alimentar planctônica nos períodos de pré-enchimento (PRÉ) e pós-enchimento (PÓS) da reservatório da UHE Santo Antônio.

VII.2. Considerações

- Até o momento, tanto o fito quanto zooplâncton (70 e 160) não apresentaram variações nas concentrações de Hg-T na fase de pós-enchimento quando comparadas com as concentrações encontradas no pré-enchimento;
- Não foi observada diferença estatística entre os níveis tróficos da cadeia planctônica, desse modo não caracterizando a biomagnificação.

VIII. CANTEIRO DE OBRAS (CO)

VIII. Monitoramento de Hg na Área de Movimentação de Terras

Amostras de sedimento, solos e fragmentos de rochas foram coletadas no período de Março a Dezembro de 2012 no canteiro de obras da UHE Santo Antônio (Margens Esquerda e Direita). A tabela VIII.1 descreve as datas e os locais dessas amostragens.

Tabela VIII.1. Datas das amostragens no Canteiro de Obras UHE Santo Antônio.

Descrição das atividades realizadas	Data
Coleta na margem direita ensecadeiras	29/03/2012
Coleta margem esquerda ensecadeiras e no igapó	27/04/2012
Coleta margem esquerda ensecadeiras e igapó	30/05/2012
Coleta margem esquerda ensecadeiras e igapó	30/07/2012
Coleta na margem esquerda ensecadeiras	31/08/2012
Coleta na margem esquerda ensecadeiras	17/09/2012
Coleta margem esquerda ensecadeiras, áreas de escavação e de bota fora	29/10/2012
Coleta na margem esquerda em áreas de bota fora e no engenho velho	26/11/2012
Coleta margem esquerda ensecadeiras e no igapó	18/12/2012

As figuras VIII.1 e VIII.2 ilustram a localização dos pontos amostrais nas margens direita e esquerda do rio Madeira no canteiro de obras da UHE Santo Antônio, respectivamente.

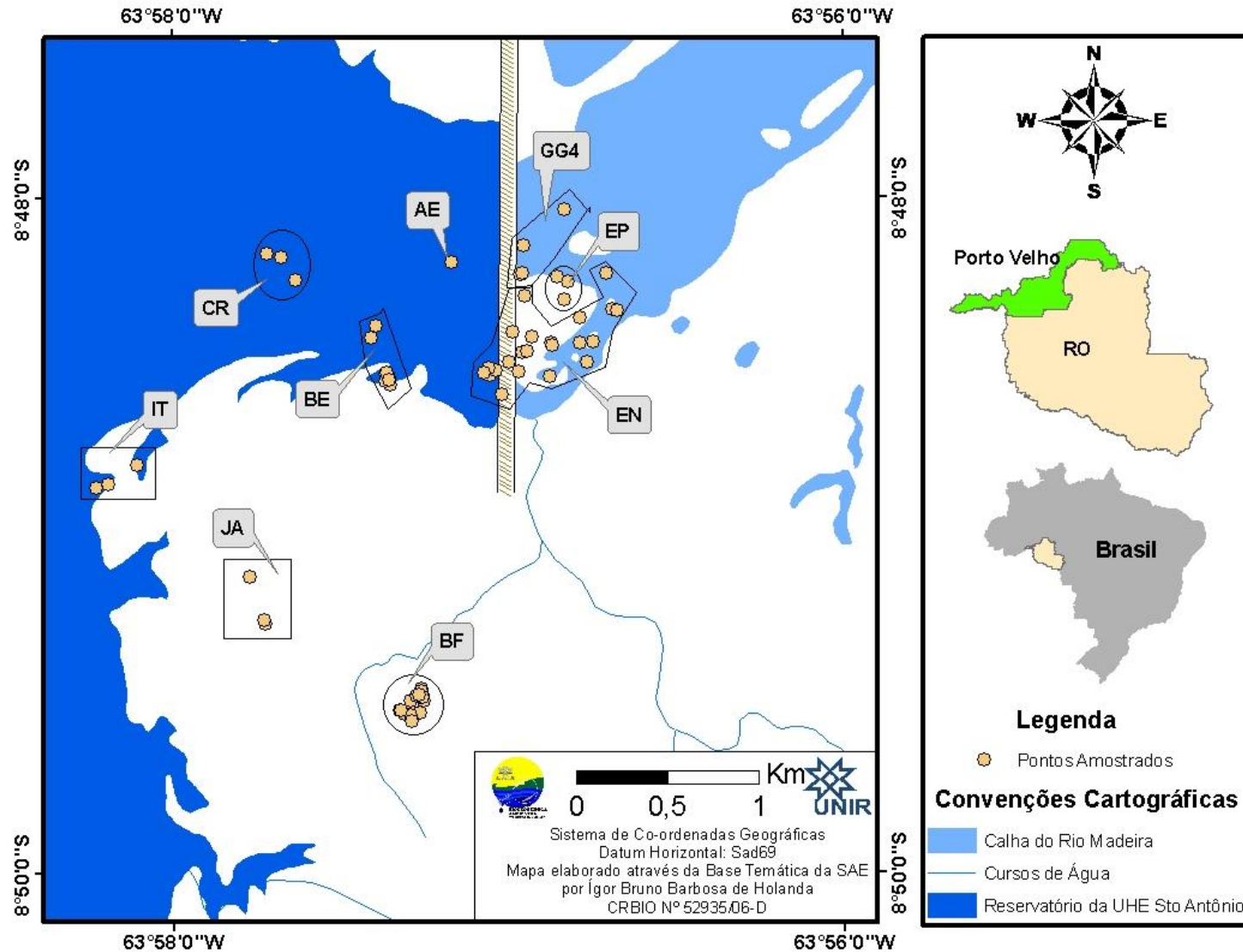


Figura VIII.1. Localização dos pontos de coleta na margem direita do rio Madeira. Legenda: EP = escadaria de peixes; GG4 = ensecadeira GG4; BE = bota-espera; AE = área de escavação; EN = ensecadeira; CR = caixa de rejeito; IT = interceptor de tronco; JA = jazida de argila.

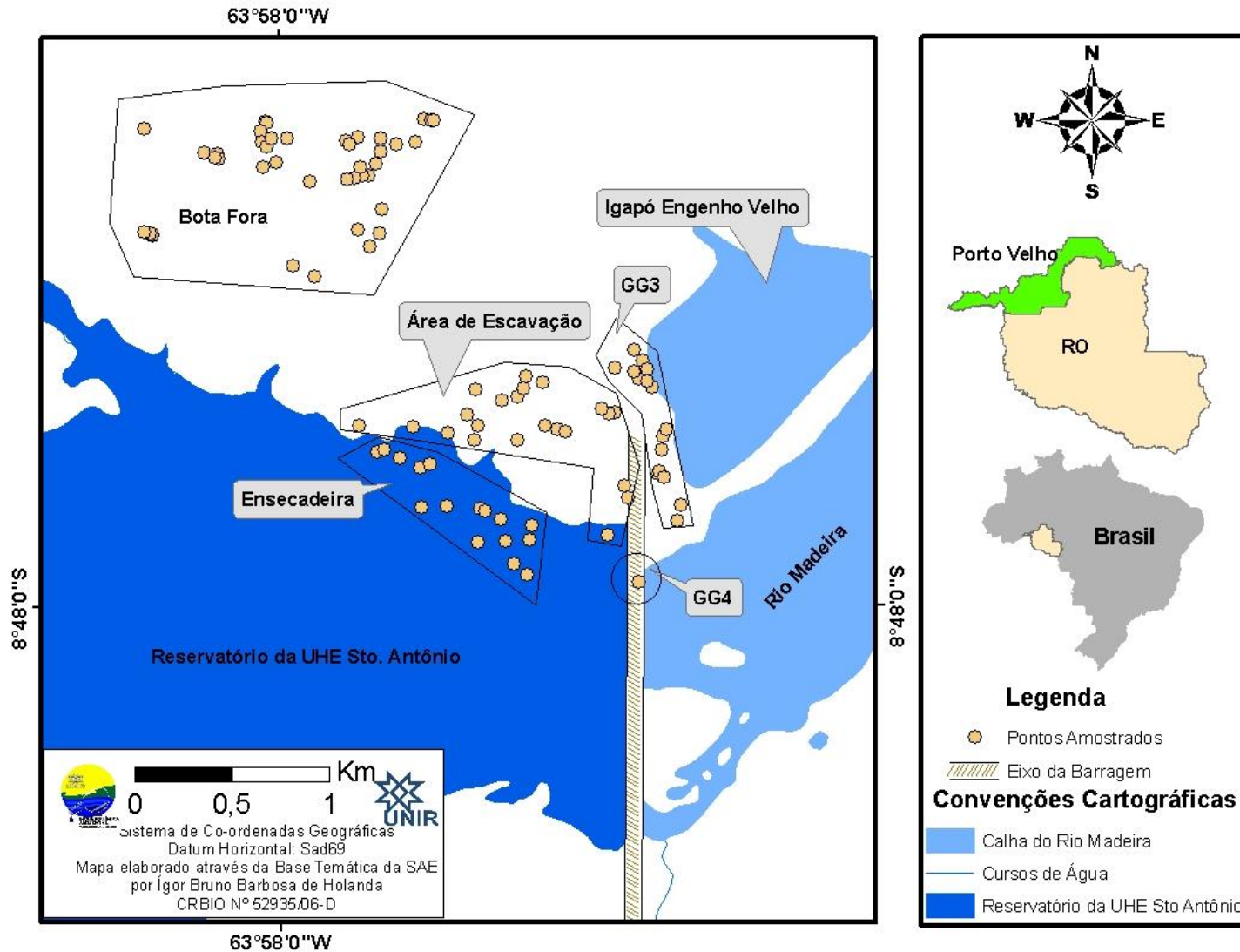


Figura VIII.2. Localização da área de estudo na margem esquerda do rio Madeira. Legenda: GG3 = ensecadeira GG3; GG4 = ensecadeira GG4.

A tabela VIII.2 apresenta os períodos de coleta e os resultados das concentrações médias de Hg-T nos sedimentos, solos e fragmentos de rochas amostrados no Canteiro de Obras (Figura VIII.4). Os valores de Hg-T encontrados no canteiro de obras foram comparados com os valores encontrados no rio Madeira no EIA/RIMA em 2004.

Tabela VIII.2. Períodos das coletas e concentrações médias de Hg em mg/kg encontrados nos sedimentos, solos e fragmentos de rochas coletados no Canteiro de Obras.

Data de Coleta	Hg-T (mg/kg)	D.P.	N
Mar/2012	0,043	0,004	03
Abr/2012	0,030	0,016	13
Mai/2012	0,025	0,017	12
Jul/2012	0,045	0,039	38
Ago/2012	0,048	0,047	08
Set/2012	0,076	0,055	11
Out/2012	0,046	0,008	05
Nov/2012	0,021	0,021	12
Dez/2012	0,031	0,058	08
MÉDIA	0,041	0,029	44
Mín - Máx.	0,021 – 0,076		
EIA-RIMA	0,048 – 0,085		

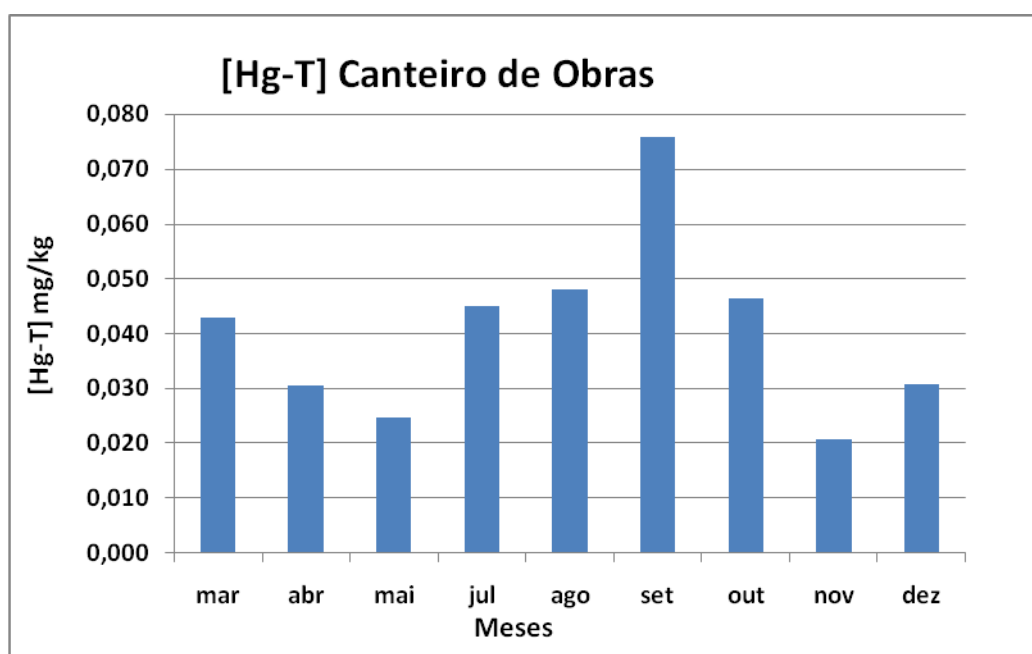


Figura VIII.4. Concentrações médias de Hg-T (mg/kg) encontrados nos sedimentos, solos e fragmentos de rochas coletados no Canteiro de Obras ao longo dos meses das escavações.

VIII.2. Demais Elementos Traço

Além da avaliação de mercúrio, foram analisados os seguintes elementos traço: Cobalto, Manganês, Cromo, Níquel, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco (Tabela VIII.3). Estudo realizado por Lacerda et al (1990) mostra que as concentrações dos elementos traço em sedimentos superficial no rio Madeira são altamente variáveis. Esta variação ocorre devido a natureza do material transportado pelo rio que compõe o sedimento marginal do rio Madeira e que pode ter sido depositada nas áreas de abrangência do canteiro de obras.

Tabela VIII.3. Períodos das coletas e concentrações médias dos metais traço encontrados nos sedimentos, solos e fragmentos de rochas coletados na **margem esquerda** do rio Madeira no Canteiro de Obras.

Período	Co (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Mar/2012	11,92	269,97	13,30	24,62	18,81	23,23	13604,18	28,13
Abr/2012	6,48	111,78	4,83	10,64	10,37	16,73	22884,11	41,78
Mai/2012	3,50	35,08	4,91	7,36	15,27	4,45	50374,80	35,51
Jul/2012	3,41	33,64	5,99	5,39	12,56	9,20	20052,35	16,93
Ago/2012	5,93	118,42	8,03	11,22	16,08	12,55	20718,25	44,30
Set/2012	3,01	44,84	6,16	5,44	14,22	10,71	18027,98	18,89
Out/2012	6,38	59,02	9,00	12,03	13,57	12,93	15718,55	57,08
Nov/2012	2,23	52,40	8,71	4,92	13,11	9,23	23102,13	30,50
Dez/2012	2,93	57,81	8,19	5,83	12,61	7,58	25421,38	32,15
MÉDIA	5,09	86,99	7,68	9,72	14,07	11,85	23322,64	33,92
CETESB	ND	ND	37-90	18-36	35-91	36-197	ND	123-315

VIII.3. Considerações

- Os valores observados nestes três períodos amostrais estão abaixo dos valores de referência para estes elementos traço nos sedimentos de fundo, solos e fragmentos de rocha;
- Os resultados obtidos demonstraram que a área do canteiro de obras apresenta resultados médios de Hg-T abaixo dos valores encontrados no EIA/RIMA em 2004. Não se confirmando, portanto, a hipótese em se encontrar bolsões de Hg metálico na fase líquida na área das escavações;
- Para os demais elementos traço avaliados, os valores estão todos dentro dos padrões de referência da CETESB para sedimentos.

IX. CROCODILIANOS E QUELÔNIOS

A tabela IX. 1 e a figura IX.1 apresentam as concentrações médias de Hg-T em 19 amostras de jacarés coletados no período do pós-enchimento/estabilização do reservatório UHE-Santo Antônio. Dezesseis dos espécimes foram amostrados pelo Programa de Monitoramento de Répteis nas seguintes localidades: rio Cautário, Costa Marques, Cuniã, Guajará Mirim e Guaporé. Três indivíduos foram amostrados por meio de captura acidental no rio Madeira. Dentre as espécies amostradas estão *Caiman crocodilos yacare* (jacaré do pantanal ou jacaré piranha, n = 18) e *Melanosuchus niger* (jacaré açu, n = 01).

Tabela IX.1: Concentrações de Hg-T em jacarés referentes ao período de pós-enchimento/estabilização.

CÓDIGO DE LABORATÓRIO	LOCALIDADES	MÉDIA (mg/kg)	DP
JCJP 32125	Jaci Paraná	1,291	0,124
JCRC 32126	Rio Cautário	0,129	-
JCRC 32127	Rio Cautário	0,384	-
JCRC 32128	Rio Cautário	0,130	-
JCRC 32129	Rio Cautário	0,110	-
JC 32130		0,032	-
JCGM 32131	Guajará Mirim	0,108	-
JCGM 32132	Guajará Mirim	0,091	-
JCGM 32133	Guajará Mirim	0,101	-
JCGM 32134	Guajará Mirim	0,055	-
JCGM 32135	Guajará Mirim	0,132	-
JCCN 32136	Igarapé Cuniã	0,494	0,009
JCGM 32137	Guajará Mirim	0,143	-
JCGM 32138	Guajará Mirim	0,102	-
JCGM 32139	Guajará Mirim	0,155	-
JCCM 32140	Costa Marques	0,195	-
JCCM 32141	Costa Marques	0,079	-
JCGP 32142	Rio Guaporé	0,124	-
JCMD 32207	Rio Madeira	0,220	0,045
JCMD 32292	Rio Madeira	0,617	0,048
JCMD 32293	Rio Madeira	0,865	0,020
Média Geral		0,265	0,314

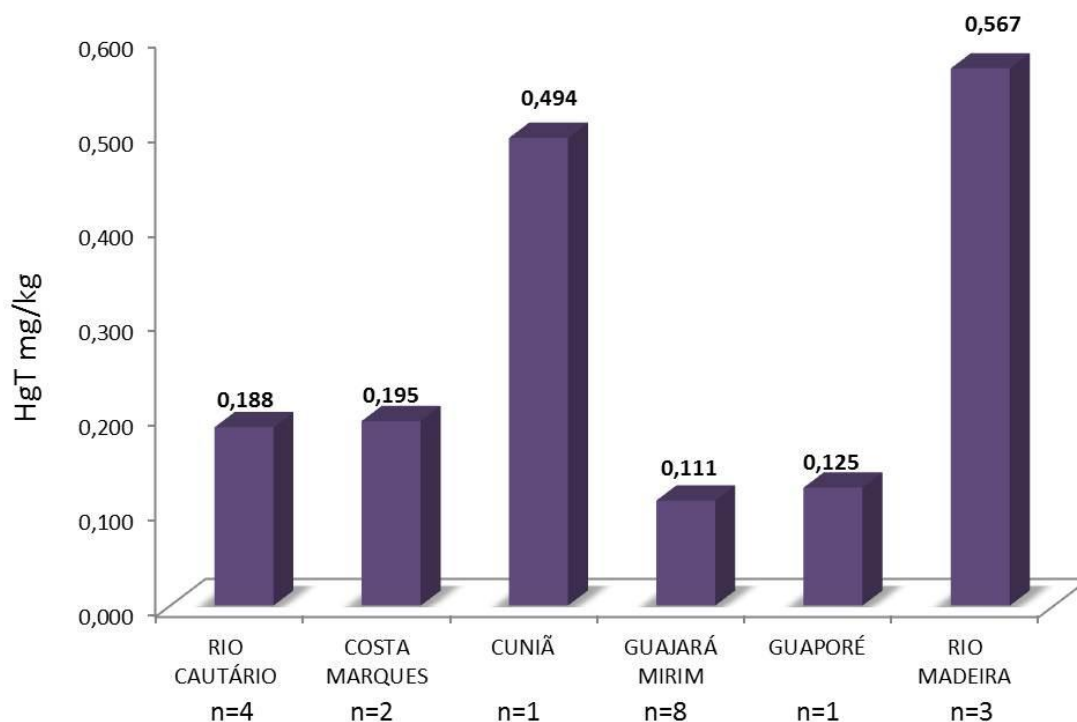


Figura: IX. 1: Concentrações de Hg em jacarés amostrados ao longo das estações de monitoramento.

Pode-se observar que 4 amostras (1 de Cuniã e 3 do rio Madeira) apresentam valores de Hg-T em jacarés acima do limite estabelecido pela OMS que é de $0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$. No entanto, apenas um indivíduo ultrapassa a Legislação ANVISA para consumo humano (JCJP-32125 com $1,291 \text{ mg.kg}^{-1}$ – não plotado na figura IX.1), que estabelece $1,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ para espécies de peixes predadores. Apesar desse fato, pode-se dizer que essas concentrações estão condizentes com o esperado para jacarés, ao considerar seu hábito alimentar e o fenômeno de biomagnificação do Hg ao longo da cadeia alimentar. Entretanto, é importante destacar que o número de jacarés amostrados ainda é pequeno e que providências já foram tomadas visando ampliar o **n** amostral.

Com relação aos quelônios, é importante relatar a dificuldade em encontrar indivíduos passíveis para amostragem e que podem ser utilizados para fins de comparações estatísticas. Além disso a experiência adquirida pelo grupo ao longo do tempo através de estudos realizados com a população ribeirinha revelam que a grande maioria dessas pessoas não assumem que consomem tais alimentos, o que impossibilita avaliar a exposição ao Hg pelo seu consumo.

X. MACROINVERTEBRADOS

Foram realizadas diversas tentativas de captura durante o período de pós-enchimento/estabilização do reservatório, entretanto foi identificada grande dificuldade na obtenção de espécimes. O emprego de diferentes métodos de amostragem (rede de arraste, peneiramento da vegetação marginal e armadilhas), sempre obteve resultados negativos. Essa mesma tendência foi observada no período de águas altas durante o pré-enchimento, onde os locais habituais de captura estavam submersos (zona litorânea e “praias”). Dessa forma não foi possível realizar comparações estatísticas entre as concentrações de Hg em macroinvertebrados entre os períodos de pré e pós-enchimento do reservatório.

XI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ No presente monitoramento até o momento, foi possível observar que durante o período de pré-enchimento a concentração de metilmercúrio dissolvido na água no período de águas altas foi maior que no período de águas baixas. Entretanto, não há diferença significativa entre as concentrações de metilmercúrio dissolvido ao compararmos as fases de pré e pós-enchimento nos tributários e do rio Madeira, sendo que os maiores valores foram encontrados no período de águas altas da fase de pré-enchimento. As concentrações de Hg-T e Me-Hg nas águas do Rio Madeira e Tributários durante todo o monitoramento não ultrapassaram o valor de referência da legislação vigente CONAMA de 200ng/L;
- ✓ Com relação as concentrações de elementos traço no rio Madeira e Tributários no material particulado em suspensão (MPS) do período de pré e pós-enchimento foi possível observar que: i) com exceção do Co, a média do pós-enchimento dos elementos traço monitorados foi significativamente superior a média do pré-enchimento; ii) as maiores médias foram encontradas nos Tributários no período de pós-enchimento; iii) para o Hg, Co, Cu e Zn, o mês de setembro de 2012 (pós-enchimento) apresentou as maiores médias quando comparados aos demais períodos amostrados. O Cromo apresentou a maior média no mês de dezembro de 2012 e o Pb apresentou a maior média em março de 2012, com uma diminuição significativa ao longo do monitoramento da fase de pós-enchimento;
- ✓ Com relação as concentrações de elementos traço no rio Madeira e Tributários no sedimento de fundo (SD) do período de pré e pós-enchimento foi possível observar que: i) não foi encontrada diferença significativa entre o pré e o pós-enchimento para o Hg, Mn, Cu, Ni e Co; ii) Com relação ao Fe, Zn e Cr foi observado que as

concentrações do pré-enchimento foram superiores as concentrações do pós-enchimento; iii) O Pb foi o único elemento traço que apresentou aumento no pós-enchimento, apresentando o seu maior valor nos tributários nos mês de março de 2012, com diminuição na sua concentração nos meses seguintes. Todos os metais pesados durante o monitoramento apresentaram valores abaixo do preconizado pela legislação vigente (CONAMA 420);

- ✓ Nos peixes, de um modo geral, as concentrações de Hg no período do pré-enchimento ainda são mais elevadas do que as do pós-enchimento devido ao número de amostras analisadas do pré ser superior ao do pós-enchimento. Os hábitos alimentares piscívoro, onívoros e planctívoros das espécies selecionadas, apresentaram as maiores concentrações de Hg com níveis superiores aos estabelecidos pela ANVISA (0,50mg/kg para espécies não predadoras e 1,00mg/kg para espécies predadoras). Os peixes apresentam diferenças das concentrações de Hg relacionadas ao sexo, tendo algumas espécies maiores concentrações nos macho e outras maiores concentrações nas fêmeas. As espécies que apresentaram as maiores concentrações de Hg no pré-enchimento e continuam mantendo estes altos níveis foram: *Rhaphiodon vulpinus*, *Brachyplatystoma rousseauxii*, *Calophysus macropterus*, *Hypophthalmus marginatus*, *Hypophthalmus edentatus* e foi observada uma elevação na concentração do Hg para a espécie *Tripottheus albus*;
- ✓ Na macrófitas, as diferenças significativas nas concentrações de Mn, Cr e Fe mostram uma diminuição na concentração destes elementos no período de pós-enchimento. De uma forma geral, as macrófitas apresentaram concentrações de Co, Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Fe e Mn condizentes com as de áreas não contaminadas. Entretanto, é importante destacar que as concentrações médias encontradas foram superiores as do EIA-RIMA. As maiores concentrações de metilmercúrio em *Eichornia crassipes* amostradas no rio Madeira foram encontrados no mês de junho, entretanto vale ressaltar que essas concentrações estão condizentes com as de áreas não contaminadas;
- ✓ Tanto o fito quanto zooplâncton (70µm e 160µm) não apresentaram variações nas concentrações de Hg-T na fase de pós-enchimento. Não foi observada diferença estatística entre os níveis tróficos da cadeia planctônica, desse modo não caracterizando a biomagnificação;
- ✓ Os valores observados no canteiro de obras no pós-enchimento estão abaixo dos valores de referência para estes elementos químicos nos sedimentos/solos (CONAMA 420). Os resultados obtidos demonstraram que a área do canteiro de obras apresenta resultados médios de Hg-T abaixo dos valores encontrados no EIA/RIMA em 2004.

Para os demais elementos traço avaliados, os valores estão todos dentro dos padrões de referência da CONAMA para sedimentos.

X. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.G., REZENDE, C.E. & SOUZA, C.M.M. Variação Temporal, Transporte e Partição de Hg e Carbono Orgânico nas Frações Particulada e Dissolvida da Coluna D'água da Bacia Inferior do Rio Paraíba do Sul, Rj, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, 21(1)111 - 128, **2007**.

CARROLL, R.W.H., MEMMOTT, J., WARWICK, J.J, FRITSEN, C.H., BONZONGO, J.C.J. & ACHARYA, K. Seasonal Variation of Mercury Associated with Different Phytoplankton Size Fractions in Lahontan Reservoir, Nevada. **Water, Air & Soil Pollution**, (217):221-232. **2012**.

COELHO-SOUZA, S.A. MIRANDA, M. R. & GUIMARÃES, J.R.D. A Importância das Macrófitas Aquáticas no Ciclo do Mercúrio na Bacia do Rio Tapajós (PA). **Oecologia Brasiliensis**. 11 (2): 252-263. **2007**.

OLIVERO, J. & BEATRIS, S. Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining in Colombia, South America. **Science of the Total Environment**. 217(1): 83-89. **1998**.

MOLINA, C. I.; GIBON, F-M.; DUPREY, J-L.; DOMINGUEZ, E.; GUIMARÃES, J-R. & ROULET, M. Transfer of Mercury and methylmercury along macroinvertebrate food chains in a floodplain lake of the Beni River, Bolivian Amazonia. **Science of the Total Environment**. **2010**.

PFEIFFER, W. C.; FISZMAN, M.; MALM, O. & AZCUE, J. M. Heavy Metal Pollution in the Paraíba do Sul River, Brazil. **Science of the Total Environment**. 58 73-79. **1986**.

BASTOS, W. R.; REBELO, M. de F.; FONSECA, M. de F. ALMEIDA, R. & MALM, O.. A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Acta Amazonica**. vol. 38(3): 431 – 438. **2008**.

MALM, O.; PALERMO, E. F. A. & SANTOS, H. S. B. Transport and cycling of mercury in Tucuruí reservoir, Amazon, Brazil: 20 years after fulfillment. **RMZ-Materials and Geoenvironment**, v. 51, n. 1, p. 1195-1198. **2004**.

SILVA, D. S.; LUCOTTE, M.; ROULET, M.; POIRIER, H.; MERGLER, D. & CROSSA M. Mercúrio nos peixes do Rio Tapajós, Amazônia Brasileira. ©**INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.1, n.1, Art 6. **2006**.

SILVA-FILHO, E. V.; KÜTTER, M. T.; KÜTTER, V. T. & LACERDA, L. D. **Mercúrio em peixes no Brasil e sua implicação ecológica: Revisão bibliográfica**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO. 2008. Fortaleza (CE). **2008**.