



USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

I RELATÓRIO SEMESTRAL PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DA UHE JIRAU (ANEXO 2)

EMPRESA: **Venturo Consultoria Ambiental Ltda**

PERÍODO DAS ATIVIDADES: **Janeiro/2013**

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: **Dr. Luiz Fabricio Zara**

RESPONSÁVEL DA ESBR: **Jairo Guerrero**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA	1
ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA.....	3
ÁREA DE ESTUDO	6
METODOLOGIA	10
Água superficial.....	10
Solo	10
Sedimento de fundo	11
Peixe	12
Análise dos dados	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	78

APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos no período de junho de 2009 a abril de 2013, ao longo das 14 (quatorze) campanhas trimestrais de monitoramento realizadas.

Tabela 01. Campanhas realizadas no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico

Etapa	Campanha	Mês/Ano	Data	Período hidrológico
Fase rio do empreendimento	1ª	Set/2009	26/09 a 30/09/2009	Seca
	2ª	Jan/2010	06/01 a 15/01/2010	Enchente
	3ª	Abr/2010	05/04 a 16/04/2010	Cheia
	4ª	Jul/2010	08/07 a 22/07/2010	Vazante
	5ª	Out/2010	06/10 a 22/10/2010	Seca
	6ª	Jan/2011	06/01 a 22/01/2011	Enchente
	7ª	Abr/2011	11/04 a 02/05/2011	Cheia
	8ª	Jul/2011	01/07 a 06/07/2011	Vazante
	9ª	Out/2011	04/10 a 15/10/2011	Seca
	10ª	Jan/2012	09/01 a 20/01/2012	Enchente
	11ª	Abr/2012	02/04 a 15/04/2012	Cheia
	12ª	Jul/2012	02/07 a 13/07/2012	Vazante
Fase enchimento do reservatório	13ª	Out/2012	20/10 a 28/10/2012	Seca
	14ª	Jan/2013	17/01 a 31/01/2013	Enchente

ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA

Nos estudos foram monitorados, obedecendo a sazonalidade regional (cheia, enchente, vazante e seca) os elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn.

Os objetivos específicos propostos e as respectivas ações adotadas estão elencados a seguir:

- *Quantificar os teores dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn matrizes ambientais nos compartimentos bióticos e abióticos da bacia do rio Madeira e tributários*

Em atendimento. Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando

33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à enchente de 2013) foram coletadas trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem. As amostras de solo foram coletadas semestralmente em 14 pontos nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante do ciclo hidrológico. As amostras de peixes bioindicadores são disponibilizadas pela interface com o Programa Conservação da Ictiofauna enquanto as espécimes de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha são adquiridas nas comunidades ribeirinhas diretamente dos pescadores da região.

- *Determinar um nível de referência regional dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos abióticos e bióticos, através de dados secundários, da bacia do rio Madeira ao qual o monitoramento das áreas de influência direta e indireta do empreendimento será balizado nos estudos temporais*

Atendimento. O monitoramento dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos abióticos e bióticos feitas na fase rio do UHE Jirau no período de setembro de 2009 (1ª campanha de campo) à julho de 2012 (12ª campanha de campo) possibilitou a formação de um banco de dados composto por campanhas de campo referentes aos níveis basais dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento. Este importante banco de dados regional possibilitará o balizamento do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço durante as fases de implementação do reservatório e operação do UHE Jirau.

- *Quantificar nos corpos d'água da área de estudo as principais variáveis físicas e químicas, considerando as variáveis hidrológicas e os parâmetros do Programa de Monitoramento Limnológico*

Em atendimento. A interface com o Programa de Monitoramento Limnológico possibilita campanhas de campo integradas entre os programas e a obtenção das informações das principais variáveis físicas e químicas.

- *Estruturar um banco de dados georreferenciado dos níveis dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos bióticos e abióticos*

Em atendimento. Todas as informações geradas no monitoramento do meio abiótico e biótico foram compiladas em um banco de dados relacional por meio dos softwares Microsoft Access

e a geração Arc. Além disso, o banco de dados do Programa é estruturado no SisGIG do UHE Jirau.

- *Utilizar métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos como ferramenta para o monitoramento dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em todas as fases do empreendimento visando sua capacidade preditiva.*

Em atendimento. A complexidade do rio Madeira exige a necessidade de técnicas que possibilitem uma análise conjunta das informações biogeoquímicas dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn e suas interações durante o ciclo hidrológico e ao longo da teia trófica. Neste contexto, além dos métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos, a regressão múltipla tem sido uma ferramenta estatística muito importante na validação das relações de causa e efeito.

ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA

As metas propostas e as respectivas ações adotadas no âmbito do Subprograma de Monitoramento Elementos Traço da UHE Jirau estão elencadas a seguir:

- *Mensurar variáveis hidrológicas e parâmetros físico-químicos na coluna d'água em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento*

Em atendimento. As informações das variáveis hidrológicas e parâmetros físico-químicos na coluna d'água foram mensuradas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à enchente de 2013) foram mensuradas trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem.

- *Realizar análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de água superficial em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum,*

trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento

Em atendimento. As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de água superficial foram mensuradas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à enchente de 2013) foram mensuradas os elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem.

- *Realizar análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de solos em estações amostrais em áreas de pulso de inundações sendo uma (01) na região da estação amostral do rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, dez (10) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, semestralmente em todas as fases do empreendimento*

Em atendimento. As análises de mercúrio total em perfil de solos em estações amostrais em áreas de pulso de inundação foram feitas nos períodos hidrológicos de enchente e vazante.

- *Realizar análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em sedimentos de fundo nas estações de coleta sendo uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento*

Em atendimento. As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em sedimento de fundo foram mensuradas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à enchente de 2013) foram mensuradas os elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06

(seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem. As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em perfis de sedimento de fundo nestas estações de amostragem foram feitas semestralmente nos períodos hidrológicos de enchente e vazante.

- *Realizar análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em peixes, mamíferos aquáticos e semi-aquáticos em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento*

Em atendimento. As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em peixes foram feitas trimestralmente nas amostras adquiridas diretamente dos pescadores da área de influência da UHE Jirau e pela interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna.

- *Criar e alimentar um banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações decorrentes das campanhas de campo e análise de laboratório dos elementos traços, possibilitando fornecer informações sobre qualidade da água e do pescado*

Em atendimento. Todas as informações geradas no monitoramento dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn no meio abiótico e biótico foram compiladas num banco de dados relacional por meio dos softwares Microsoft Access e a geração Arc. Além disso, estas informações estão sendo estruturadas no SisGIG do UHE Jirau, em desenvolvimento pela ESBR.

- *Integrar dados do Programa de Monitoramento Limnológico, do Programa de Conservação da Ictiofauna, do Programa de Conservação da Fauna (Subprograma da Mastofauna Aquática) e do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas para avaliar o fenômeno de biomagnificação nas guildas tróficas da ictiofauna*

Em atendimento. A complexidade do rio Madeira exige a necessidade de técnicas que possibilitem uma análise conjunta das informações biogeoquímicas dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn e suas interações, durante o ciclo hidrológico e ao longo da teia trófica. Neste contexto, além dos métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos, a regressão múltipla tem sido uma ferramenta estatística muito importante na validação das relações de causa e efeito.

ÁREA DE ESTUDO

O desenho amostral do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço nas áreas de influência direta e indireta da UHE Jirau, na bacia do rio Madeira, está apresentado de forma detalhada no **Quadro 1e** na **Figura 01**, seguindo a mesma numeração e identificação dos pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico.

Quadro 1. - Pontos de amostragem com sua descrição e coordenadas geográficas.

Pontos	Descrição	Coordenadas Geográficas	
		Latitude (UTM)	Longitude (UTM) 20 L
P1 – MAM	Rio Mamoré	237100.15	8850647.65
P2 - MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	240990.89	8857436.37
P3 – RIB	Igarapé Ribeirão	249956.00	8867955.43
P4 – ARA	Igarapé Araras	246246.45	8892119.51
P5 – ABU	Rio Abuña	232136.62	8929302.06
P6 - MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	232648.94	8934445.44
P7 - SIZ 1	Igarapé Simãozinho	236442.69	8936771.52
P7 - SIZ 2	Igarapé Simãozinho Lótico	235651.36	8937101.16
P8 - SIM 1	Igarapé São Simão	247617.00	8947886.00
P8 - SIM 2	Igarapé São Simão Lótico	246274.55	8951851.67
P9 - MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	266960.77	8937744.17
P10 - CAS 1	Igarapé Castanho	266274.44	8937755.29
P10 - CAS 2	Igarapé Castanho Lótico	256892.80	8938092.92
P11 - MTP 1 ^a	Rio Mutum Paraná	282932.65	8929404.19
P11 - MTP 1B	Rio Mutum Paraná Lótico	283050.74	8923530.84
P12 - COT 1	Igarapé Cotia	282566.95	8929359.03
P12 - COT 2	Igarapé Cotia Lótico	277508.45	8926470.97
P13 - MUT 1	Área alagada do Bolsão do Mutum 1	287058.26	8936335.82
P13 - MUT 2	Área alagada do Bolsão do Mutum 2	285908.83	8935935.98
P13 - MUT 3	Área alagada do Bolsão do Mutum 3	284564.69	8935227.23
P14 - MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	291344.88	8939291.34
P15 - LOU 1	Igarapé São Lourenço	297183.01	8964359.88
P15 - LOU 2	Igarapé São Lourenço Lótico	288679.10	8961727.41
P16 - CAI 1	Igarapé Caiçara	299438.15	8960269.54
P16 - CAI 2	Igarapé Caiçara Lótico	301497.21	8957213.74
P17 - JIR 1	Igarapé Jirau	308129.59	8963026.92
P17 - JIR 2	Igarapé Jirau Lótico	310829.38	8957819.60
P18 - MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	309792.82	8965459.40
P19 - MAD 6	Rio Madeira (bóia) a jusante da UHE Jirau	322688.71	8982823.88
P20 - MTP 2	Foz do Mutum Paraná	289557.23	8937720.40
P21 - P.CAP	Ponto de Captação	320730.20	8976510.60

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

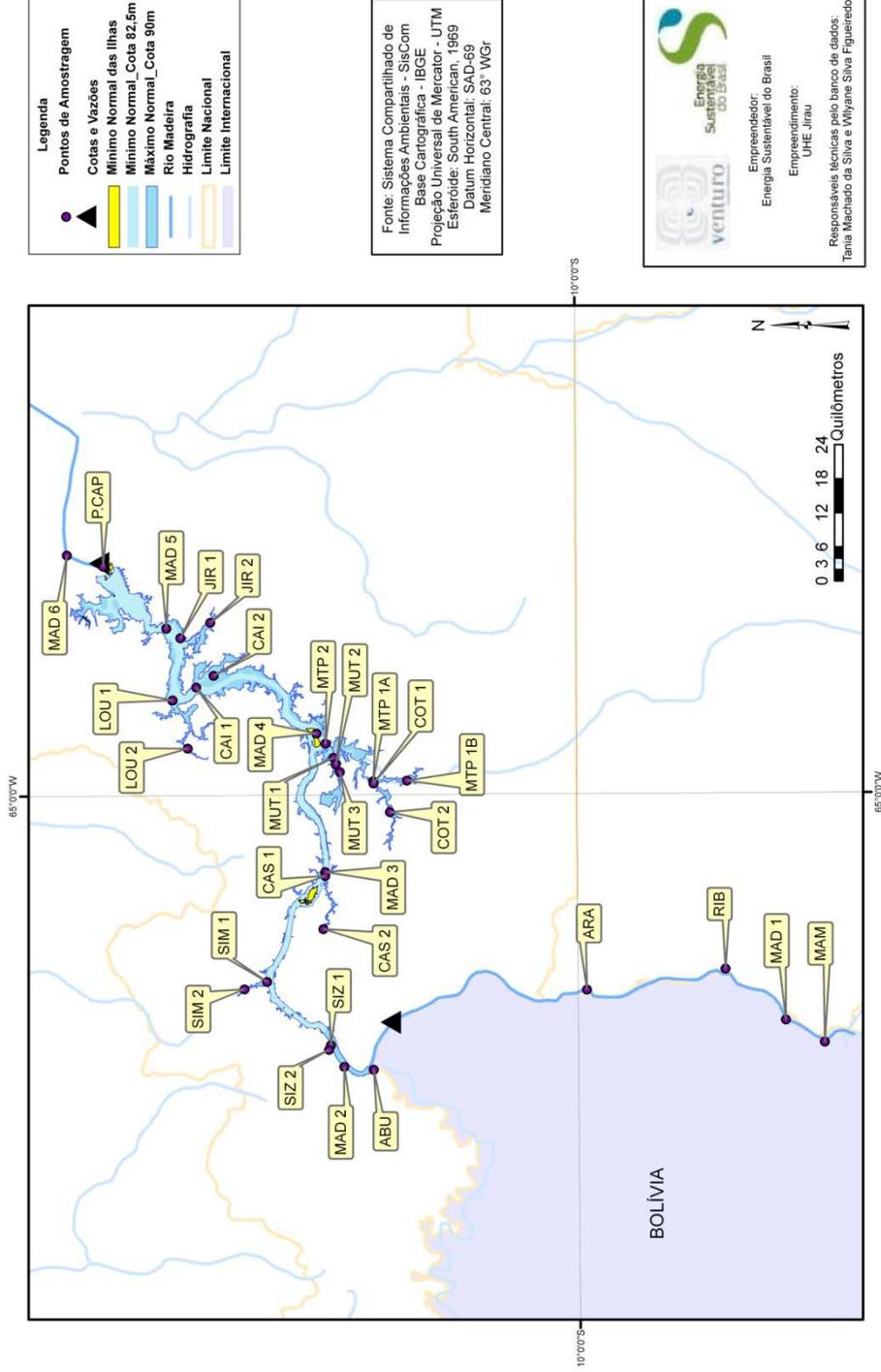


Figura 01 – Mapa do desenho amostral do plano de monitoramento de elementos traço nas áreas de influência direta e indireta da UHE Jirau.



O desenho da 4ª malha amostral dos perfis de solo do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço nas áreas de influência direta e indireta da UHE Jirau, na bacia do rio Madeira, está apresentado de forma detalhada no **Quadro 2** e na **Figura 02**.

Quadro 2. - Pontos de amostragem com sua descrição e coordenadas geográficas.

Pontos	Localização	Descrição	Coordenadas Geográficas (UTM 20 L)	
			Latitude	Longitude
P1	Margem esquerda	Rio Abunã -	232136.62	8929302.06
P2	Margem esquerda	Rio Madeira- Mad 2	232648.94	8934445.44
P3	Margem direita	Igarapé Simãozinho lótico	235651.36	8937101.16
P4	Margem direita	Igarapé São Simão lótico	246274.55	8951851.67
P5	Margem esquerda	Rio Madeira- Mad 3	266960.77	8937744.17
P6	Margem direita	Igarapé Castanho lótico	256892.80	8938092.92
P7	Margem direita	Rio Mutum-Paraná lótico	283050.74	8923530.84
P8	Margem esquerda	Rio Cotia lótico	277508.45	8926470.97
P9	Margem direita	Área alagada do Mutum 2	285908.83	8935935.98
P10	Margem esquerda	Rio Madeira- Mad 4	291344.88	8939291.34
P11	Margem direita	Igarapé São Lourenço lótico	288679.10	8961727.41
P12	Margem esquerda	Igarapé Caiçara lótico	301497.21	8957213.74
P13	Margem direita	Igarapé Jirau lótico	310829.38	8957819.60
P14	Margem esquerda	Rio Madeira- Mad 5	309792.82	8965459.40

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

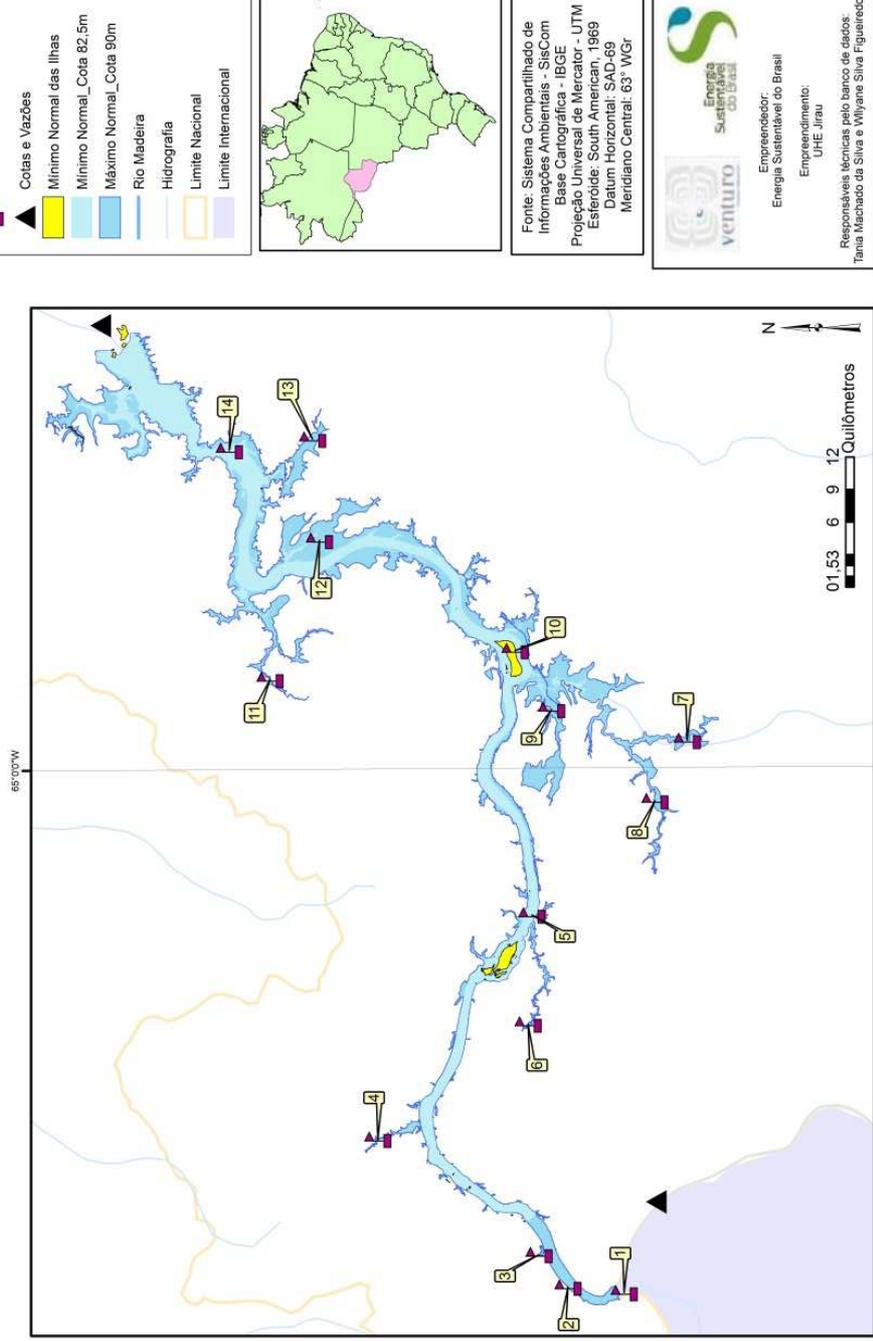


Figura 02 – Mapa do desenho da 4ª malha amostral dos perfis de solo do plano de monitoramento de elementos traço nas áreas de influência direta e indireta da UHE Jirau.



METODOLOGIA

O Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço tem uma abordagem interdisciplinar e multi-institucional nos vários níveis possíveis de interação, de modo a integrar o conhecimento do sistema ambiental e suas inter-relações com a saúde humana, possibilitando prognosticar e mensurar as possíveis modificações advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento. Os elementos traços arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) serão monitorados durante todas as fases do empreendimento, obedecendo a sazonalidade regional (cheia, enchente, vazante e seca). Os períodos das campanhas de campo, assim como no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, serão definidos com base na interpolação dos dados das estações do Sistema de Informação Hidrológico (HIDRO) da Agência Nacional de Águas (ANA) localizadas na área de abrangência do empreendimento.

AMOSTRAS ABIÓTICAS

Água superficial

As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno tereftalato, preservadas com ácido nítrico (HNO_3 65% ultra-puro, Merck), mantendo o pH da água inferior a 2,0 até o momento das análises, conforme orientação da EPA (*Environmental Protection Agency*). As amostras foram identificadas em campo e encaminhadas ao Laboratório de Química Ambiental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo conservadas a 4 °C até o momento da análise. A determinação dos teores dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES). Os elementos traço As e Se, por sua vez, foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG).

Solos

As amostras de perfil de solo foram coletadas em 5, 20, 40, 60 e 100 cm, acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas resfriadas a 5 °C até o momento de preparação e análise das amostras no laboratório. No laboratório, as amostras foram inicialmente homogeneizadas, posteriormente peneiradas na fração <200 mesh (<74 μm) e digerida em meio ácido. Os teores

dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES), enquanto que os elementos traço As e Se foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG). No laboratório também foram realizadas conjuntamente à análise de elementos traços no solo, análises granulométricas e do teor de matéria orgânica das amostras de solo. Conforme consta no Plano de Monitoramento de Elementos Traço, as análises dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em perfil de solos amostrados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira e seus afluentes são feitas semestralmente em todas as fases do empreendimento. As análises foram apresentadas no relatório técnico parcial referente a 12ª campanha de campo (período de vazante de 2012) e serão novamente apresentadas no relatório técnico parcial referente a 14ª campanha de campo (período de enchente de 2013) prevista para janeiro de 2013.

Sedimento de fundo

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas utilizando-se coletor pontual de sedimento (draga de Eckman), permitindo a coleta da camada mais reativa do sedimento. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, mantidas resfriadas a 4 °C até o momento de preparação e análise das amostras no laboratório. No laboratório, as amostras foram inicialmente homogeneizadas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultrapura (Milli-Q, Milipore) sendo posteriormente peneiradas na fração <200 mesh (<74 µm), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial (Bastos, 1997). Em seguida, a fração fina do sedimento foi homogeneizada em gral de porcelana, seca em estufa a temperatura inferior a 50°C e digerida em meio ácido. Os teores dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES), enquanto que os elementos traço As e Se foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG).

AMOSTRAS BIÓTICAS

Peixes

As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn serão feitas em peixes bioindicadores nas áreas de influência direta e de influência indireta considerando a montante do empreendimento. Estas amostragens serão realizadas conforme os procedimentos definidos pelo Programa Conservação da Ictiofauna e terá como objetivo avaliar a exportação e bioacumulação dos elementos traços. A amostragem foi direcionada para as espécies de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha, sendo, portanto, adquiridas nas comunidades ribeirinhas amostras de peixe diretamente dos pescadores da região. As amostras de músculo dorsal dos peixes coletados foram digeridas e os teores dos elementos Cd, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn determinados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES) enquanto que os elementos As e Se quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES-HG).

Análise dos Dados

Neste programa foi utilizada a plataforma do ArcGIS (Esri), onde são tabuladas as informações georreferenciadas do monitoramento desenvolvido na área de influência do empreendimento. A partir do banco de dados foram aplicadas técnicas de modelagem em análise espacial geoestatística e de estatísticas multivariadas que são ferramentas importantes na quantificação e interpretação dos dados multivariados.

As análises multivariadas foram empregadas para explorar as informações obtidas no banco de dados, a fim de reduzir o volume de informações a ser interpretadas, testar as hipóteses levantadas com base nas matrizes bióticas e abióticas evidenciados, e para obter as listagens de informações indicadoras de cada grupo. Os dados obtidos foram analisados através de estatística multivariada na obtenção de ordenação, classificação, correspondência e discriminação de variáveis e fatores ambientais. A validação destas técnicas e seu uso em ecologia foram feitos por Gauch (1986) e Ludwig & Reynolds (1988) e posteriormente por Wold et al. (1987), Odden & Kvalheim, (2000) e Wang & Du (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentrações de elementos traço em água superficial

As concentrações dos elementos traços em água superficial nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabelas 02**.

Tabela 02. Resultados das concentrações (mg L^{-1}) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em água superficial nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente (17 a 31/01/2013).

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1780	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0485
P2-MAD 1ª	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1701	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0648
P2-MAD 1B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1967	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0715
P2-MAD 1C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1801	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0296
P3-RIB	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0896	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0235
P4-ARA	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1100	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0481
P5-ABU	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0871	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0386
P6-MAD 2ª	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2121	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0525
P6-MAD 2B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1761	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0238
P6-MAD 2C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1850	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0631
P7-SIZ 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1825	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0565
P7-SIZ 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0497	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0323
P8-SIM 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1815	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0515
P8-SIM 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1737	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0484
P9-MAD 3ª	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1385	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0722
P9-MAD 3B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1170	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0693
P9-MAD 3C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1180	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0525
P10-CAS 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1780	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0664
P10-CAS 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1654	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1456
P11-MTP 1ª	Lago	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0450	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0487
P11-MTP 1B	Lago	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0522	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0235
P12-COT 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1895	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0325
P12-COT 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0410	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0287
P13-MUT 1ª	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0521	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0548
P13-MUT 1B	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0642	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0593
P13-MUT 1C	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0717	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0514
P14-MAD 4ª	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2770	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0494
P14-MAD 4B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2207	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0487
P14-MAD 4C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2395	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0435
P15-LOU 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1390	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0475
P15-LOU 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0675	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0384
P16-CAI 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1980	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0599
P16-CAI 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0490	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0454
P17-JIR 1	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1410	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0423
P17-JIR 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0660	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0219

Tabela 02. Resultados das concentrações (mg L^{-1}) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em água superficial nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente (Continuação).

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P18-MAD 5 ^a	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1890	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0789
P18-MAD 5B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1570	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0717
P18-MAD 5C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1615	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0695
P19-MAD 6 ^a	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1678	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0424
P19-MAD 6B	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1317	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0477
P19-MAD 6C	Calha	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1180	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0415
P20-MTP 2	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1638	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,066
P21- P.CAP	Tributário	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1891	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,0786

Estudos em transecto: A - margem direita do rio, B-centro do rio e C-margem esquerda do rio.

As concentrações dos elementos traços As, Cd, Cr, Ni, Pb e Se nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$.

A concentração de manganês (Mn) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira, apresentou mediana de $0,0548 \text{ mg L}^{-1}$ e valor médio de $0,0548 \pm 0,0154 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que nas foz dos tributários a mediana foi de $0,0483 \text{ mg L}^{-1}$ e o valor médio de $0,0504 \pm 0,0250 \text{ mg L}^{-1}$. O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentrações de Mn ao longo do rio Madeira (**Figura 03**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de $0,1780 \text{ mg L}^{-1}$ seguindo por P2-MAD 1 de $0,1823 \pm 0,013 \text{ mg L}^{-1}$, P6-MAD 2 de $0,1911 \pm 0,019 \text{ mg L}^{-1}$, P9-MAD 3 de $0,1245 \pm 0,012 \text{ mg L}^{-1}$, P14-MAD 4 de $0,2457 \pm 0,029 \text{ mg L}^{-1}$, P18-MAD 5 de $0,1692 \pm 0,017 \text{ mg L}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $0,1392 \pm 0,026 \text{ mg L}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Mn nas amostras de água superficial nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 a 2013 (**Figura 04**) evidencia o aumento expressivo da concentração de Mn nos tributários ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários.

Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de manganês nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$. Entretanto, na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca 2012 à enchente de 2013) as concentrações de manganês nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $0,17 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $0,14 \text{ mg L}^{-1}$, evidenciando o aumento expressivo das concentrações de Mn nos tributários da área de estudo.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

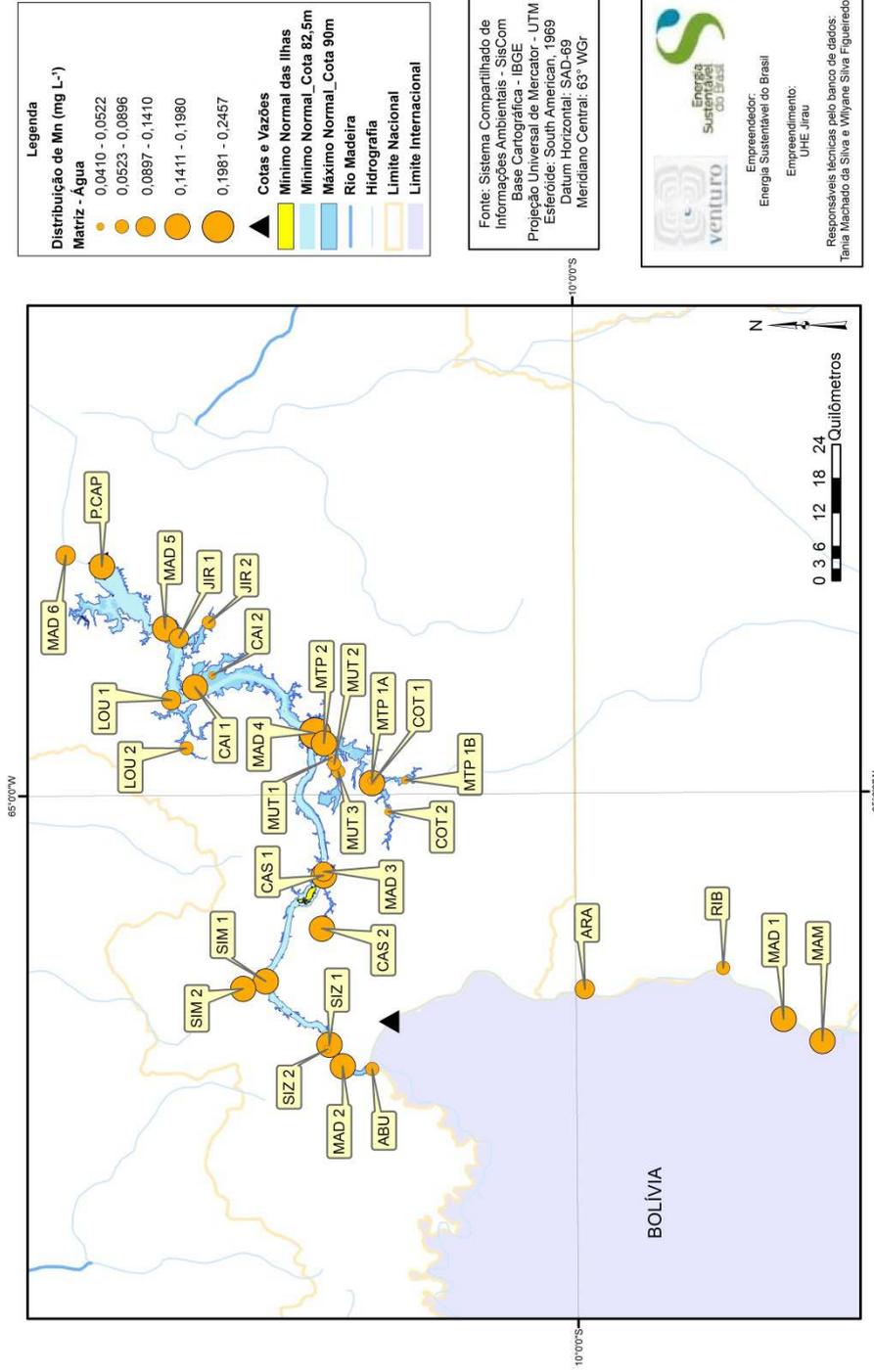


Figura 03 – Distribuição das concentrações de manganês nas amostras de água coletas no rio Madeira e seus tributários.

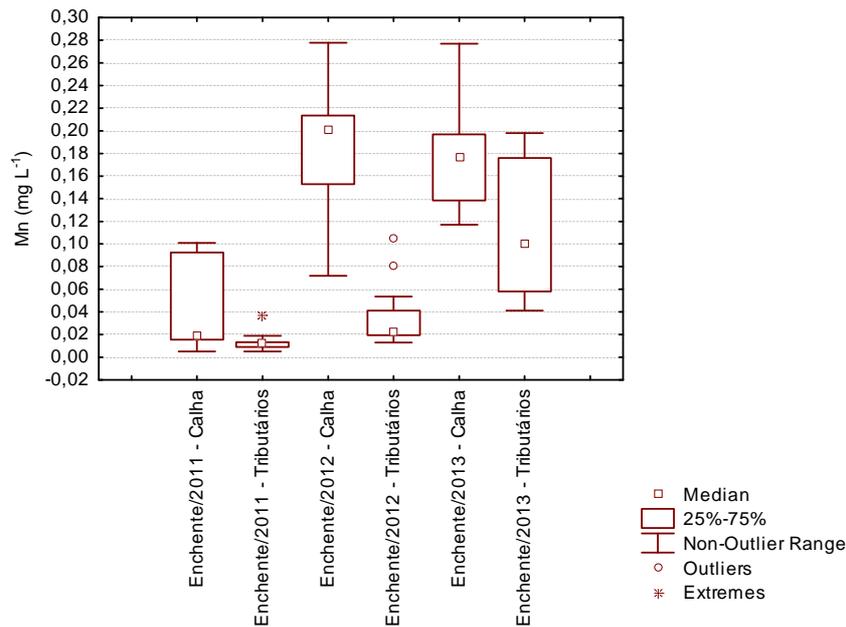


Figura 04 – Série temporal das concentrações de Mn na matriz água nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

A concentração de zinco (Zn) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira, apresentou mediana de $0,1761 \text{ mg L}^{-1}$ e valor médio de $0,1755 \pm 0,0425 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que nos tributários apresentou mediana de $0,0998 \text{ mg L}^{-1}$ e valor médio de $0,1144 \pm 0,0582 \text{ mg L}^{-1}$. O estudo em transecto mostra uma tendência homogênea dos níveis de Zn ao longo do rio Madeira (**Figura 05**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de $0,0485 \text{ mg L}^{-1}$ seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $0,0553 \pm 0,023 \text{ mg L}^{-1}$, P6-MAD 2 de $0,0465 \pm 0,02 \text{ mg L}^{-1}$, P9-MAD 3 de $0,0647 \pm 0,011 \text{ mg L}^{-1}$, P14-MAD 4 de $0,0472 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$, P18-MAD 5 de $0,0734 \pm 0,005 \text{ mg L}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $0,0439 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Zn nas amostras de água superficial nos períodos hidrológicos de enchente de 2011a 2013 (**Figura 06**) evidencia aumento da concentração de Zn ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$. Entretanto na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à enchente de 2013) as concentrações de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $0,04 \text{ mg L}^{-1}$, evidenciando o aumento expressivo das concentrações de Zn nos tributários.

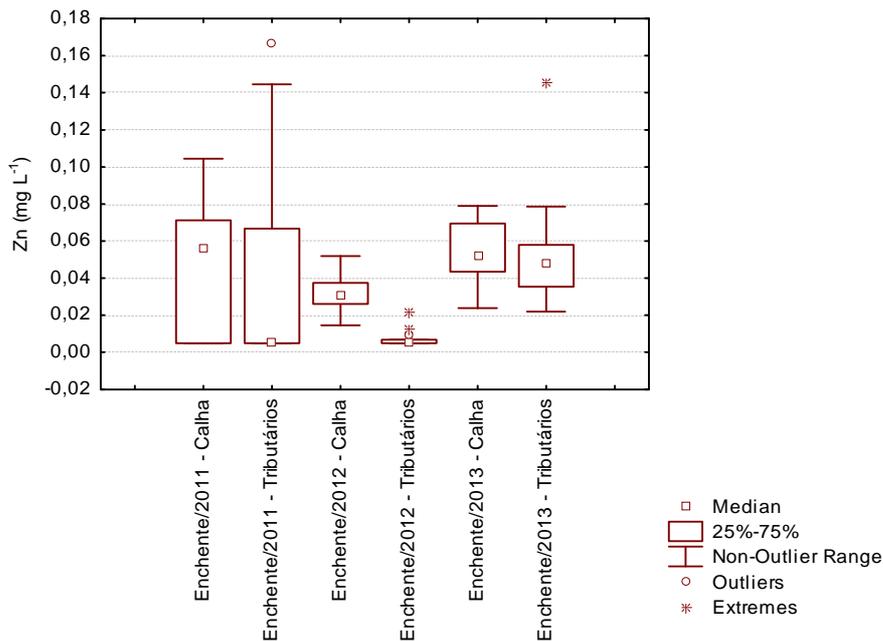


Figura 06 – Série temporal das concentrações de Zn na matriz água nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

A concentração de cromo (Cr) nas amostras de água superficial coletadas nos tributários e calha do rio Madeira, apresentaram valores menores que 0,005 mg L⁻¹. A série temporal das concentrações de Cr nas amostras de água superficial nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 a 2012 (**Figura 07**) evidencia a variação das concentrações de Cr nos diferentes períodos hidrológico.

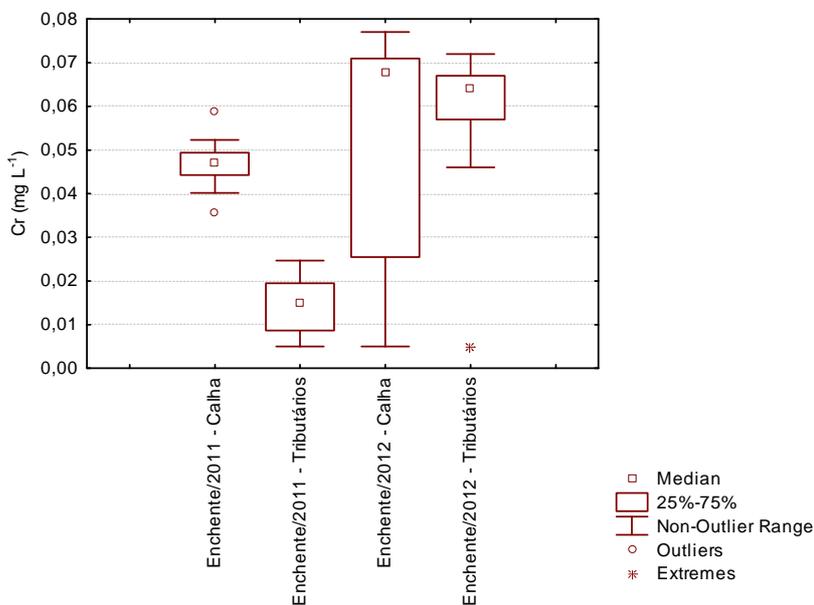


Figura 07 – Série temporal das concentrações de Cr na matriz água nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

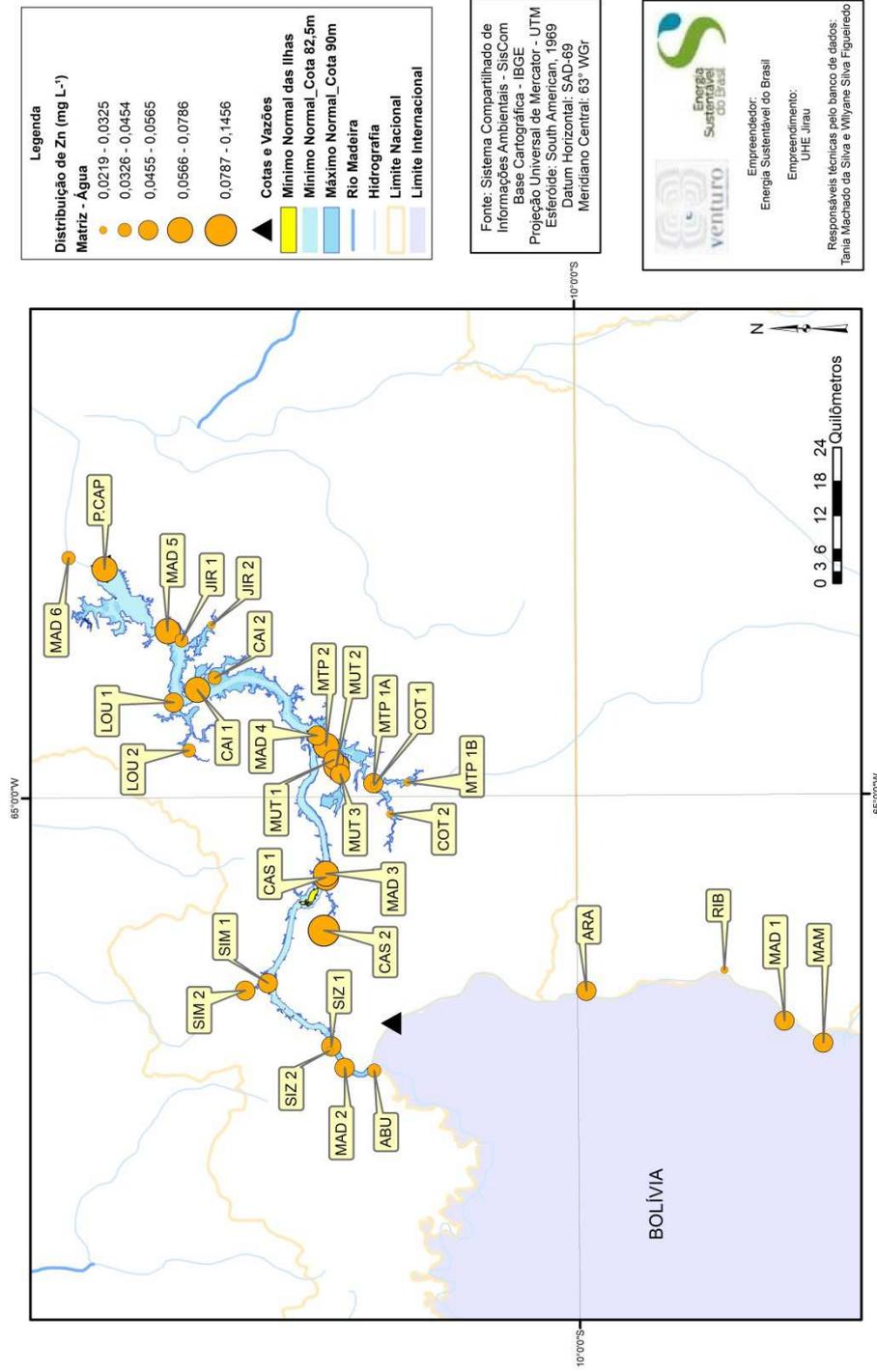


Figura 05 – Distribuição das concentrações de zinco nas amostras de água coletadas no rio Madeira e seus tributários.

A série temporal das concentrações dos elementos traços As, Cd, Ni, Pb e Se nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira e nos tributários mostram valores de concentrações menores que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, nos períodos hidrológicos de seca de 2009 à vazante de 2013.

A Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre as classificações dos corpos de água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, preconiza para sistema de água doce classe II o padrão de $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ As, $0,001 \text{ mg L}^{-1}$ Cd, $0,050 \text{ mg L}^{-1}$ Cr, $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ Mn, $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ Ni, $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ Pb, $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ Se e $0,180 \text{ mg L}^{-1}$ Zn. A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, por sua vez, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, preconiza os seguintes padrões de aceitação para o consumo humano: $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ As, $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ Cd, $0,050 \text{ mg L}^{-1}$ Cr, $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ Mn, $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ Pb, $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ Se e $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ Zn. Portanto, os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras analisadas atendem os valores preconizados pela legislação brasileira para o consumo humano.

Concentrações de Elementos Traço em Solo

O padrão sazonal dominante na bacia Amazônica descreve a flutuação pronunciada que reflete a sazonalidade da precipitação pluviométrica dentro da bacia, resultando em períodos bem definidos de águas altas e águas baixas. O padrão monomodal de descarga dos rios amazônicos ou pulso de inundação, combinado com a topografia plana de grande parte da bacia (planície amazônica), inunda e drena anualmente grandes áreas adjacentes aos rios, que correspondem às planícies de inundação. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, que, por sua vez, promove um ciclo de carreamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio. O aporte cíclico desses sedimentos determina características peculiares aos ambientes de várzea e aos sistemas conectados a ele, tornando-os altamente produtivos, com uma composição ictiofaunística reconhecidamente de alto valor ecológico. Os teores médios dos elementos traços em solo nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabela 03**.

Tabela 03. Resultados dos teores (mg kg^{-1}) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo da bacia do rio Madeira no período hidrológico de enchente de 2013 (17/01 a 31/01/2013).

Ponto	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1	< 0,5	$3,60 \pm 0,38$	$6,57 \pm 1,01$	$316,11 \pm 53,48$	$39,62 \pm 6,08$	$16,07 \pm 3,73$	< 0,5	$112,45 \pm 13,97$
P2	< 0,5	$1,36 \pm 0,43$	$5,65 \pm 1,42$	$104,97 \pm 36,00$	$20,64 \pm 2,78$	$9,58 \pm 3,29$	< 0,5	$41,84 \pm 7,34$
P3	< 0,5	$1,18 \pm 0,40$	$5,35 \pm 0,80$	$43,43 \pm 10,66$	$3,46 \pm 0,86$	$3,30 \pm 1,12$	< 0,5	$27,73 \pm 10,32$
P4	< 0,5	$2,76 \pm 0,38$	$12,42 \pm 1,22$	$109,70 \pm 20,96$	$9,36 \pm 0,46$	$8,17 \pm 0,93$	< 0,5	$62,02 \pm 12,99$
P5	< 0,5	$1,10 \pm 0,25$	$4,63 \pm 0,43$	$256,00 \pm 59,49$	$22,80 \pm 2,53$	$16,97 \pm 2,89$	< 0,5	$69,23 \pm 11,72$
P6	< 0,5	$4,38 \pm 0,85$	$27,35 \pm 6,81$	$250,88 \pm 68,31$	$34,90 \pm 6,81$	$17,09 \pm 5,41$	< 0,5	$91,84 \pm 10,45$
P7	< 0,5	$6,88 \pm 0,69$	$34,31 \pm 6,81$	$153,88 \pm 68,31$	$20,73 \pm 1,18$	$24,59 \pm 2,30$	< 0,5	$241,91 \pm 34,57$
P8	< 0,5	$3,22 \pm 0,11$	$13,43 \pm 1,99$	$171,58 \pm 26,34$	$12,30 \pm 1,26$	$26,25 \pm 1,37$	< 0,5	$177,12 \pm 18,65$
P9	< 0,5	$5,91 \pm 0,34$	$45,10 \pm 5,06$	$716,15 \pm 48,80$	$123,43 \pm 11,59$	$61,77 \pm 7,61$	< 0,5	$222,54 \pm 12,25$
P10	< 0,5	$1,79 \pm 0,48$	$12,57 \pm 2,99$	$69,06 \pm 11,39$	$12,77 \pm 1,99$	$11,05 \pm 2,35$	< 0,5	$80,73 \pm 10,68$
P11	< 0,5	$2,65 \pm 0,37$	$4,51 \pm 0,71$	$95,65 \pm 12,58$	$12,23 \pm 1,93$	$8,29 \pm 1,15$	< 0,5	$54,10 \pm 16,33$
P12	< 0,5	$1,88 \pm 0,10$	$7,13 \pm 2,11$	$106,43 \pm 8,51$	$8,06 \pm 1,26$	$8,73 \pm 1,46$	< 0,5	$57,06 \pm 10,27$
P13	< 0,5	$2,04 \pm 0,15$	$7,60 \pm 2,28$	$109,59 \pm 27,70$	$8,25 \pm 2,07$	$7,35 \pm 2,88$	< 0,5	$49,48 \pm 19,98$
P14	< 0,5	$1,27 \pm 0,15$	$4,47 \pm 0,63$	$49,92 \pm 6,55$	$6,42 \pm 0,68$	$5,84 \pm 0,91$	< 0,5	$51,31 \pm 7,18$

Estudos em diferentes profundidades: 5 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm e 100 cm; Média \pm Desvio Padrão.

As concentrações dos elementos traços As e Se nas amostras do perfil do solo foram menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ em todos os pontos amostrados e nas diferentes profundidades.

As concentrações de cádmio (Cd) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de $2,19 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $2,86 \pm 1,78 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 08**) evidencia o aumento da concentração de Cd ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Cd nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $0,76 \text{ mg kg}^{-1}$ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Cd nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $2,19 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento das concentrações de Cd no solo.

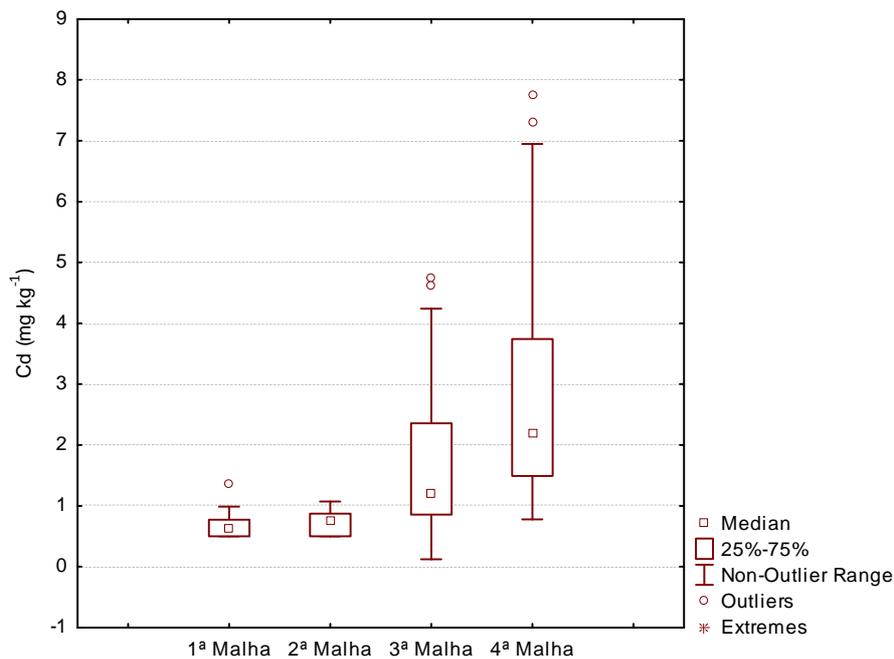


Figura 08 – Série temporal das concentrações de Cd na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de cádmio (Cd) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 1,22 mg kg⁻¹ e valor médio de 1,64±1,07 mg kg⁻¹. As concentração de cádmio (Cd) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 0,75 mg kg⁻¹ e valor médio de 0,71±0,18 mg kg⁻¹. As concentração de cádmio (Cd) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 0,64 mg kg⁻¹ e valor médio de 0,66±0,15 mg kg⁻¹.

As concentrações de cromo (Cr) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de 7,76 mg kg⁻¹ e valor médio de 13,65 ± 12,67 mg kg⁻¹.

A série temporal das concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 09**) evidencia o aumento da concentração de Cr ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Cr nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $4,94 \text{ mg kg}^{-1}$ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Cr nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $7,76 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento das concentrações de Cr no solo.

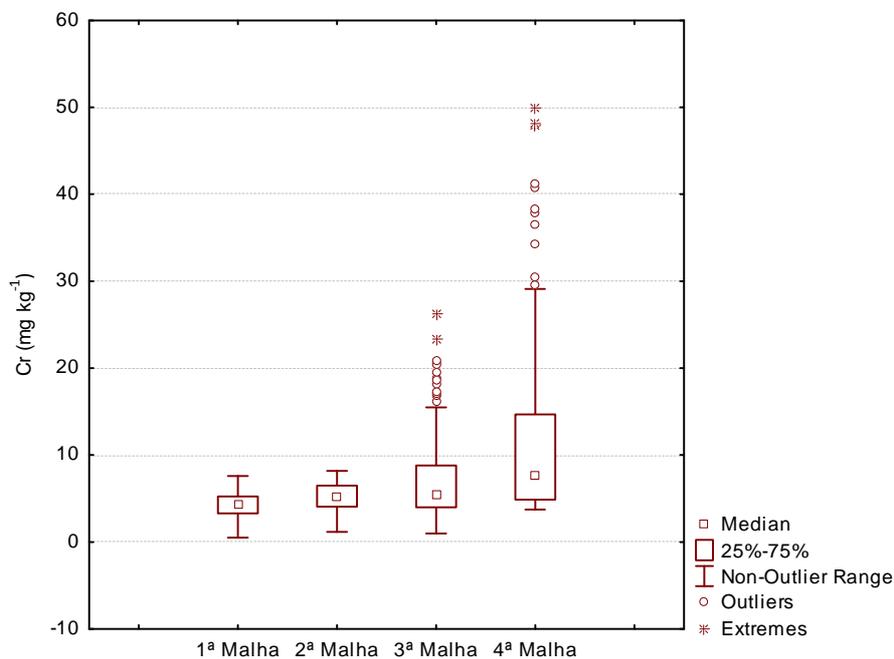


Figura 09 – Série temporal das concentrações de Cr na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de cromo (Cr) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $5,47 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $7,02 \pm 5,02 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de cromo (Cr) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $5,26 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $5,19 \pm 1,69 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de cromo (Cr) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio

Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 4,30 mg kg⁻¹ e valor médio de 4,26 ± 1,53 mg kg⁻¹.

As concentrações de manganês (Mn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de 121,04 mg kg⁻¹ e valor médio de 182,38 ± 171,85 mg kg⁻¹.

A série temporal das concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 10**) evidencia baixa variabilidade da concentração de Mn ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Mn nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de 134,86mg kg⁻¹ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Mn nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de 121,04 mg kg⁻¹, evidenciando baixa variabilidade das concentrações de Mn no solo.

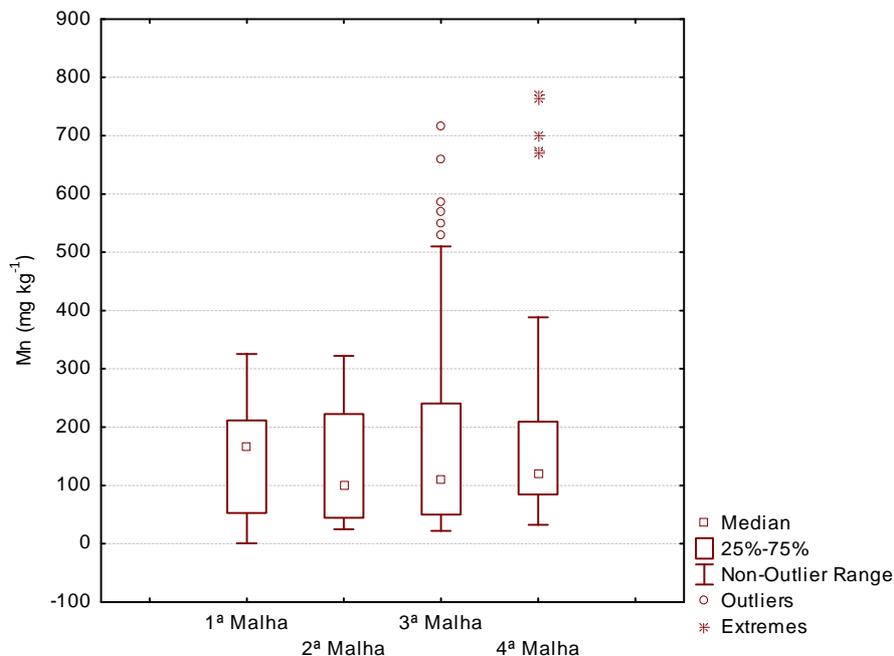


Figura 10 – Série temporal das concentrações de Mn na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de manganês (Mn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $110,85 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $161,89 \pm 145,54 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de manganês (Mn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $99,86 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $131,60 \pm 98,50 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de manganês (Mn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $165,24 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $145,25 \pm 94,32 \text{ mg kg}^{-1}$.

As concentrações de níquel (Ni) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de $13,29 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $23,93 \pm 29,88 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 11**) evidencia baixa variabilidade da concentração de Ni ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Ni nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $11,51 \text{ mg kg}^{-1}$ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Ni nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $13,29 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando baixa variabilidade das concentrações de Ni no solo.

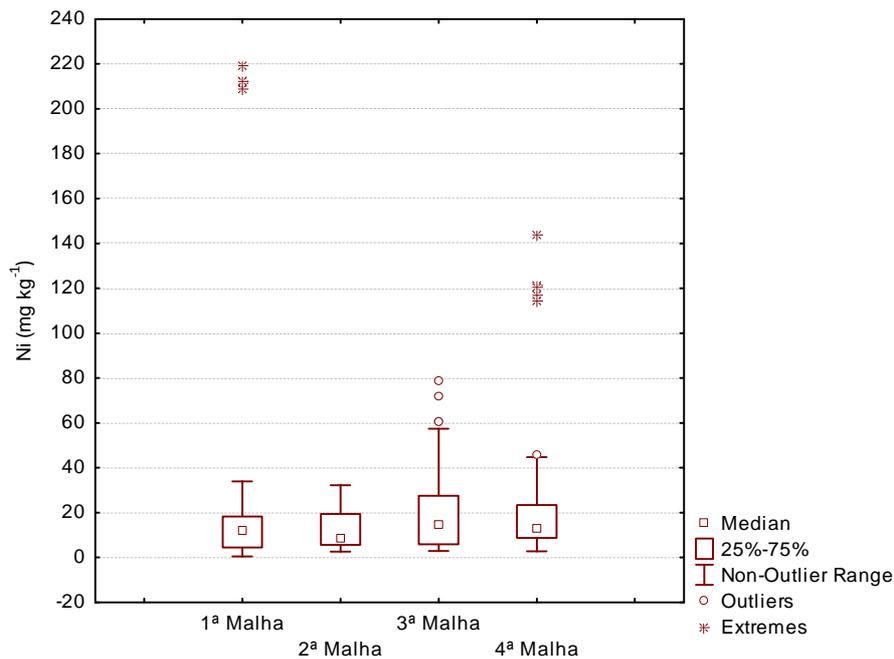


Figura 11 – Série temporal das concentrações de Ni na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de níquel (Ni) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 14,52 mg kg⁻¹ e valor médio de 19,41±16,32 mg kg⁻¹. As concentração de níquel (Ni) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 8,66 mg kg⁻¹ e valor médio de 19,41±16,32 mg kg⁻¹. As concentração de níquel (Ni) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 11,85 mg kg⁻¹ e valor médio de 18,85±38,88 mg kg⁻¹.

As concentrações de chumbo (Pb) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de 10,68 mg kg⁻¹ e valor médio de 16,07±14,68 mg kg⁻¹.

A série temporal das concentrações de Pbnas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 12**) evidencia o aumento da concentração de Pb ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Pbnas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $6,74 \text{ mg kg}^{-1}$ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Pbnas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $10,68 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento das concentrações de Pb no solo.

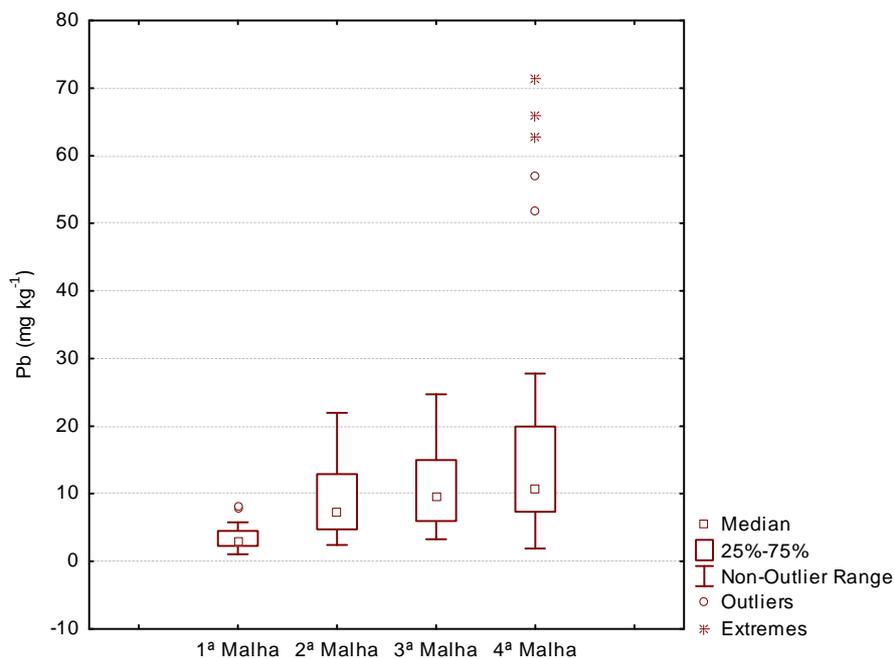


Figura 12 – Série temporal das concentrações de Pb na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de chumbo (Pb) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $9,36 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $10,93 \pm 5,61 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de chumbo (Pb) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $7,27 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $8,97 \pm 4,99 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentração de chumbo (Pb) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral

nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de $3,05 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $3,39 \pm 1,52 \text{ mg kg}^{-1}$.

As concentrações de zinco (Zn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, no período hidrológico de enchente 2013 apresentaram tendência de distribuição homogênea ao longo do rio Madeira, sendo que a região dos pontos amostrados apresentou mediana de $69,66 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $95,67 \pm 68,11 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de 2010 a 2013 (**Figura 13**) evidencia o aumento da concentração de Zn ao longo do tempo. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012) as concentrações de Zn nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $46,32 \text{ mg kg}^{-1}$ e na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013) as concentrações de Zn nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou mediana de $69,66 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento das concentrações de Zn no solo.

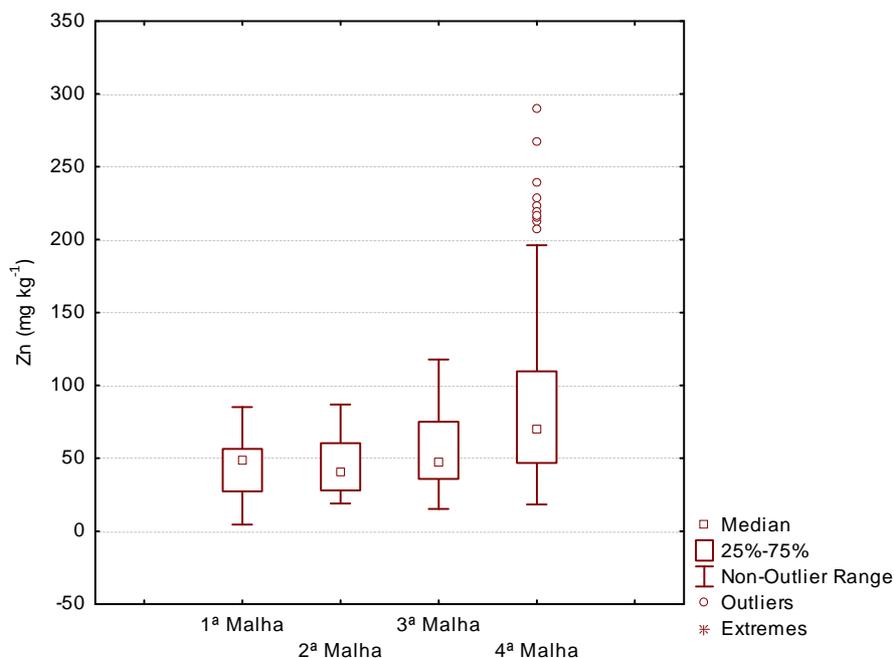


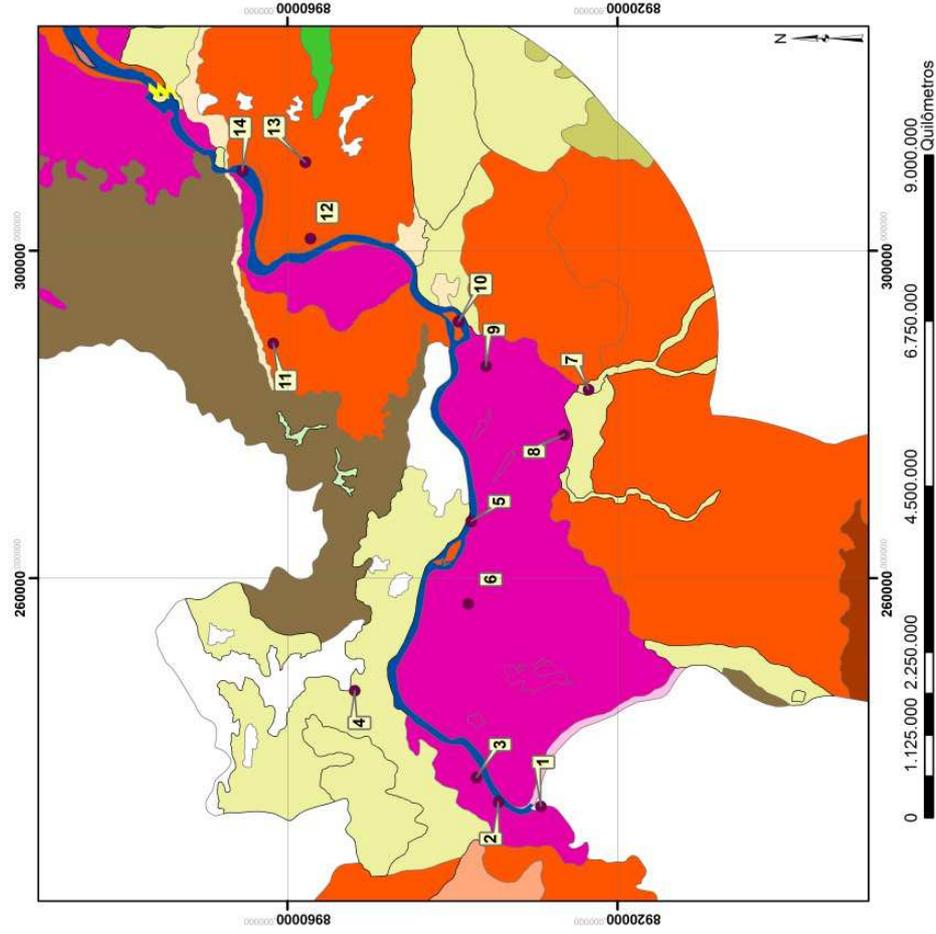
Figura 13 – Série temporal das concentrações de Zn na matriz solo nos períodos hidrológicos de 2010 à 2013.

As concentrações de zinco (Zn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 47,79 mg kg⁻¹ e valor médio de 54,98 ± 25,15 mg kg⁻¹. As concentração de zinco (Zn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2011, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 41,04 mg kg⁻¹ e valor médio de 44,90±18,24 mg kg⁻¹. As concentração de zinco (Zn) nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana de 48,15 mg kg⁻¹ e valor médio de 42,65±18,31 mg kg⁻¹. Os solos da bacia do rio Madeira apresentam um elevado nível de complexidade, característico da região Amazônica, entretanto suas características físicas e químicas médias são relativamente satisfatórias. Com base nos estudos da 6ª Aproximação do Zoneamento Ecológico de Rondônia e na caracterização ambiental realizada durante a 6ª campanha de campo do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico foi elaborado o mapa com os principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta do aproveitamento hidrelétrico UHE Jirau (**Figura 14**). Os principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta do aproveitamento hidrelétrico UHE Jirau estão apresentados no **Quadro 03**.

Quadro 03. Descrição e classificação pedológica dos pontos amostrados de solo na bacia do rio Madeira no período de enchente (17 a 31/01/2013).

Pontos	Uso e ocupação	Pedologia
P1	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Gleissolo Distrófico
P2	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Gleissolo Distrófico
P3	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Gleissolo Distrófico
P4	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Latosolos Amarelo Distrófico
P5	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Gleissolo Distrófico
P6	Cobertura vegetal não lenhosa – pastagem	Gleissolo Distrófico
P7	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P8	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Gleissolo Distrófico
P9	Solo exposto	Gleissolo Distrófico
P10	Solo exposto	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P11	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P12	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P13	Cobertura vegetal lenhosa – mata ciliar	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P14	Cobertura vegetal não lenhosa – pastagem	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico

MAPA PEDOLÓGICO - JIRAU



Legenda

- Pontos de Solo
- Usina Hidrelétrica de Jirau

Classificação de solos

- Areias Quartzosas
- Cambissolos Distróficos
- Cambissolos Eutróficos
- Regossolos Eutróficos
- Gleissolo Distrófico
- Gleissolo Eutrófico
- Plintissolos (Laterita)
- Plintissolos Amarelos Distróficos
- Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico
- Latossolo Vermelho Escuro Distrófico
- Argissolo Amarelo Distrófico
- Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
- Necossolo Quartzarenico
- Necossolo Litólico
- cidade
- lago
- rio

Fonte: Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - SisCom Base Cartográfica - IBGE
 Projeção Universal de Mercator - UTM
 Esferoide: South American, 1969
 Datum Horizontal: SAD-69
 Meridiano Central: 63° WGr

venturo
Energia Sustentável DO BRASIL

Empresário:
Energia Sustentável do Brasil

Empreendimento:
UHE Jirau

Responsável técnico pelo banco de dados:
Tainá Machado da Silva e Willyane Silva Figueiredo

Figura 14 - Mapa pedológico da bacia do rio Madeira e seus tributários.

Os resultados dos teores de matéria orgânica e análises granulométricas dos solos coletados na área de influência direta e indireta da UHEUHE Jirau estão apresentados na **Tabela 04**.

Tabela 04. Resultados dos teores de matéria orgânica (% m/m) e das análises granulométricas (% m/m) do solo nos pontos amostrados na 4ª malha amostral na bacia do rio Madeira no período hidrológico de enchente de 2013.

Ponto	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
P1	7,27	62,25	29,13	2,98
P2	4,86	61,87	29,39	6,16
P3	12,14	58,62	29,13	3,62
P4	17,72	55,49	21,74	6,68
P5	4,13	57,66	32,78	7,17
P6	6,15	79,64	11,19	3,92
P7	8,97	69,41	22,73	4,42
P8	7,13	68,74	20,15	5,29
P9	9,15	61,73	24,71	6,69
P10	5,58	59,71	29,94	7,41
P11	9,73	61,18	20,19	9,28
P12	11,18	59,18	19,63	9,56
P13	12,18	60,17	22,27	7,13
P14	5,97	58,77	32,86	6,33

Os solos possuem uma elevada capacidade de reter e armazenar elementos traço, devido ao forte acoplamento deste com o carbono presente. Os solos argilosos apresentam aparentemente uma elevada capacidade de reter elementos traço, podendo acumulá-los por muitos anos (Rocha *et. al.*, 2000 e 2003). Os níveis dos elementos traço nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira devem ser analisados com cuidado, uma vez que a integridade do perfil nem sempre é garantida, ou seja, o fato de se obter fatias do solo a partir da interface com a atmosfera, parte do pressuposto que não houve perturbação na forma de depósito nestes segmentos de solo. As **Figuras de 15a44** mostram tendência de aumento da concentração dos elementos traço em função da profundidade de coleta, evidenciando sítios de ocorrência natural dos elementos metálicos.

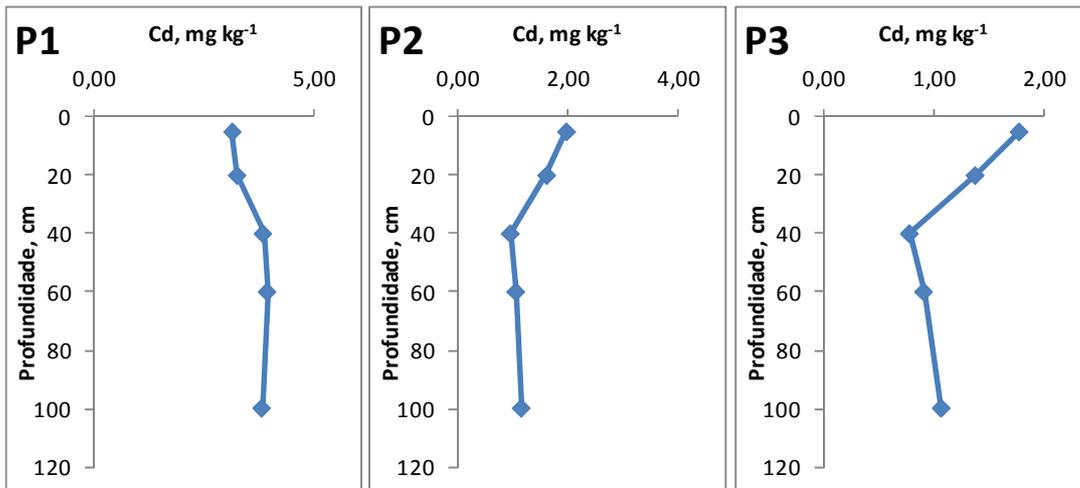


Figura 15 - Curvas de distribuição das concentrações de cádmio em perfil do solo.

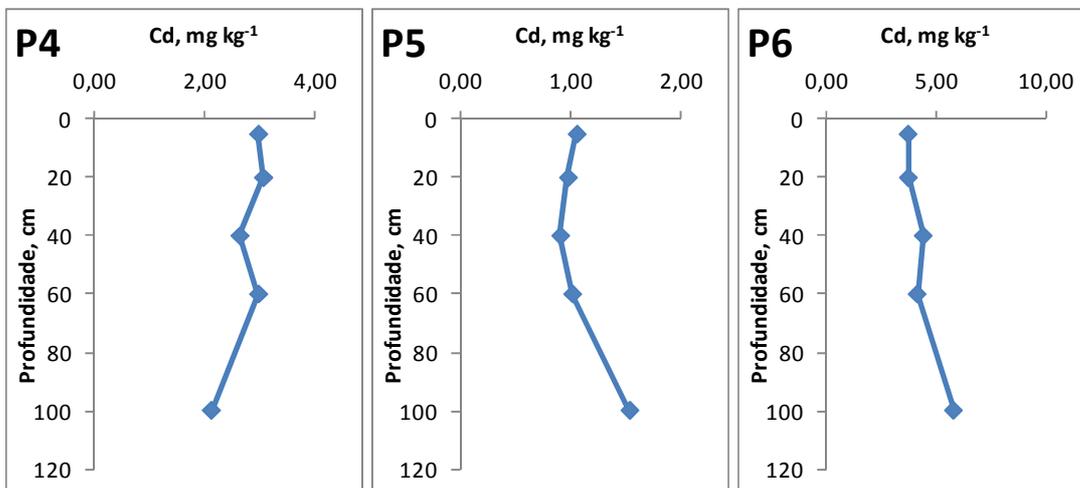


Figura 16 - Curvas de distribuição das concentrações de cádmio em perfil do solo.

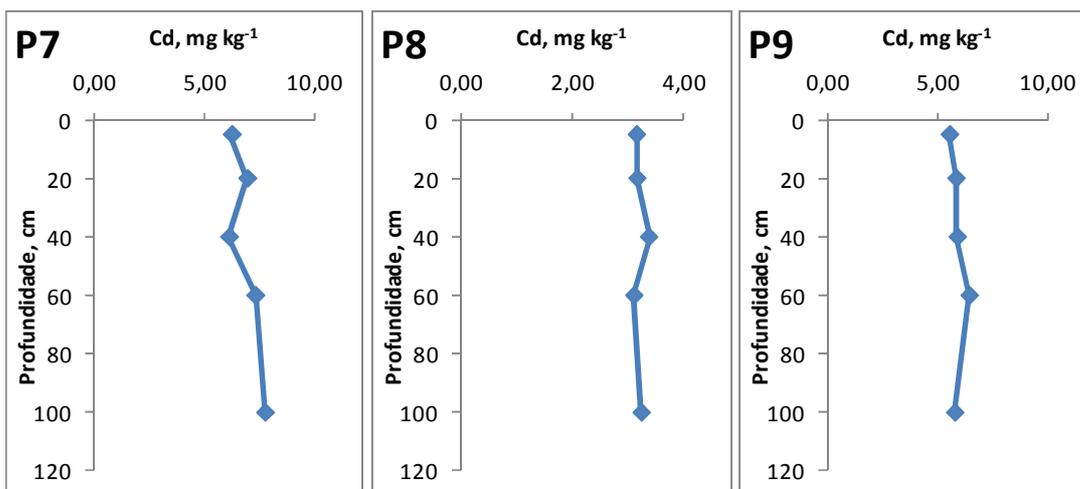


Figura 17 - Curvas de distribuição das concentrações de cádmio em perfil do solo.

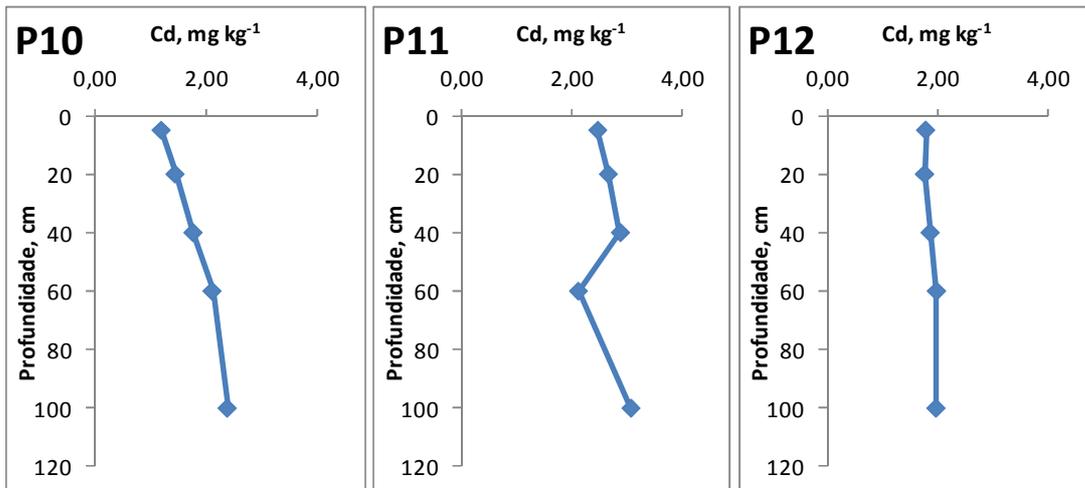


Figura 18 - Curvas de distribuição das concentrações de cádmio em perfil do solo.

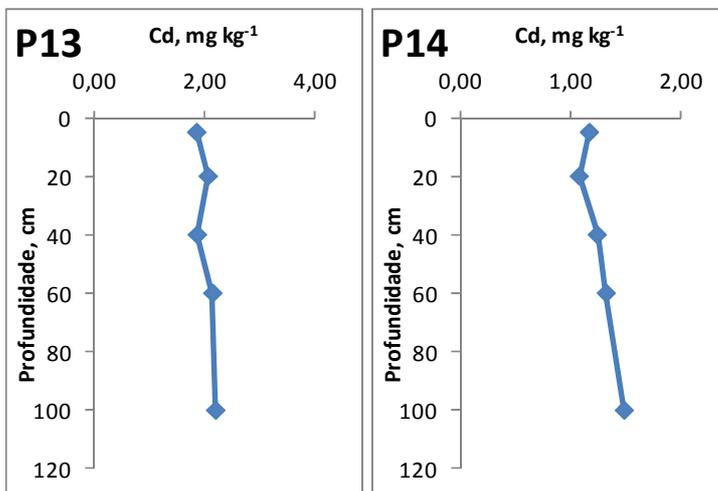


Figura 19 - Curvas de distribuição das concentrações de cádmio em perfil do solo.

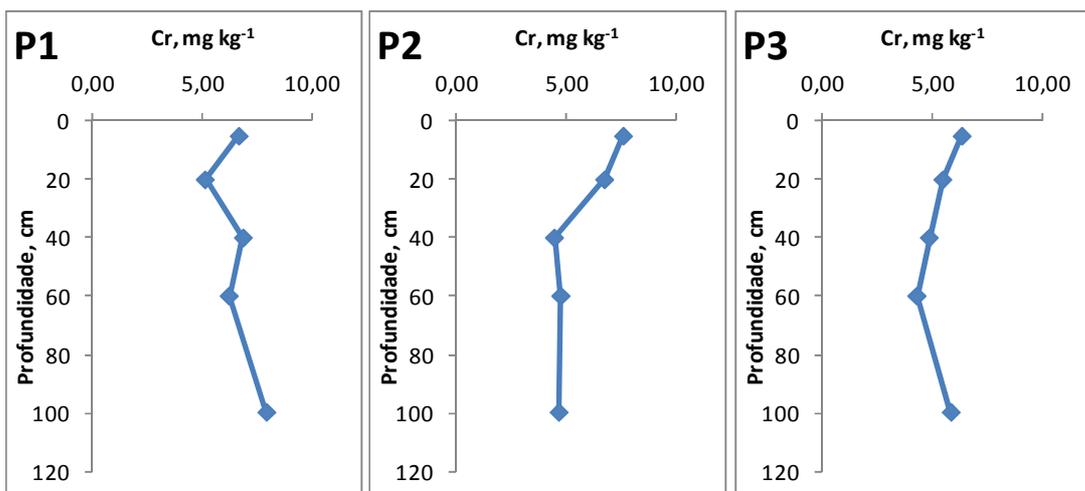


Figura 20 - Curvas de distribuição das concentrações de cromo em perfil do solo.

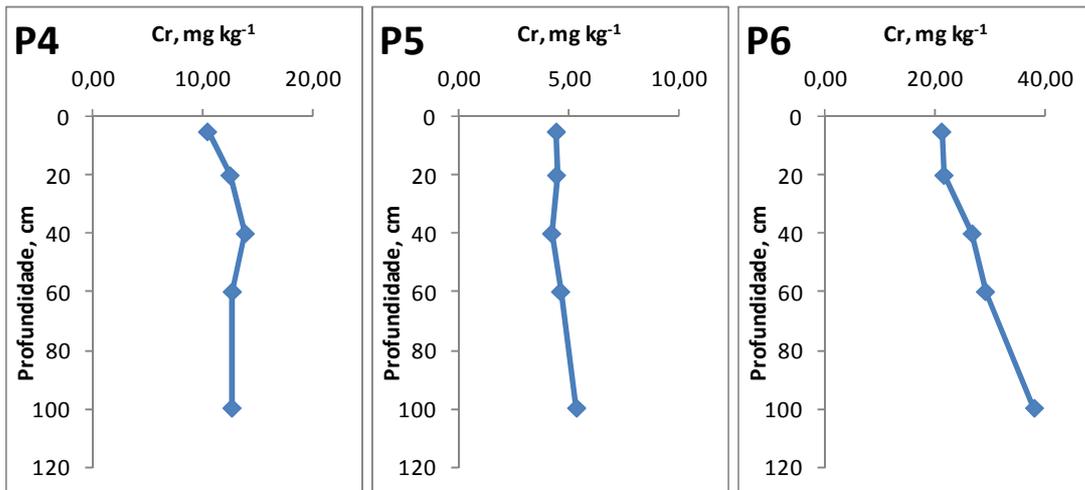


Figura 21 - Curvas de distribuição das concentrações de cromo em perfil do solo.

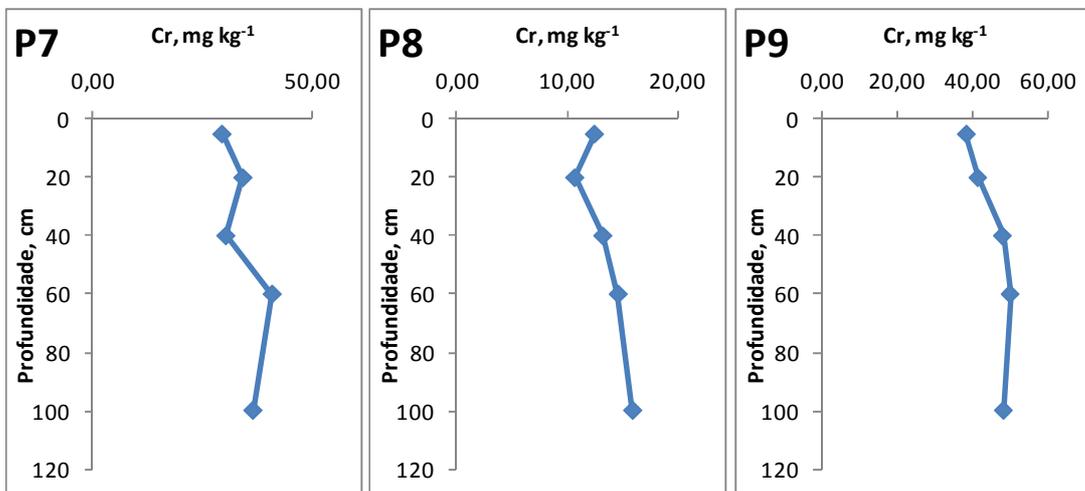


Figura 22 - Curvas de distribuição das concentrações de cromo em perfil do solo.

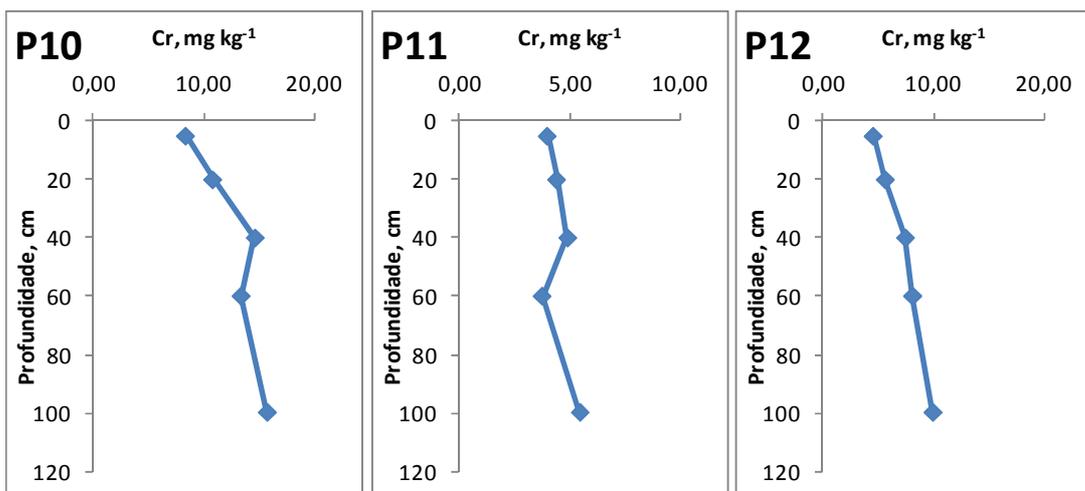


Figura 23 - Curvas de distribuição das concentrações de cromo em perfil do solo.

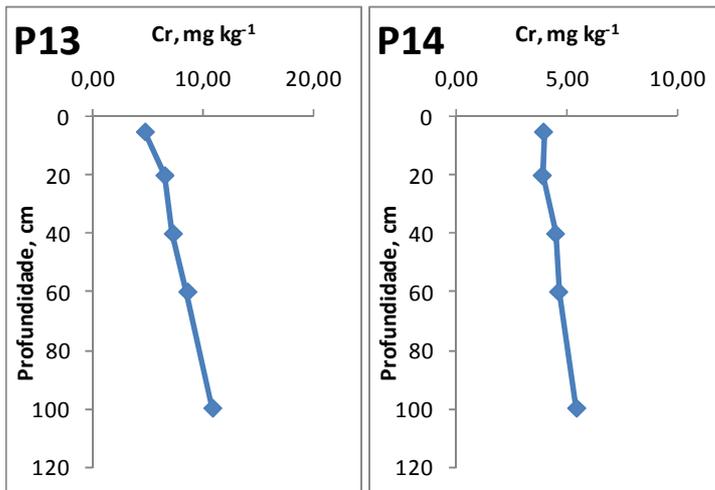


Figura 24 - Curvas de distribuição das concentrações de cromo em perfil do solo.

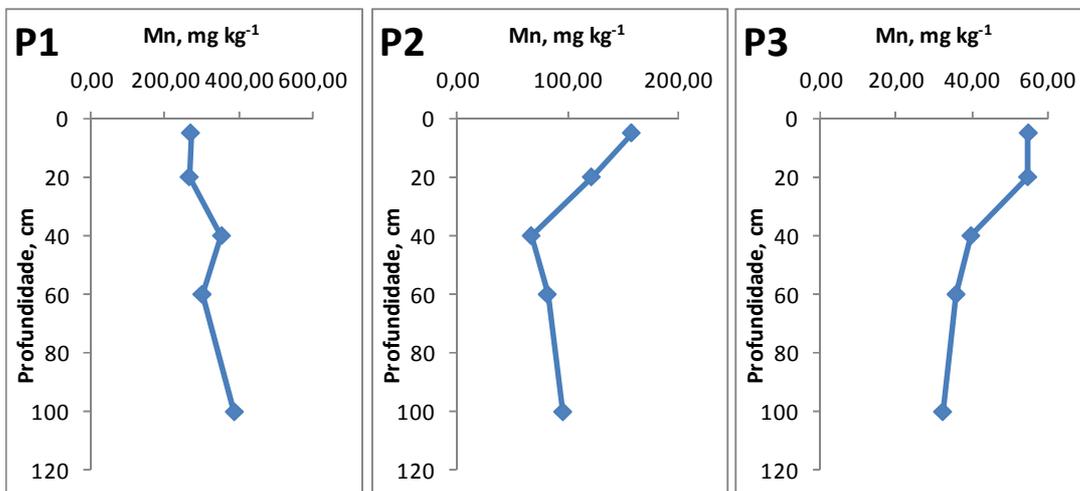


Figura 25 - Curvas de distribuição das concentrações de manganês em perfil do solo.

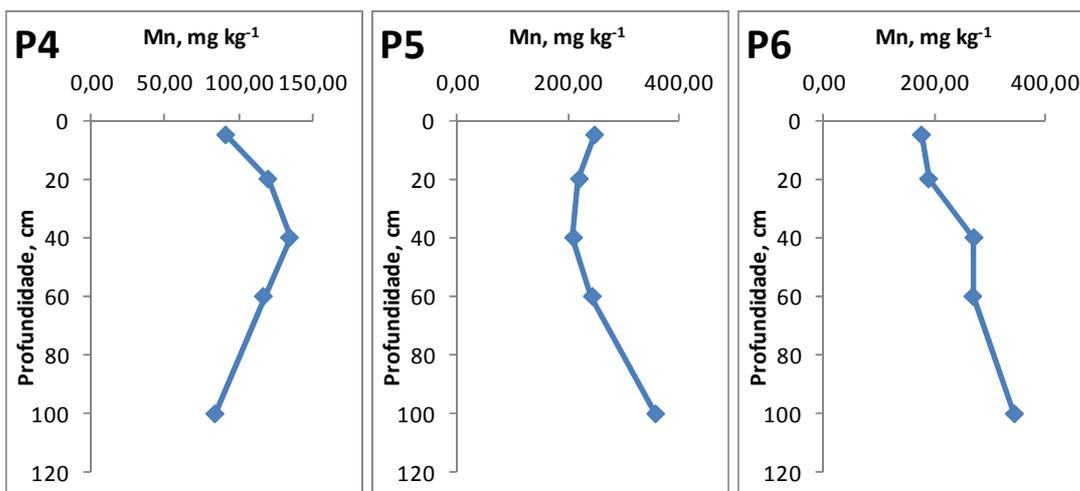


Figura 26 - Curvas de distribuição das concentrações de manganês em perfil do solo.

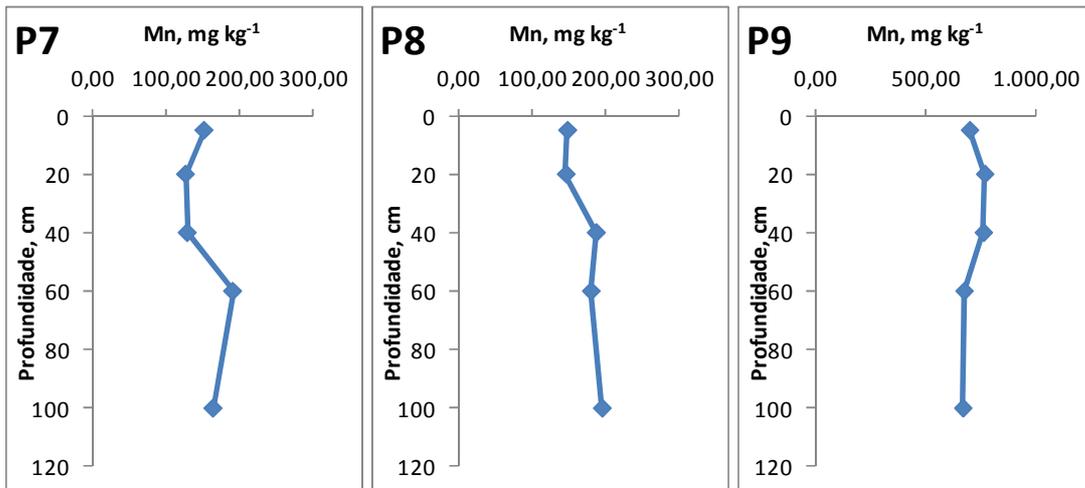


Figura 27 - Curvas de distribuição das concentrações de manganês em perfil do solo.

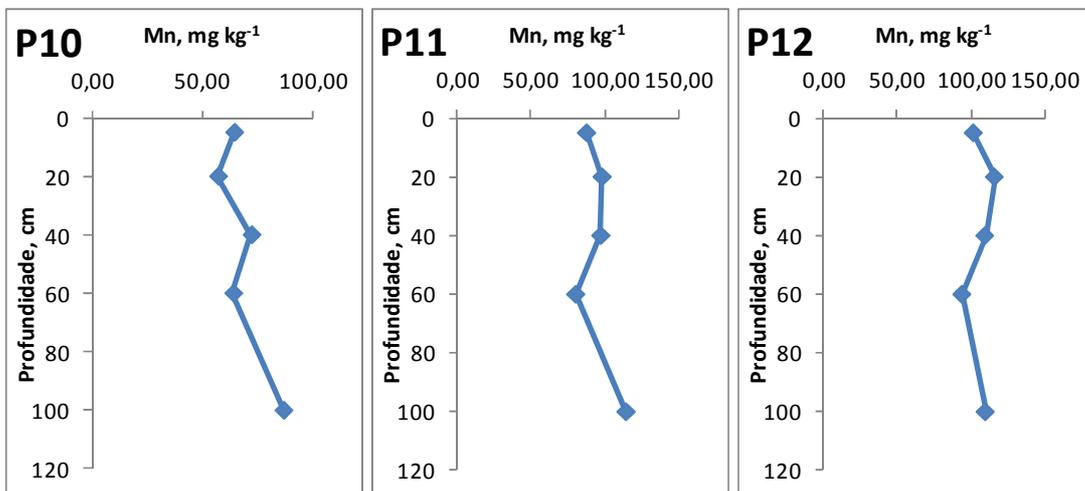


Figura 28 - Curvas de distribuição das concentrações de manganês em perfil do solo.

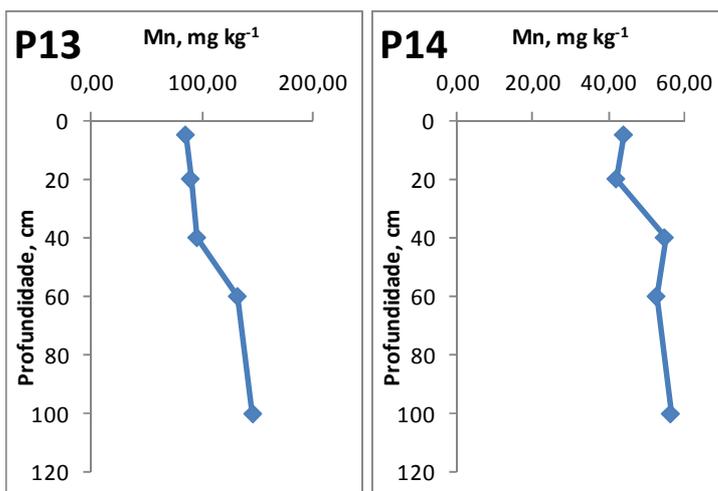


Figura 29 - Curvas de distribuição das concentrações de manganês em perfil do solo.



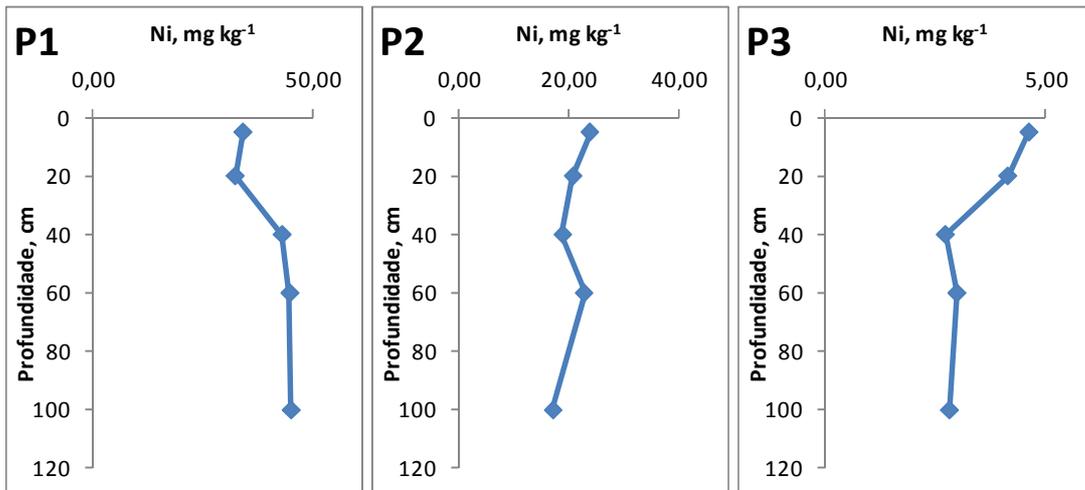


Figura 30 - Curvas de distribuição das concentrações de níquel em perfil do solo.

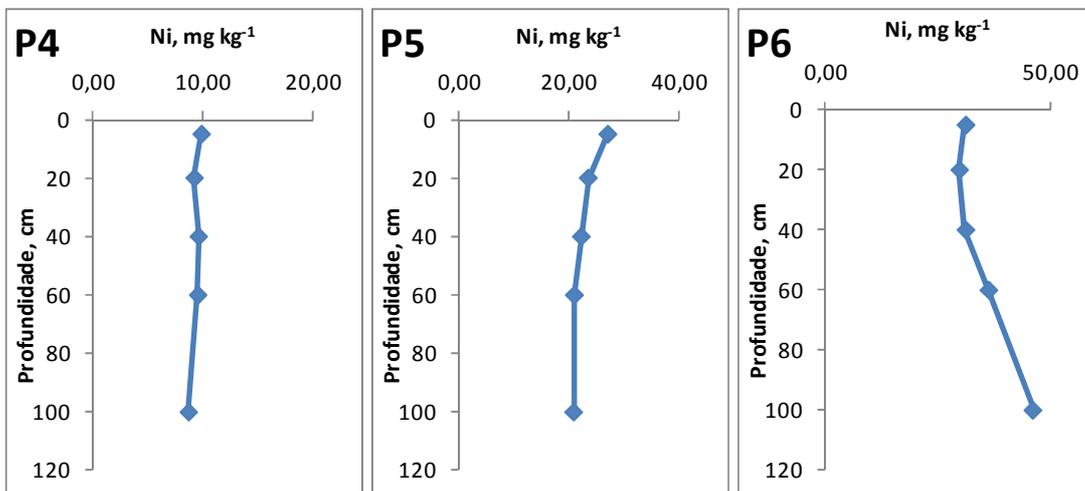


Figura 31 - Curvas de distribuição das concentrações de níquel em perfil do solo.

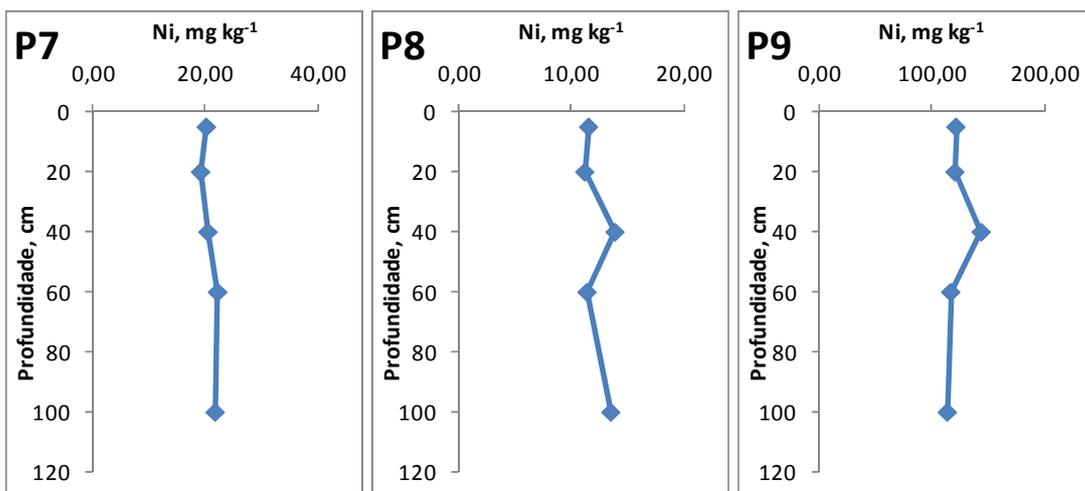


Figura 32 - Curvas de distribuição das concentrações de níquel em perfil do solo.

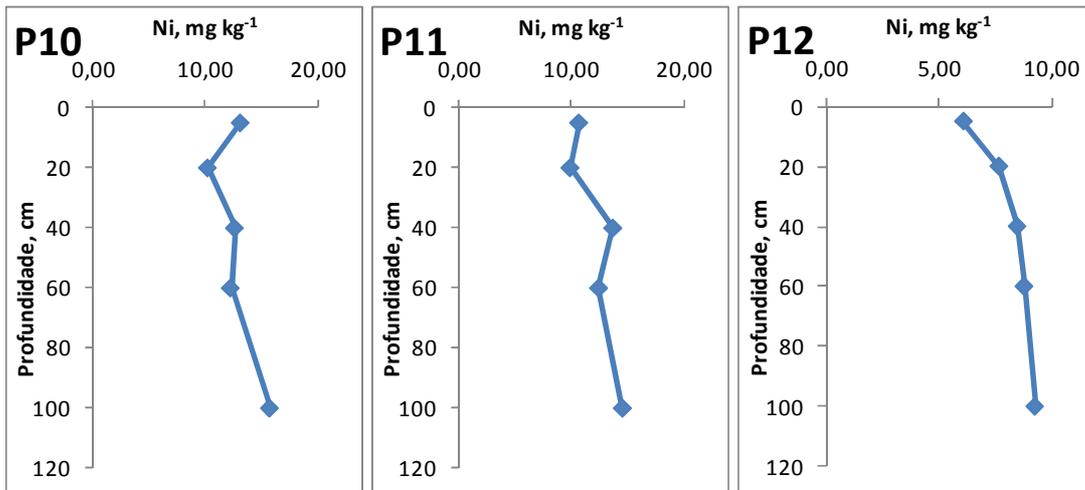


Figura 33 - Curvas de distribuição das concentrações de níquel em perfil do solo.

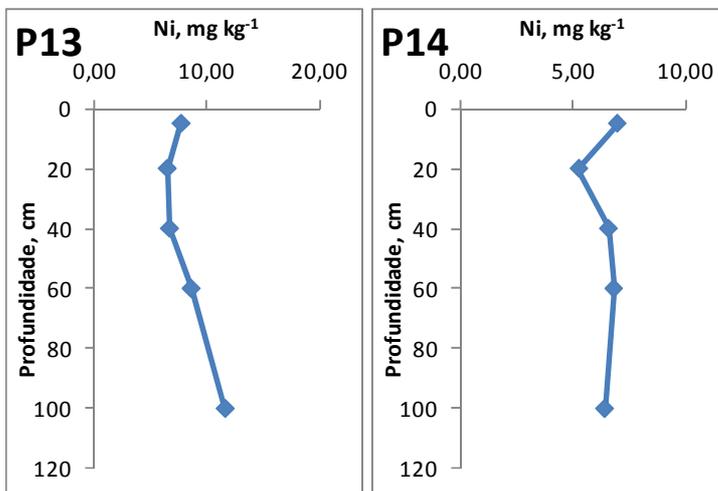


Figura 34 - Curvas de distribuição das concentrações de níquel em perfil do solo.

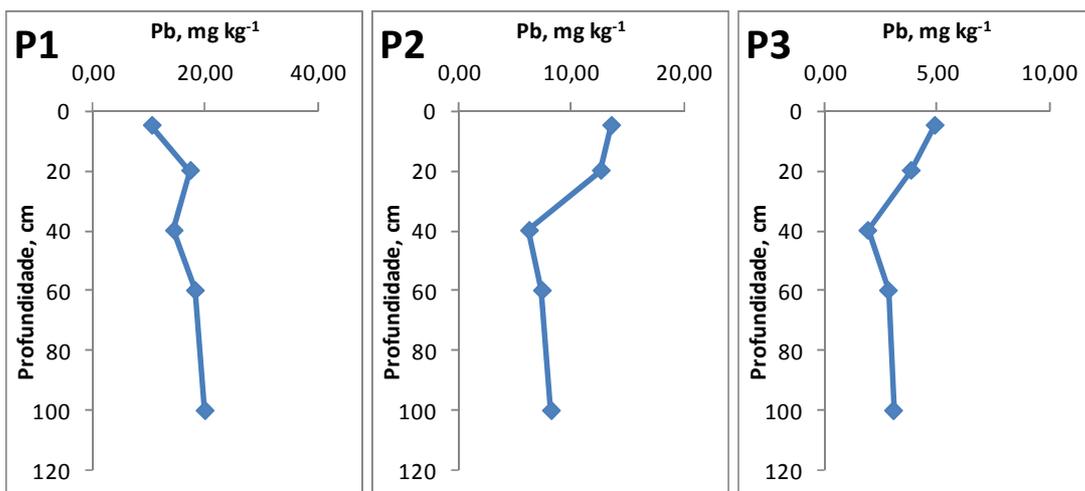


Figura 35 - Curvas de distribuição das concentrações de chumbo em perfil do solo.

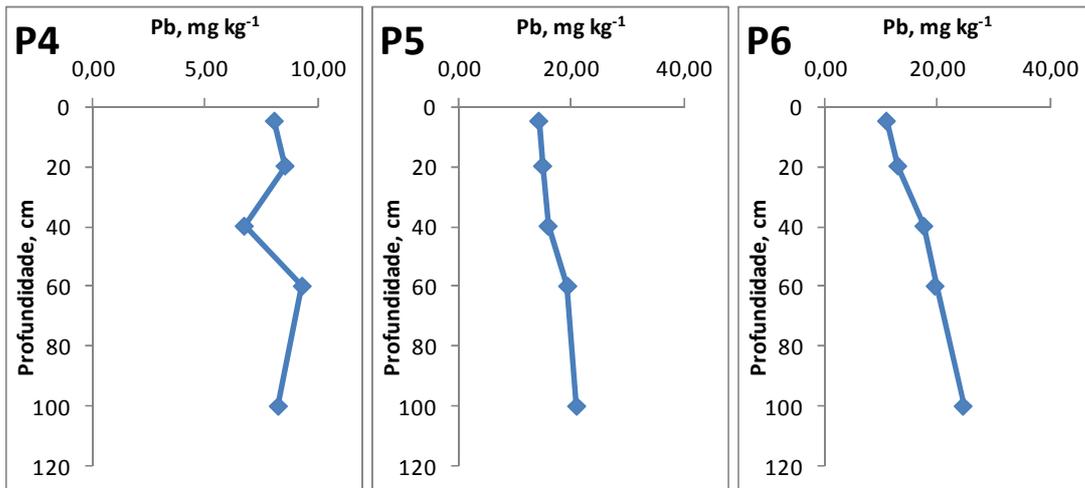


Figura 36 - Curvas de distribuição das concentrações de chumbo em perfil do solo.

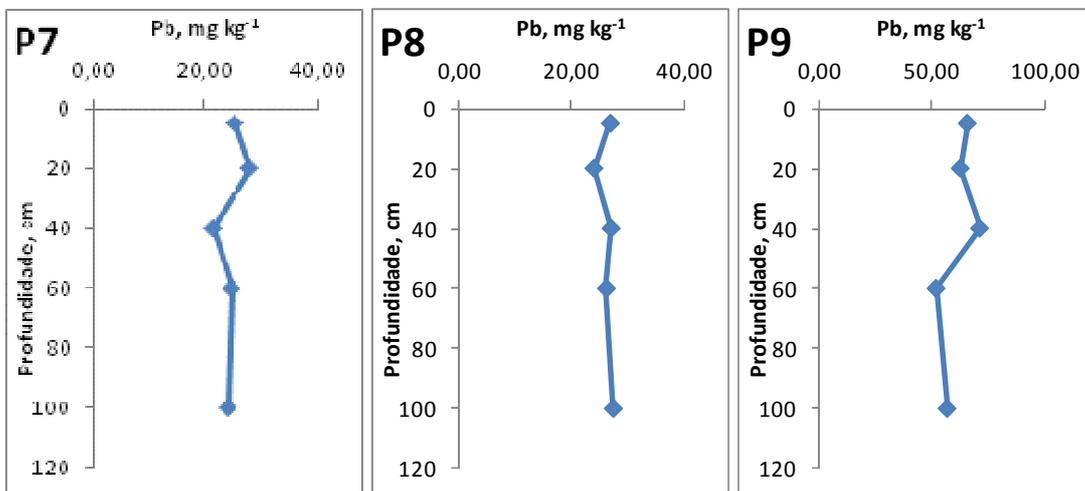


Figura 37 - Curvas de distribuição das concentrações de chumbo em perfil do solo.

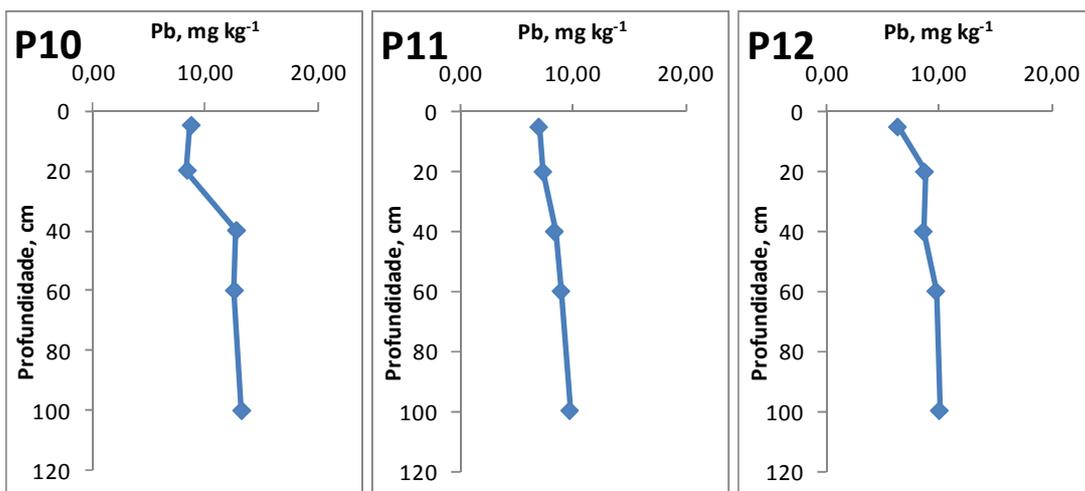


Figura 38 - Curvas de distribuição das concentrações de chumbo em perfil do solo.

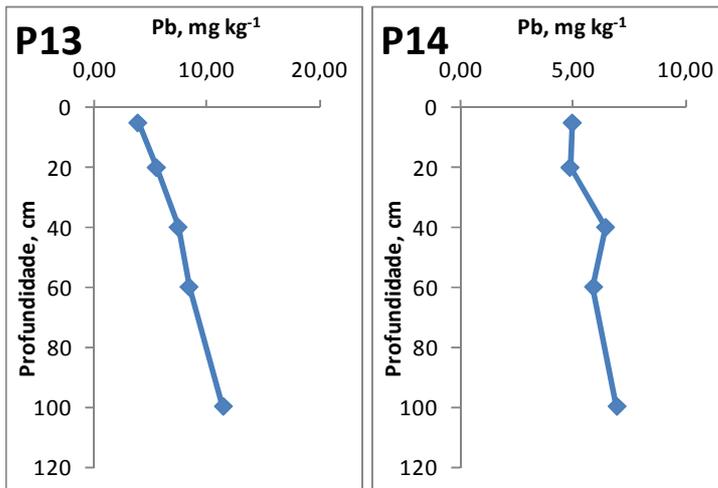


Figura 39 - Curvas de distribuição das concentrações de chumbo em perfil do solo.

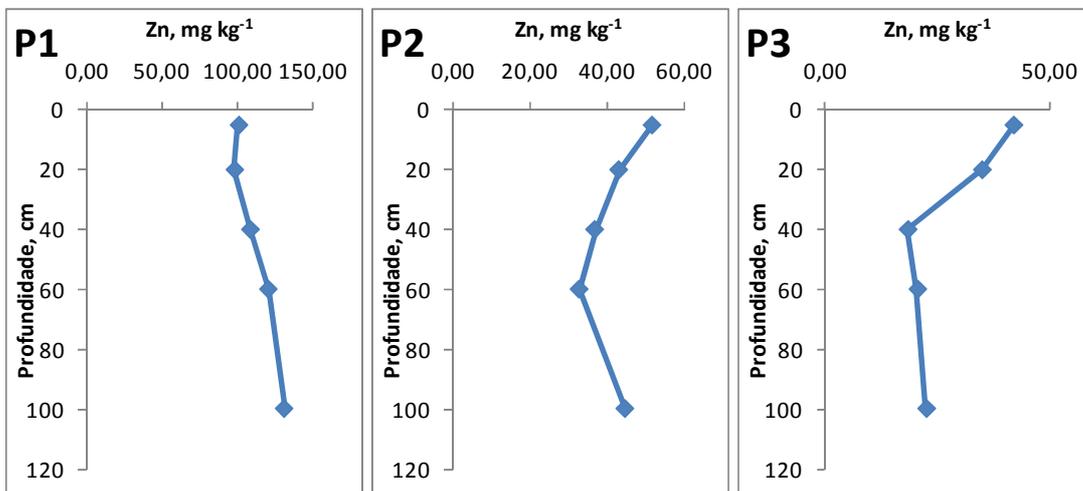


Figura 40 - Curvas de distribuição das concentrações de zinco em perfil do solo.

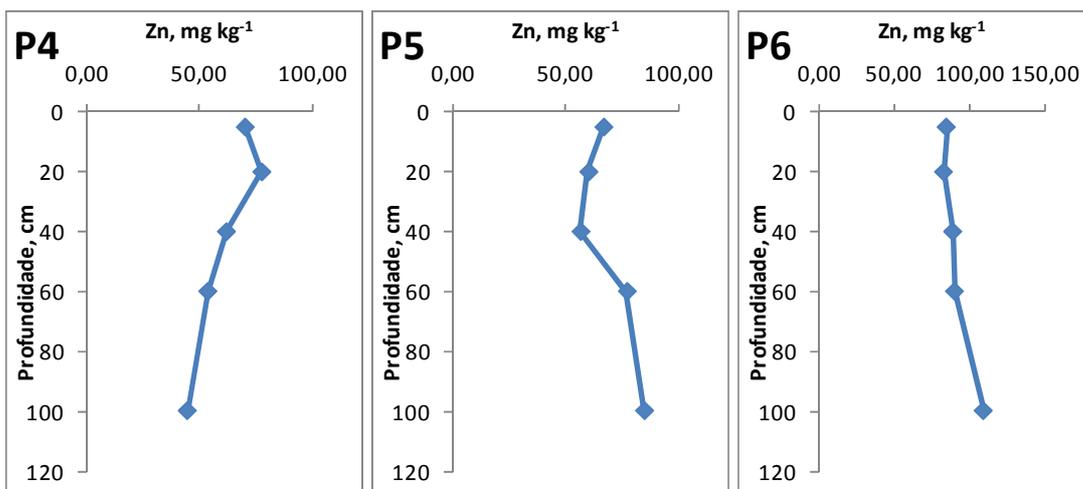


Figura 41 - Curvas de distribuição das concentrações de zinco em perfil do solo.

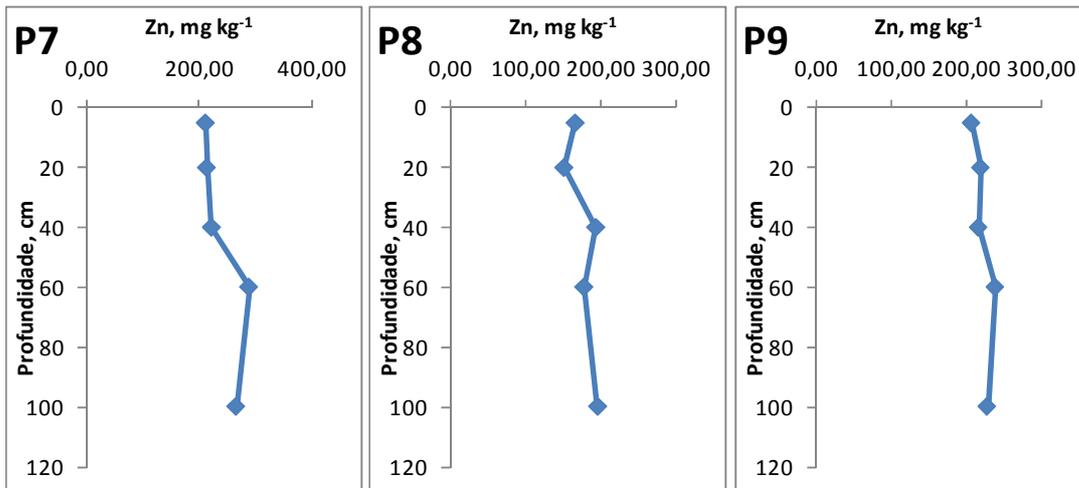


Figura 42 - Curvas de distribuição das concentrações de zinco em perfil do solo.

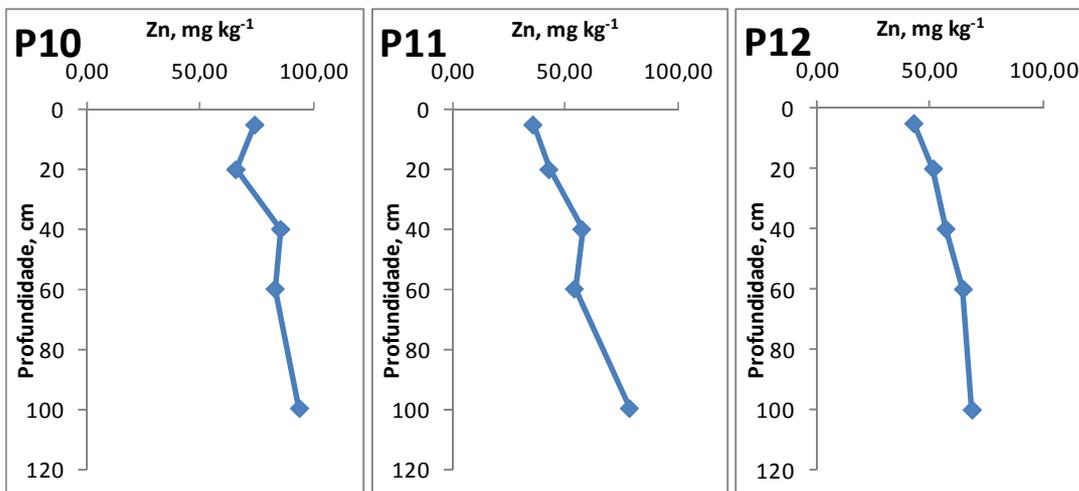


Figura 43 - Curvas de distribuição das concentrações de zinco em perfil do solo.

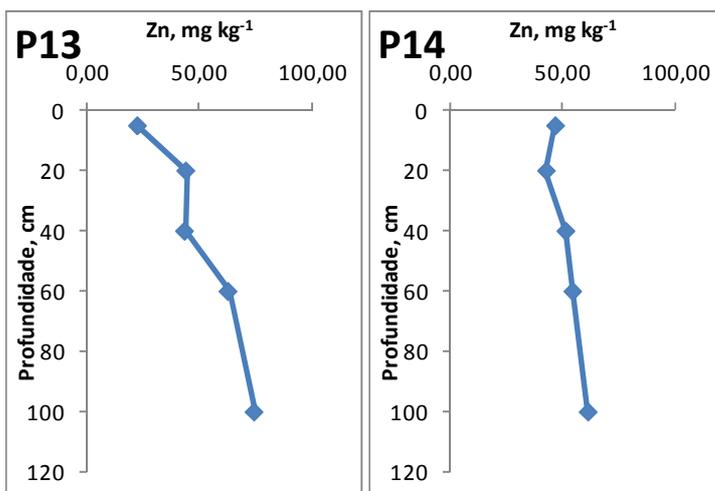


Figura 44 - Curvas de distribuição das concentrações de zinco em perfil do solo.

Concentrações de elementos traço em sedimento de fundo

As concentrações dos elementos traços em sedimento de fundo nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabela 05**.

Tabela 05. Resultados dos concentrações (mg kg^{-1}) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em sedimento de fundo coletados na 14ª campanha de campo, realizada entre os dias 17 a 31/01/2013.

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	<0,01	<0,01	6,34	205,01	8,33	6,36	<0,01	56,60
P2-MAD 1A-MD	Calha	<0,01	<0,01	3,95	143,14	20,18	2,54	<0,01	53,45
P2-MAD 1B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	4,01	103,00	20,85	4,35	<0,01	57,68
P2-MAD 1C-ME	Calha	<0,01	<0,01	4,38	156,31	18,7	4,05	<0,01	63,25
P3-RIB	Tributário	<0,01	<0,01	10,00	36,63	<0,01	8,17	<0,01	10,15
P4-ARA	Tributário	<0,01	<0,01	8,12	41,04	1,18	10,21	<0,01	23,32
P5-ABU	Tributário	<0,01	<0,01	7,18	100,12	<0,01	<0,01	<0,01	12,41
P6-MAD 2A-MD	Calha	<0,01	<0,01	20,15	112,00	35,12	4,93	<0,01	100,24
P6-MAD 2B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	30,96	97,56	18,35	3,48	<0,01	86,3
P6-MAD 2C-ME	Calha	<0,01	<0,01	23,03	99,04	32,07	4,09	<0,01	95,2
P7-SIZ 1	Tributário	<0,01	<0,01	22,15	65,12	17,00	18,14	<0,01	63,76
P7-SIZ 2	Tributário	<0,01	<0,01	20,57	40,20	17,08	17,00	<0,01	72,42
P8-SIM 1	Tributário	<0,01	<0,01	24,51	204,10	19,35	12,12	<0,01	86,18
P8-SIM 2	Tributário	<0,01	<0,01	32,15	186,24	20,13	18,43	<0,01	69,89
P9-MAD 3A-MD	Calha	<0,01	<0,01	12,16	201,15	12,40	6,49	<0,01	48,16
P9-MAD 3B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	15,41	196,95	18,35	6,74	<0,01	50,07
P9-MAD 3C-ME	Calha	<0,01	<0,01	11,55	186,39	35,23	6,35	<0,01	49,39
P10-CAS 1	Tributário	<0,01	<0,01	14,73	130,06	15,05	10,21	<0,01	36,98
P10-CAS 2	Tributário	<0,01	<0,01	18,85	145,40	18,31	10,93	<0,01	43,1
P11-MTP 1 A	Tributário	<0,01	<0,01	14,22	25,82	<0,01	<0,01	<0,01	9,35
P11-MTP 1 B	Tributário	<0,01	<0,01	10,64	40,59	<0,01	<0,01	<0,01	12,46
P12-COT 1	Tributário	<0,01	<0,01	4,45	12,11	0,53	4,07	<0,01	4,39
P12-COT 2	Tributário	<0,01	<0,01	8,90	16,62	0,32	4,95	<0,01	2,14
P13-MUT 1	Lago	<0,01	<0,01	20,01	70,59	6,51	<0,01	<0,01	21,36
P13-MUT 2	Lago	<0,01	<0,01	24,93	91,36	6,93	<0,01	<0,01	20,4
P13-MUT 3	Lago	<0,01	<0,01	18,17	104,44	<0,01	<0,01	<0,01	18,2
P14-MAD 4A-MD	Calha	<0,01	<0,01	18,24	110,21	20,94	4,18	<0,01	40,15
P14-MAD 4B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	13,12	141,86	15,35	4,63	<0,01	46,96
P14-MAD 4C-ME	Calha	<0,01	<0,01	16,63	124,76	18,63	3,98	<0,01	42,01
P15-LOU 1	Tributário	<0,01	<0,01	21,41	138,94	23,74	6,35	<0,01	70,30
P15-LOU 2	Tributário	<0,01	<0,01	10,09	89,12	<0,01	12,4	<0,01	25,80
P16-CAI 1	Tributário	<0,01	<0,01	9,13	100,90	10,51	6,13	<0,01	20,17
P16-CAI 2	Tributário	<0,01	<0,01	24,56	141,06	13,85	8,96	<0,01	65,13
P17-JIR 1	Tributário	<0,01	<0,01	24,45	63,40	52,80	6,89	<0,01	89,25
P17-JIR 2	Tributário	<0,01	<0,01	26,35	93,17	30,03	10,73	<0,01	82,19
P18-MAD 5A-MD	Calha	<0,01	<0,01	12,24	74,47	21,93	10,53	<0,01	80,30
P18-MAD 5B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	35,09	86,41	16,44	9,35	<0,01	73,70
P18-MAD 5C-ME	Calha	<0,01	<0,01	81,17	90,95	20,47	4,93	<0,01	85,77
P19-MAD 6A-MD	Calha	<0,01	<0,01	24,93	73,83	30,12	5,03	<0,01	70,00
P19-MAD 6B-Centro	Calha	<0,01	<0,01	18,35	65,40	21,97	5,93	<0,01	81,93
P19-MAD 6C-ME	Calha	<0,01	<0,01	29,12	99,08	20,38	4,13	<0,01	63,12
P20-MTP 2	Tributário	<0,01	<0,01	<0,01	16,04	<0,01	<0,01	<0,01	7,81
P21- P.CAP	Tributário	<0,01	<0,01	23,47	89,00	30,23	25,12	<0,01	90,56

Estudos em transecto: A - margem direita do rio, B-centro do rio e C-margem esquerda do rio.



As concentrações de cromo (Cr) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2013, apresentou mediana de $16,63 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $20,04 \pm 17,37 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto que nos tributários apresentou mediana na $20,99 \text{ mg kg}^{-1}$ e o valor médio de $20,07 \pm 6,15 \text{ mg kg}^{-1}$, com exceção do Igarapé Araras (P4-ARA), rio Abunã (P5-ABU), Igarapé Cotia (P12-COT 1 e P12-COT 2) e Igarapé Caiçara (P16-CAI 1), que apresentou mediana de $8,12 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $7,56 \pm 1,9 \text{ mg kg}^{-1}$. A amostra coletada na Foz do rio Mutum (P20-MTP 2) apresentou concentração de cromo menor que $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$. O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentrações de Cr ao longo do rio Madeira (**Figura 45**), sendo o rio Mamoré (P1-MAM) de $6,34 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $4,11 \pm 0,23 \text{ mg kg}^{-1}$, P6-MAD 2 de $11,82 \pm 5,6 \text{ mg kg}^{-1}$, P9-MAD 3 de $13,04 \pm 2,08 \text{ mg kg}^{-1}$, P14-MAD 4 de $16 \pm 2,62 \text{ mg kg}^{-1}$, P18-MAD 5 de $42,83 \pm 35,11 \text{ mg kg}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $24,13 \pm 5,43 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Cr nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 (**Figura 46**) evidencia aumento expressivo da concentração de Cr ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários.

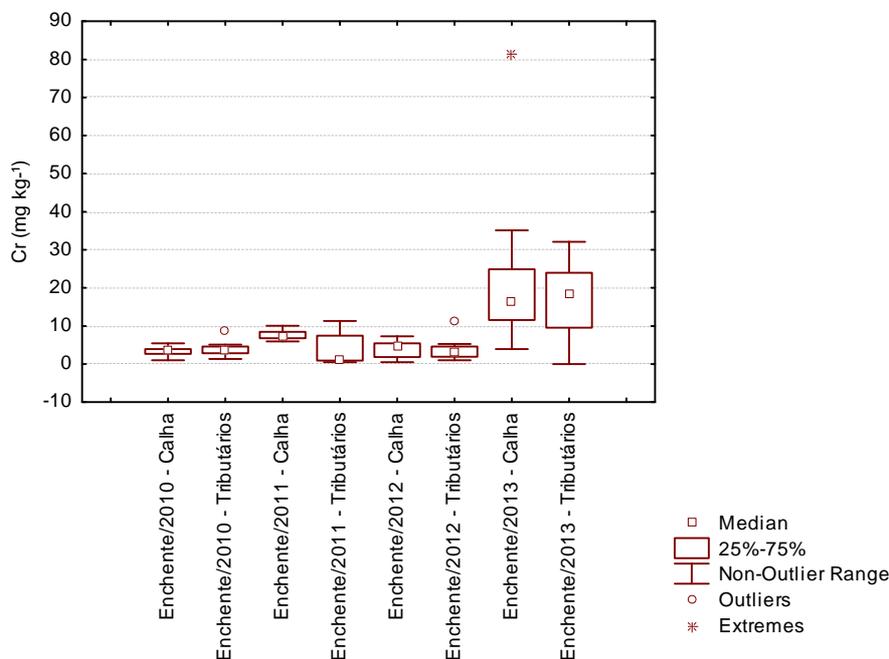


Figura 46 – Série temporal das concentrações de Cr na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

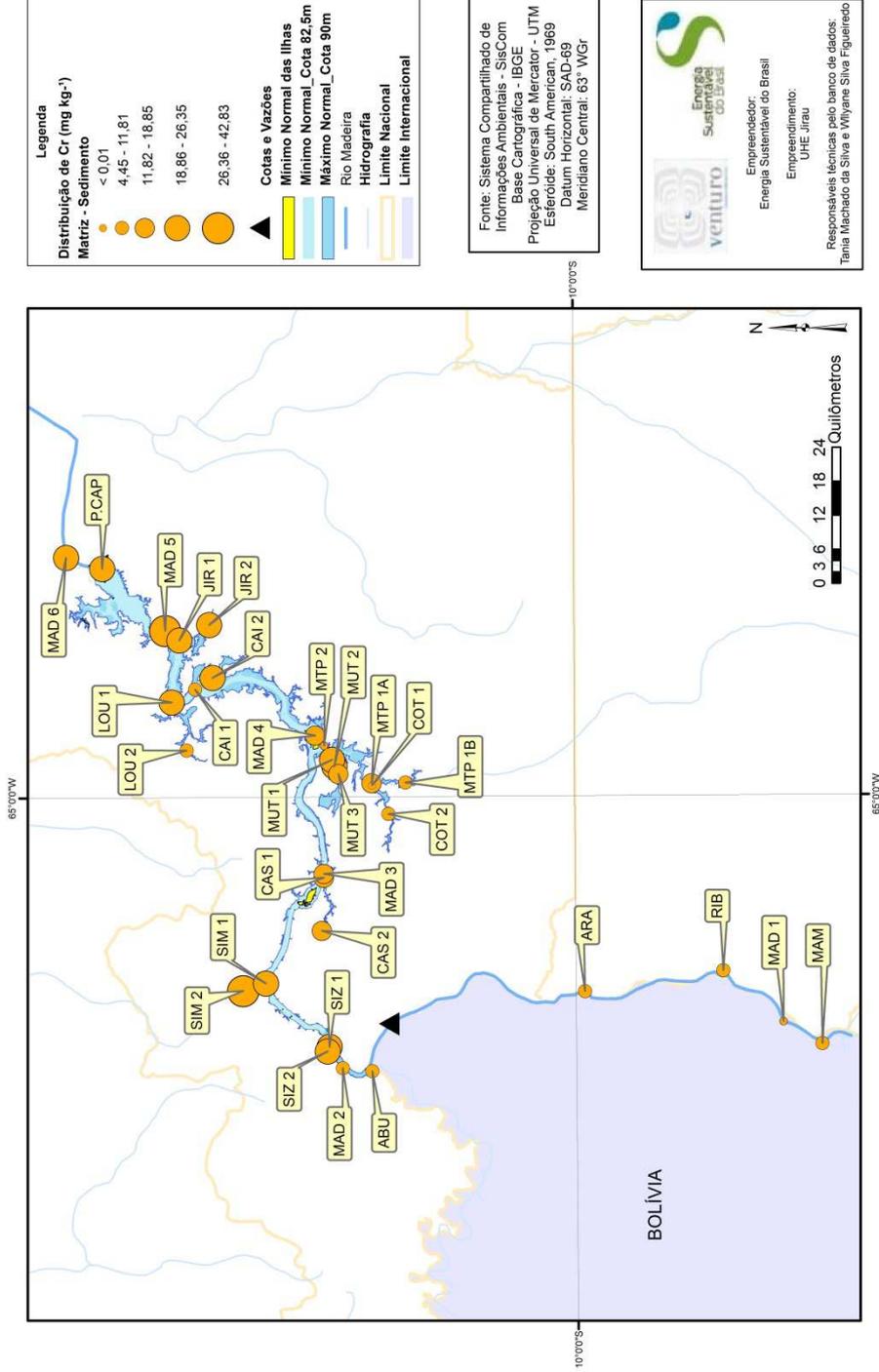


Figura 45 – Distribuição das concentrações de cromo nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de Cr nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $6,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $5,28 \text{ mg kg}^{-1}$. Enquanto que na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à enchente de 2013) as concentrações de Cr nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $16,89 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $13,9 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento expressivo das concentrações de Cr nos tributários e calha do rio Madeira

As concentrações de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2013, apresentou mediana de $110,21 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $124,61 \pm 45,39 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto que nos tributários apresentou mediana na $92,27 \text{ mg kg}^{-1}$ e o valor médio foi de $98,57 \pm 47,46 \text{ mg kg}^{-1}$, com exceção dos pontos do rio Mutum Paraná (P11-MTP 1), Igarapé Cotia (P12-COT 1 e P12-COT 2) e da Foz do Mutum (P20-MTP 2), que apresentou mediana de $16,33 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $17,65 \pm 5,8 \text{ mg kg}^{-1}$.

O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentrações de Mn ao longo do rio Madeira (**Figura 47**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de 205 mg kg^{-1} seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $134,15 \pm 27,77 \text{ mg kg}^{-1}$, P6-MAD 2 de $102,87 \pm 7,94 \text{ mg kg}^{-1}$, P9-MAD 3 de $194,83 \pm 7,6 \text{ mg kg}^{-1}$, P14-MAD 4 de $125,61 \pm 15,84 \text{ mg kg}^{-1}$, P18-MAD 5 de $8,51 \pm 2,65 \text{ mg kg}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $79,44 \pm 17,53 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Mn nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 (**Figura 48**) evidencia diminuição da concentração de Mn ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de Mn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $145,05 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $83,87 \text{ mg kg}^{-1}$. Enquanto que na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à enchente de 2013) as concentrações de Mn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $106,91 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $64,26 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando a diminuição das concentrações de Mn nos tributários e calha do rio Madeira.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

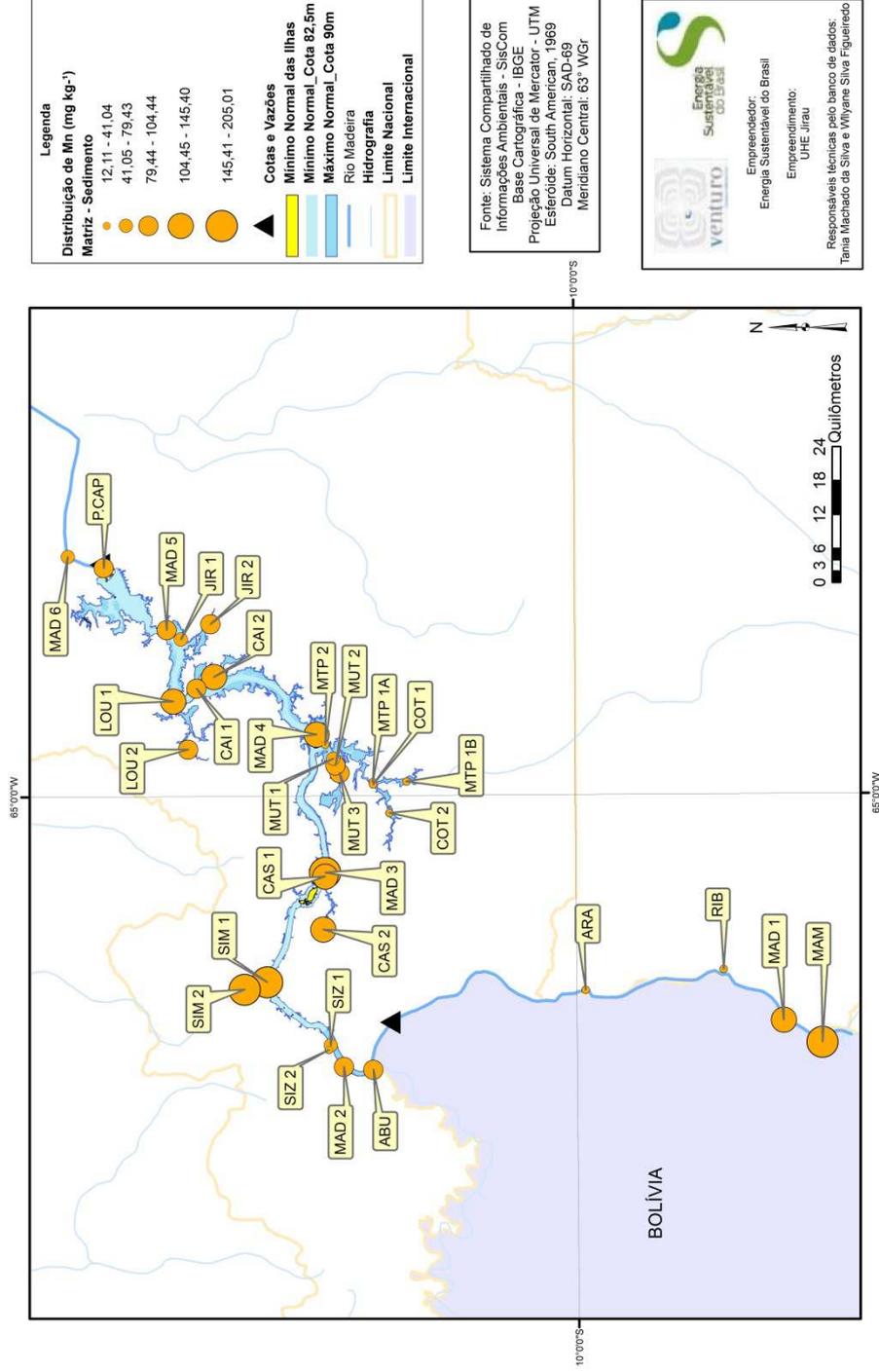


Figura 47 – Distribuição das concentrações de manganês nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

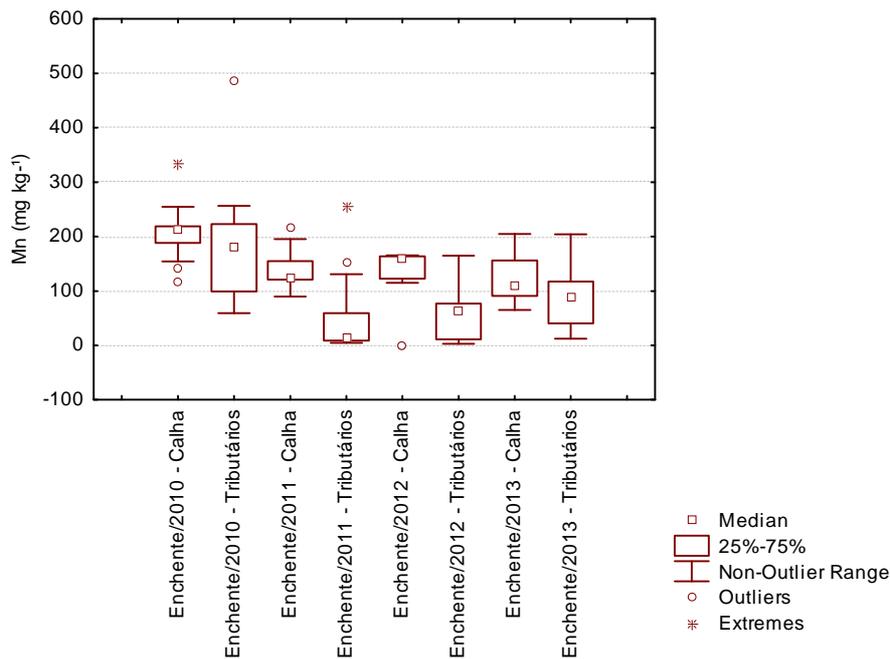


Figura 48 – Série temporal das concentrações de Mn na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

As concentrações de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira, no período de enchente de 2013, apresentou mediana de $20,38 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $21,36 \pm 7,15 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo nos tributários a mediana na $17,7 \text{ mg kg}^{-1}$ e o valor médio foi de $20,11 \pm 11,84 \text{ mg kg}^{-1}$, com exceção dos pontos do Igarapé Araras (P4-ARA), Igarapé Cotia (P12-COT 1 e P12-COT 2), que apresentaram mediana de $0,53 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $0,68 \pm 0,45 \text{ mg kg}^{-1}$. No Igarapé Ribeirão (P3-RIB), rio Abunã (P5-ABU), rio Mutum Paraná (P11-MTP 1 A, P11-MTP 1B), Área Alagada do Mutum (P13-MUT3), Igarapé São Lourenço Lótico (P15-LOU 2) e a Foz do Mutum (P20-MTP 2) as concentrações de cromo foram menores que $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$.

O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentrações de Ni ao longo do rio Madeira (**Figura 49**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de $8,33 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $19,91 \pm 1,1 \text{ mg kg}^{-1}$, P6-MAD 2 de $28,51 \pm 8,93 \text{ mg kg}^{-1}$, P9-MAD 3 de $21,99 \pm 11,84 \text{ mg kg}^{-1}$, P14-MAD 4 de $18,31 \pm 2,81 \text{ mg kg}^{-1}$, P18-MAD 5 de $19,61 \pm 2,84 \text{ mg kg}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $24,16 \pm 5,23 \text{ mg kg}^{-1}$.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

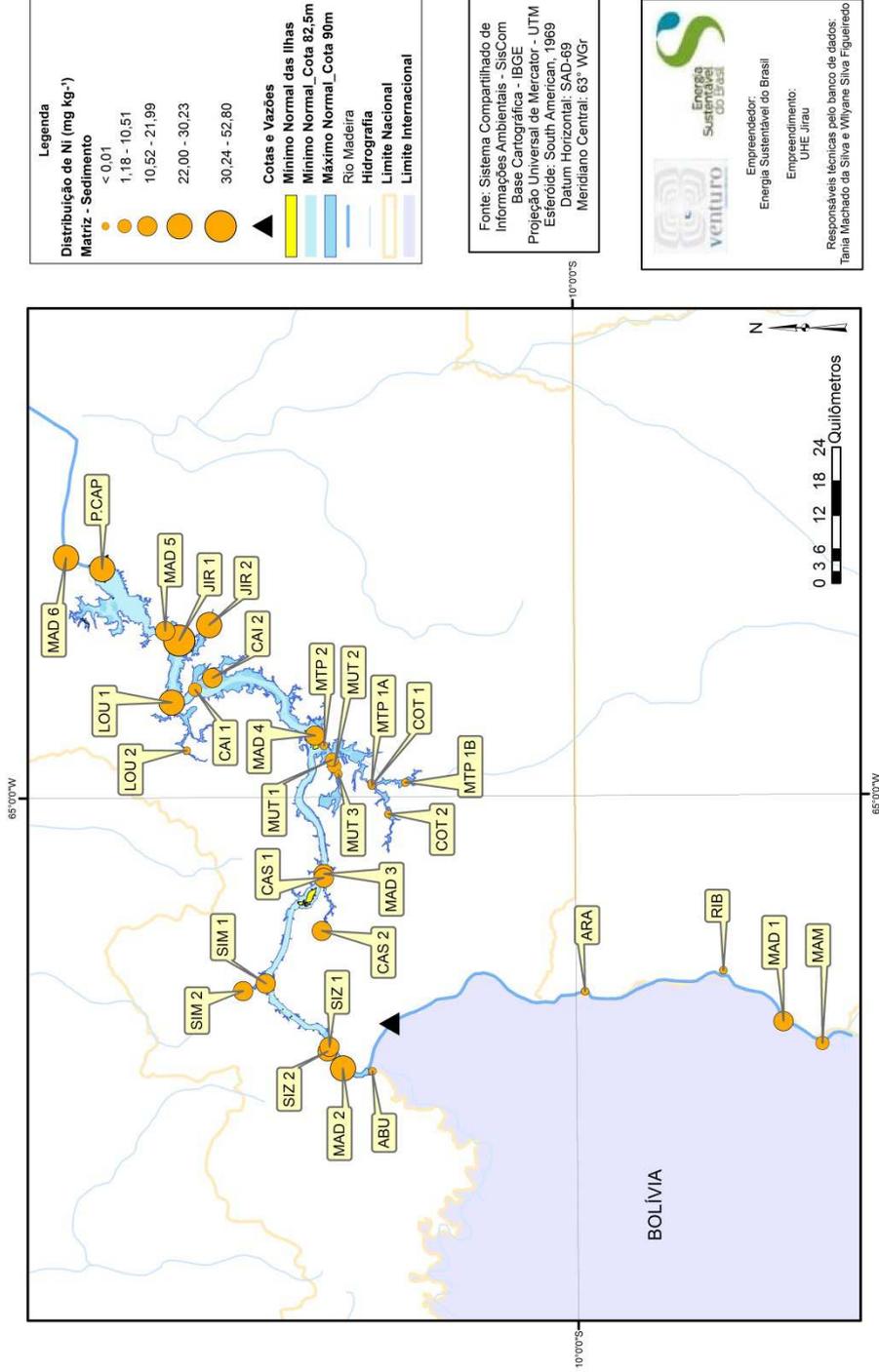


Figura 49 – Distribuição das concentrações de níquel nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

A série temporal das concentrações de Ni nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 (**Figura 50**) evidencia aumento da concentração de Ni ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de Ni nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de 10,74 mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi de 5,61 mg kg⁻¹. Enquanto que na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à enchente de 2013) as concentrações de Ni nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de 19,91 mg kg⁻¹ nos tributários a mediana foi de 8,88 mg kg⁻¹ evidenciando o expressivo aumento das concentrações de Mn nos tributários e calha do rio Madeira.

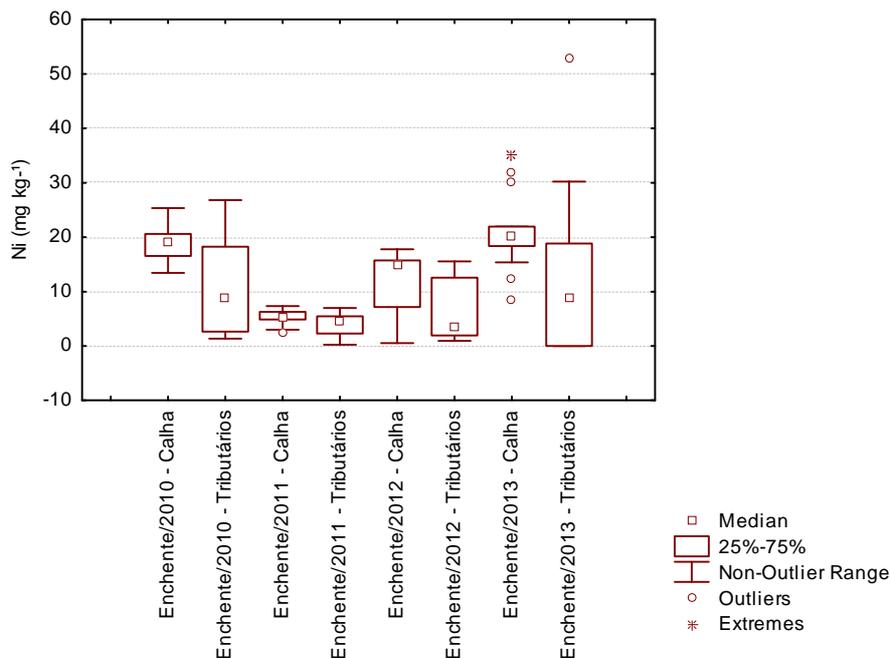


Figura 50 – Série temporal das concentrações de Ni na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

As concentrações de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2013, apresentou mediana de 4,93 mg kg⁻¹ e valor médio de 5,37± 1,97 mg kg⁻¹, enquanto que nos tributários a mediana de 10,21 mg kg⁻¹ e o valor médio foi de 10,36±4,47 mg kg⁻¹. No rio Abunã (P5-ABU), rio Mutum Paraná (P11-MTP 1 A, P11-MTP 1B), Área Alagada do Mutum (P13-MUT 1, P13-MUT 2 e P13-MUT 3) e na Foz do rio Mutum (P20-MTP 2) as concentrações de Cr foram menores que 0,01 mg kg⁻¹.

O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentrações de Pb ao longo do rio Madeira (**Figura 51**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de $6,36 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $3,65 \pm 0,97 \text{ mg kg}^{-1}$, P6-MAD 2 de $4,17 \pm 0,73 \text{ mg kg}^{-1}$, P9-MAD 3 de $6,53 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, P14-MAD 4 de $4,26 \pm 0,33 \text{ mg kg}^{-1}$, P18-MAD 5 de $8,27 \pm 2,95 \text{ mg kg}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $7,58 \pm 0,9 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Pb nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2013 (**Figura 52**) evidencia aumento da distribuição da Pb ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentrações no tributários quando comparado a calha do rio Madeira. Nos período hidrológicos de enchente de 2010e 2011, a concentração de Pb foram menores que $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de Pb nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $3,15 \text{ mg kg}^{-1}$ Enquanto que na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à enchente de 2013) as concentrações de Pb nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $4,43 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $5,98 \text{ mg kg}^{-1}$.

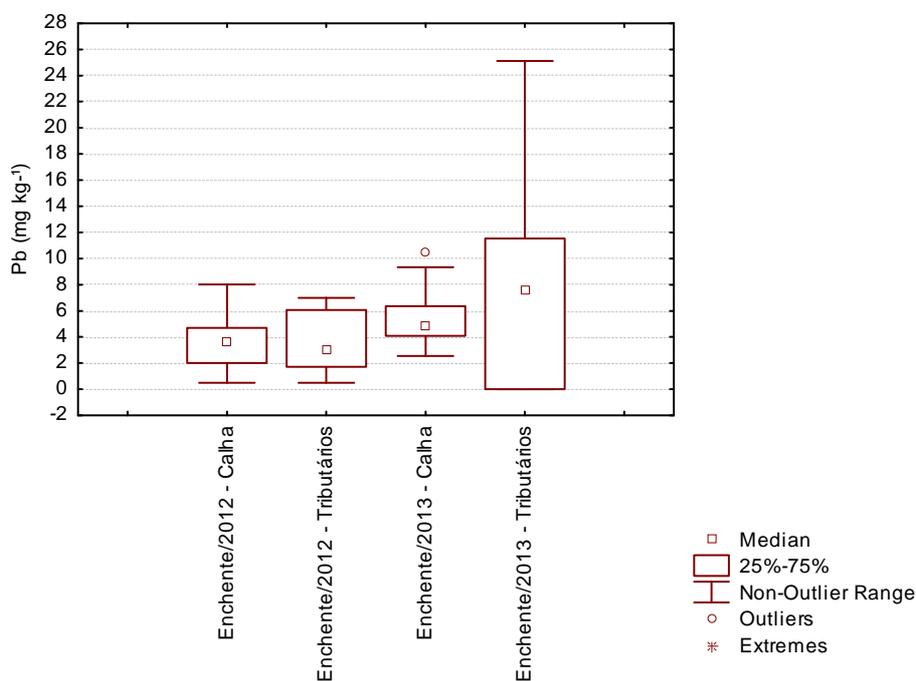


Figura 52 – Série temporal das concentrações de Pb na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

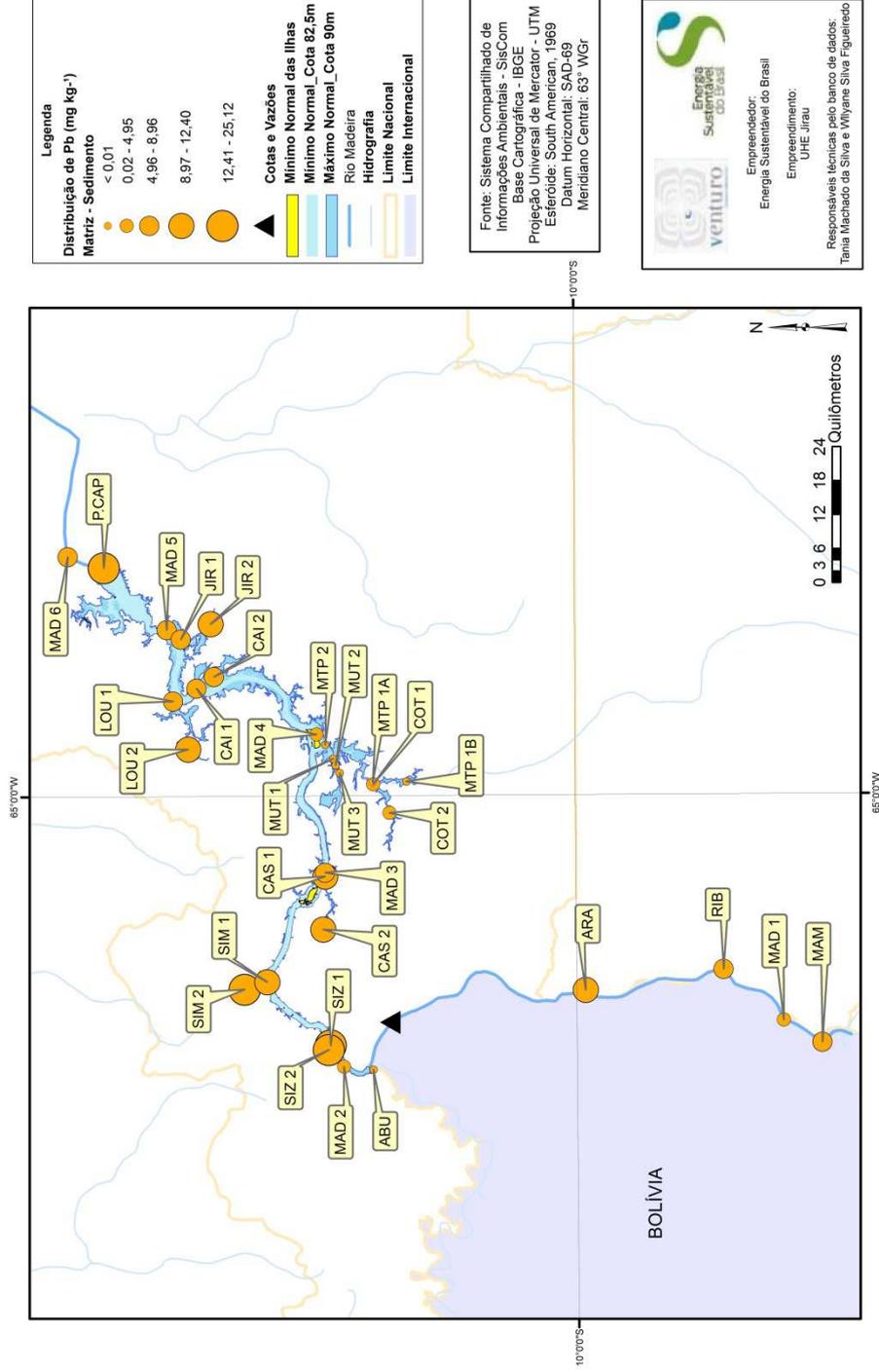


Figura 51 – Distribuição das concentrações de chumbo nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

As concentrações de Zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2013, apresentou mediana de $63,12 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $65,49 \pm 18,47 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo que nos tributários a mediana foi de $63,76 \text{ mg L}^{-1}$ e o valor médio de $52,88 \pm 27,65 \text{ mg kg}^{-1}$, com exceção dos pontos do Igarapé Ribeirão (P3-RIB), Igarapé Abunã (P5-ABU), rio Mutum em Paraná (P11-MTP 1 e P11-MTP 1B), rio Cotia (P12-COT 1 e P12-COT 2) e Foz do Mutum (P20-MTP 2), que apresentaram mediana de $9,35 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio de $8,39 \pm 3,92 \text{ mg kg}^{-1}$.

O estudo em transecto mostra uma tendência heterogênea das concentraes de Zn ao longo do rio Madeira (**Figura 53**), sendo no rio Mamoré (P1-MAM) de $56,6 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $58,13 \pm 4,92 \text{ mg kg}^{-1}$, P6-MAD 2 de $93,91 \pm 7,06 \text{ mg kg}^{-1}$, P9-MAD 3 de $49,21 \pm 0,97 \text{ mg kg}^{-1}$, P14-MAD 4 de $43,04 \pm 3,52 \text{ mg kg}^{-1}$, P18-MAD 5 de $79,92 \pm 6,04 \text{ mg kg}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $71,68 \pm 9,12 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentraes de Zn nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 (**Figura 54**) evidencia aumento da concentrao de Zn ao longo do tempo e a prevalência das maiores concentraes na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários. Na Fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009  vazante de 2012) as concentraes de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $29,07 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $11,44 \text{ mg kg}^{-1}$. Enquanto que na Fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012  enchente de 2013) as concentraes de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentou mediana de $57,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi de $19,13 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando o aumento das concentraes de Zn nos tributários e calha do rio Madeira.

As concentraes de Cádmio (Cd) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários e calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2013, apresentou concentraes menores que $0,001 \text{ mg kg}^{-1}$. A série temporal das concentraes de Cd nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 (**Figura 55**) evidencia concentraes de Cd menores que $0,001 \text{ mg kg}^{-1}$ nos períodos hidrológicos de 2012 e 2013, evidenciando a diminuio das concentraes de Cd nos tributários e na calha do rio Madeira.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO

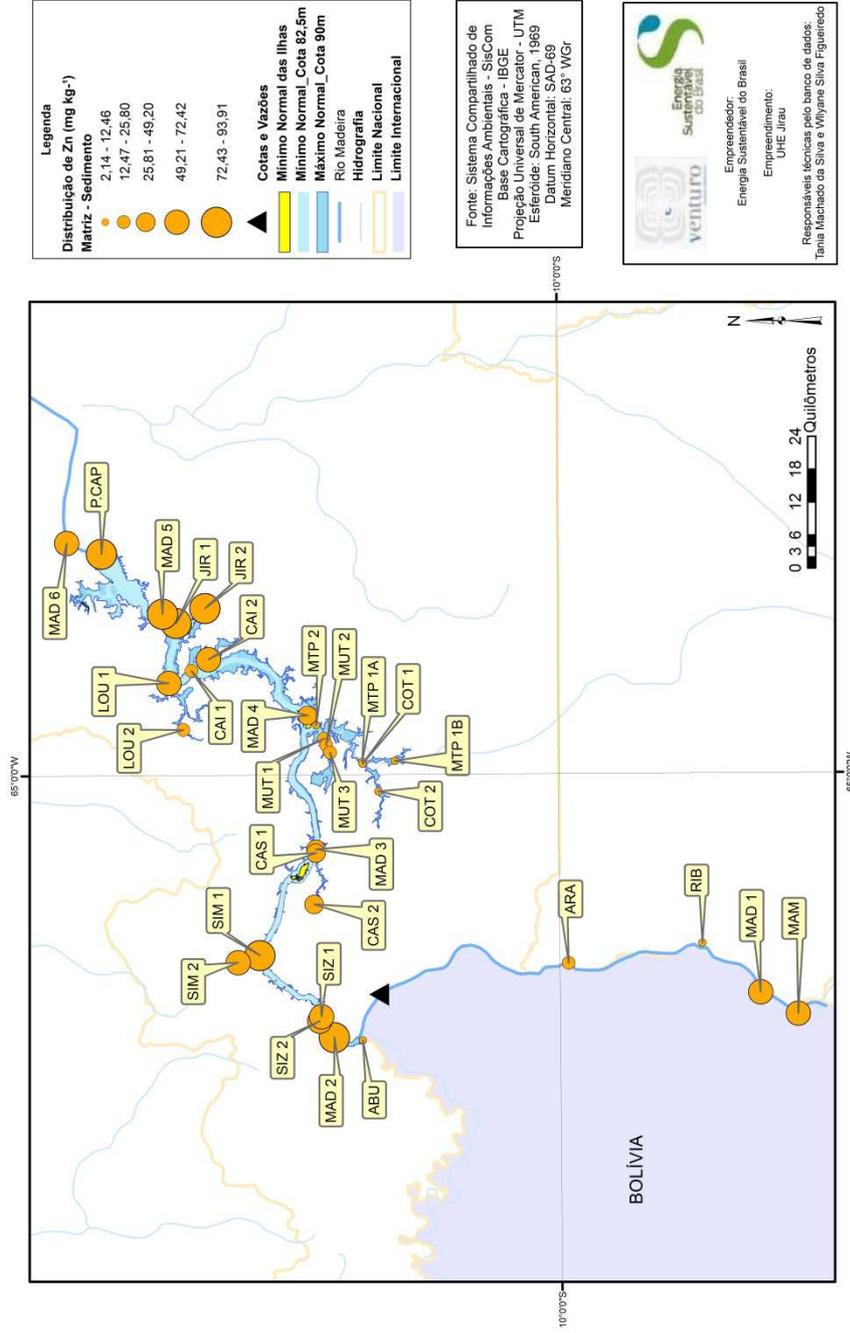


Figura 53 – Distribuição das concentrações de zinco nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

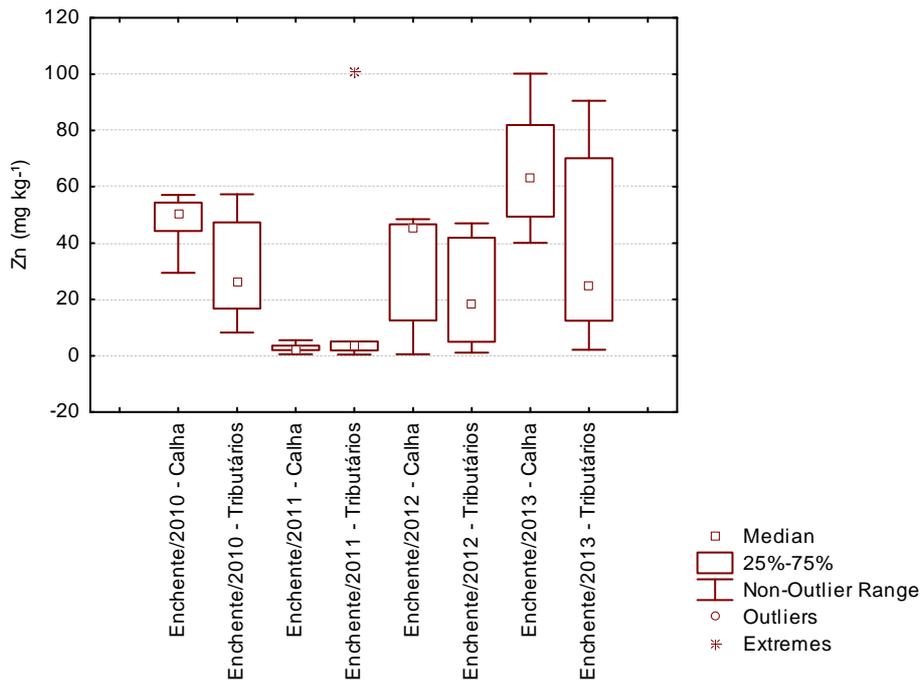


Figura 54 – Série temporal das concentrações de Zn na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

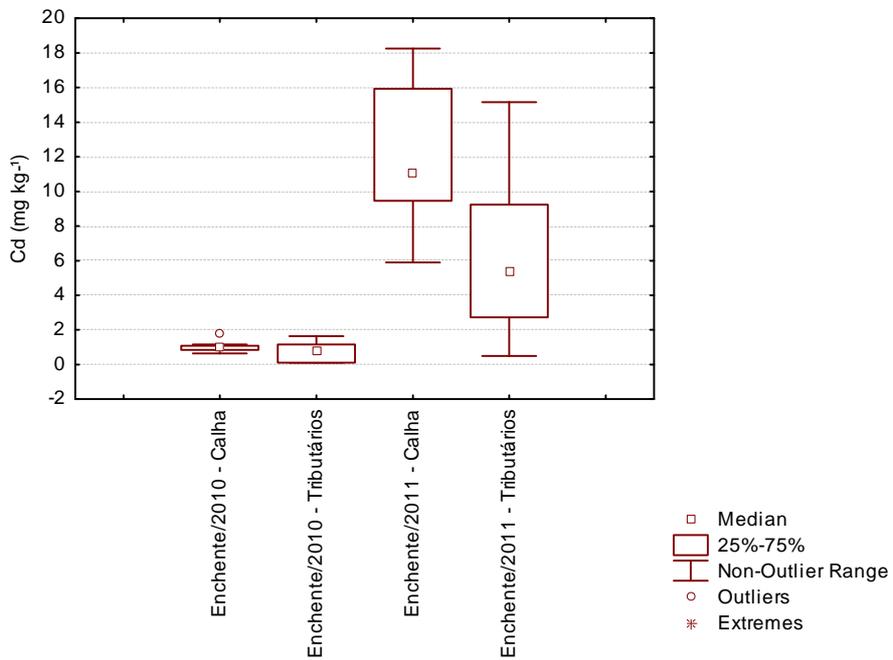


Figura 55 – Série temporal das concentrações de Cd na matriz sedimento nos períodos hidrológicos de enchente do rio Madeira.

As concentrações de Arsênio (As) e Selênio (Se) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários e calha do rio Madeira, no período hidrológico de enchente de 2010 a 2013, foram menores que $0,001 \text{ mg kg}^{-1}$, em todos períodos hidrológico.

A resolução CONAMA N° 344/2004 estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas. A classificação do material a ser dragado são definidos critérios de qualidade sendo o nível 1 o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e o nível 2 o limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota. Esta resolução preconiza para As o nível I de $5,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e nível II de 17 mg kg^{-1} , para Cd o nível I de $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ e nível II de $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$, para Cr o nível I de $37,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e nível II de 90 mg kg^{-1} , para Ni o nível I de 18 mg kg^{-1} e nível II de $35,9 \text{ mg kg}^{-1}$, para Pb o nível I de 35 mg kg^{-1} e nível II de $91,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e para Zn o nível I de 123 mg kg^{-1} e nível II de 315 mg kg^{-1} .

As concentrações dos elementos traço As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn nas amostras de sedimento coletadas durante o período hidrológico de enchente de 2013 nos tributários e calha do rio Madeira estão abaixo dos níveis preconizados pela resolução CONAMA N° 344/2004.

As séries temporais das concentrações dos elementos traço nas amostras de sedimento nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 a 2013 evidenciam a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparado aos tributários e o aumento da concentração de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn ao longo do tempo, entretanto este comportamento dos elementos traço somente poderá ser avaliado nos estudos temporais do Plano de Monitoramento de Elemento Traço nas fase de enchimento e operação da UHE Jirau.

Concentrações de elementos traço em peixe

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor proteico e seu elevado nível de micronutrientes, sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades. Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a frequência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (Phillips *et al.*, 1980 e Tolere, 2003). Os resultados dos teores médios dos elementos traço As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn na amostras de peixe adquiridas na nas comunidades ribeirinhas estão apresentados na **Tabela 06**.

Tabela 06. Resultados das concentrações (mg kg^{-1}) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe de relevante consumo pela população na bacia do rio Madeira.

Espécime		As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Dourada (<i>Brachyplatystoma avicans</i> ; n=22)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,32±0,47	< 0,5	0,62±0,27	< 0,5	21,37±5,63
Barba Chata (<i>Pirinampus pirinampu</i> ; n=20)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,03±0,41	< 0,5	1,24±0,65	< 0,5	30,19±5,31
Apapá (<i>Pellona casteanneana</i> ; n = 12)	Piscívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,63±0,27	< 0,5	0,31±0,11	< 0,5	12,19±3,09
Jatuarana (<i>Argonectes scapularis</i> ; n=17)	Onívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,29±0,13	< 0,5	0,42±0,18	< 0,5	17,35±4,64
Piau (<i>Leporinus fasciatus</i> ; n = 18)	Onívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,51±0,21	< 0,5	0,11±0,05	< 0,5	10,14±4,17

As espécimes de peixe disponibilizadas pela interface com o Programa de Conservação de Ictiofauna e adquiridas nas comunidades ribeirinhas apresentaram concentrações dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni e Se menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ independentemente do hábito alimentar.

Os teores do elemento manganês nas amostras apresentaram valores médios de $1,18 \pm 0,44 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes carnívoras e $0,48 \pm 0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes não carnívoras. Os teores do elemento chumbo nas amostras apresentaram valores médios de $0,93 \pm 0,46 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes carnívoras e $0,28 \pm 0,11 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes não carnívoras. Os teores do elemento zinco nas amostras apresentaram valores médios de $25,78 \pm 5,47 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes carnívoras e $13,23 \pm 0,64 \text{ mg kg}^{-1}$ nas espécimes onívoras, sendo possível observar diferença entre os hábitos alimentares das espécimes.

Atualmente, no Brasil, não existe legislação específica sobre limites máximos de metais permitidos em peixes de água doce para o consumo humano. Contudo, pode ser utilizado como referência a Portaria ANVISA nº. 685 de 27 de agosto de 1998, que aprovou um regulamento técnico que trata dos “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos” e traz um anexo com os “Limites Máximos de Tolerância para Contaminantes Inorgânicos”, sendo preconizados para os elementos traço arsênio $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$, cádmio $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e chumbo $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

Desta forma, os teores destes elementos traço encontrados nas amostras de peixe analisadas estão abaixo do valor preconizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária para o consumo humano. Dentre os elementos essenciais, o selênio apresenta considerável toxicidade devido ao fato da pequena diferença entre a dose essencial e a tóxica.

As amostras de peixe analisadas apresentaram valores de selênio menor que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, não excedendo o limite de tolerância recomendável pela Organização Mundial da Saúde de $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ para o consumo humano.

Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas inicialmente ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, para definição dos testes estatísticos a posteriores e de acordo com as premissas do tipo de distribuição encontrada. As distribuições das concentrações dos elementos traços nas matrizes estudadas (água e sedimento), não tiveram distribuição normal, portanto foram selecionados dois testes estatísticos sendo o primeiro de Kruskal-Wallis (Análise de Variância Não Paramétrica) para testar a hipótese nula H_0 : As concentrações dos elementos traços vêm de uma mesma população ou a hipótese alternativa H_1 : As concentrações dos elementos traços não vêm de uma mesma população. O segundo teste foi realizado a posteriores (post-hoc), sendo escolhido o teste bilateral de Dunn para averiguação das diferenças das concentrações nos grupos formados, por meio do ajuste de Bonferroni.

O teste de Kruskal-Wallis é frequentemente utilizada como uma alternativa à análise de variância em que a hipótese de normalidade não é aceitável conforme Siegel. and Castellan (1988). É usado para testar se as amostras provêm da mesma população ou populações com propriedades idênticas em relação a um parâmetro de posição (o parâmetro de posição é conceitualmente próximo da média, mas o teste de Kruskal-Wallis leva em conta mais informações, além da posição dada pela mediana. Este teste é também conhecido como ANOVA não paramétrica. O valor p é relacionado com um determinado valor de Q e pode ser aproximada por uma distribuição Chi^2 com $(k-1)$ graus de liberdade (Lehmann 1975, Hollander e Wolfe 1999). Neste sentido análise de variâncias não paramétricas foi realizada para comparar os períodos hidrológicos de seca de 2009 a enchente de 2013 estabelecidos por 14 campanhas de coleta na área de estudo, resultados das estações nos tributários e na calha do rio Madeira e entre as fases do empreendimento da UHE Jirau (Fase rio e Fase enchimento).

O teste de comparações múltiplas ou Teste Bilateral de Dunn (1964) foi realizado a posteriores ao teste de Kruskal-Wallis, quando o valor de da probabilidade p for menor que 0,05, tal que a hipótese H_0 tem de ser rejeitada, e depois, pelo menos, um elemento (ou grupo) é diferente do outro. Para identificar quais os elementos são responsáveis pela rejeição de H_0 , o

procedimento de comparação múltipla pode ser utilizado (Dunn, 1964; Nemenyi, 1963). Para se ter em conta o fato de existirem $K(k-1) / 2$ comparações possíveis, a correção do nível de significância de Bonferroni proposto pelo teste, pode ser aplicado na determinação dos grupos diferenciados e elementos.

Os resultados da estatística descritiva (**Tabela 07**) na matriz água estão divididos por coortes sendo: fases do empreendimento (Fase rio – FR, Fase enchimento -FE); período hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) e estações (tributários e calha do rio Madeira).

Tabela 07. Estatística descritiva das concentrações dos elementos traços (Cr, Mn e Zn) na matriz água distribuída por coortes: fase do empreendimento (fase rio – FR e fase enchimento - FE); período hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) e estações (tributário e calha do rio Madeira).

Água/Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Zn FR	328	0,005	0,253	0,023	0,026
Zn FE	86	0,011	0,408	0,055	0,055
Mn FR	328	0,005	0,980	0,080	0,096
Mn FE	86	0,028	0,894	0,141	0,103
Cr FR	328	0,001	0,093	0,024	0,026
Cr FE	86	0,003	0,010	0,006	0,001
Zn Cheia	98	0,005	0,253	0,022	0,030
Zn Vazante	98	0,005	0,081	0,022	0,016
Zn Seca	109	0,005	0,408	0,032	0,052
Zn Enchente	109	0,005	0,167	0,041	0,032
Mn Cheia	98	0,005	0,383	0,098	0,112
Mn Vazante	98	0,005	0,196	0,057	0,061
Mn Seca	109	0,005	0,980	0,108	0,127
Mn Enchente	109	0,005	0,278	0,104	0,079
Cr Cheia	98	0,005	0,093	0,042	0,025
Cr Vazante	98	0,001	0,010	0,004	0,002
Cr Seca	109	0,005	0,018	0,006	0,002
Cr Enchente	109	0,003	0,077	0,029	0,026
Zn Calha	237	0,005	0,408	0,032	0,036
Zn Tributário	177	0,005	0,253	0,026	0,036
Mn Calha	237	0,005	0,980	0,120	0,102
Mn Tributário	177	0,005	0,894	0,056	0,085
Cr Calha	237	0,001	0,093	0,024	0,025
Cr Tributário	177	0,001	0,072	0,016	0,021

As concentrações do elemento Zn e Mn foram maiores e significativas na Fase de enchimento do reservatório em relação à Fase rio do empreendimento, possivelmente devido ao carreamento do Zn e Mn, oriundos das áreas e solos inundados durante o enchimento e ou dos Andes, pelo processo de degelo e lixiviação, conforme estudos de Guyot et. al. (1990); Guyot et. al. (1996) e Aalto & Guyot (2006).

As concentrações do elemento Cr diminuíram durante a Fase de enchimento do reservatório, isto indica que a fonte mais provável seja o material particulado, oriundo da lixiviação dos Andes e não dos solos inundados, durante o enchimento, ou seja, possivelmente os solos das áreas permanentemente alagadas apresentam baixa contribuição para o aporte de Cr na bacia hidrográfica do rio Madeira.

As variações nas concentrações dos elementos Zn e Mn durante os períodos hidrológicos de seca de 2009 a enchente de 2013 foram maiores nos períodos hidrológicos de seca e menores durante os períodos hidrológicos de vazante. A maior concentração pode estar associada ao efeito da concentração do elemento em relação ao volume de água e a relação inversa, também é válida e significativa. As concentrações do elemento Cr durante os períodos hidrológicos de seca de 2009 a enchente de 2013 foram maiores nos períodos hidrológico de cheia e as menores concentrações no período de vazante. O aumento das concentrações no período de cheia esta associado à lixiviação, ao carreamento e aporte dos Andes de acordo com Guyot et. al. (1990); Guyot et. al. (1996) e Aalto & Guyot (2006), e ainda oriundos dos solos das áreas próximas ao empreendimento, que com as chuvas intensas são carreadas partículas ricas nestes elementos.

As concentrações dos elementos Zn, Mn e Cr durante os períodos hidrológicos de seca de 2009 a enchente de 2013, foram sempre maiores na calha do rio Madeira quando comparado com os tributários, isto indica um forte indicio de que as concentrações destes elementos tem como fonte a lixiviação das rochas e solos dos Andes Bolivianos de acordo com os estudos de Guyot et. al. (1990); Guyot et. al. (1996); Baby et. al. (1997) e Aalto & Guyot (2006).

A hipótese verificada envolve a fase rio do empreendimento e fase enchimento do lago, assim a hipótese nula H0: As concentrações vêm de uma mesma população ou seja não existe diferença nas concentrações dos elementos Zn, Mn e Cr quando comparados fase rio versus fase enchimento. Caso contrario a hipótese alternativa H1: As concentrações não vêm de uma mesma população, ou seja, existe diferença entre as fases de rio e enchimento (**Tabela 08**).

Tabela 08. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz água na fase rio e fase enchimento por elemento.

Água /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
(Zn) Fase Rio	103,714	<0,0001	A	
(Zn) Fase Enchimento				B
(Mn) Fase Rio	47,664	< 0,0001	A	
(Mn) Fase Enchimento				B
(Cr) Fase Rio	25,990	< 0,0001	A	
(Cr) Fase Enchimento				B

Legenda: A e B representam grupos diferenciados pelo teste bilateral de Dunn ao nível de ($p < 0,05$), pelo ajuste de Bonferroni.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa na Fase rio do empreendimento em relação à Fase de enchimento do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparação múltipla pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilateral, Fase rio (A) e Fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (**Tabela 08**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Mn, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn apresentou diferença significativa na Fase rio do empreendimento em relação à Fase de enchimento do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilaterais, Fase rio (A) e Fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 08**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Cr, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr apresentou diferença significativa na Fase rio do empreendimento em relação à Fase de enchimento do reservatório do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilaterais,

Fase rio (A) e Fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 08**).

Os elementos Zn, Mn e Cr quando comparados entre a Fase de rio do empreendimento e Fase de enchimento do reservatório, apresentaram diferença significativa nas concentrações (**Tabela 08**). Esta diferença observada pelas médias superiores para os elementos Zn e Mn, pode indicar uma provável concentração e mobilização destes elementos durante o processo de enchimento. A chance do erro preditivo foi de 0,01%, isto indica que estes dois elementos estão se concentrando no reservatório. Quanto ao elemento Cr houve uma inversão nas concentrações, ou seja, as concentrações do Cr diminuíram de forma significativa, este fator pode estar associado à precipitação deste elemento no sedimento.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral), indica a formação de 03 (três) grupos sendo o grupo A constituído pelos períodos hidrológicos de cheia e vazante, o grupo B constituído pelos períodos hidrológico de vazante e seca enquanto que o grupo C é constituído pelo período hidrológico de enchente. Os 03 (três) grupos formados foram estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p < 0,05$ (**Tabela 09**).

Tabela 09. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz água nos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente do rio Madeira

Água /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
Zn Cheia	39,479	< 0,0001	A		
Zn Vazante			A	B	
Zn Seca				B	
Zn Enchente					C
Cr Vazante	174,355	< 0,0001	A		
Cr Seca				B	
Cr Enchente					C
Cr Cheia					C

Tabela 09. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz água nos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente do rio Madeira – Continuação.

Água /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
Mn Vazante	35,181	< 0,0001	A		
Mn Cheia				B	
Mn Seca				B	
Mn Enchente				B	

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal-Wallis para o elemento Mn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de seca de 2009 à enchente de 2013. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral) indicaram dois grupos estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$, sendo o grupo A constituído pelo período hidrológico de vazante enquanto que o grupo B é constituído pelos períodos hidrológicos de cheia, seca e enchente (**Tabela 09**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal-Wallis para o elemento Cr, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de seca de 2009 à enchente de 2013. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral), indicou a formação de 03(três) grupos sendo o grupo A constituído pelo período hidrológico de vazante, o grupo B constituído pelo período hidrológico de seca e o grupo C pelos períodos hidrológicos de enchente e cheia. Os 03 (três) grupos formados foram estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$ (Tabela 3).

As concentrações dos elementos Zn, Mn e Cr na água dos tributários e calha do rio Madeira durante os períodos hidrológicos de seca de 2009 à enchente de 2013 mostraram-se bastante variáveis, com diferenças significativas que indicam flutuações sazonais nas concentrações destes elementos. As concentrações Zn no período de enchente (grupo C) foram diferentes de todos os outros períodos. O período de enchente propicia um aporte nas concentrações do Zn,

que também ficou comprovado durante a fase de enchimento do reservatório, cujas concentrações também se elevaram de forma significativa.

As concentrações do Cr foram diferentes e exclusivas nos períodos hidrológicos de vazante e seca, que formaram os grupos A e B respectivamente. Estes dois períodos hidrológicos tiveram as concentrações menores e significativamente diferente quando comparado aos períodos hidrológicos de enchente e cheia (grupo C), sendo um forte indicio de que nos períodos hidrológicos de enchente e cheia há um aporte nas concentrações do Cr, para o sistema.

As concentrações do elemento Mn foram mais elevadas nos períodos hidrológicos de seca, enchente e cheia (grupo B) respectivamente e menores no período hidrológico de vazante (grupo A), podendo esta diferenças estar associadas ao aporte deste elemento, via calha do rio Madeira.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa entre a os tributários e a calha do rio Madeira. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilateral, indicou a formação de dois grupos sendo grupo (A) constituído pelos pontos de amostragem nos tributários e o grupo (B) constituído pelos pontos de amostragem na calha do rio Madeira grupo (B), estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p<0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz água nos tributários e calha do rio Madeira.

Água /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
(Zn) Tributário	29,019	<0,0001	A	
(Zn) Calha				B
(Mn) Tributário	50,884	< 0,0001	A	
(Mn) Calha				B
(Cr) Tributário	10,100	< 0,001	A	
(Cr) Calha				B

Legenda: A, B representam grupos diferenciados pelo teste bilateral de Dunn ao nível de $p<0,05$ pelo ajuste de Bonferroni.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Mn, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn apresentou diferença significativa

entre a calha do rio Madeira e seus tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilateral, levou a formação do grupo A constituído pelos tributários e o grupo B constituído pela calha do rio Madeira, estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (Tabela 10).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Cr, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr apresentou diferença significativa entre a calha do rio Madeira e seus tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilateral, os tributários (grupo A) e a calha do rio Madeira (grupo B) formaram dois grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (Tabela 10).

Os resultados da estatística descritiva (Tabela 11) na matriz sedimento estão divididos por coortes: fases do empreendimento (Fase rio - FR, Fase enchimento - FE; período hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) e estações (tributários e calha do rio Madeira).

Tabela 11. Estatística descritiva de elementos traços (Zn, Pb, Ni, Mn e Cr) da matriz sedimento está distribuída por coortes: fase do empreendimento (fase rio -FR, fase enchimento - FE); período hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) e estações (tributários e calha do rio Madeira).

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Zn FR	392	0,005	57,380	22,708	17,905
Zn FE	86	1,030	100,240	45,580	26,687
Zn Seca	141	0,550	73,410	30,385	19,012
Zn Enchente	141	0,360	100,240	32,288	27,043
Zn Cheia	98	1,130	52,720	22,327	15,460
Zn Vazante	98	0,005	55,600	18,329	18,038
Zn Calha	277	0,008	100,240	31,384	20,282
Zn Tributário	201	0,005	90,560	20,536	21,857
Pb FR	392	0,005	12,390	2,648	2,692
Pb FE	86	0,010	25,120	5,864	4,938
Pb Seca	141	0,500	19,840	3,915	3,651
Pb Enchente	141	0,010	25,120	3,143	4,189
Pb Cheia	98	0,160	9,890	3,789	2,334
Pb Vazante	98	0,005	10,520	1,794	2,233

Tabela 11. Estatística descritiva de elementos traços (Zn, Pb, Ni, Mn e Cr) da matriz sedimento está distribuída por cortes: fase do empreendimento (fase rio - FR, fase enchimento - FE); período hidrológico (cheia, vazante, seca e enchente) e estações (tributários e calha do rio Madeira) – Continuação

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Pb Calha	277	0,005	11,900	2,960	2,417
Pb Tributário	201	0,005	25,120	3,594	4,459
Ni FR	392	0,005	26,800	8,907	6,843
Ni FE	86	0,010	52,800	14,330	10,104
Ni Seca	141	0,370	23,340	8,204	6,325
Ni Enchente	141	0,010	52,800	11,863	9,188
Ni Cheia	98	0,710	25,760	12,916	7,120
Ni Vazante	98	0,005	19,730	6,415	6,172
Ni Calha	277	0,011	35,230	11,706	7,102
Ni Tributário	201	0,005	52,800	7,370	8,047
Mn FR	392	0,005	484,800	101,750	74,114
Mn FE	86	9,170	205,010	90,913	45,393
Mn Seca	141	0,500	223,390	74,309	57,898
Mn Enchente	141	0,500	484,800	125,523	75,783
Mn Cheia	98	4,550	220,190	123,157	59,640
Mn Vazante	98	0,005	197,400	76,112	65,759
Mn Calha	277	0,095	333,100	116,495	63,813
Mn Tributário	201	0,005	484,800	76,794	71,543
Cr FR	392	0,001	17,380	4,741	3,099
Cr FE	86	0,010	81,170	15,839	10,671
Cr Seca	141	0,500	25,240	7,709	5,757
Cr Enchente	141	0,010	81,170	8,679	9,761
Cr Cheia	98	0,500	17,380	5,020	3,665
Cr Vazante	98	0,001	13,700	4,265	3,643
Cr Calha	277	0,001	81,170	6,589	6,930
Cr Tributário	201	0,001	32,150	6,944	6,653

As concentrações dos elementos Zn, Pb, Mn e Cr foram maiores e significativas na fase de enchimento do reservatório em relação à fase rio. Isto pode ser explicado pelo carreamento destes elementos, oriundos das áreas e solos inundados durante o enchimento e ou dos Andes, pelo processo de degelo e lixiviação, conforme estudos de Guyot et. al. (1990); Guyot

et. al. (1996) e Aalto & Guyot (2006). Outro fator pode estar associado à concentração destes elementos durante o processo de enchimento. O elemento Mn as concentrações diminuíram durante a fase de enchimento do reservatório, isto indica que a fonte mais provável seja o material particulado, oriundo da lixiviação dos Andes e não dos solos inundados, durante o enchimento, ou seja, estes solos da área de influencia e inundados são pobres em Mn. Outra hipótese seria a mobilização do elemento para a sedimento intersticial, que por sua vez diluído no sedimento durante o processo de enchimento.

A variabilidade destes elementos está associada também a matéria orgânica (ácidos húmicos/fúlvicos) e dos sólidos em suspensão, que são constituídos de argilominerais formadores dos sedimentos de várzea (Martinelli *et al.*, 1993) e fluviais (Lyons & Bird, 1995; Guyot, *et al.*, 2007). A dinâmica das interações durante os períodos hidrológicos deve ser monitorada, para inferirmos sobre o efeito da sazonalidade na relação dos elementos traços e suas relações com a transformação do ambiente lótico para o lentic. Estas variações são em parte explicadas pelo regime de vazões do período hidrológico cuja dinâmica se inicia com o degelo das geleiras nos contrafortes andinos da Bolívia e Peru e pelo efeito da geomorfologia da área de estudo, que condiciona uma variação altimétrica das nascentes do Rio Beni nos Andes a formação do Rio Madeira no Brasil de 6.500 m para 120 m (Guyot *et al.*, 1999). Na área de estudo o desnível verificado foi de 30 m em 300 km, e ainda do regime pluvial amazônico, que é bastante intensificado na região do reservatório e área de influência.

A hipótese verificada envolve a fase rio do empreendimento e fase enchimento do lago, assim a hipótese nula H_0 : As concentrações vêm de uma mesma população, ou seja, não existe diferença nas concentrações dos elementos Zn, Pb, Ni, Mn e Cr quando comparados fase rio versus fase enchimento. Caso contrário à hipótese alternativa H_1 : As concentrações não vêm de uma mesma população, ou seja, existe diferença entre as fases de rio e enchimento (**Tabela 12**).

Tabela 12. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz sedimento na fase rio e fase enchimento por elemento.

Sedimento /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
(Zn) FR	55,199	<0,0001	A	
(Zn) FE				B
(Mn) FR	3,467	0,063	A	
(Mn) FE				
(Cr) FR	114,088	< 0,0001	A	
(Cr) FE				B

Legenda: A, B representam grupos diferenciados pelo teste bilateral de Dunn ao nível de ($p < 0,05$), pelo ajuste de Bonferroni.

Tabela 12. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz sedimento na fase rio e fase enchimento por elemento – Continuação.

Sedimento /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
Pb FR	44,980	< 0,0001	A	
Pb FE				B
Ni FR	23,340	< 0,0001	A	
Ni FE				B

Legenda: A, B representam grupos diferenciados pelo teste bilateral de Dunn ao nível de ($p < 0,05$), pelo ajuste de Bonferroni.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn na matriz sedimento, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa na fase rio em relação à fase de enchimento do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparação múltipla pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, fase rio (A) e fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (**Tabela 12**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Mn, valor p-valor calculado foi maior que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula H_0 e rejeitar a hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn não apresentou diferença significativa na fase rio em relação à fase de enchimento do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilaterais, fase rio (A) e fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 12**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Cr, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr apresentou diferença significativa na fase rio em relação à fase de enchimento do reservatório do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilaterais, fase rio (A) e fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 12**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Ni, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0

em favor da hipótese alternativa H1, ou seja, o elemento Ni apresentou diferença significativa na fase rio em relação à fase de enchimento do reservatório do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilaterais, fase rio (A) e fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 12**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Pb, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H0 em favor da hipótese alternativa H1, ou seja, o elemento Pb apresentou diferença significativa na fase rio em relação à fase de enchimento do reservatório do reservatório. O risco de rejeitar a hipótese nula H0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilaterais, fase rio (A) e fase enchimento (B) formam dois grupos estatisticamente significativos (**Tabela 12**).

Os elementos Zn, Pb, Ni e Cr quando comparados entre as fases de rio e enchimento do reservatório, apresentaram diferença significativa nas concentrações (**Tabela12**). Esta diferença observada pelas médias superiores destes elementos pode indicar uma provável concentração precipitação destes elementos durante o processo de enchimento. A chance do erro preditivo foi de 0,01%, isto indica que estes dois elementos estão se concentrando no reservatório. Quanto ao elemento Mn houve uma inversão nas concentrações, ou seja, as concentrações do Mn diminuíram de forma significativa, este fator pode estar associado à mobilização deste elemento no sedimento.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H0 em favor da hipótese alternativa H1, ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente. O risco de rejeitar a hipótese nula H0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral), levou a formação de 03(três) grupos sendo o grupo A é constituído pelos períodos hidrológico de cheia e vazante, o grupo B constituído pelos períodos hidrológicos de vazante e seca e o grupo C pelo período de hidrológico de enchente tem contribuição do período de seca. Os 03 (três) grupos formados foram estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$ (**Tabela 13**).

Tabela 13. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz sedimento nos períodos hidrológicos de Cheia, vazante, seca e enchente.

Variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
Zn Cheia	33,714	< 0,0001	A		
Zn Vazante			A	B	
Zn Seca				B	C
Zn Enchente					C
Pb Vazante	54,776	< 0,0001	A		
Pb Enchente				B	
Pb Seca					C
Pb Cheia					C
Cr Vazante	174,355	< 0,0001	A		
Cr Cheia			A	B	
Cr Enchente				B	
Cr Seca				B	
Mn Vazante	35,181	< 0,0001	A		
Mn Seca			A		
Mn Enchente				B	
Mn Cheia				B	
Ni Vazante	52,720	< 0,0001	A		
Ni Seca			A		
Ni Enchente				B	
Ni Cheia				B	

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Mn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de vazante, cheia, seca e enchente. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral) indicaram dois grupos estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$, sendo o grupo A constituído pelos períodos hidrológicos de vazante e seca, enquanto que o grupo B é constituído pelos períodos hidrológicos de cheia, seca e enchente (**Tabela 13**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Cr, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de vazante, seca, enchente e cheia. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral), indicou a formação de 03 (três) grupos sendo o grupo A constituído pelo período hidrológico de vazante, o grupo B constituído pelo período hidrológico de seca e o grupo C ficou com os períodos hidrológicos de enchente e cheia. Os 03(três) grupos formados foram estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$ (**Tabela 13**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Ni, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Ni apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de vazante, cheia, seca e enchente. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral) indicaram dois grupos estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$; o grupo A é constituído pelos períodos hidrológicos de vazante e seca, enquanto que o grupo B é constituído pelos períodos hidrológicos de cheia, e enchente (**Tabela 13**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Pb, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Pb apresentou diferença significativa em relação aos períodos hidrológicos de vazante, seca, enchente e cheia. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn (Teste bilateral), indicou a formação de 03 (três) grupos sendo o grupo A constituído pelo período hidrológico de vazante, o grupo B constituído pelo período hidrológicode enchente e o grupo C ficou com os períodos hidrológicos de secae cheia. Os 03(três) grupos formados foram estatisticamente significativos pelo ajustamento de Bonferroni com $p<0,05$ (**Tabela 13**).

As concentrações dos elementos durante os períodos hidrológicos mostraram-se bastante variáveis, com diferenças significativas que indicam flutuações sazonais nas concentrações destes elementos.

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Zn, cujo p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Zn apresentou diferença significativa entre os tributários e a calha do rio Madeira. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, os tributários grupo (A) e a calha do rio Madeira grupo (B) formaram dois grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p<0,05$) (Tabela 14).

Tabela 14. Análise de variâncias não paramétrica Kruskal- Wallis e teste bilateral de Dunn com ajuste de Bonferroni, para diferenciação de grupos da matriz sedimento nos tributários e calha do rio Madeira.

Sedimento /variável	K (Kruskal-Wallis)	p (Kruskal-Wallis)	Grupo (Dunn teste)	Grupo (Dunn teste)
(Zn) Tributário	36,253	<0,0001	A	
(Zn) Calha				B
(Mn) Tributário	41,368	< 0,0001	A	
(Mn) Calha				B
Ni Tributário	46,895	< 0,0001	A	
Ni Calha				B
Pb Tributário	0,562	0,453	A	
Pb Calha				
(Cr) Tributário	0,077	0,782	A	
(Cr) Calha				

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Mn, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Mn apresentou diferença significativa entre a Calha do Rio Madeira e seus Tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, os tributários (grupo A) e a calha do rio Madeira (grupo B) formaram dois grupos estatisticamente significativos, pelo ajuste de Bonferroni ($p<0,05$)(Tabela 14).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Ni, valor p-valor calculado foi menor que o nível de significância $\alpha=0,05$, deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Ni apresentou diferença significativa entre a calha do rio Madeira e seus tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, os tributários (grupo A) e a calha do rio Madeira

(grupo B) formaram dois grupos estatisticamente significativos, pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (**Tabela 14**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Pb valor p-valor calculado foi maior que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula H_0 e rejeitar a hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Pb não apresentou diferença significativa entre a calha do rio Madeira e seus tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, os tributários (grupo A) e a calha do rio Madeira (grupo A) não formaram grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (**Tabela 14**).

A análise de variâncias não paramétricas Kruskal- Wallis para o elemento Cr, valor p-valor calculado foi maior que o nível de significância $\alpha = 0,05$, deve-se aceitar a hipótese nula H_0 e rejeitar a hipótese alternativa H_1 , ou seja, o elemento Cr não apresentou diferença significativa entre a calha do rio Madeira e seus tributários. O risco de rejeitar a hipótese nula H_0 quando ela é verdadeira é menor do que 0,01%. Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn / Teste bilateral, os tributários (grupo A) e a calha do rio Madeira (grupo A) não formaram grupos estatisticamente significativos pelo ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) (**Tabela 14**).

A comparação das concentrações de Zn, Mn e Ni nos sedimentos nos tributários e calha do rio Madeira mostrou diferença significativa e desta forma formando dois grupos (A e B), cujos sedimentos se diferem entre si. Os maiores aportes foram da calha do rio Madeira para os 03(três) elementos, isto indica que a origem destes elementos é a lixiviação e carreamento destes elementos dos Andes para a bacia do rio Madeira, por meios das partículas de argila e hidrólise parcial e total, que por sua vez precipita estes elementos para o sedimento. Os elementos Pb e Cr as concentrações foram maiores nos tributários, mas não formaram grupos discriminados significativamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os teores de elementos traço encontrados nas amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 referente aos corpos de água doce classe II e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, entretanto os teores de cromo estão na faixa limítrofes quando considerado os teores preconizados pela legislação brasileira.

As concentrações dos elementos traço As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn nas amostras de sedimento coletadas nos tributários e calha do rio Madeira estão abaixo dos níveis preconizados pela resolução CONAMA N° 344/2004. Os teores dos elementos traço As, Cd e Pb determinados nas amostras de peixe estão abaixo dos níveis preconizados pela Portaria ANVISA nº. 685 1998.

Comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de Dunn/Teste bilateral, indicou diferenças das concentrações dos elementos traço na água superficial e no sedimento na Fase rio do empreendimento quando comparado a Fase enchimento do reservatório da UHE Jirau. O estudo temporal dos elementos traço nos tributários e calha do rio Madeira nas fases de enchimento do reservatório e operação da UHE Jirau possibilitará a compreensão das reais magnitudes das alterações das concentrações dos elementos traços nas matrizes de interesse ambiental em relação as diferentes fases do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALTO, R.; DUNNE T., GUYOT J.L. Geomorphic controls on Andean denudation rates. *Journal of Geology*, 114(1): 85-99, 2006.
- AALTO, R.; MAURICE-BOURGOIN, L.; DUNNE, T.; MONTGOMERY, D.R.; NITTROUER, C.A.; GUYOT, J.L. Episodic sediment accumulation on Amazonian flood plains influenced by El Niño/Southern Oscillation. *Nature*, 425: 493-497, 2003.
- ANDARADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. *Rev. Química Nova*. 23: 733, 2000.
- BABY P., ROCHAT P., MASCLE G., HÉRAIL G. Neogene shortening contribution to crustal thickening in the back arc of the Central Andes. *Geology* 25: 883-886, 1997.
- BARRETO, W.J.; RIBEIRO, M.R.; SOLCI, M.C.; SCARMINIO, I.S.; NOZAKI, J.; DE OLIVEIRA, E.; BARRETO, S.R.G. Interpretation of seasonal variation of metals and abiotic properties in a

- tropical lake using multivariate analysis and MINTEQA2 program. *Analytical Sciences*, 213: 209-214, 2005.
- BERNARD, P.; ANTOINE, L.; BERNARD, L. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*, 178-295, 2004.
- BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. *Holos Environmental*. 1-162, 2001.
- BERNARDI, J.V.E.; LACERDA, L.D.; DÓREA, J.G.; LANDIM, P.M.B.; GOMES, J.P.O.; ALMEIDA, R.; MANZATTO, A.G.; BASTOS, W.R. Aplicação da análise das componentes Principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23-79, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 2914/2011/Ministério da Saúde – Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, Brasília, 2005.
- CABRAL, C. M. Projeto: Estudo da contaminação ambiental e humana por poluentes inorgânicos e orgânicos nos rios Guaporé, Mamoré e Madeira - RO com georeferenciamento dos dados a partir do uso de geoprocessamento (ESCOPOGEO). Sub-projeto: Análise de selênio em peixes, vegetais e solos do Lago Puruzinho – Amazônia, 2006.
- CASTANÉ, P.M.; ROVEDATTI, M.G.; TOPALIAN, M.L.; SALIBIAN, A. Spatial and temporal trends of physicochemical parameters in the water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, 117-135, 2006.
- DOREA, J. G.; MOREIRA, M. B.; BARBOSA, A. A. C. Selenium and mercury concentrations in some fish species of the Madeira River, Amazon Basin, Brazil. *Biol. Trace Elem.* 65-211, 1998.
- DUNN O.J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics*, 6(3): 241-252, 1964.
- ELDAW, A.K.; SALAS, J.D.; GARCIA, L.A. Long-range forecasting of the Nile River Flows Using Climatic Forcing. *Journal of Applied Meteorology*, 27-890, 2003.
- FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. *Environm. Sci. Technol.* 24, 604, 1990.
- GALVÃO, R. C. F.; BERNARDI, J. V. E.; ALMEIDA, R.; BASTOS, W. R.; GOMES, J. P. O. Relação espacial do mercúrio e elementos traços em sedimento de fundo no alto rio Madeira. *Anais do Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul*. 51, 2007.

- GUYOT J.L., CALLE H., CORTES J., PEREIRA M. Transport de matières dissoutes et particulaires des Andes vers le Rio de La Plata par les tributaires boliviens (rios Pilcomayo et Bermejo) du Rio Paraguay. *Hydrological Sciences Journal*, 35(6): 653-665, 1990.
- GUYOT J.L., FILIZOLA N., QUINTANILLA J., CORTEZ J. Dissolved solids and suspended sediment yields in the Rio Madeira basin, from the Bolivian Andes to the Amazon. *Erosion and Sediment yield : Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ. 236: 55-63, 1996.
- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G.R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. *Catena*, 71, 340, 2007.
- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; WASSON, J.G. Characterization of river bed and suspended sediments in the Madeira River drainage basin (Bolivian Amazonian), *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 401, 1999.
- GUYOT J.L., ROCHE M.A., NORIEGA L., CALLE H., QUINTANILLA J. Salinities and Sediment Transport in the Bolivian Highlands. *Journal of Hydrology*, 113: 147-162, 1990.
- HOLLANDER M.; WOLFE D. A. *Nonparametric Statistical Methods*, Second Edition. John Wiley and Sons, New York, 1999.
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, 70, 187, 2005.
- LEHMANN E.L. *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*. Holden-Day, San, 1975.
- LYONS, W.B. & BIRD, D.A. Geochemistry of the Madeira River, Brazil: comparison of seasonal weathering reactions using a mass balance approach. *Journal of South American Earth Sciences*, 8, 97, 1995.
- MACKAY, D.; CLARK, K.E. Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota. In: Jones, K.C. (ed) *Organic Contaminants in the Environment*. Environm. Managem. Series, Elsevier Science Pub, New York, 1991.
- MAIDMENT D.R., REED S.M., AKMANOV S., MCKINNEY D.C., OLIVERA F., Ye Z. *Digital atlas of the world water balance*. Center for Research in water Resources, University of Texas at Austin, 1997.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEMATTE, J.L.I.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.H. Chemical and Mineralogical composition of Amazon River floodplain sediments. Brazil. *Appl. Geochem.* 8, 391, 1993.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEVOL, A.H.; RICHEY, J.E.; FORSBERG, B.R. (1989) Suspended sediment load in the Amazon Basin: an overview. *GeoJournal*, 19, 381, 1989.

- MONTES-BOTELLA, C.; TENORIO, M.D. Water Characterization and Seasonal Heavy Metal Distribution in the Odiel River (Huelva, Spain) by Means of Principal Component Analysis. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, 45, 436, 2003.
- MORTATTI, J.; FERREIRA, J.R.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; TANCREDI, A.C.F. Biogeochemistry of the Madeira River Basin. *GeoJournal*, 19, 391, 1989.
- NEMENYI P. Distribution-Free Multiple Comparisons. Unpublished Ph.D Thesis, 1963.
- PEREIRA, P.F.; SILVA, J.L.; MENDES, A.S.; SIQUEIRA, G.W. Avaliação do fósforo total e disponível em sedimentos da Plataforma Amazônica. *Anais do XL CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA*, 348, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical riverhumicsubstances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. *Talanta*, 53, 551, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical riverhumicsubstances (Rio Negro) - Part II. Influence of structural features (molecular size, aromaticity, phenolic groups, organically bound sulfur) *Talanta*, 61, 699, 2003.
- ROCHAT, P., HÉRAIL, G., BABY P, MASCLE, G. Bilan crustal et contrôle de la dynamique érosive et sédimentaire sur les mécanismes de formation de l'Altiplano. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes/ Earth and Planetary Sciences*, 328: 189-195, 1999.
- ROCHE M.A., FERNANDEZ C., ALIAGA A., PEÑA J., SALAS E., MONTAÑO J.L. Balance hídrico de Bolivia. *Publ. UNESCO-PHICAB*, 16 p. Second Edition. McGraw-Hill, New York, 1992.
- SEYLER, P.T.; BOAVENTURA, G. R. Trace elements in the mainstream Amazon river. In: McClain, M.E.; Victoria, F.R.L.; Richey, J.E. (Eds). *The biogeochemistry of the Amazon basin*. Oxford Press, 2001.
- SIEGEL S.; CASTELLAN N. J. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, 1988.
- SIQUEIRA, G. W.; PEREIRA, S. F. P.; APRILE, F. M.; Determinação dos elementos-traço (Zn, Co e Ni) em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica sob influência da descarga do rio Amazonas *Acta Amazônica*, 36, 321, 2006.
- WREN, C. D.; Maccrimmon, H. R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake *Water Air Soil Pollut.* 19, 27791, 1983.

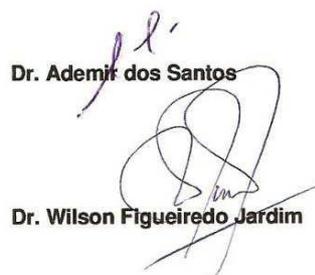
EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

Nome	CTF/IBAMA	Qualificação	Função no Contrato	Participação (%)
Luiz Fabricio Zara	485251	Doutor/Químico	Coordenador geral	100
Ademir Santos	2132749	Doutor/Químico	Especialista em análise de campo	100
Julio C. Rocha	5185347	Doutor/Químico	Especialista em mercúrio na Amazônia	100
Wilson F. Jardim	5350612	Doutor/Químico	Especialista em mercúrio na Amazônia	100
José V. E. Bernardi	2461794 SSP/PA	Doutor/Ecologia	Especialista em Geoestatística e Banco de Dados	100
Carlos J. S. Passos	2461794 SSP/PA	Doutor/Ciências Ambientais	Especialista em estudos de saúde humana	100
Vanessa P. Franzini	5185274	Doutora/Química	Especialista em análise de mercúrio	100
Livia M. Santos	5350517	Doutora/Médica	Estudo de Saúde Humana – Neuropsicologia	100
Valeria V. Serra	5183767	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana – Neuropsicologia	100
Clarisse V. Serra	5183831	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana – Neuropsicologia	100
Vera L. D. Simões	5183830	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana – Neuropsicologia	100
Ednaldo R. Souza	5185347	Técnico em Química	Analista laboratorial	100
Wllyane Figueiredo	5350612	Gestão Ambiental	Analista em SIG	100
Tânia Machado	4340910	Gestão Ambiental	Analista em SIG	100

Goiânia, 02 de maio de 2013



Dr. Luiz Fabricio Zara



Dr. Ademir dos Santos



Dr. Julio César Rocha



Dr. Wilson Figueiredo Jardim

