



USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

RELATÓRIO TÉCNICO REFERENTE À QUINTA CAMPANHA DE MONITORAMENTO - OUTUBRO DE 2010



Dezembro / 2010

EQUIPE TÉCNICA

Coordenadora do projeto

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto Curti
CRBio n° 30921/D
CTF/IBAMA 518647

Trabalhos de campo e laboratório

Bióloga Kátia Bittar Haddad		
Biólogo M.Sc. Leonardo de Assis Ítalo	CRBio n°49855	CTF/IBAMA 5160320
Biólogo Wagner Batista Xavier	CRBio n°70166	CTF/IBAMA 3165884
Biólogo Paulício Maconi Filho	CRBio n°70170	CTF/IBAMA 1916286
Bióloga Lívia Ferreira e Silva	CRBio n°49822	CTF/IBAMA 3759838
Químico Brunno Misofante da Silva Gomides	CRQ n° 12200326	
Téc. Alline Caetano Luz		CTF/IBAMA 3774541

Análise das comunidades aquáticas

Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)
CRBio n° 12570 CTF/IBAMA 904763
Bióloga Dra. Luzia Cleide Rodrigues (Fitoplâncton)
CRBio n° 17890 CTF/IBAMA 904744
Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)
CRBio n°30696 CTF/IBAMA 1775395

Consultor

Prof. Dr. Luis Mauricio Bini

Equipe técnica e científica do monitoramento limnológico em tempo real

Prof. Dr. José Galizia Tundisi – Limnólogo - Coordenador do projeto
Profa. Dra. Takako Matsumura-Tundisi – Limnóloga - Supervisor geral
Dra. Corina Sidagis Galli – Responsável pelo Laboratório Físico-Químico
Dr. Donato Seiji Abe – Limnólogo – Responsável pela elaboração dos relatórios técnicos
Eng. José Eduardo Matsumura Tundisi, MSc – Logística e administração de Projetos-
Responsável pelos contratos e cumprimento dos prazos
Lic. Deyves Elias Grimberg – Gerente de Qualidade
Dra Maria Regina Martins Triques - Química Responsável
Tec. Valéria Teixeira da Silva - Química – Análises químicas
Tec. Fernando de Paula Blanco – Técnico especializado de campo e laboratório – Apoio na
elaboração de relatórios
Biol. Carlos Rogério Lopes Faria – Gerente Comercial
Fernando Souza Soares – Biólogo especializado de campo
José Josuel – Secretário e apoio no trabalho de campo
CMA Engenharia Elétrica – Sistema de transmissão dos dados

Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental
Endereço: Rua Bento Carlos, 750, Centro, CEP 13560-660, São Carlos-SP
Fone/FAX: 16 3362-5400 e 16 3372-7129
Home page: <http://www.iiega.org.br>
E-mail: iiega@iiega.org.br

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	1
3. Metodologia.....	2
3.1. Área de Estudo	2
3.2. Coleta e Análise das Amostras	4
3.3. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	8
3.4. Índice do Estado Trófico (IET)	9
3.5. Comunidades Biológicas	10
3.6. Metodologia do ciclo nictemeral	12
3.6.1. Comunidade Fitoplancônica e Zooplancônica	13
4. Resultados e Discussão.....	13
4.1. Variáveis Abióticas: Padrões Espaciais e Temporais.....	13
4.2. Variáveis Bacteriológicas	46
4.3. Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET)	47
4.4. Perfil Vertical do Ponto P18 (MAD 5), Localizado no Rio Madeira.....	50
4.6. Variação Nictemeral	106
5. Monitoramento Limnológico em Tempo Real	116
6. Considerações Finais	120
ANEXO I - Registro Fotográfico	134
ANEXO II - Localização dos pontos de coleta.	137
ANEXO III - Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira (RS 3 – Lucas).	138
ANEXO IV - Monitoramento Ambiental dos Elementos-Traço.....	139
ANEXO V – Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras.....	182

1. Introdução

Programas de monitoramento limnológico são primordiais para a identificação e a avaliação das alterações na qualidade da água causadas por empreendimentos hidrelétricos. Especificamente, as séries de dados obtidas antes das intervenções provocadas pela formação desses ambientes artificiais permitem estabelecer uma linha de base que indica os valores de medidas de tendência central e de variabilidade que, de acordo com a regra de temporalidade (utilizando os princípios da inferência causal), não estão associadas com as intervenções, uma vez que estas ainda não ocorreram. Somente a comparação dos dados, obtidos antes e após as intervenções, pode fornecer evidências sobre seus efeitos e suas magnitudes no ambiente aquático. Os dados obtidos em programas de monitoramento também são essenciais para verificar a eficiência ou não de medidas de manejo (e.g., controle de fontes pontuais e difusas de nutrientes), utilizando a mesma regra de temporalidade da inferência causal, ou seja, a eficiência deve ser avaliada considerando os dados obtidos antes e após a implementação da medida de manejo.

É necessário destacar, no entanto, que os programas de monitoramento devem ser de longa duração uma vez que as mudanças podem não ocorrer imediatamente após a intervenção, ou seja, pode existir uma falta de sincronia ou uma defasagem temporal entre a intervenção e as alterações causadas por essa intervenção.

Portanto, o objetivo desse relatório é apresentar os resultados da quinta campanha de campo, obtidos no monitoramento de 20 pontos localizados na área de influência do AHE Jirau, amostrados entre os dias 08 e 16 de outubro de 2010, no período de estiagem do rio Madeira. Além disso, os dados foram comparados com aqueles obtidos na campanha de campo realizada em setembro de 2009, janeiro, abril e julho de 2010.

2. Objetivos

O objetivo do Programa de Monitoramento Limnológico na área de influência do AHE Jirau é caracterizar as águas do rio Madeira e seus principais afluentes e acompanhar as alterações limnológicas que ocorrerão com a formação do reservatório.

Os objetivos específicos consistem em (i) realizar uma caracterização limnológica de 20 pontos de monitoramento, distribuídos na área de influência do

empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação, (ii) avaliar a adequação dos trechos estudados em relação aos padrões de qualidade de água previstos na Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, para águas de Classe II e (iii) classificar os locais monitorados de acordo com índices de estado trófico.

Essas informações serão utilizadas para: (i) subsidiar a gestão da qualidade da água do futuro reservatório do AHE Jirau e a adoção de medidas mitigadoras, se estas forem necessárias; (ii) fornecer dados que serão utilizados por outros programas de monitoramento (Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Programa de Conservação da Ictiofauna, Programa de Conservação da Fauna Silvestre, Programa de Saúde Pública, Programa de Comunicação Social e Programa de Educação Ambiental).

3. Metodologia

3.1. Área de Estudo

O Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau localiza-se em um trecho do rio Madeira, situado no município de Porto Velho, Estado de Rondônia. O AHE Jirau terá uma capacidade instalada de 3.450 MW e operará com nível d'água variável no reservatório. A área do reservatório, nas condições de cheia (cota 90m), será de aproximadamente 361,60 km².

Nesta primeira fase de implementação do programa, na qual o empreendimento encontra-se em construção, foram selecionadas 20 (vinte) estações de coleta, distribuídas ao longo da área de influência do AHE Jirau (**Tabela 1, Anexos I e II**). A seleção das estações de coleta de dados limnológicos foi baseada no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e em uma avaliação de campo, estando distribuídas da seguinte forma, conforme descrito no Programa de Monitoramento Limnológico constante do Projeto Básico Ambiental (PBA) do empreendimento:

- i. 01 (uma) estação de monitoramento em um dos rios formadores do Madeira, sendo escolhido o rio Mamoré (P1) por estar em território nacional;
- ii. 06 (seis) estações de monitoramento no rio Madeira, sendo 05 (cinco) localizadas a montante do eixo (P2, P6, P9, P14 e P18) e 01 (uma) estação a jusante do empreendimento (P19);
- iii. 12 (doze) estações de monitoramento nos tributários das duas margens do rio Madeira (P3, P4, P5, P7, P8, P10, P11, P12, P15, P16, P17 e P20);



iv. 01 (uma) estação de monitoramento na área alagada de Mutum (P13).

Ressalta-se que o ponto 19 (P19-MAD 6) não estava previsto no PBA, sendo inserido posteriormente tendo em vista a mudança no eixo da barragem do AHE Jirau. Assim, o local de coleta que seria a jusante da barragem (MAD 5) se tornou o ponto a montante desta, havendo então, a necessidade de inserir um novo ponto a jusante da futura barragem (P19 – MAD 6), que não estava previsto no PBA. Além disso, durante a fase de implantação do reservatório, somente um ponto de coleta foi estabelecido na área alagada do rio Mutum (MUT 1). A segunda estação de coleta, prevista no PBA, nesta área (MUT 2) foi alterada para a foz do rio Mutum-Paraná (P20-MTP 2), tendo em vista que sua localização anteriormente estava autocorrelacionada com o MUT 1, ou seja, ambas estavam muito próximas.

Tabela 1. Estações de Monitoramento Limnológico.

Estações	Descrição	Coordenadas		Coordenadas (UTM)	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
P1-MAM	Rio Mamoré	10°23'18.20"	65 24'03.80"	8850608	0237050
P2-MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	10°19'38.30"	65°21'54.30"	8857396	0240941
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	10°13'58.20"	65°16'57.30"	8867914	0249906
P4-ARA	Igarapé Araras	10°00'51.20"	65°18'53.50"	8892078	0246196
P5-ABU	Rio Abunã	09°40'38.30"	65°26'27.70"	8929260	0232086
P6-MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	09°37'51.10"	65°26'09.70"	8934406	0232598
P7-SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	09°36'36.30"	65°24'04.80"	8936732	0236392
P8-SIM 1	Igarapé São Simão 1	09°30'35.90"	65°17'54.40"	8947886	0247617
P9-MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	09°36'11.20"	65°07'24.10"	8937702	0266912
P10-CAS 1	Igarapé Castanho 1	09°36'10.70"	65°07'46.60"	8937716	0266224
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	09°40'45.70"	64°58'42.00"	8929364	0282882
P12-COT 1	Rio Cotia 1	09°40'47.10"	64°58'54.00"	8929318	0282517
P13-MUT 1	Área alagada de Mutum 1	09°37'00.90"	64°56'25.40"	8936294	0287008
P14-MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	09°35'25.50"	64°54'04.30"	8939250	0291294
P15-LOU 1	Igarapé São Lourenço 1	09°21'50.70"	64°50'48.50"	8964318	0297131
P16-CAI 1	Igarapé Caiçara 1	09°24'04.20"	64°49'35.30"	8960228	0299388
P17-JIR 1	Igarapé Jirau 1	09°22'35.90"	64°44'50.00"	8962986	0308080
P18-MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	09°21'17.00"	64°43'55.10"	8965418	0309744
P19-MAD 6	Rio Madeira (bóia)	09°11'53.80"	64°36'49.90"	8982784	0322731
P20-MTP 2	Foz do rio Mutum-Paraná	09°36'16.30"	64°55'03.20"	8937680	0289508

3.2. Coleta e Análise das Amostras

Parâmetros Físicos e Químicos

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, potencial de óxido-redução, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. A transparência da coluna da água foi mensurada através do disco de Secchi.

A profundidade do disco de Secchi também foi utilizada para estimar a extensão da zona eufótica. A porção iluminada da coluna d'água é denominada zona eufótica, e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação correspondente a 1% da que atinge a superfície. Esta profundidade da coluna d'água é também chamada de “ponto de compensação”, uma vez que a produção primária líquida é aproximadamente igual à respiração das comunidades (Esteves, 1998; Kalff, 2002). De maneira geral, a extensão da zona eufótica pode ser obtida através da multiplicação da profundidade do disco de Secchi pelo fator teórico 3,0, de acordo com o proposto por Esteves, 1998.

Assim como realizado nos demais meses de monitoramento, em outubro, os valores de temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial redox, turbidez, fitoplâncton e zooplâncton foram obtidos em 3 profundidades (superfície, meio e fundo) no ponto 18 (P18 - MAD 5) (**Figura 1**). A zona afótica (onde não ocorre penetração de luz), localizada nas maiores profundidades foi classificada como fundo. Ressalta-se que no trecho monitorado do rio Madeira, a profundidade do disco de Secchi foi sempre inferior a 10 cm. Assim, devido a impossibilidade de ser calculado o limite da zona eufótica, o meio da coluna da água foi considerado a metade da profundidade. Além disso, ressalta-se que no mês de outubro, a maior parte dos tributários estudados apresentaram pequena profundidade, onde a transparência da coluna d'água foi total (**Figura 1**).

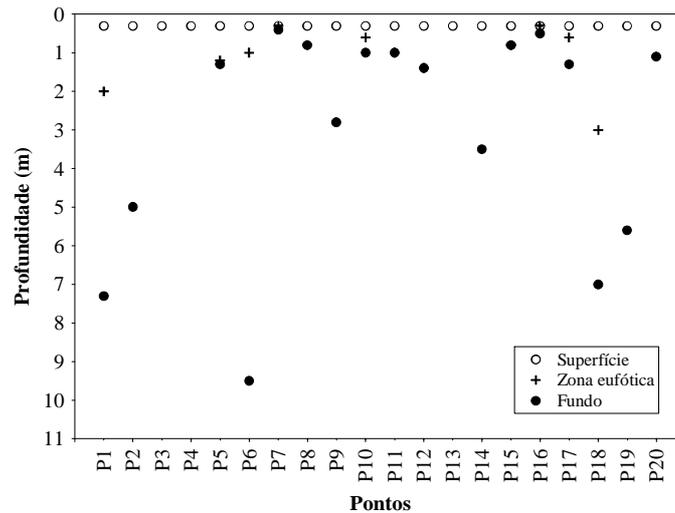


Figura 1. Profundidade total e profundidade da zona eufótica dos 20 pontos de monitoramento. O meio da coluna da água no ponto 18 (rio Madeira - MAD 5) foi estimado considerando a metade da profundidade total, tendo em vista a baixa transparência da água (<10 cm).

Amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. No laboratório localizado no Canteiro de Obras do AHE Jirau foram determinados os valores de alcalinidade total usando o método baseado na titulação com ácido sulfúrico. Parte das amostras foi filtrada, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo. As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas e encaminhadas para o laboratório de limnologia situado na “Life – Projetos Limnológicos”, em Goiânia para realização das análises. As variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos:

- Carbono orgânico, inorgânico e total: equipamento Shimadzu TOC 5000.
- Cloreto: determinado através do método de cromato de potássio e espectrofotômetro (Método 4500-Cl⁻ B, Standard Methods, 2005);
- Clorofila-*a*: extração com acetona (90%) e leitura em espectrofotômetro a 663 nm, aplicando-se correção para outros compostos dissolvidos e turbidez, resultante da leitura a 750 nm (GOLTERMAN *et al.*, 1978);
- Coliformes totais e termotolerantes: método dos tubos múltiplos, realizado imediatamente após a coleta no laboratório base localizado no canteiro de obras;
- Cor : espectrofotômetro (Método 2120, Standard Methods, 2005);

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): consumo de oxigênio nas amostras durante uma incubação de 05 (cinco) dias, a uma temperatura constante de 20°C (Método 5210, Standard Methods, 2005);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): oxidação da matéria orgânica por uma mistura em ebulição de ácido crômico e ácido sulfúrico (bicromato de potássio em meio ácido) (Método 5220, Standard Methods, 2005);
- Dióxido de carbono: determinado através dos valores de alcalinidade e pH (Método 4500-CO₂-D, Standard Methods, 2005);
- Dureza: titulometria/EDTA (Método 2340C, Standard Methods, 2005);
- Ferro total: método da ortofenotrolina (Método 3500, Standard Methods, 2005);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Orto-fosfato (fosfato inorgânico reativo): determinado diretamente nas amostras filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Nitrato: método de redução do cádmion e leitura em espectrofotômetro a 400 nm (Método 4500-NO₃-E, Standard Methods, 2005);
- Nitrito: método colorimétrico onde o nitrito reage com o ácido sulfanílico, formando um composto que é determinado em espectrofotômetro a 507 nm (Método 4500-NO₂-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH₃ F, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio total Kjeldahl: quantificado com amostras não filtradas que sofreram digestão em meio ácido e com elevada temperatura. Após a digestão, as amostras foram destiladas em aparelho Kjeldahl e, posteriormente, o destilado foi titulado com ácido clorídrico 0,01 N (MACKERETH *et al.*, 1978);
- Óleos e graxas: obtenção através de extração com um solvente (Hexano – 5520B, Standard Methods, 2005);
- Sílicato reativo: determinado através do método do ácido oxálico (Método 4500-SiO₂ C, Standard Methods, 2005);



- Sólidos em suspensão totais, fixos e voláteis: estimado por gravimetria, sendo que a separação entre a fração orgânica e inorgânica foi realizada por calcinação a 500°C (WETZEL e LINKENS, 2000);
- Íons sulfato e sulfeto: determinados através de espectrofotometria (Método 4500, Standard Methods, 2005).

Monitoramento Limnológico em Tempo Real

No presente relatório são apresentados os resultados de alguns parâmetros limnológicos obtidos em outubro de 2010, no sistema de monitoramento em tempo real instalado na estação de medição de nível d'água a jusante da barragem RS 3 – Lucas, no rio Madeira (**Anexo III**).

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de monitorar, automaticamente, algumas variáveis da qualidade da água na sub-superfície, em cumprimento ao item "b" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação n° 621/2009. As seguintes variáveis são medidas: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura e sólidos totais dissolvidos.

Monitoramento Ambiental de Elementos-Traço

Os elementos traços arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) foram analisados nos mesmos pontos (**Tabela 1**) em diferentes compartimentos: água superficial, solos (próximo às margens), sedimento de fundo e peixes. As análises foram realizadas pela empresa Venturo.

Os resultados da quinta campanha de campo do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos-Traço são apresentados no **Anexo IV**.

Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras

As coletas foram realizadas em 10 (dez) pontos próximos ao Canteiro de Obras do AHE Jirau. No PBA constam 11 (onze) estações de coleta, no entanto, o ponto PL 07 não foi amostrado pois estava localizado na área do recinto 3, que já foi ensecado.

As análises dos parâmetros limnológicos foram realizadas de acordo com os métodos da 20^a Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/ AWWA.



Tabela 2. Estações de Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras.

Pontos amostrados	Locais	Coordenadas UTM	
PL 01	Jusante Limite Empreendimento – rio Madeira	8.984.838,88	322.154,37
PL 02	Jusante Barragem – rio Madeira	8.978.704,24	321.691,96
PL 03	Jusante Ilha Pequena – rio Madeira	8.976.423,01	320.304,73
PL 04	Cachoeira Inferno – rio Madeira	8.975.462,00	316.639,01
PL 05	Foz Ribeirão Margem Direita – rio Madeira	8.977.398,23	321.633,14
PL 06	Foz Ribeirão Margem Esquerda – rio Madeira	8.980.051,65	320.875,98
PL 08	1ª Etapa Jusante	8.972.212,17	321.007,59
PL 09	2ª Etapa Montante	8.973.114,85	321.120,67
PL 10	2ª Etapa Jusante	8.977.472,42	321.838,12
PL 11	Jusante 1ª Etapa – rio Madeira	8.977.062,90	322.401,23

O relatório referente ao monitoramento no Canteiro de Obras está apresentado no **Anexo V**.

3.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para facilitar a comunicação entre público geral e corpo técnico, para avaliar tendências temporais da qualidade da água e permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água. Normalmente, um índice de qualidade de água varia entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água.

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total (http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp). A seguinte fórmula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de qualidade da água, variando entre 0 e 100;

q_i = qualidade do parâmetro *i*. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao parâmetro *i* fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A qualidade das águas interiores, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, pode ser classificada em categorias narrativas da seguinte forma:

IQA	QUALIDADE
80 – 100	Qualidade Ótima
52 – 79	Qualidade Boa
37 – 51	Qualidade Aceitável
20 – 36	Qualidade Ruim
0 – 19	Qualidade Péssima

No entanto, esse índice deve ser interpretado com cautela tendo em vista que os ponderadores utilizados apresentam a finalidade de classificar os corpos d'água considerando apenas o objetivo principal de abastecimento público. Por exemplo, ecossistemas aquáticos que ocorrem em manguezais (gamboas) podem apresentar “qualidade péssima” para o abastecimento público. No entanto, as características físicas e químicas desses sistemas são plenamente condizentes com a manutenção da sua biodiversidade e o seu funcionamento.

3.4. Índice do Estado Trófico (IET)

Uma das formas de avaliar a qualidade das águas superficiais envolve a utilização do Índice do Estado Trófico (IET). Para a área monitorada, o método utilizado para o cálculo do IET foi aquele proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004), baseado na determinação dos parâmetros clorofila- a (CL) e fósforo total (P) para ambientes lóticos. Assim, o estado trófico de um ambiente pode ser classificado da seguinte forma:

Estado trófico	Ponderação	P-total ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$\text{P} \leq 13$	$\text{CL} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < \text{P} \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < \text{P} \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < \text{P} \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < \text{P} \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 7,46$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$640 < \text{P}$	$7,46 < \text{CL}$



3.5. Comunidades Biológicas

Simultaneamente às coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros físicos e químicos (descritos anteriormente), foram também amostradas as comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas. Dessa maneira, é possível verificar quais os principais parâmetros abióticos que influenciam a estrutura das comunidades aquáticas.

Comunidade Fitoplanctônica

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostragens para o estudo quantitativo da comunidade fitoplanctônica foram fixadas com solução de lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos. Paralelamente, foram realizadas coletas com rede de plâncton de 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo, sendo estas amostras fixadas com solução de Transeau, segundo Bicudo e Menezes (2006).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido, com aumento de 400X. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação da amostra. A densidade fitoplanctônica foi calculada de acordo com APHA (2005) e o resultado foi expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro.

Analisou-se a presença de cianobactérias visando atender a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para a contagem do número de células de cianobactérias utilizou-se o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). As colônias intactas foram sobrepostas ao quadrado e contou-se o número de células. O retículo foi calibrado e as contagens foram realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se o volume pela densidade de cada táxon. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma das células, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (SUN e LIU, 2003).

Comunidade Zooplanctônica

As amostras de zooplâncton foram obtidas logo abaixo da superfície utilizando-se uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água foram filtrados em uma rede de

plâncton de 68 µm de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

Previamente às análises, as amostras de zooplâncton foram coradas com Rosa de Bengala, a fim de aprimorar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, foram concentradas em um volume conhecido e variável (75 a 600 mL), considerando a quantidade de organismos e, principalmente, a quantidade de material em suspensão na amostra, que dificultou a visualização dos espécimes na mesma.

A composição zooplanctônica foi avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns e microscópio óptico. A abundância da comunidade foi estimada através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de 05 (cinco) sub-amostras, de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel, sendo os resultados de densidade final apresentados em indivíduos por m³. Visto que o método de sub-amostragem não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies, após as contagens das sub-amostras, procedeu-se uma análise qualitativa das mesmas. Como riqueza de espécies, considerou-se o número de espécies presentes em cada unidade amostral (ponto de amostragem).

A biomassa zooplanctônica, de todos os grupos (amebas testáceas, rotíferos, cladóceros e copépodes), foi estimada através do cálculo do biovolume, a partir da forma geométrica básica de cada espécie. Para tal, diferentes dimensões dos espécimes de cada espécie (pelo menos 10 indivíduos das espécies mais abundantes) foram tomadas com a utilização de retículos micrometrados, e os cálculos do biovolume baseados nos trabalhos de Rutner-Kolisco (1977) para os rotíferos, Sun e Liu (2003) para as amebas testáceas e Lawrence *et al.* (1987) para cladóceros e copépodes. Embora no Programa de Monitoramento Limnológico previsto no Projeto Básico Ambiental (PBA) seja sugerida a utilização de regressões lineares e, especialmente, a pesagem em balanças micrométricas para estimativa da biomassa de microcrustáceos, o fato das regressões serem restritas a um número reduzido de espécies e a pesagem ser um método extremamente moroso e complicado, esses autores propuseram fórmulas de cálculo que permitem estimativas fidedignas, com resultados muito semelhantes aos obtidos pelo método de pesagem.

Para avaliar a variação espacial das comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton) foi realizada a Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis”- DCA) (JONGMAN e TER BRACK, 1995), utilizando-se os

dados de densidade das espécies. Por fim, foi estimado o índice de diversidade (H') e a equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a densidade é distribuída entre as espécies (SHANNON e WEAVER, 1963).

Comunidade Zoobentônica

A amostragem qualitativa e quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com uma draga de Petersen em todos os pontos. O material coletado foi levado ao laboratório e processado utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem. Em seguida foi acondicionado em frascos plásticos e fixado com álcool 80%. A análise desse material (triagem, identificação e contagem dos táxons encontrados) foi realizada com estereomicroscópio. Foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas para auxílio nas identificações dos táxons: Edmunds Jr. *et al.* (1979), Merrit e Cummins (1996), Peckarsky *et al.* (1990), Roseberg e Resh, (1996) e Wiggins (1977).

Os dados foram tabulados e utilizados para o cálculo da abundância média e frequência de cada táxon, abundância total, índice de diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J) (MAGURRAN, 1988) e riqueza taxonômica para cada ponto.

3.6. Metodologia do ciclo nictemeral

As características físicas, químicas e biológicas no ponto P18, localizado no rio Madeira, foram analisadas ao longo de um período de 24 horas. As amostras foram coletadas na região pelágica, em intervalos de 04 (quatro) horas, iniciando às 09:20 horas do dia 16 de outubro de 2010.

Em campo, foi obtido o perfil térmico da coluna d'água em 03 (três) profundidades (superfície, meio e fundo), com o objetivo de verificar a presença de estratificação térmica e, conseqüentemente, determinar as profundidades de coleta das amostras das comunidades fitoplancônicas e zooplancônicas. Tendo em vista a similaridade nos valores de temperatura da água ao longo de toda a coluna d'água, os valores de oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica foram mensurados no meio e no fundo da coluna d'água. Simultaneamente, amostras de água foram coletadas com frascos de polietileno (na superfície, no meio e no fundo da coluna d'água), para posterior determinação, em laboratório, dos valores de orto-fosfato, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal. A transparência da coluna d'água (m) foi obtida através do disco de Secchi.

3.6.1. Comunidade Fitoplanctônica e Zooplanctônica

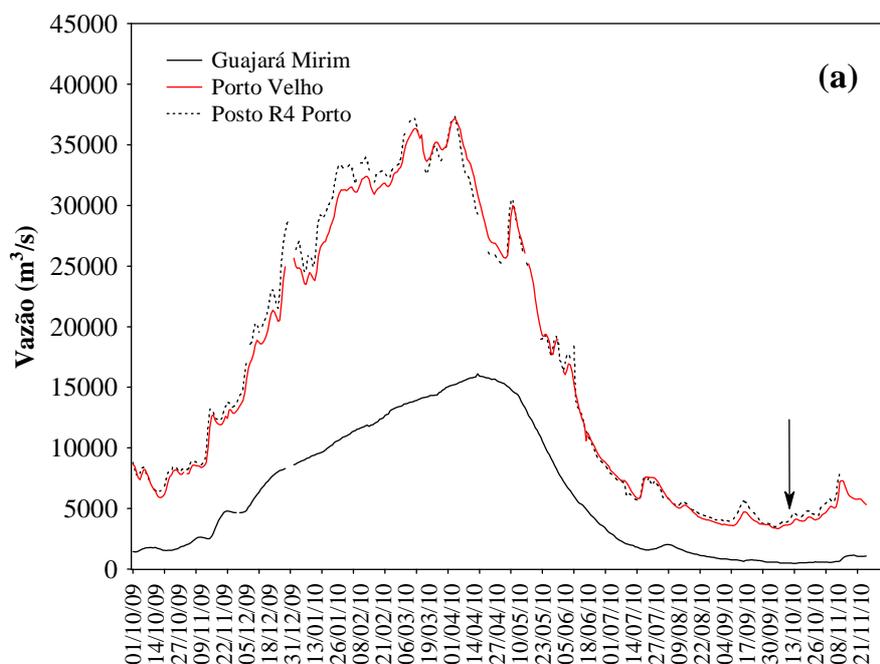
As amostras de fitoplâncton e zooplâncton foram tomadas em 03 (três) profundidades, a cada 04 (quatro) horas, totalizando um total de 06 (seis) períodos. Os métodos empregados para coleta e análise dessas comunidades foram idênticos aos descritos acima.

4. Resultados e Discussão

4.1. Variáveis Abióticas: Padrões Espaciais e Temporais

Entre outubro de 2009 e 31 de março de 2010, houve um aumento contínuo dos valores de vazão e cota do rio Madeira, registrados nas três estações fluviométricas (**Figura 2**). A partir do mês de abril houve um decréscimo nesses valores. Assim, a coleta realizada em outubro de 2010 pode ser classificada como pertencendo ao período de seca (ou águas baixas), tendo em vista os baixos valores de vazão registrados neste mês, em comparação com os meses de janeiro e abril de 2010.

Como será demonstrado nesse relatório, essa variação nos valores de vazão influenciou conspicuamente as características limnológicas mensuradas e, principalmente, as comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas.



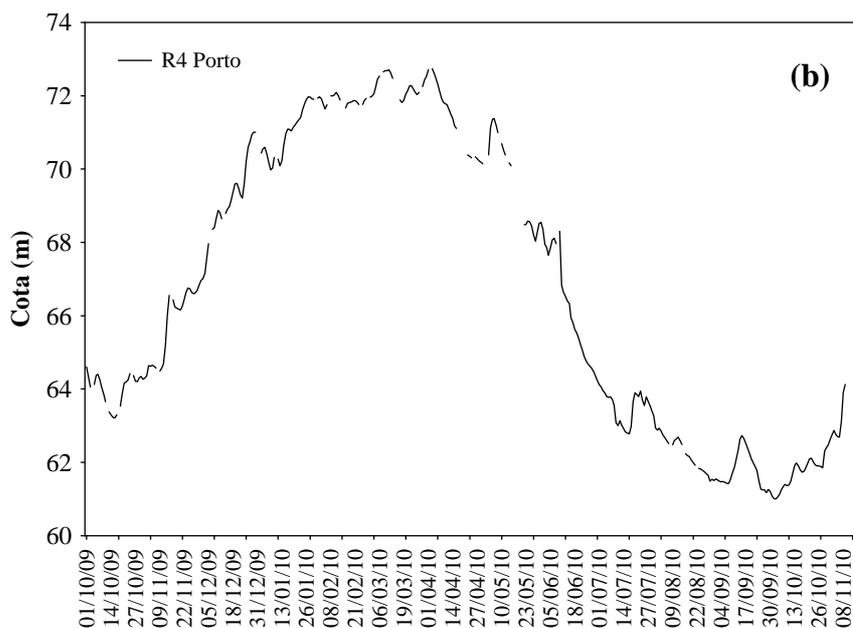


Figura 2. Variação temporal dos valores de vazão (a) e cota (b) no rio Madeira, entre outubro/2009 e novembro/2010. A seta na figura “a” indica o período de coleta.

4.1.1. Temperatura e Oxigênio Dissolvido

Em outubro de 2010, a temperatura do ar durante o período de coleta foi, em média, igual a 34,6°C (**Figura 3a**). Os valores da temperatura da água variaram entre 27°C e 33°C (**Figura 3b**). A comparação entre os meses indica que, em média, no mês de julho, foram registrados os menores valores de temperatura da água (26,04°C), enquanto que os maiores foram mensurados em setembro de 2009 e outubro de 2010. Como esperado para essa variável, nenhum padrão de variação espacial foi observado.

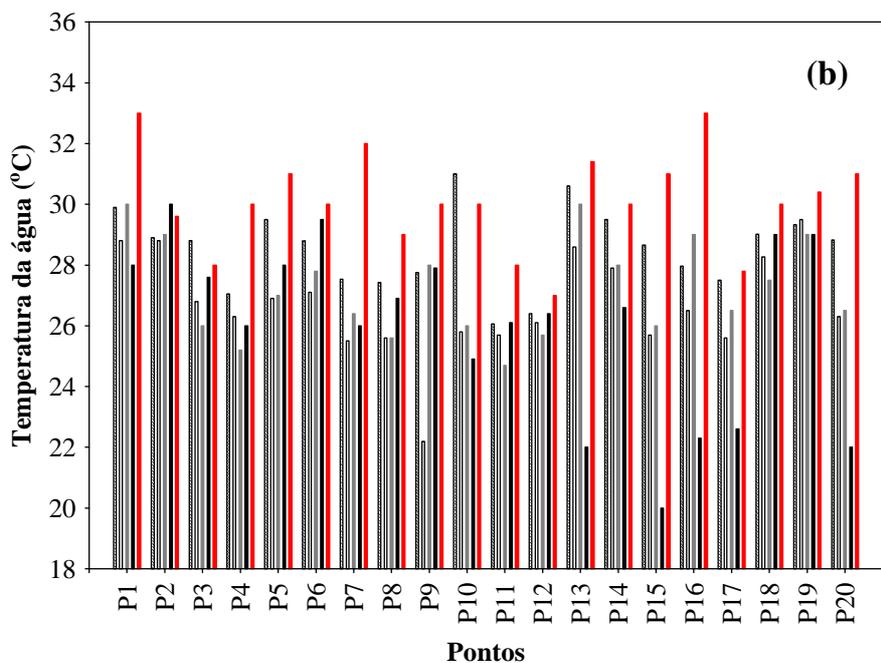
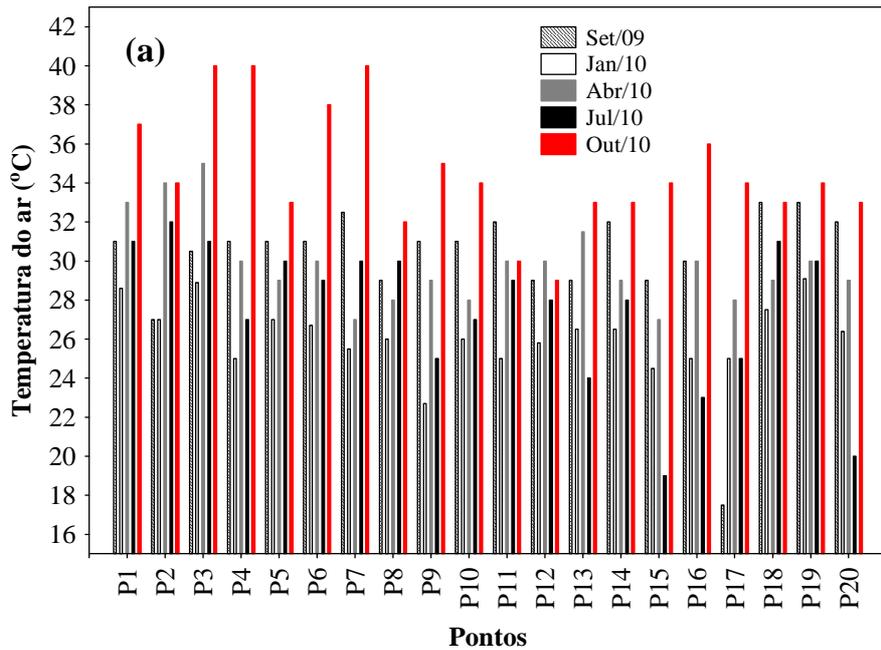


Figura 3. Valores de temperatura do ar (a) e da água (b) mensurados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Os teores de oxigênio dissolvido são importantes indicadores do funcionamento dos ecossistemas aquáticos. De grande importância nas avaliações de qualidade da água, o teor desse gás obtido em um determinado momento quantifica o balanço entre a produção fotossintética - suprimento atmosférico e o consumo ocasionado por processos metabólicos (KALFF, 2002). Dentro do escopo da avaliação da qualidade da água, é

suficiente destacar que elevadas cargas de matéria orgânica podem reduzir rapidamente os teores desse gás, essencial à vida aquática.

Em outubro de 2010, as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 6,0 mg/L (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 9,8 mg/L (ponto P2, situado no rio Madeira) (**Figura 4a**). Nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de oxigênio condizentes com aquele estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas da classe 2 (5,0 mg/L), assim como observado em julho de 2010. Considerando os 05 (cinco) meses de coleta, em média, as maiores concentrações desse gás foram registradas em julho e outubro de 2010 (valores médios iguais a 6,38 mg/L em setembro de 2009; 5,14 mg/L em janeiro de 2010; 4,33 mg/L em abril; 7,63 mg/L em julho e 7,58 mg/L em outubro). Um padrão similar de variação foi obtido considerando a porcentagem de saturação de oxigênio (**Figura 4b**). Esses resultados podem indicar que, nos períodos de menor nível hidrológico, as taxas de decomposição são reduzidas e/ou que há um aumento das taxas de produção primária durante esses períodos.

Assim como observado nos demais meses de estudo, as maiores concentrações de oxigênio foram detectadas nos pontos localizados no rio Madeira (média em outubro de 2010 igual a 8,0 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 7,3 mg/L nos tributários; enquanto que a média entre setembro de 2009 e outubro de 2010 foi igual a 6,69 mg/L no rio Madeira e 5,95 mg/L nos tributários). A maior turbulência no rio Madeira, quando comparado com os demais pontos monitorados, é um fator que pode explicar essas diferenças. Em geral, pode-se inferir que a dinâmica dos teores de oxigênio dissolvido é, em parte, controlada por dois fatores que atuam em grandes escalas: um fator sazonal que promove o aumento dos teores durante a seca (provavelmente em função das menores taxas de decomposição nesse período) e outro fator espacial que resulta em maiores teores no rio Madeira (provavelmente em função da maior turbulência e menores cargas de matéria orgânica).

Entre janeiro e outubro de 2010, os maiores valores de velocidade da água também foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (**Figura 5**). Em alguns tributários não foi possível determinar a velocidade da correnteza (valores menores que o limite de detecção do aparelho; <0,1 m/s), tendo em vista o pequeno fluxo de água e a pequena profundidade no local (**Figura 1**).

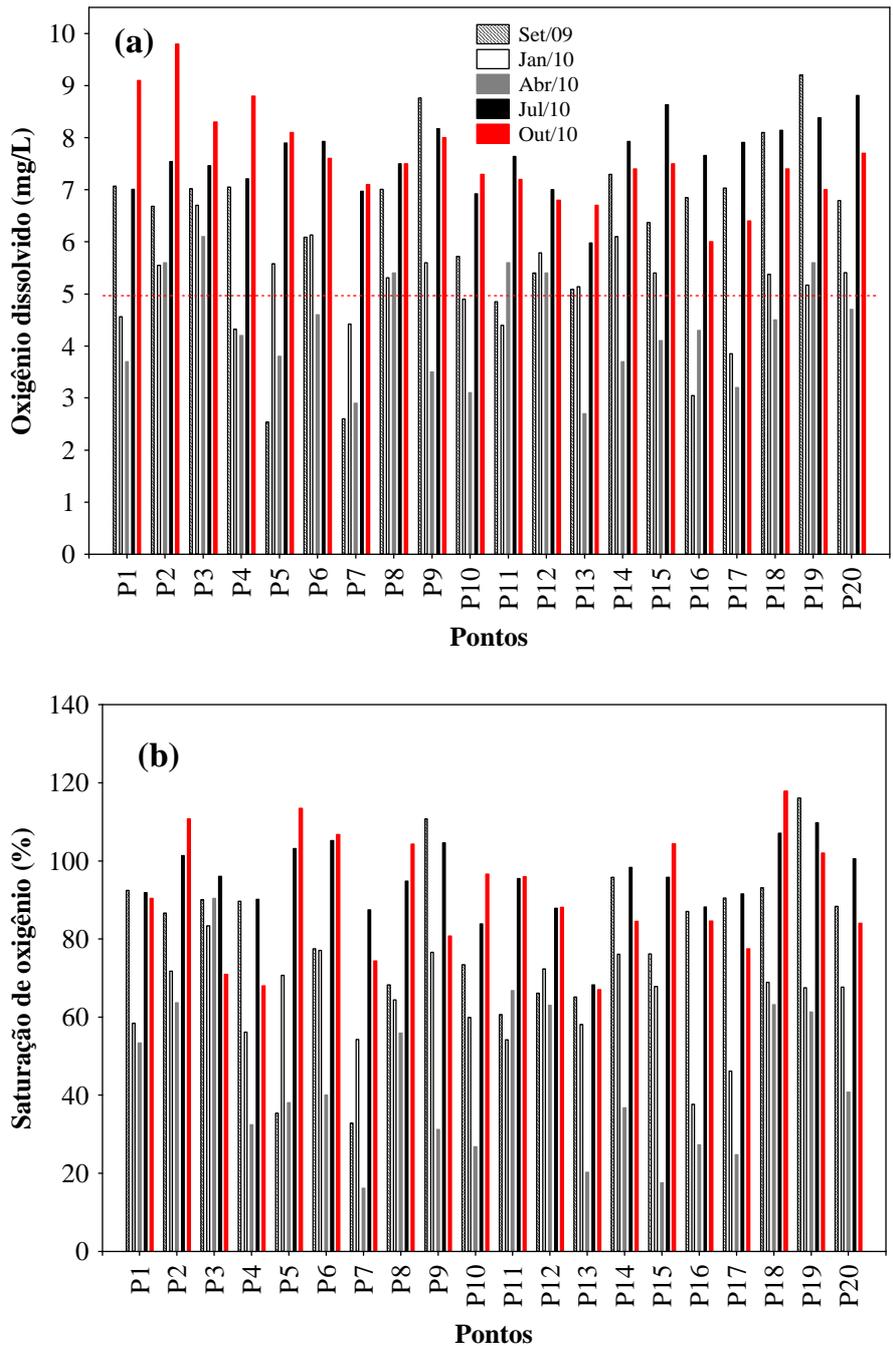


Figura 4. Concentrações de oxigênio dissolvido (a) e saturações de oxigênio (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha em (a) representa o teor mínimo de oxigênio dissolvido preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

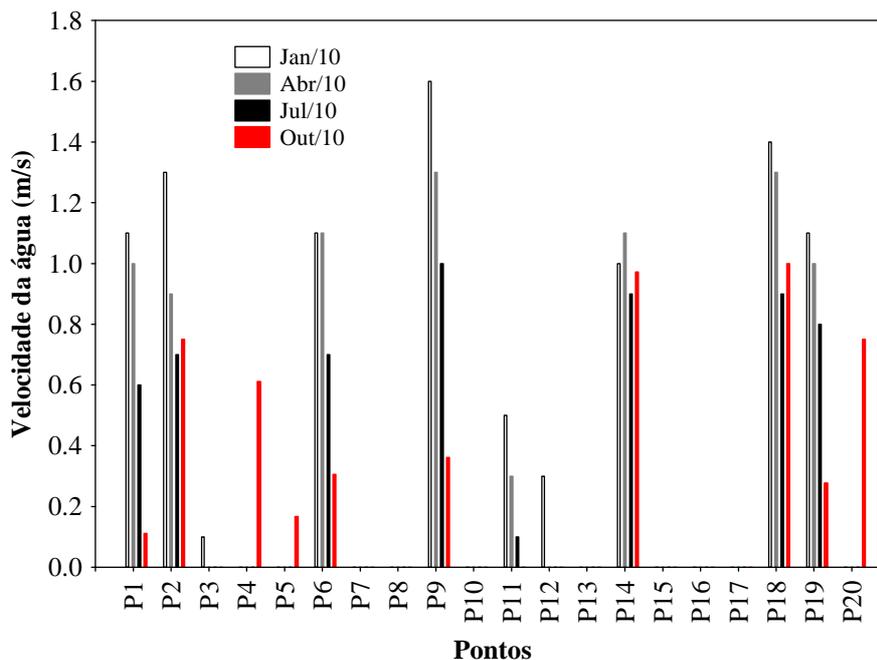


Figura 5. Velocidade da água registrada nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro, abril, julho e outubro de 2010. Essa variável não foi mensurada em setembro de 2009 tendo em vista o atraso na entrega do aparelho (justificativa apresentada no relatório referente a setembro de 2009).

4.1.2. Variáveis Indicadoras de Luminosidade Subaquática

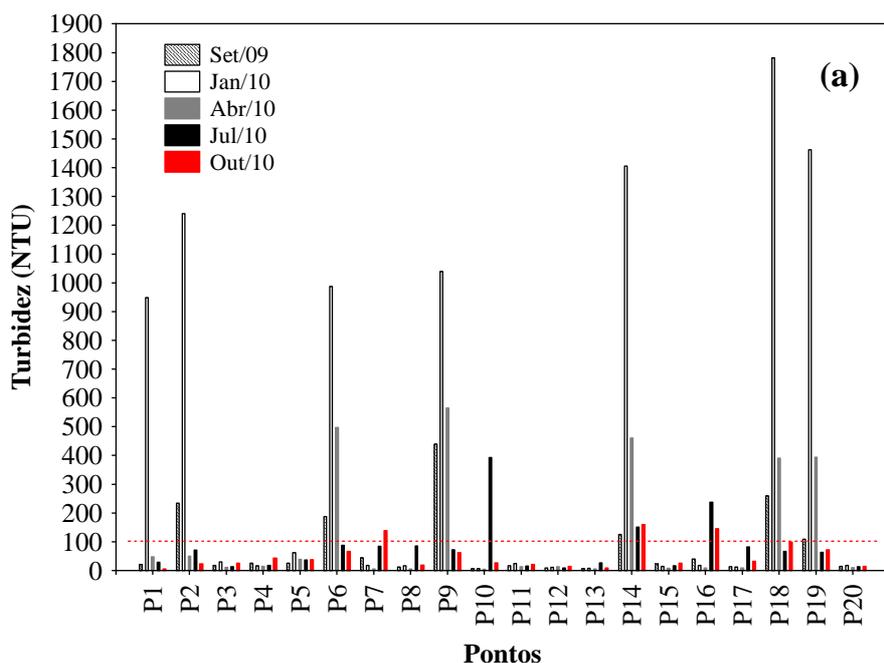
A turbidez da água é causada pela matéria inorgânica e orgânica suspensa, como por exemplo, argila, silte, partículas de carbonato, matéria orgânica particulada fina, plâncton e outros organismos microscópicos (WETZEL e LIKENS, 2000) e indica a capacidade da água em dispersar a radiação luminosa. O aumento da turbidez da água pode comprometer, direta ou diretamente, os múltiplos usos de um ecossistema aquático. Minimamente, o aumento da turbidez decorrente de ações antrópicas pode diminuir o valor estético de um corpo de água e pode aumentar os custos do tratamento da água para fins de abastecimento público, uma vez que esta deve ser virtualmente eliminada para a desinfecção efetiva. O material particulado também pode fornecer sítios de fixação de metais pesados (e.g. cádmio, chumbo e mercúrio) e pesticidas.

No período entre setembro de 2009 e outubro de 2010, foi possível verificar que os menores valores de turbidez foram registrados em julho e outubro de 2010 (períodos de vazante e águas baixas, respectivamente) (valores médios iguais a 81,4 NTU em setembro de 2009; 455,9 NTU em janeiro de 2010; 127,6 NTU em abril; 78,5 NTU em julho e 51,9 NTU em outubro) (**Figura 6a**). Em outubro de 2010, esses valores variaram entre 5,38 NTU e 160 NTU (ponto P14, localizado no rio Madeira). Assim, os

pontos P7, P14 e P16 apresentaram valores de turbidez superiores ao limite indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). Nesse mês, os maiores valores de turbidez foram mensurados nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 69,7 NTU). Os elevados valores de turbidez registrados em alguns tributários podem ser explicados pela baixa profundidade desses locais e, conseqüentemente, pelas maiores taxas de ressuspensão do sedimento.

O aumento dos valores de turbidez e das concentrações de material em suspensão na água, nos meses de janeiro e abril, nos pontos localizados no rio Madeira, é resultado do aumento da precipitação pluviométrica e das taxas de escoamento superficial. É interessante notar que um padrão diferente foi observado para os tributários. Provavelmente, nesses ambientes mais rasos, as maiores taxas de ressuspensão do sedimento, durante os períodos de seca, podem causar um aumento da turbidez da água.

Em outubro, o maior valor de transparência da água (0,9 m) foi mensurado no ponto P12, situado no rio Cotia (**Figura 6b**). Os menores valores de transparência foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira (< 10 cm), assim como observado nos demais meses de monitoramento. Alguns tributários apresentaram baixos valores de transparência, tendo em vista, como já discutido, a pequena profundidade desses locais e as maiores taxas de ressuspensão de sedimento. Em alguns pontos (P3 e P4) não foi possível mensurar a transparência da água em função das baixas profundidades (< 1 m).



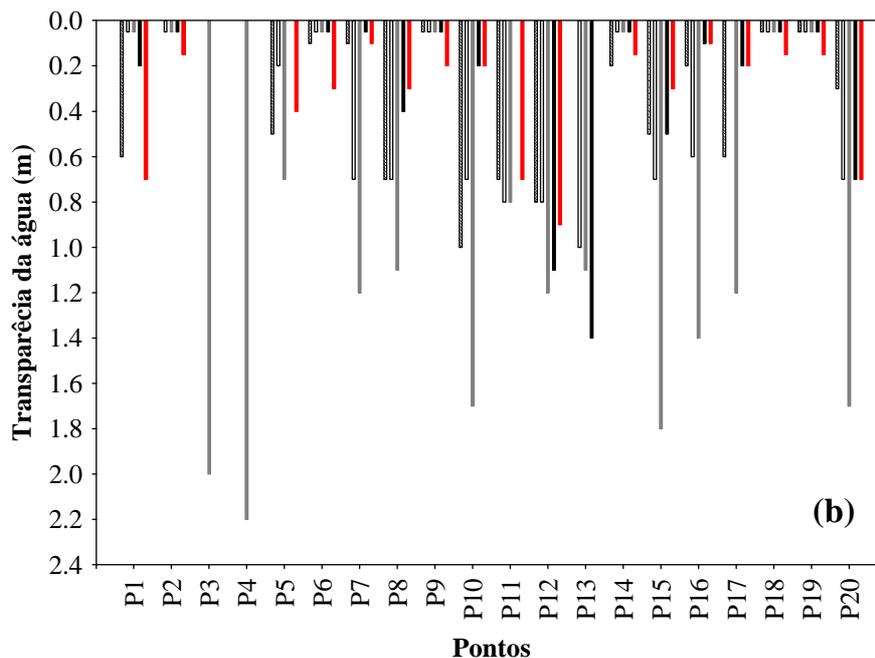


Figura 6. Valores de turbidez (a) e transparência da água (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha pontilhada indica o valor máximo de turbidez preconizado na resolução CONAMA n° 357/2005.

Os valores de cor verdadeira variaram entre 42 mg Pt/L (ponto P9, localizado no rio Madeira) e 170 mg Pt/L (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 7**). Nesse mês, os pontos P3, P4, P5, P7, P8, P10, P11, P12, P14, P15, P16, P17 e P20, apresentaram valores de cor superiores ao limite indicado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (75 mg Pt/L).

As concentrações de sólidos suspensos totais variaram entre 3,0 mg/L (ponto P12, localizado no rio Cotia) e 157 mg/L (ponto P14, situado no rio Madeira) (**Figura 8a**). Assim como observado para a turbidez, os maiores valores de sólidos suspensos foram registrados em janeiro e abril de 2010 (valores médios iguais a 48,1 mg/L, em setembro de 2009; 290,8 mg/L, em janeiro de 2010; 101,7 mg/L em abril; 64,95 mg/L em julho e 36,6 mg/L em outubro). Considerando os 05 (cinco) meses de monitoramento, a maior fração de material em suspensão foi de origem inorgânica (sólidos suspensos fixos) (**Figura 8b e 8c**).

Assim, como discutido em julho, alguns tributários apresentaram elevadas concentrações de sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis) e sólidos totais (**Figura 8d**), tendo em vista a baixa profundidade desses ambientes e consequente ressuspensão do sedimento para a coluna da água.

De maneira geral, nesse mês, os maiores valores de sólidos suspensos totais e sólidos totais foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira (valores médios de sólidos suspensos totais igual a 50,3 mg/L no rio Madeira e 29,2 mg/L nos tributários; e valores médios sólidos totais igual a 134,6 mg/L no rio Madeira e 36,4 mg/L nos tributários).

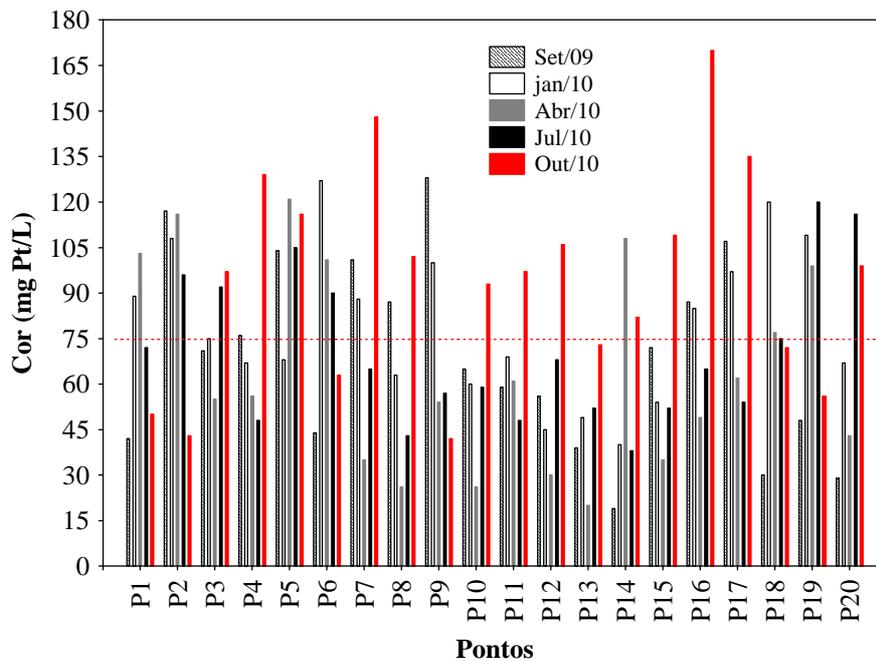
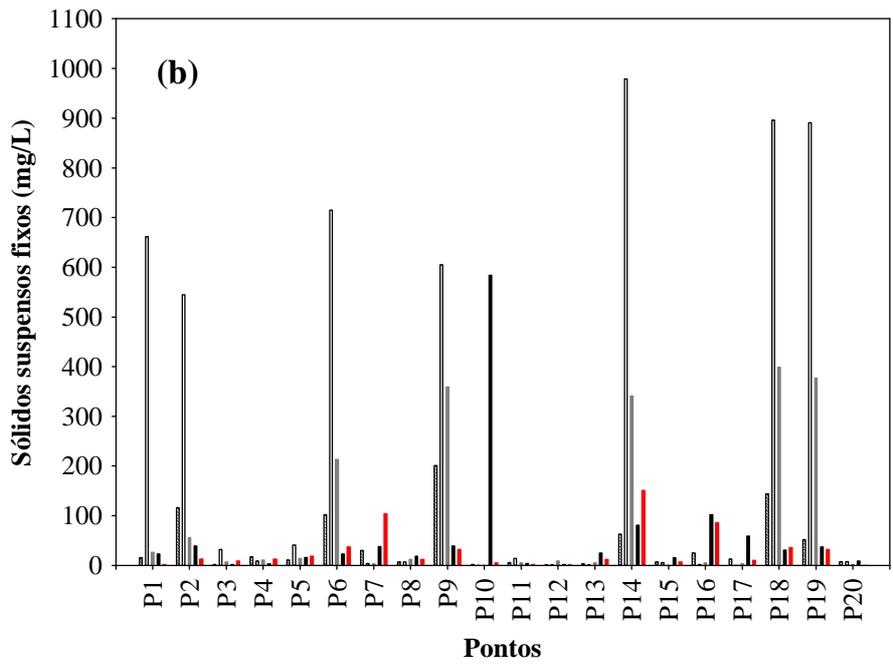
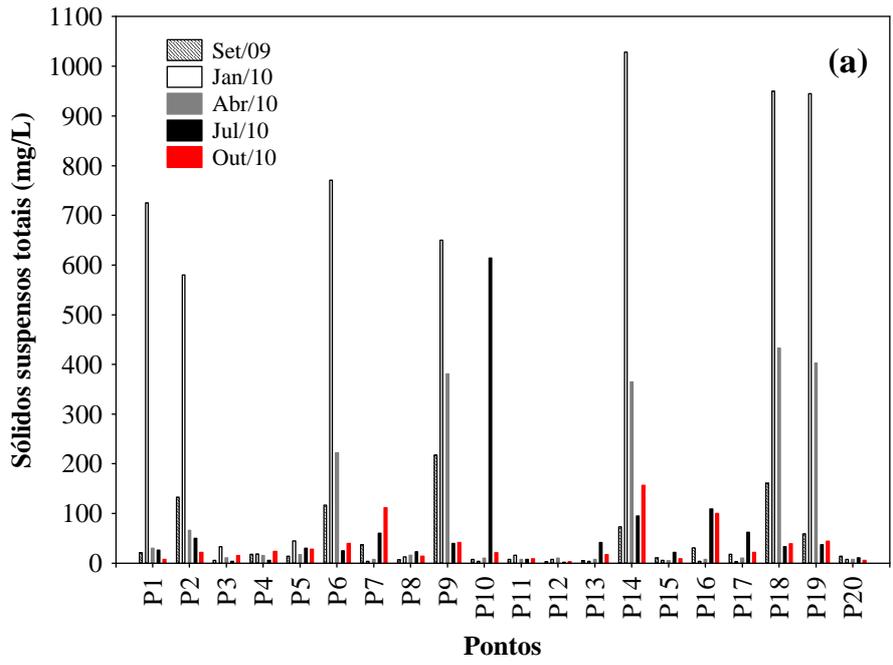


Figura 7. Valores de cor verdadeira registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha pontilhada indica o valor máximo de cor preconizado na Resolução CONAMA n° 357/2005.



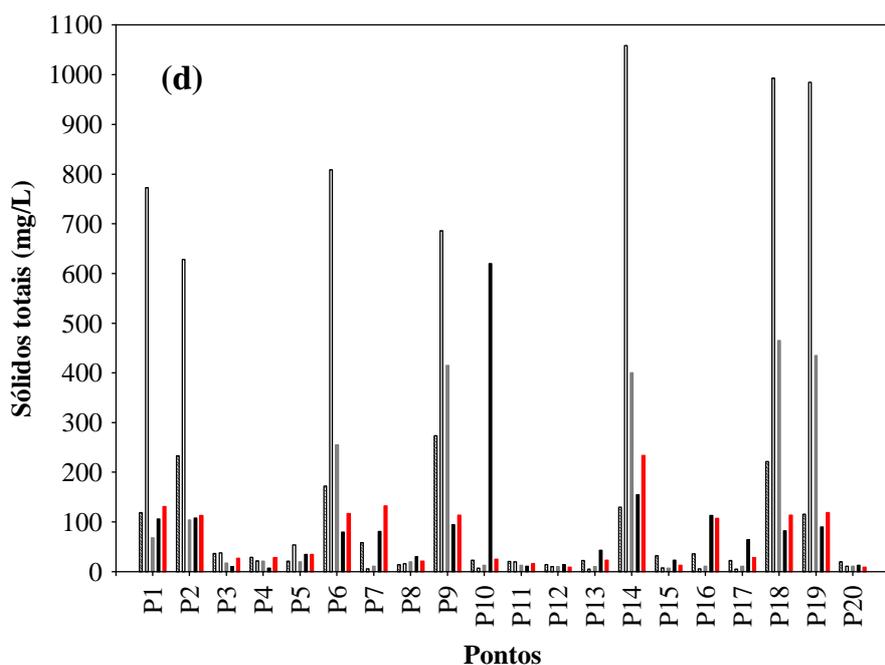
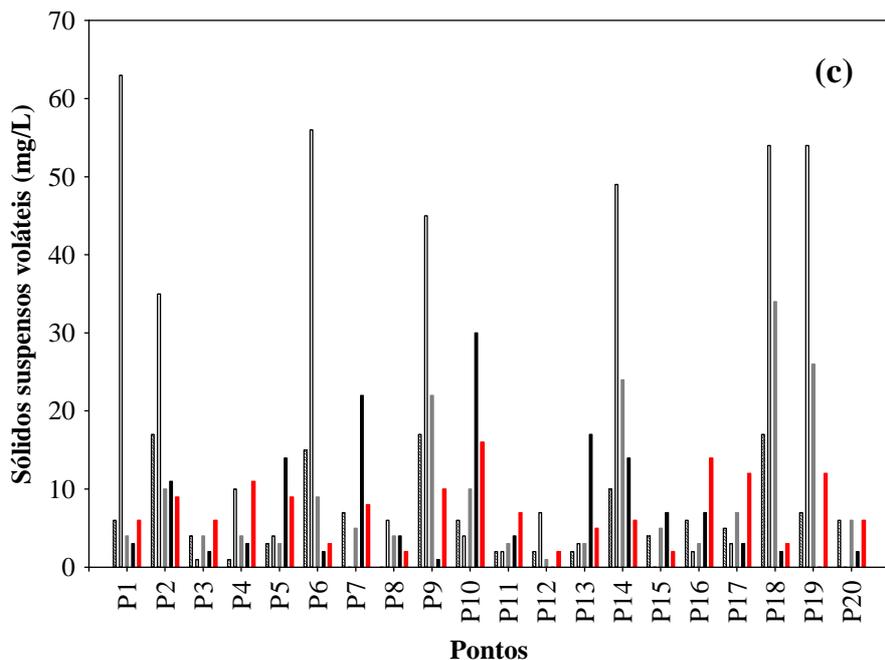


Figura 8. Concentração de sólidos suspensos totais (SST) (a); sólidos suspensos fixos (SSF) (b); sólidos suspensos voláteis (SSV) (c) e sólidos totais (d).

Em geral, os resultados obtidos até o momento para as variáveis turbidez, cor, transparência da água e sólidos suspensos indicam a importância do regime hidrológico no controle da dinâmica limnológica da área investigada. Esses resultados também sugerem que o regime hidrológico atua de forma diferenciada nos tributários e no rio

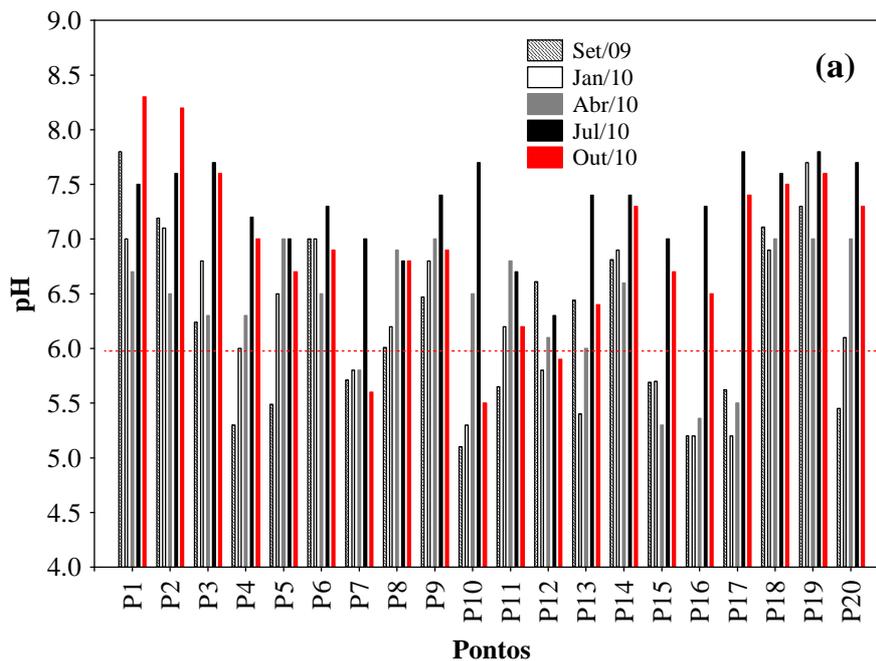


Madeira. Especificamente, no rio Madeira, a redução da vazão está associada com a redução dos valores de turbidez, cor e sólidos suspensos. Por outro lado, nos tributários, a redução da vazão pode promover o aumento nos valores dessas variáveis em função da redução da profundidade e do aumento das taxas de ressuspensão do sedimento.

4.1.3. pH, Condutividade elétrica, Alcalinidade, Dureza e Carbono

Os valores do pH registrados em outubro de 2010 variaram entre 5,5 e 8,32. Assim, nesse mês, os pontos P7, P10 e P12 apresentaram valores de pH abaixo do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (6,0-9,0) (**Figura 9a**). Em média, os maiores valores de pH foram registrados em julho e outubro de 2010, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira.

Os valores do potencial de óxido-redução variaram entre 31 mV e 175 mV (**Figura 9b**), indicando a predominância de processos de oxidação no trecho estudado, assim como observado nos demais meses de monitoramento limnológico.



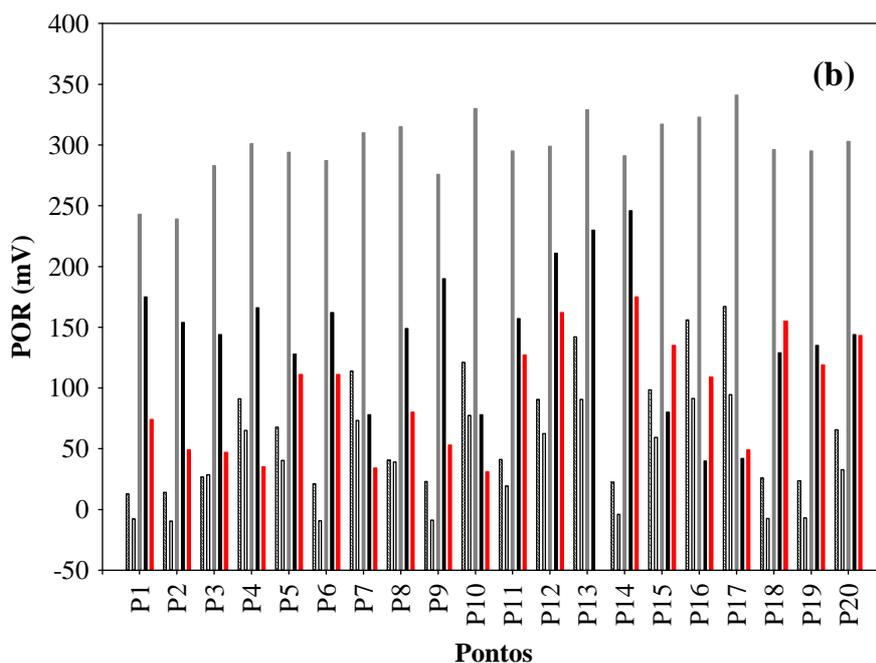


Figura 9. Valores de pH (a) e potencial de óxido-redução (POR) (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha tracejada indica o valor mínimo de pH preconizado na Resolução CONAMA n° 357/2005.

A condutividade elétrica indica a capacidade de condução da corrente elétrica de uma solução, sendo esta dependente da concentração de íons na água. Diversos trabalhos demonstram, a despeito da facilidade de mensuração, que essa medida pode fornecer importantes informações sobre os processos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e em suas bacias de drenagem (e.g. produção primária, decomposição, eutrofização e salinização; ESTEVES, 1998; CHAPMAN, 1996).

Em outubro de 2010, a concentração iônica variou de 7,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pontos P20, localizado na foz do rio Mutum-Paraná) a 246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto P1, situado no rio Mamoré) (**Figura 10**). De maneira geral, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados em outubro de 2010 e setembro de 2009 (média igual a 55,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em setembro de 2009; 33,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em janeiro de 2010; 29,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em abril; 48,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em julho e 69,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em outubro de 2010). Assim, em janeiro e abril de 2010, provavelmente ocorreu um processo de diluição dos íons no trecho monitorado, tendo em vista o aumento na vazão do rio Madeira. Além disso, como observado nos demais meses de estudo, os menores valores de condutividade elétrica foram mensurados nos tributários (média igual a 15,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que, em geral, apresentam águas pobres em íons.

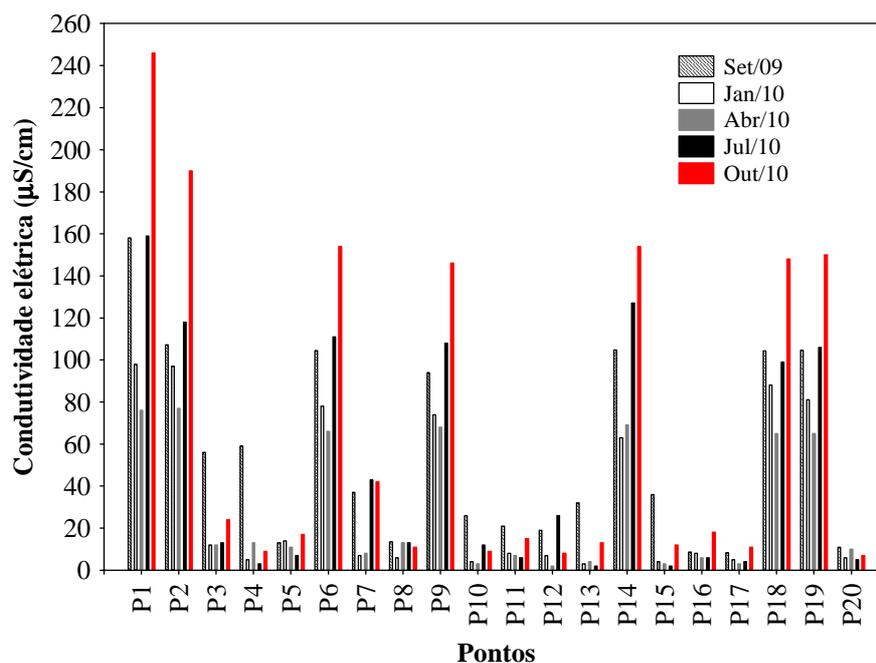


Figura 10. Valores de condutividade elétrica registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Assim como observado nos demais meses monitorados, em outubro de 2010, foi detectada uma forte correlação entre os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) (coeficiente de correlação linear de Pearson (r) = 0,99; $P < 0,001$), indicando que os locais com maiores concentrações iônicas apresentam também as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos. Nesse mês, as concentrações de STD variaram entre 3,0 mg/L e 123 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) (**Figura 11**) e, portanto, foram inferiores ao limite máximo esperado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L), assim como detectado nos meses anteriores.

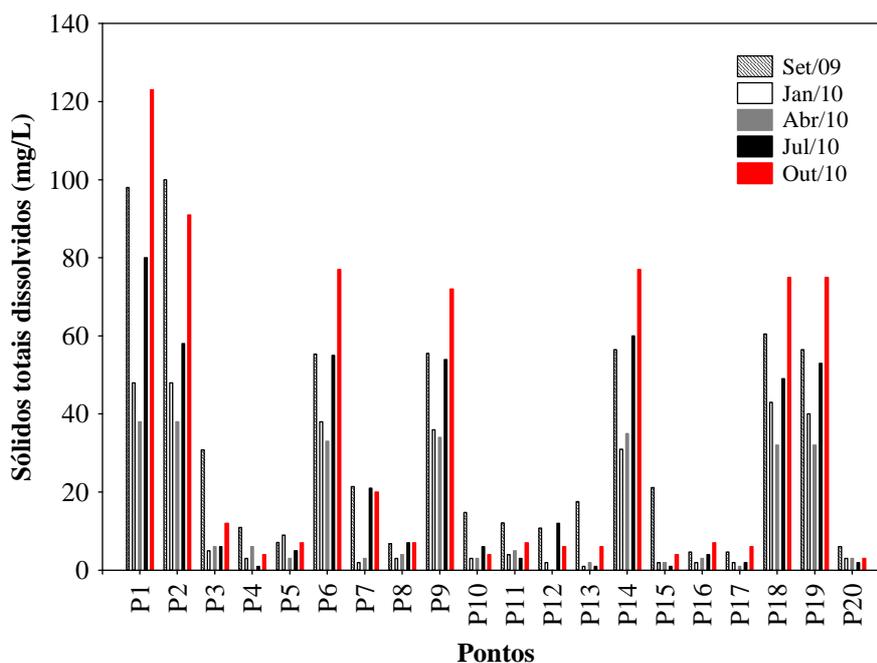
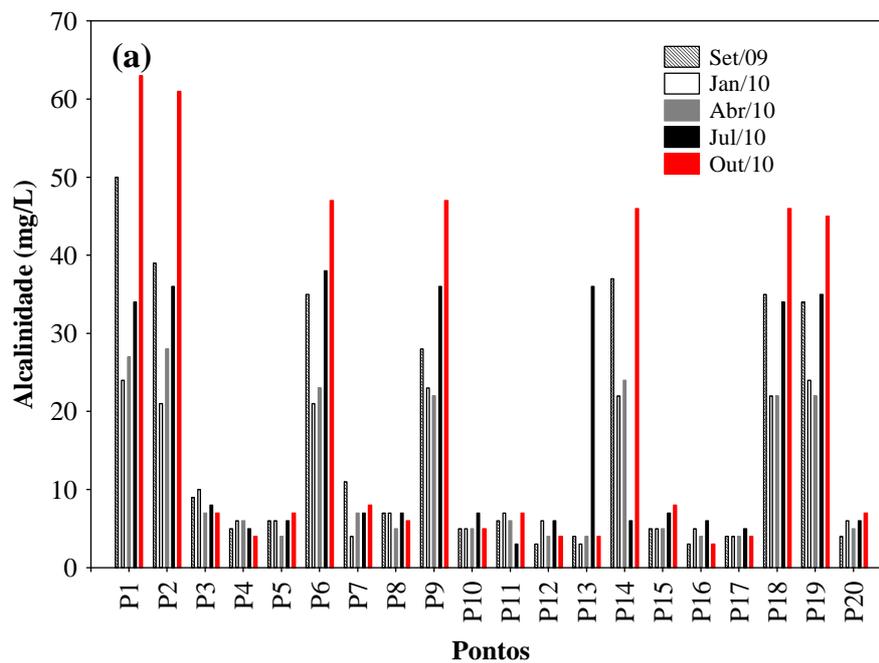


Figura 11. Concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos em um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (ESTEVES, 1998). A dureza da água, por sua vez, depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e são importantes também para a condutividade, pH e alcalinidade. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/L são classificadas como moles; de 125 a 230 mg/L, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/L como duras. Esta classificação é importante somente para fins de tratamento de água (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Os maiores valores de alcalinidade e dureza foram, em outubro de 2010, registrados nos pontos localizados no rio Madeira (valor médio de alcalinidade no rio Madeira igual a 51,6 mg/L e de dureza igual a 66,0 mg/L; enquanto que o valor médio de alcalinidade nos tributários foi igual a 5,7 mg/L e de dureza igual a 5,8 mg/L) (**Figura 12**). Provavelmente, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram as maiores concentrações de íons carbonato e bicarbonato, tendo em vista os maiores valores de alcalinidade, dureza e condutividade elétrica.

É importante destacar também que esse conjunto de variáveis apresenta uma forte estrutura de correlação e, portanto, essas variáveis apresentam informações redundantes. Por exemplo, o coeficiente médio de correlação de Pearson (r) entre as variáveis dureza, alcalinidade, condutividade elétrica e STD foi superior a 0,98. Esse resultado indica que em variações de uma dada variável explicam uma alta porcentagem da variabilidade de uma segunda variável qualquer. Se necessário, considerando o aumento da eficiência do programa de monitoramento no futuro, algumas dessas variáveis poderiam ser descartadas.



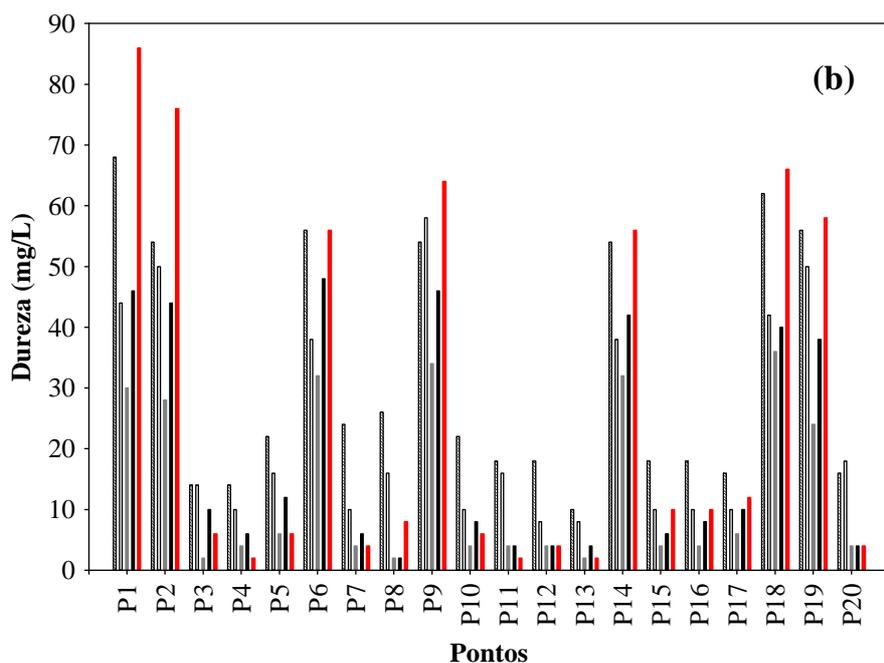


Figura 12. Valores de alcalinidade (a) e dureza (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

As variações das concentrações de CO_2 resultantes das atividades de fotossíntese e respiração podem ser avaliadas a partir das variações de CO_2 dissolvido e de CO_2 total, o qual correspondente a soma de todas as formas carbonatadas dissolvidas (CARMOUZE, 1994).

Em outubro de 2010, as concentrações de gás carbônico livre (CO_2 livre) variaram entre 0,32 mg/L (ponto P17, localizado no igarapé Jirau) e 40,19 mg/L (ponto P7, situado no igarapé Simãozinho) (**Figura 13a**), enquanto que as concentrações de CO_2 total variaram entre 3,84 mg/L (ponto P17) e 59,63 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) (**Figura 13b**). De maneira geral, considerando os 05 (cinco) meses de monitoramento limnológico, as menores concentrações de CO_2 total foram registradas nos pontos localizados nos tributários. Por outro lado, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram as menores concentrações de CO_2 livre (principalmente durante os três primeiros meses monitorados).

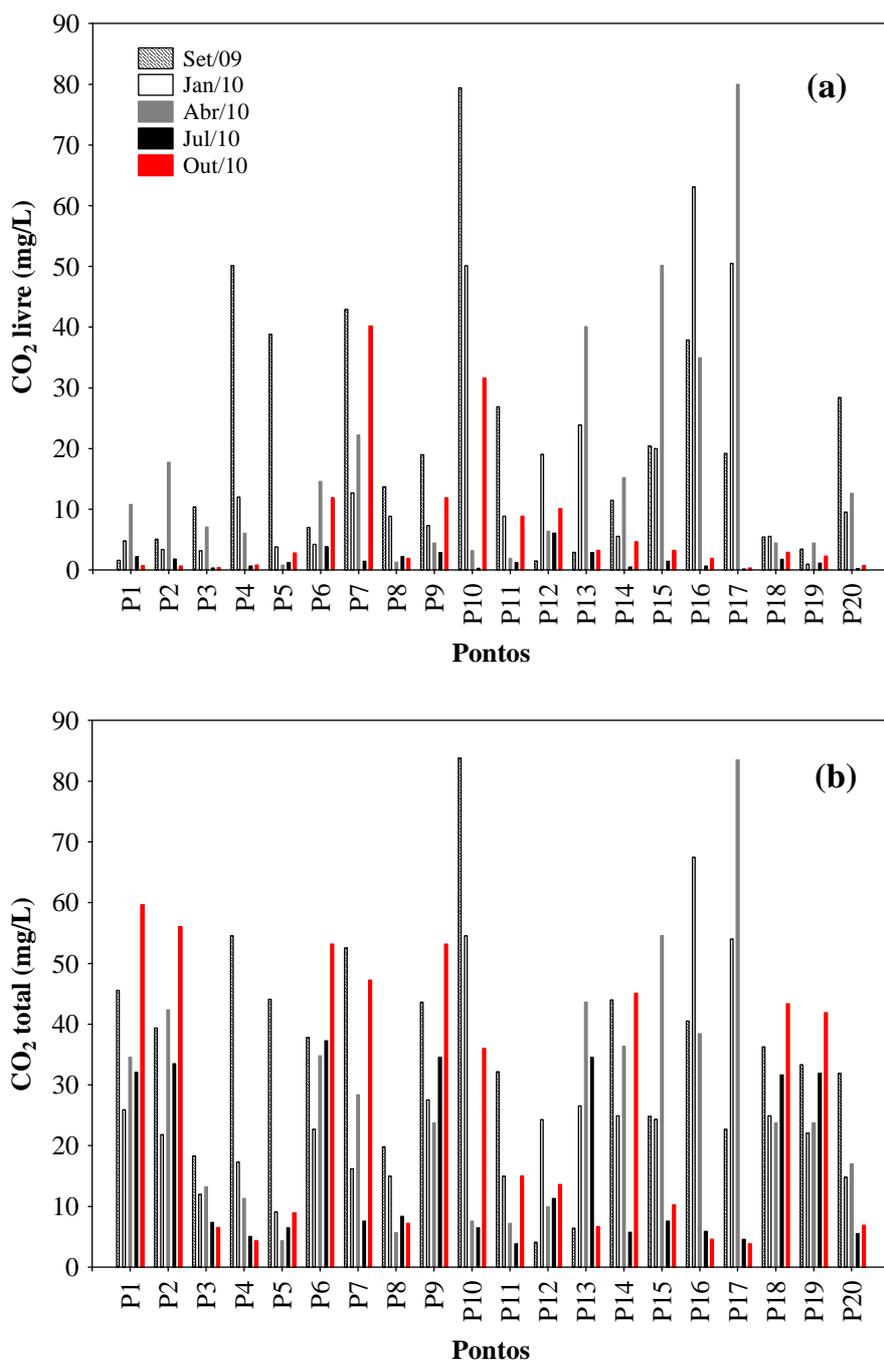
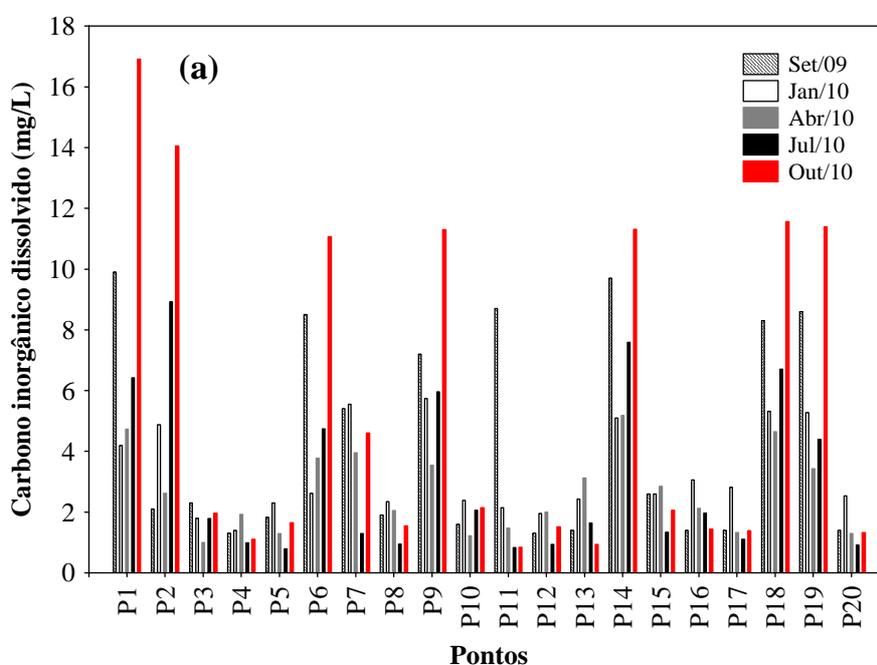


Figura 13. Concentrações de CO₂ livre (a) e CO₂ total (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Nos ecossistemas aquáticos, a concentração de carbono pode ser diferenciada em: (i) carbono orgânico total (COT), que inclui a fração particulada (COP - bactérias, tecidos vegetais e animais) e dissolvida (COD - produto originado durante a decomposição de plantas e animais ou a partir da excreção desses organismos, como proteínas, carboidratos e compostos húmicos) e (ii) carbono inorgânico dissolvido (CID - formas dissolvidas do ácido carbônico, como CO₂, HCO₃⁻ e CO₃²⁻).

Em geral, os maiores teores de carbono inorgânico dissolvido (CID), em outubro de 2010, foram registrados nos pontos de monitoramento localizados no rio Madeira (valor médio igual a 7,08 mg/L), tendo em vista a elevada concentração de íons carbonato e bicarbonato nesses locais (como também foi demonstrado pelos elevados valores de alcalinidade e dureza) (**Figura 14a**). De fato, neste mês, foi observada uma forte correlação entre as variáveis CID e CO₂ total ($r = 0,91$; $P < 0,001$). As concentrações de carbono orgânico total (COT) tenderam a ser similares entre os locais e meses estudados (**Figura 14b**). Os maiores teores de carbono total foram registrados no rio Madeira e, temporalmente, os menores teores foram determinados em julho de 2010 (**Figura 14c**).



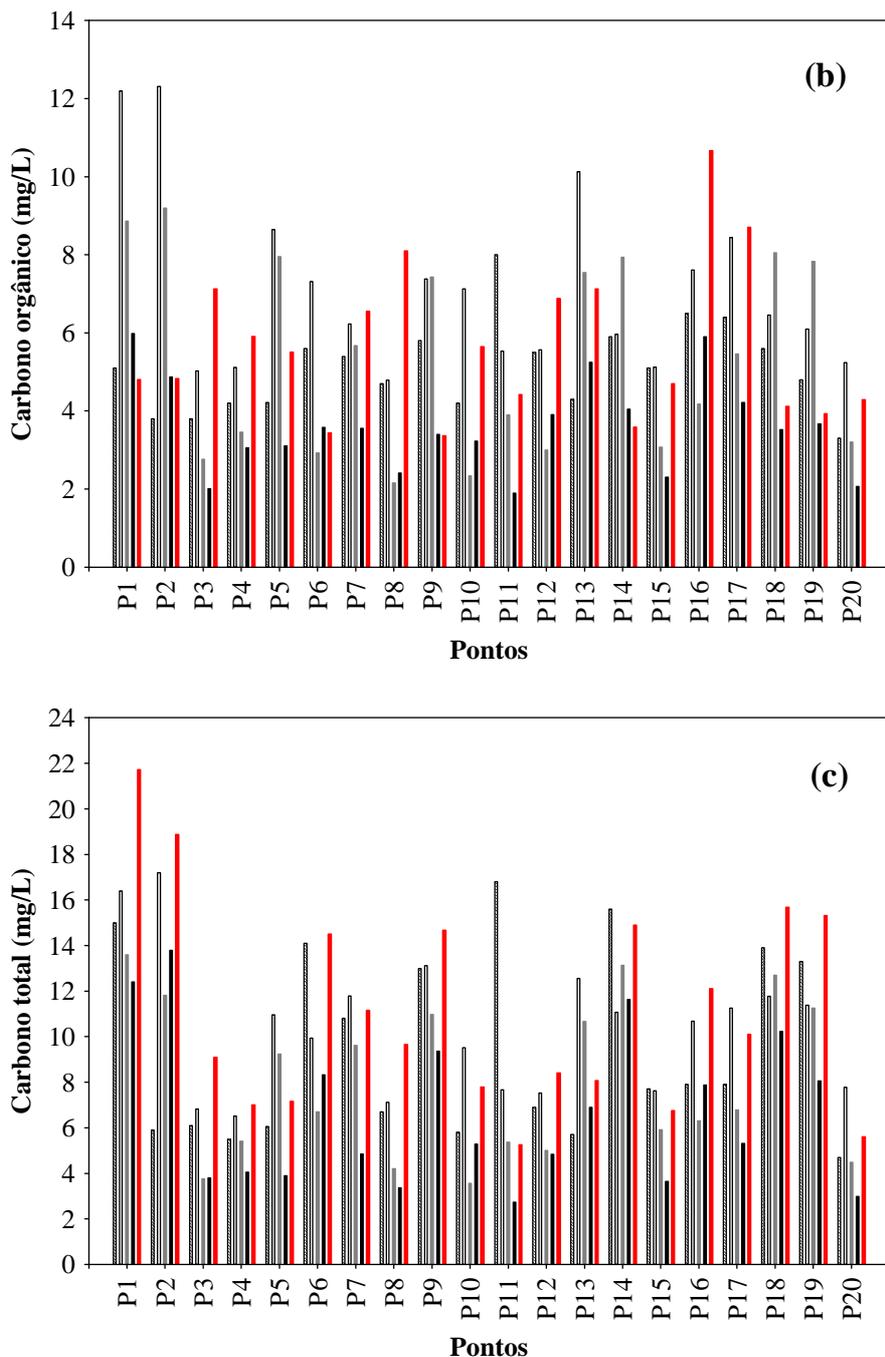


Figura 14. Concentrações de carbono inorgânico dissolvido (a), carbono orgânico total (b) e carbono total (c) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.1.4. Íons cloreto, Sulfato, Sulfeto e Ferro

Todas as águas naturais contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais ou, em regiões próximas do mar, da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (dessalinização), bem como causam



danos a estruturas metálicas (corrosão) (BAUMGARTEN e POZZA, 2001). No trecho monitorado do AHE Jirau, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método ($< 0,5$ mg/L) em todos os pontos de coleta, em setembro de 2009, janeiro e abril de 2010. Em julho de 2010, somente o ponto P1, localizado no rio Mamoré, apresentou concentração de cloreto maior que esse limite (2,0 mg/L). Em outubro de 2010, as concentrações variaram entre valores menores que 0,5 mg/L e 4,5 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) (**Figura 15**). Assim, todos os locais amostrados apresentaram concentrações de cloreto condizentes com o limite máximo indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L).

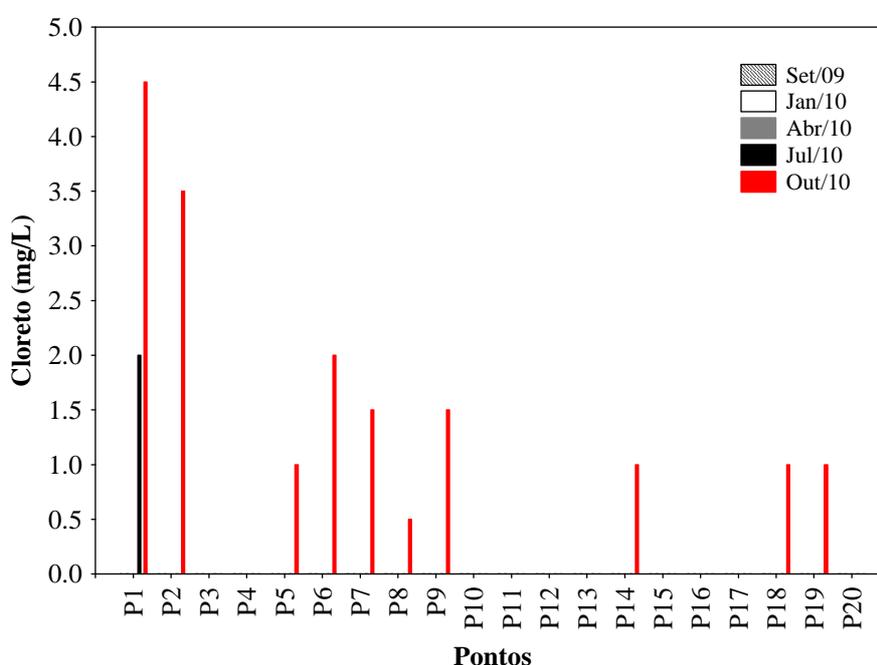


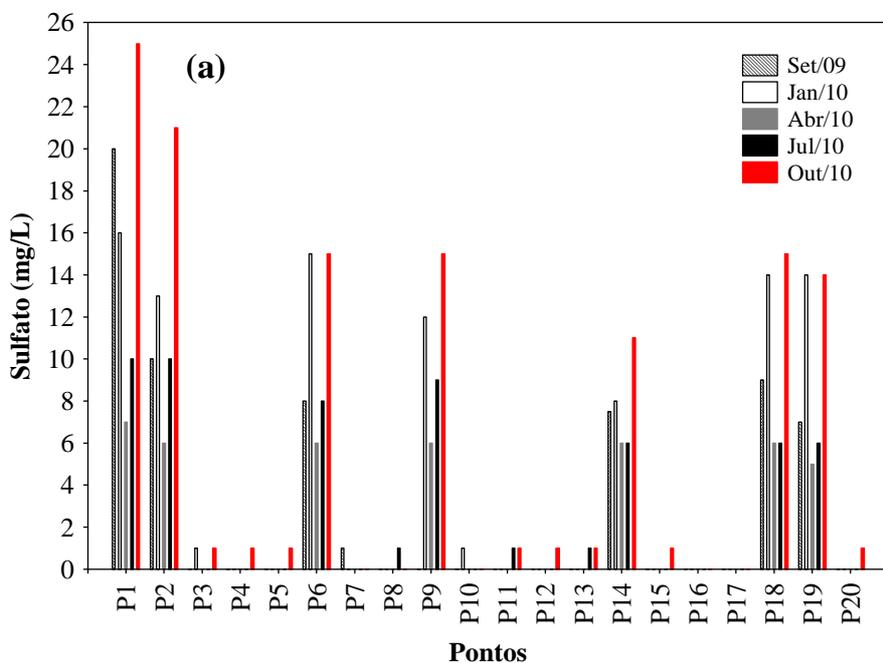
Figura 15. Concentrações de cloreto registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, como íon sulfato (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), entre outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais frequentes. No entanto, o íon sulfato apresenta maior importância para a produtividade do ecossistema, uma vez que é a principal fonte de enxofre usada pelos produtores primários (ESTEVEZ, 1998).

Em outubro de 2010, as concentrações de sulfato foram, em média, superiores àquelas mensuradas em julho de 2010 (valores médios iguais a 3,12 mg/L em setembro de 2009; 4,7 mg/L em janeiro de 2010; 2,1 mg/L em abril; 2,9 mg/L em julho e 6,2

mg/L em outubro). Os teores variaram entre valores > 1,0 mg/L (limite de detecção do método) e 25 mg/L (pontos P1, localizado no rio Mamoré) (**Figura 16a**). Dessa maneira, entre setembro de 2009 e outubro de 2010, todos os locais monitorados apresentaram concentrações do íon sulfato que coadunam com o limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (250 mg/L). Nos 05 (cinco) meses monitorados, os teores de sulfato foram, quando comparados com aqueles registrados nos tributários, maiores nos pontos de coleta localizados no rio Madeira.

Assim como observado em setembro de 2009 e julho de 2010, no mês de outubro de 2010, todas as concentrações de sulfato foram superiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,002 mg/L). Nesse mês, a maior concentração (0,024 mg/L) foi registrada no ponto P7, situado no igarapé Simãozinho (**Figura 16b**). Em média, as menores concentrações desse íon foram registradas em janeiro e abril de 2010 (valores médios iguais a 0,078 mg/L em setembro de 2009; 0,0065 mg/L em janeiro de 2010; 0,0068 mg/L em abril; 0,056 mg/L em julho e 0,016 mg/L em outubro), demonstrando a influência do processo de diluição durante os períodos de maior precipitação pluviométrica e vazão.



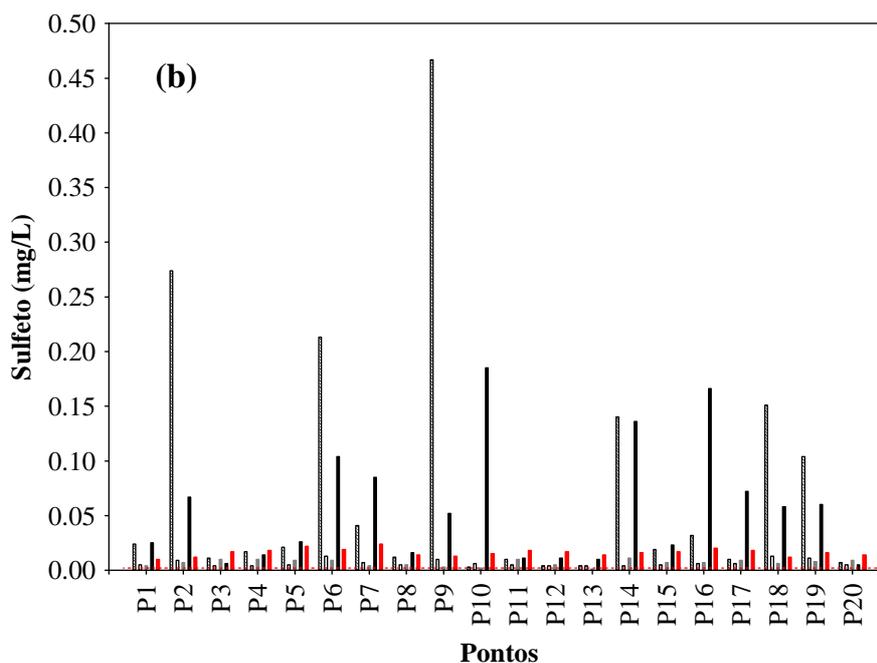


Figura 16. Concentrações de sulfato (a) e sulfeto (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada (Fe^{3+} - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (ESTEVES, 1998). Em ambientes que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}).

Em outubro de 2010, as concentrações de ferro total variaram entre 0,07 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) e 3,5 mg/L (ponto P7, situado no igarapé Simãozinho) (**Figura 17**). Em média, houve um decréscimo das concentrações entre os meses de janeiro e outubro de 2010, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira.

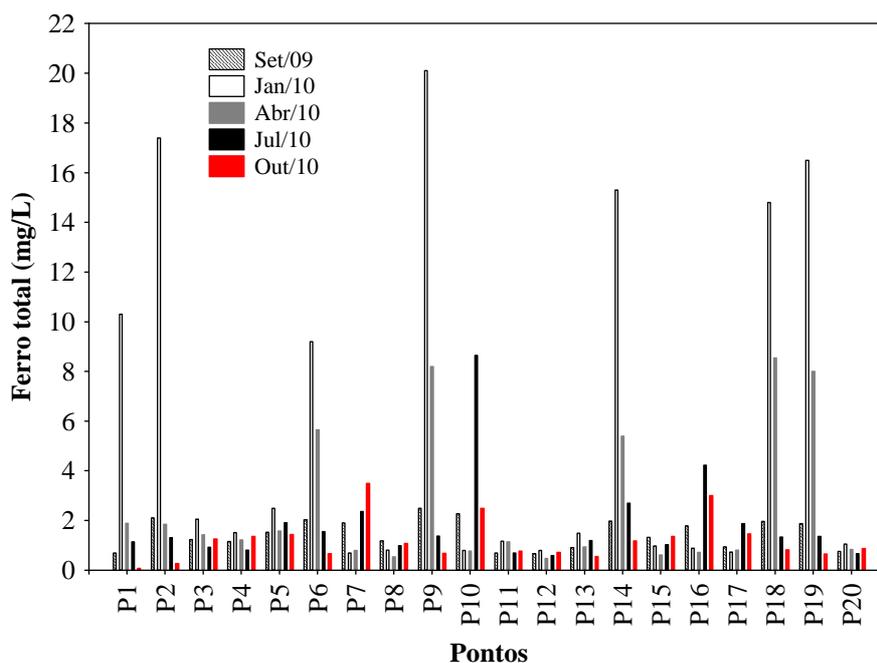


Figura 17. Concentrações de ferro total registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.1.5. Nutrientes Fosfatados e Nitrogenados

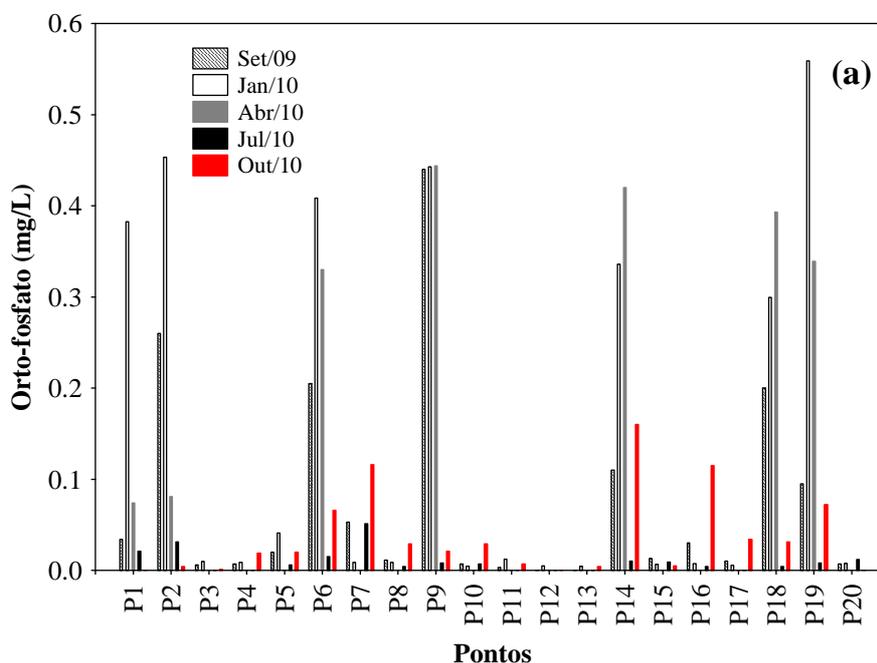
Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Em geral, a elevada permanência desses nutrientes, mesmo após o controle de fontes pontuais, pode ser atribuída a diferentes processos, como reciclagem interna e emissões difusas derivadas de atividades agropastoris. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o P pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Na área de influência do AHE Jirau, as concentrações de orto-fosfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 mg/L) e 0,16 mg/L (ponto P14, localizado no rio Madeira) (**Figura 18a**). As concentrações de fósforo total,

por sua vez, variaram entre 0,006 mg/L (ponto P1, situado no rio Mamoré) e 0,175 mg/L (ponto P14, localizado no rio Madeira) (**Figura 18b**). Nesse mês, os pontos P7 (localizado no igarapé Simãozinho), P14 e P16 (situado no igarapé Caiçara) apresentaram teores de fósforo total superiores ao limite máximo indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L para ambientes lóticos).

Destaca-se que as menores concentrações de fósforo total foram obtidas em outubro de 2010 (valores médios iguais a 0,095 mg/L em setembro de 2009; 0,353 mg/L em janeiro de 2010; 0,119 mg/L em abril; 0,092 mg/L em julho e 0,055 mg/L em outubro). Além disso, entre setembro de 2009 e outubro de 2010, os pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira apresentaram as maiores concentrações de fósforo total.

Estes resultados demonstram a influência da precipitação pluviométrica, e o consequente aumento do escoamento superficial, sobre as características limnológicas do rio Madeira, principalmente em janeiro e abril de 2010. Padrões similares foram detectados para as variáveis turbidez e sólidos em suspensão (correlações de Pearson entre fósforo e turbidez = 0,97 e entre fósforo e sólidos suspensos = 0,96).



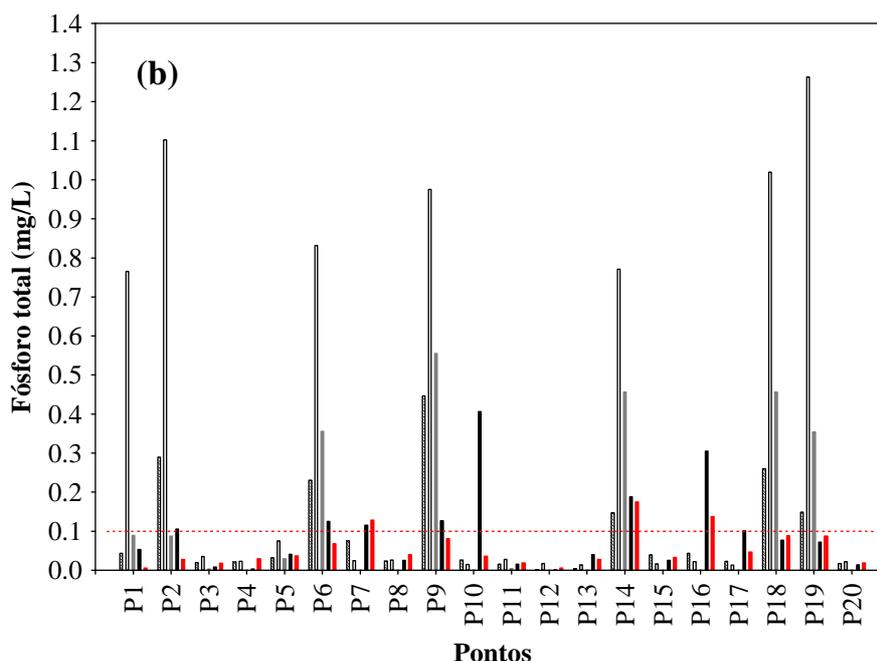


Figura 18. Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) total registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha tracejada indica o valor máximo de P-total preconizado na Resolução CONAMA n° 357/2005.

A importância do nitrogênio para o funcionamento dos ecossistemas pode ser atribuída à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode atuar como fator limitante da produção primária. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados (ESTEVEZ, 1998).

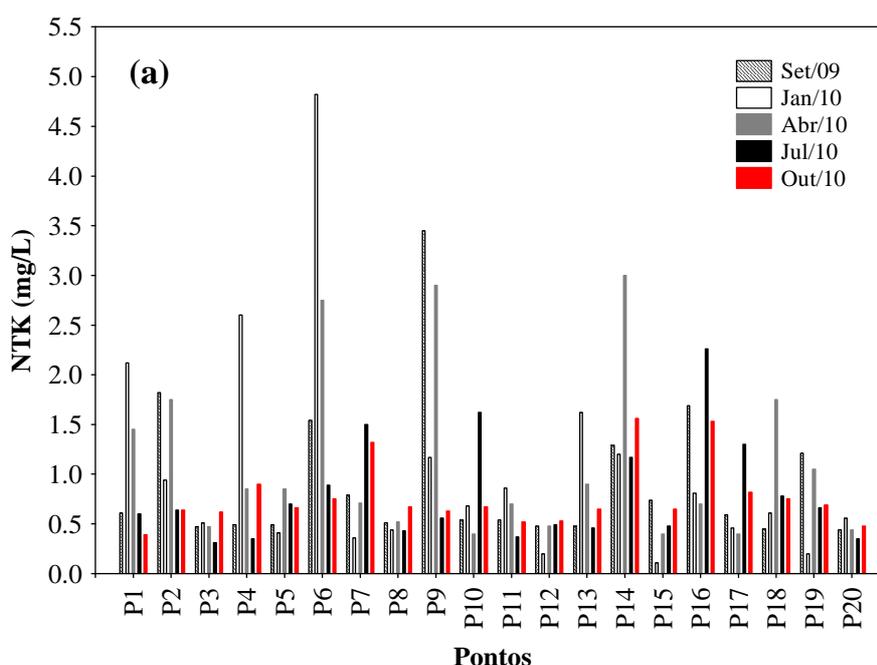
As concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK), em outubro de 2010, variaram entre 0,39 mg/L e 1,56 mg/L (ponto P14, localizado no rio Madeira) (**Figura 19a**). De maneira similar ao observado para as concentrações de fósforo total, em outubro houve redução nas concentrações de NTK (valores médios iguais a 0,93 mg/L em setembro de 2009; 1,03 mg/L em janeiro de 2010; 1,12 mg/L em abril; 0,79 mg/L em julho e 0,77 mg/L em outubro). Além disso, nesse mês, não houve uma clara diferença entre as concentrações mensuradas no rio Madeira (média = 0,773 mg/L) e aquelas obtidas nos tributários (0,770 mg/L). Como discutido anteriormente, os maiores

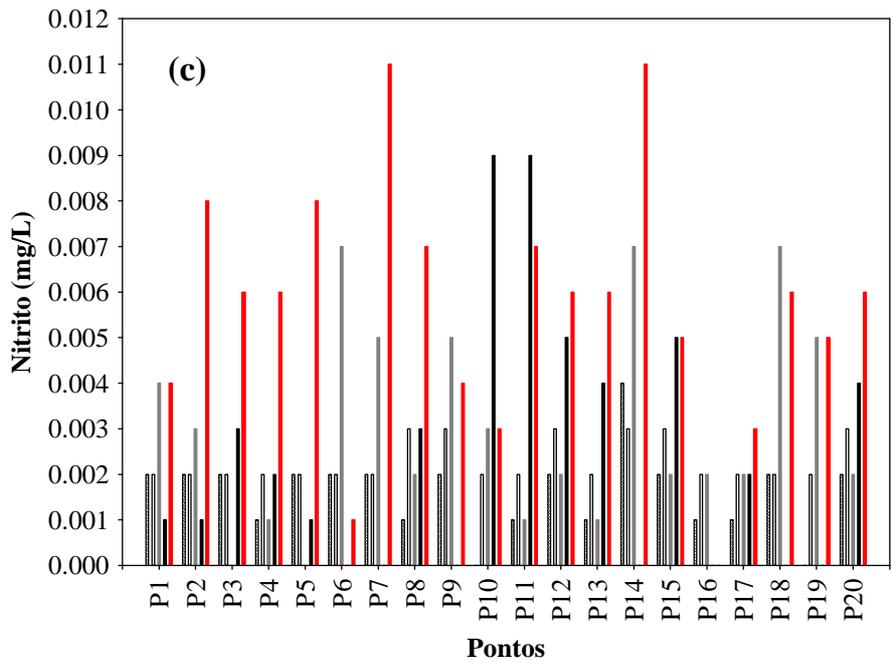
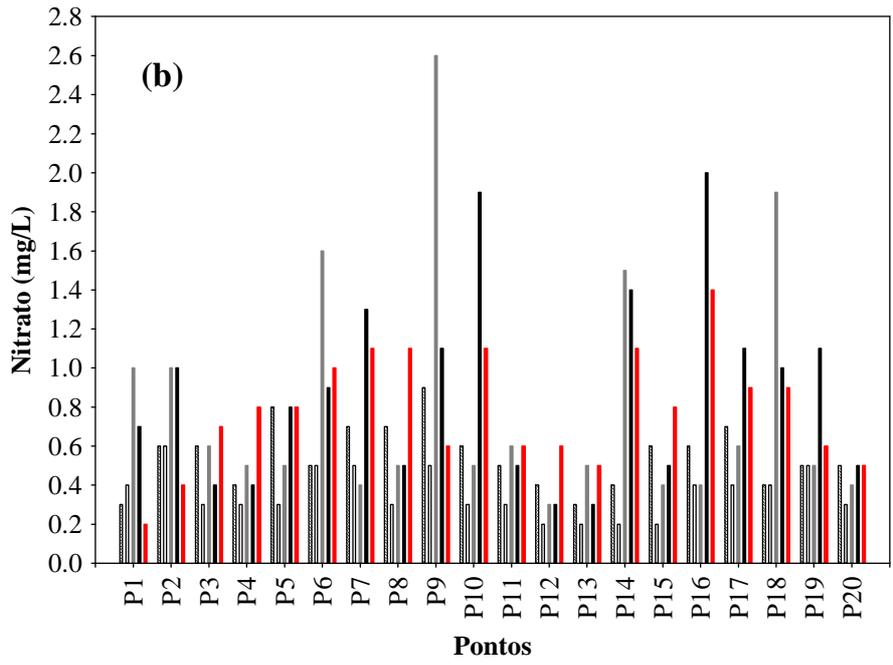
teores de alguns nutrientes registrados em tributários rasos podem ser atribuídos às maiores taxas de ressuspensão do sedimento.

As concentrações de nitrato (NO_3^-) variaram entre 0,2 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) e 1,4 mg/L (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 19b**). As concentrações de nitrito (NO_2^-) variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ($<0,001$ mg/L) e 0,011 mg/L (pontos P7, localizados no igarapé Simãozinho) (**Figura 19c**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,19 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) e 1,33 mg/L (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 19d**).

De maneira geral, nenhum padrão de variação temporal (e.g., diferenças entre meses de seca e cheia) ou espacial (e.g., diferenças entre canal principal e tributários) foi detectado para as variáveis NTK, nitrato, nitrito e N-amoniacal.

Todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito que coadunam com os limites indicados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito). De acordo com a referida resolução, o limite para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a 7,5, o valor máximo estabelecido para nitrogênio amoniacal é igual a 3,7 mg/L; em ambientes com valores de pH entre 7,5 e 8,0 o valor máximo permitido é 2,0 mg/L. Assim, todo o trecho monitorado apresenta concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela resolução.





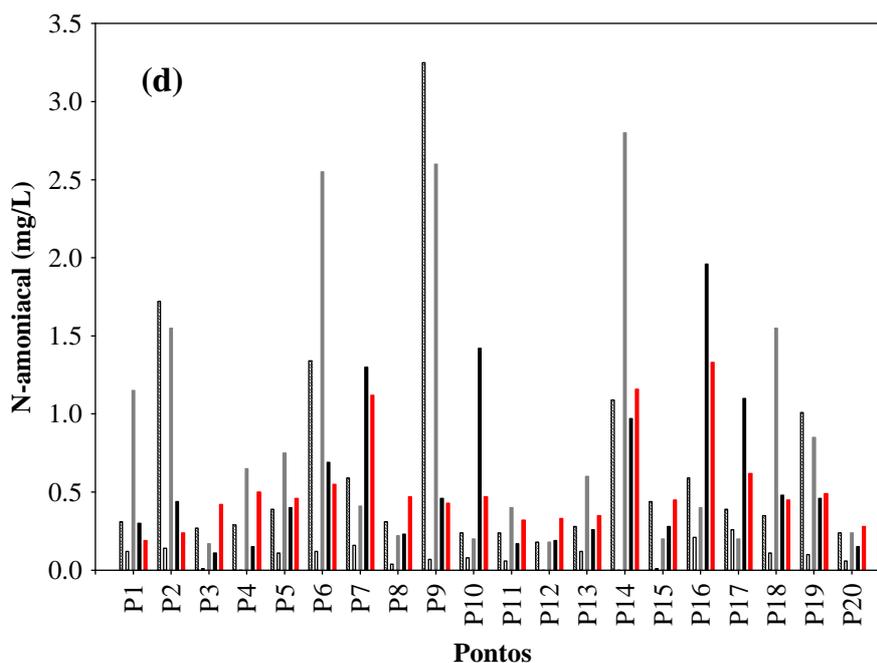


Figura 19. Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (a), nitrato (b), nitrito (c) e nitrogênio amoniacal (d) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.1.6. Silicato Reativo e Clorofila-a

No ambiente aquático, a sílica, sob a forma solúvel (também chamada de silicato reativo) é um nutriente utilizado pelas diatomáceas (produtores primários) na elaboração de suas carapaças (ESTEVES, 1998). Frequentemente, a sílica não atua como fator limitante aos produtores primários, tendo em vista a abundância deste elemento nos solos tropicais. Em outubro, as concentrações sílica variaram entre 2,8 mg/L (pontos P2 e P16, localizados no rio Madeira e igarapé Caiçara, respectivamente) e 13,1 mg/L (ponto P14, situado no rio Madeira) (**Figura 20**).

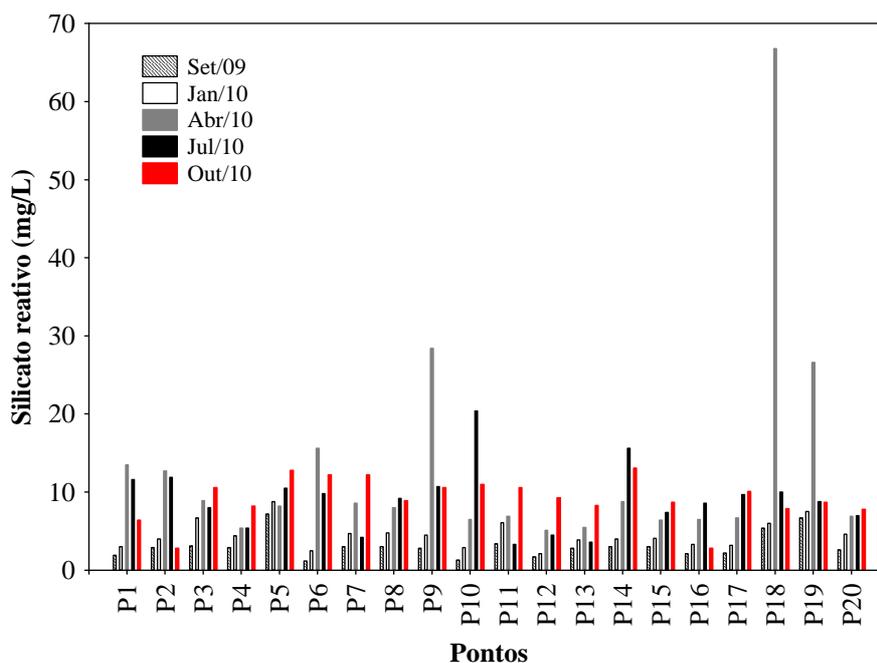


Figura 20. Concentrações de silicato reativo registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

A clorofila-*a* está fortemente relacionada com a biomassa fitoplanctônica e pode ser considerada a principal variável indicadora do processo de eutrofização. Assim, a determinação dessa variável em monitoramentos limnológicos é primordial.

Em outubro de 2010, houve um aumento nas concentrações de clorofila-*a* em relação aos meses anteriores (valores médios iguais a 1,35 µg/L em setembro de 2009; 2,74 µg/L em janeiro de 2010; 4,18 µg/L em abril; 5,77 µg/L em julho e 8,66 µg/L em outubro). Provavelmente, esse resultado está relacionado com os menores valores de vazão, turbidez e sólidos suspensos registrados nos meses de julho e outubro de 2010. Nesse mês, as concentrações de clorofila-*a* variaram entre 1,78 µg/L e 23,4 µg/L (ponto P2, localizado no rio Madeira) (**Figura 21**) e, portanto, todos os locais monitorados apresentaram concentrações inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (30 µg/L).

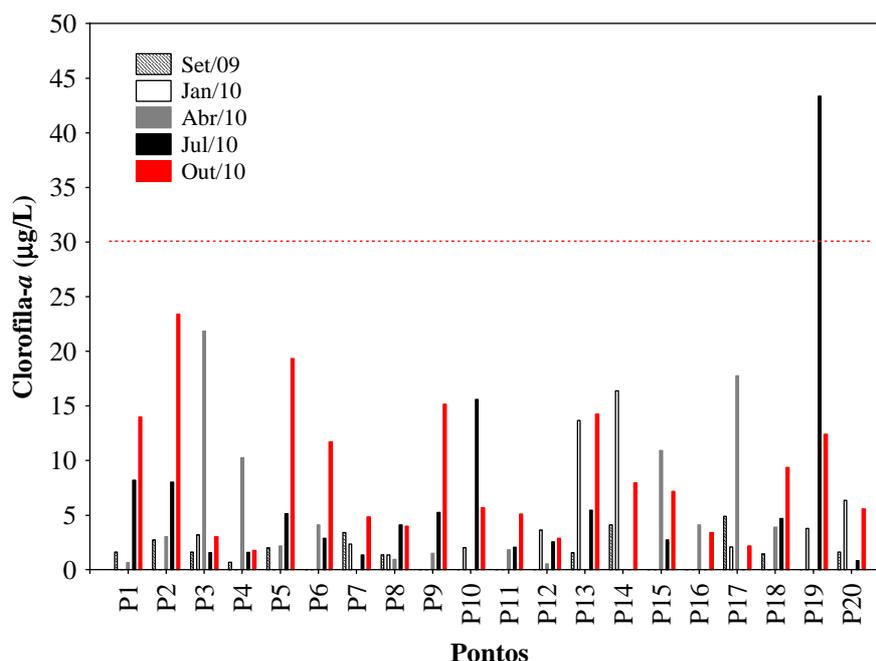


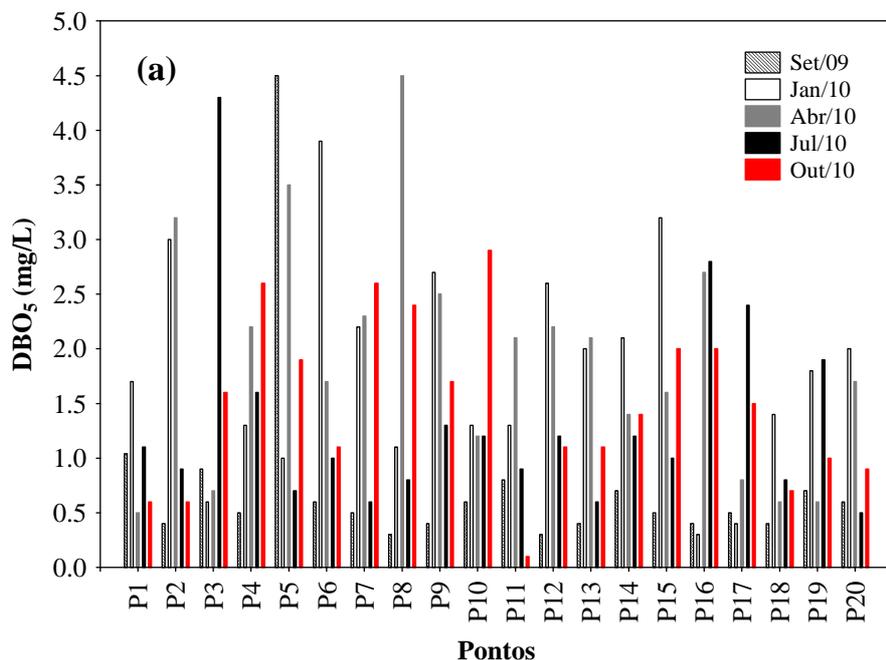
Figura 21. Concentrações de clorofila-*a* registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha tracejada indica a concentração máxima de clorofila-*a* estipulada na Resolução CONAMA n° 357/2005.

4.1.7. DBO₅ e DQO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (KALFF, 2002). Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Nessa análise, além da matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a matéria orgânica não biodegradável e outros componentes inorgânicos (sulfetos, por exemplo).

Em outubro de 2010, as concentrações de DBO₅ variaram entre 0,1 mg/L (ponto P11, localizado no rio Mutum-Paraná) e 2,9 mg/L (ponto P10, situado no igarapé Castanho) (**Figura 22a**). De maneira geral, estes valores foram similares àqueles registrados nos meses anteriores (valores médios iguais a 0,75 mg/L em setembro de 2009; 1,8 mg/L em janeiro de 2010; 1,9 mg/L em abril; 1,34 mg/L em julho e 1,49 mg/L em outubro). Considerando os 05 (cinco) meses de monitoramento, todos os locais apresentaram valores de DBO₅ abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L).

As concentrações de DQO variaram entre 2,0 mg/L (pontos P1, P18 e P20) e 18 mg/L (ponto P16, situado no igarapé Caiçara, respectivamente) (**Figura 22b**). De maneira geral, esses valores foram similares àqueles registrados em julho de 2010, e inferiores aos obtidos em janeiro e abril (valor médio em julho igual a 7,65 mg/L e em outubro igual a 7,75 mg/L). Assim, provavelmente, os maiores valores de DBO₅ e DQO registrados em janeiro e abril de 2010 podem ser atribuídos ao aumento das taxas de escoamento superficial, resultando em maiores cargas de material em suspensão orgânico (voláteis) para os sistemas aquáticos monitorados.



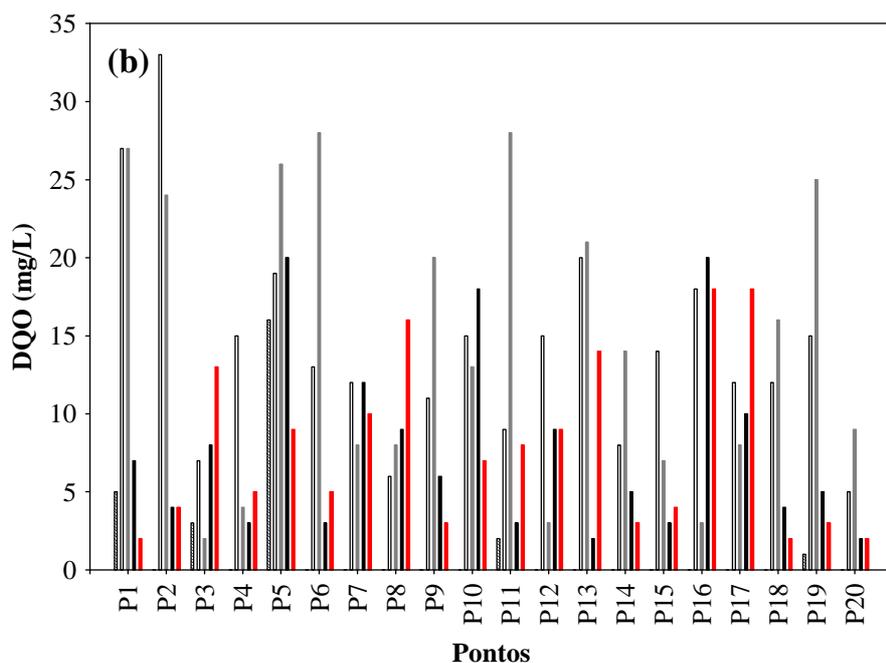


Figura 22. Valores de DBO₅ (a) e DQO (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.1.8. Óleos e Graxas

“Óleos e graxas” incluem, além dos hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos, ceras e também outros materiais cuja extração química pelo solvente seja possível. A maior dificuldade encontrada no estabelecimento do limite oficial tolerável para óleos e graxas está no fato deste parâmetro não possuir categorias químicas definidas, mas incluir vários compostos orgânicos com variáveis físicas, químicas e propriedades toxicológicas diferentes (BAUMGARTEN e POZZA, 2001). Quando presentes em quantidade excessiva, esses compostos podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos.

Em outubro de 2010, as concentrações de óleos e graxas no trecho monitorado foram similares àquelas mensuradas em julho (média igual a 3,13 mg/L em julho e 3,18 mg/L em outubro). Nesse mês, essas concentrações variaram entre valores virtualmente ausentes (V.A.) e 15,8 mg/L (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 23**). De maneira geral, nesta campanha, a maior parte dos pontos monitorados esteve de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (i.e., para águas de classe 2 as concentrações de óleos e graxas devem ser virtualmente ausentes - V.A.).

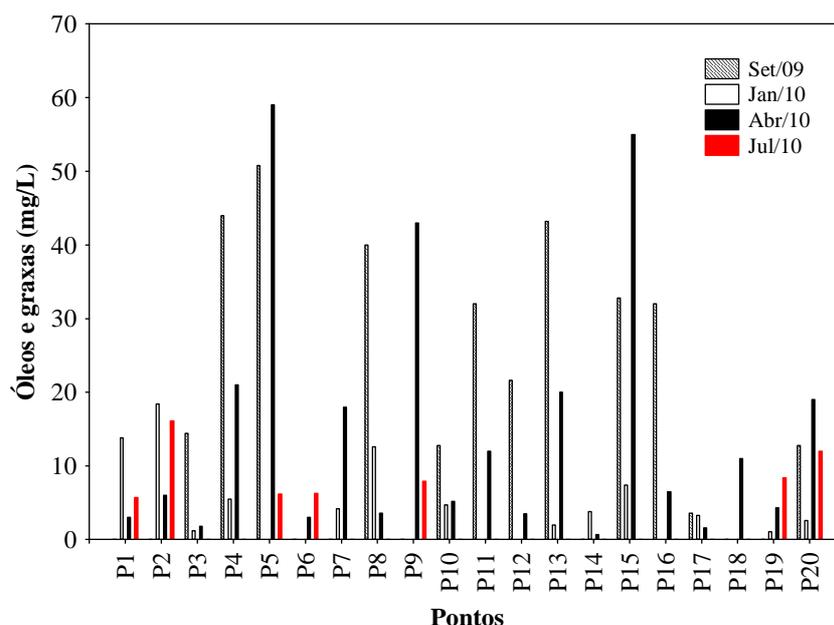


Figura 23. Concentrações de óleos e graxas registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.2. Variáveis Bacteriológicas

A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ($44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$).

Em outubro de 2010, a densidade de coliformes totais variou entre valores ausentes e valores superiores a 16.000 NMP/100 ml (ponto P5, localizado no rio Abunã) (**Figura 24a**).

A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre valores ausentes e superiores a 16.000 NMP/100 ml (ponto P5, localizado no rio Abunã) (**Figura 24b**). Desta forma, considerando o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe 2 (1.000 NMP/100 ml), no mês de outubro de 2010, os pontos P5 e P16 (situado no igarapé Caiçara) apresentaram densidades superiores ao referido limite.

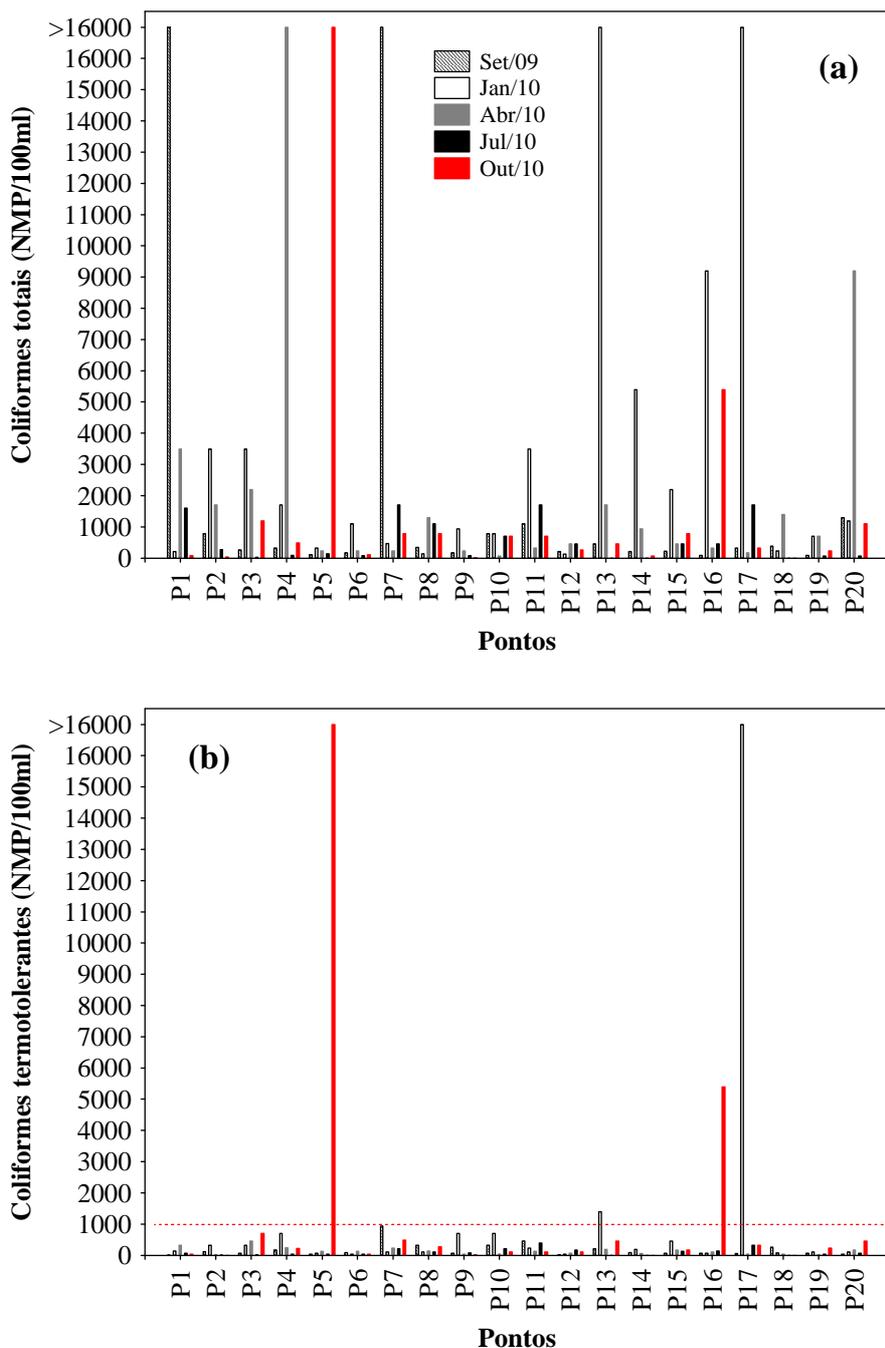


Figura 24. Densidades de coliformes totais (a) e fecais (termotolerantes) (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010. A linha tracejada indica a densidade máxima de coliformes termotolerantes estipulada na Resolução CONAMA n° 357/2005.

4.3. Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET)

Em média, considerando os 05 (cinco) meses de monitoramento limnológico, os maiores valores de IQA foram registrados em julho e outubro de 2010 (valores médios



iguais 60,4 em setembro de 2009; 53,11 em janeiro de 2010; 55,27 em abril; 68,43 em julho e 64,96 em outubro) (Tabela 4 e Figura 25). Em outubro de 2010, os valores de IQA variaram entre 45,3 (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 78,027 (ponto P1, situado no rio Mamoré) (Tabela 4). Desta forma, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”, assim como observado nos meses anteriores.

De maneira geral, os menores valores de IQA registrados em janeiro e abril de 2010, resultam, principalmente, dos maiores valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total no trecho monitorado do AHE Jirau.

Tabela 4. Índice de Qualidade da Água (IQA) por ponto de coleta, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Estações	Descrição	Set/2009		Jan/2010		Abr/2010		Jul/2010		Out/2010	
		IQA	Qualidade								
P1-MAM	Rio Mamoré	78,886	Boa	47,721	Aceitável	52,992	Boa	71,813	Boa	78,027	Boa
P2-MAD1	Rio Madeira	56,939	Boa	49,000	Aceitável	65,681	Boa	74,147	Boa	76,592	Boa
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	70,386	Boa	62,924	Boa	63,114	Boa	74,362	Boa	67,161	Boa
P4-ARA	Igarapé Araras	59,758	Boa	56,413	Boa	56,671	Boa	74,441	Boa	65,889	Boa
P5-ABU	Rio Abunã	49,142	Aceitável	60,901	Boa	56,079	Boa	74,674	Boa	54,263	Boa
P6-MAD2	Rio Madeira	57,174	Boa	53,248	Boa	48,046	Aceitável	71,082	Boa	68,457	Boa
P7-SIZ	Igarapé Simãozinho	43,356	Aceitável	53,067	Boa	45,774	Aceitável	62,450	Boa	48,052	Aceitável
P8-SIM	Igarapé São Simão	65,116	Boa	63,024	Boa	62,361	Boa	62,226	Boa	65,021	Boa
P9-MAD3	Rio Madeira	55,881	Boa	42,578	Aceitável	45,939	Aceitável	69,341	Boa	70,823	Boa
P10-CAS	Igarapé Castanho	58,786	Boa	51,530	Aceitável	56,837	Boa	50,677	Aceitável	59,957	Boa
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná	52,593	Boa	57,051	Boa	61,413	Boa	65,791	Boa	67,316	Boa
P12-COT	Rio Cotia	67,631	Boa	61,061	Boa	63,167	Boa	67,866	Boa	60,807	Boa
P13-MUT 1	Área alagada do Mutum	62,779	Boa	51,781	Aceitável	51,257	Aceitável	73,568	Boa	67,810	Boa
P14-MAD4	Rio Madeira	57,081	Boa	46,464	Aceitável	44,561	Aceitável	66,193	Boa	62,701	Boa
P15-LOU	Igarapé São Lourenço	61,576	Boa	55,152	Boa	55,012	Boa	69,639	Boa	67,330	Boa
P16-CAI	Igarapé Caiçara	60,551	Boa	49,026	Aceitável	54,388	Boa	54,854	Boa	45,300	Aceitável
P17-JIR	Igarapé Jirau	62,411	Boa	40,512	Aceitável	51,194	Aceitável	61,150	Boa	66,392	Boa
P18-MAD5	Rio Madeira	56,627	Boa	48,751	Aceitável	51,128	Aceitável	78,795	Boa	70,826	Boa
P19-MAD6	Rio Madeira	66,685	Boa	50,233	Aceitável	56,434	Boa	72,612	Boa	65,211	Boa
P20-MTP 2	Foz Mutum	64,716	Boa	61,800	Boa	63,311	Boa	72,921	Boa	71,237	Boa



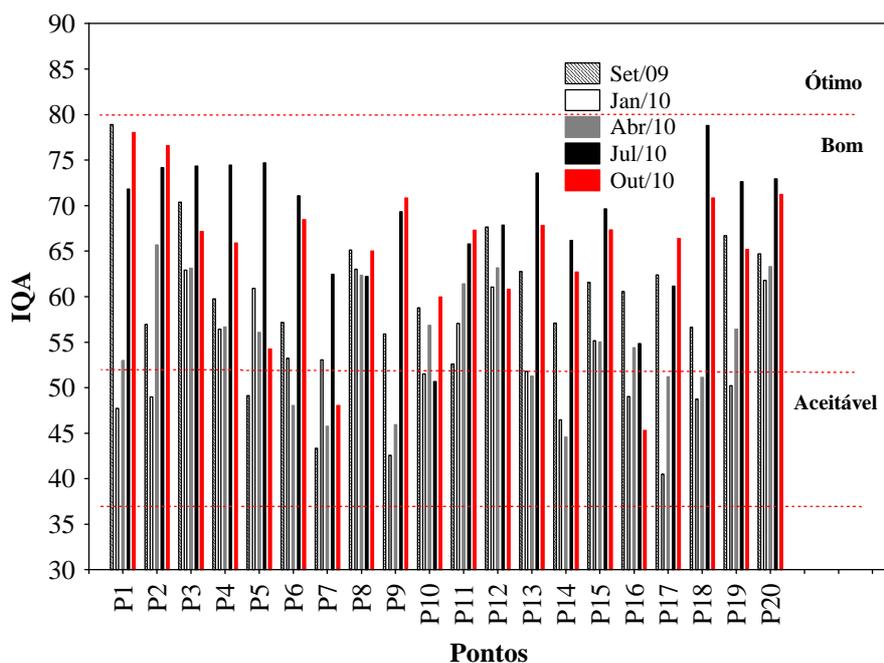


Figura 25. Valores de IQA registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

De acordo com o Índice do Estado Trófico (IET), em outubro de 2010, a maior parte dos pontos monitorados apresentou águas classificadas como mesotróficas (Tabela 5 e Figura 26). Nesse mês, o maior valor de IET (65,2) foi obtido no ponto P9 (localizado no rio Madeira) tendo em vista as elevadas concentrações de fósforo total (0,081 mg/L) e clorofila-*a* (15,17 µg/L) registradas nesse ponto. De maneira geral, os maiores valores de IET foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 63,3), principalmente nos pontos P9, P14 e P19.

Tabela 5. Índice do Estado Trófico (IET) por ponto de coleta, em setembro de 2009, janeiro, abril e julho de 2010. Ultraoligot=Ultraoligotrófico; Oligot=Oligotrófico; Mesot=Mesotrófico; Eut=Eutrófico; Supereut=Supereutrófico e Hipereut=Hipereutrófico.

Estações	Descrição	Set/2009		Jan/2010		Abr/2010		Jul/2010		Out/2010	
		IET	Classificação								
P1-MAM	Rio Mamoré	53,923	Mesot	39,331	Ultraoligot	51,812	Oligot	61,432	Eut	58,090	Mesot
P2-MAD1	Rio Madeira	61,082	Eut	40,280	Ultraoligot	58,420	Mesot	63,122	Supereut	64,319	Supereut
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	51,936	Oligot	56,332	Mesot	58,220	Mesot	49,386	Oligot	54,329	Mesot
P4-ARA	Igarapé Araras	48,273	Oligot	30,192	Ultraoligot	52,088	Oligot	46,923	Ultraoligot	53,261	Mesot
P5-ABU	Rio Abunã	53,989	Mesot	33,289	Ultraoligot	54,146	Mesot	58,731	Mesot	64,217	Supereut
P6-MAD2	Rio Madeira	46,176	Ultraoligot	39,547	Ultraoligot	63,378	Eut	59,127	Eut	63,623	Supereut
P7-SIZ	Igarapé Simãozinho	58,545	Mesot	54,045	Mesot	22,088	Ultraoligot	55,689	Mesot	61,457	Eut
P8-SIM	Igarapé São Simão	51,620	Oligot	51,880	Oligot	41,759	Ultraoligot	56,481	Mesot	57,594	Mesot
P9-MAD3	Rio Madeira	47,896	Oligot	39,962	Ultraoligot	60,232	Eut	61,777	Eut	65,201	Supereut
P10-CAS	Igarapé Castanho	40,515	Ultraoligot	51,986	Oligot	22,088	Ultraoligot	69,508	Hipereut	58,850	Mesot
P11-MTP1	Rio Mutum-Paraná	39,086	Ultraoligot	30,708	Ultraoligot	48,212	Oligot	52,322	Mesot	56,709	Mesot

P12-COT	Rio Cotia	33,854	Ultraoligot	54,988	Mesot	39,401	Ultraoligot	46,088	Ultraoligot	51,275	Oligot
P13-MUT1	Área alagada do Mutum	47,545	Oligot	60,149	Eut	22,088	Ultraoligot	58,946	Mesot	62,170	Eut
P14-MAD4	Rio Madeira	61,081	Eut	71,383	Hipereut	37,987	Ultraoligot	35,686	Ultraoligot	64,412	Supereut
P15-LOU	Igarapé São Lourenço	41,568	Ultraoligot	29,379	Ultraoligot	52,367	Mesot	54,726	Mesot	59,635	Eut
P16-CAI	Igarapé Caiçara	41,821	Ultraoligot	30,061	Ultraoligot	48,122	Oligot	36,943	Ultraoligot	60,109	Eut
P17-JIR	Igarapé Jirau	57,041	Mesot	51,941	Oligot	54,468	Mesot	34,073	Ultraoligot	55,344	Mesot
P18-MAD5	Rio Madeira	58,029	Mesot	40,077	Ultraoligot	63,810	Eut	60,005	Eut	63,327	Supereut
P19-MAD6	Rio Madeira	45,048	Ultraoligot	66,334	Supereut	37,330	Ultraoligot	69,441	Hipereut	64,518	Supereut
P20-MTP2	Foz Mutum	51,514	Oligot	58,073	Mesot	22,088	Ultraoligot	48,053	Oligot	57,086	Mesot

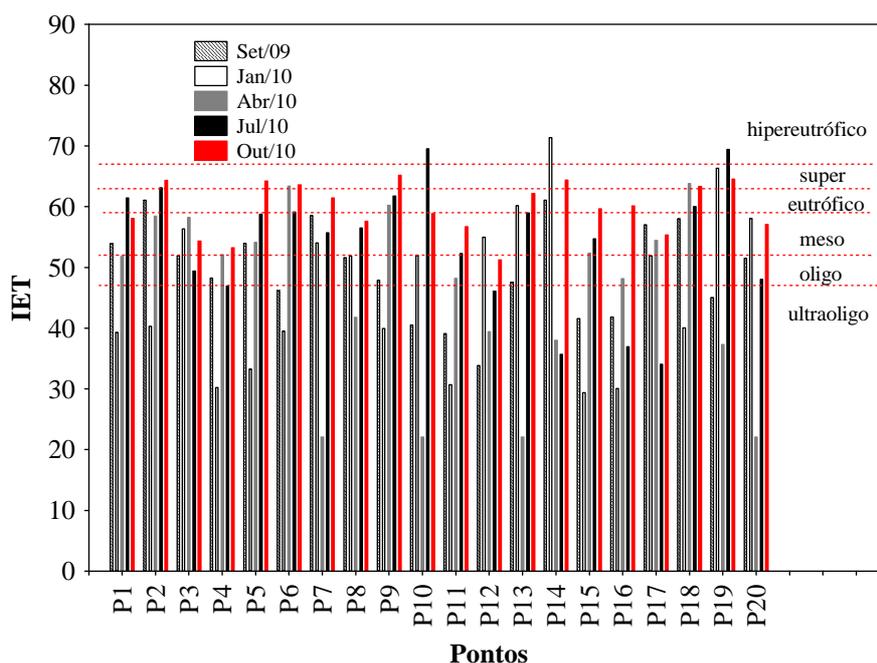


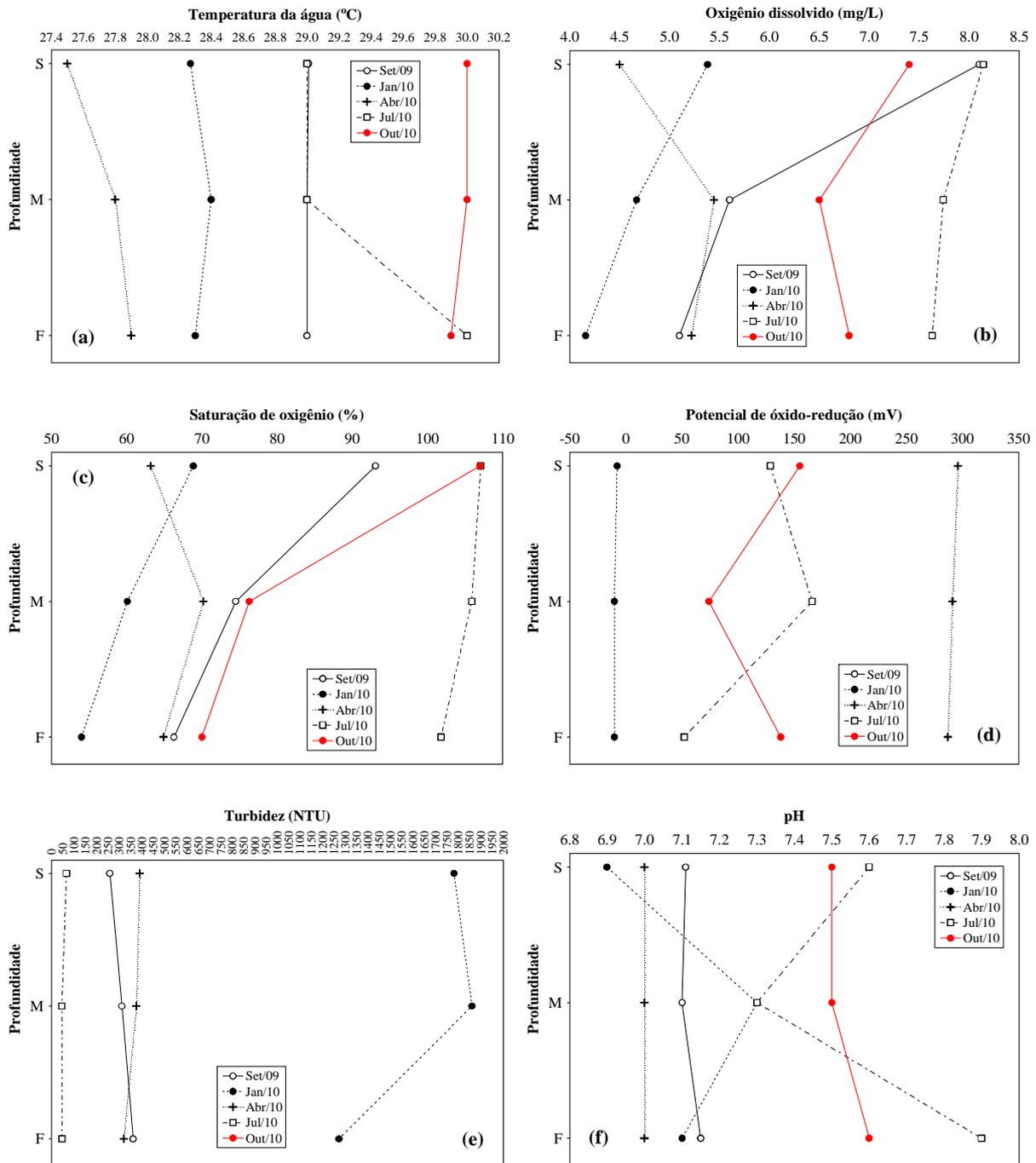
Figura 26. Valores de IET registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

4.4. Perfil Vertical do Ponto P18 (MAD 5), Localizado no Rio Madeira

Variáveis Abióticas

De maneira geral, a análise do perfil vertical do ponto localizado no rio Madeira (ponto P18), em outubro de 2010, indicou apenas pequenas diferenças entre as 03 (três) profundidades analisadas (**Figura 27**), assim como observado nos meses anteriores. É importante verificar que as concentrações de oxigênio dissolvido foram elevadas ao longo de toda a coluna da água. A baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos que tende a homogeneizar a coluna d'água.

Destaca-se ainda que as diferenças entre os meses monitorados (setembro de 2009, janeiro de 2010, abril, julho e outubro) e entre os pontos foram muito maiores que as diferenças entre as profundidades de coleta (superfície, meio e fundo do ponto P18).



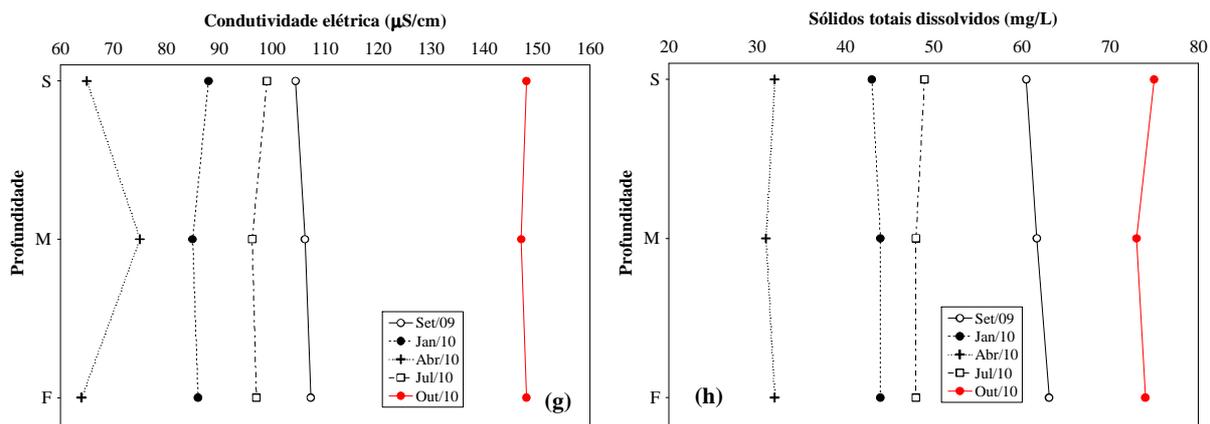


Figura 27. Perfil vertical em três profundidades (superfície, meio e fundo) do ponto P18, localizado no rio Madeira, realizado em setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010.

Fitoplâncton

A análise da distribuição vertical das espécies fitoplanctônicas para o rio Madeira (ponto P18) evidenciaram uma distribuição relativamente homogênea na coluna d'água durante o período de estudo (**Figuras 28a, 29a, 30a**). Em outubro de 2010, foram registrados valores superiores de biovolume na profundidade intermediária da coluna d'água, com maior representatividade de bacilariofíceas.

As interações entre o regime de mistura vertical e a disponibilidade de luz e nutrientes têm importantes conseqüências sobre a distribuição da comunidade fitoplanctônica na coluna d'água (KIMMEL *et al.*, 1990). Neste sentido, o curto tempo de retenção da água no rio Madeira, o qual ocasiona perda de biomassa fitoplanctônica pelo fluxo da água e choque mecânico, bem como a elevada turbidez dificultam a segregação dos indivíduos fitoplanctônicos na coluna d'água.

As condições ambientais registradas favoreceram as bacilariofíceas, as quais apresentaram maior contribuição aos valores de riqueza, densidade e biomassa, e dominaram a comunidade em outubro de 2010 (**Figuras 29b, 30b**). Chlorophyceae foi o segundo grupo com maior representatividade neste trecho do rio Madeira (**Figura 29c, 30c**).

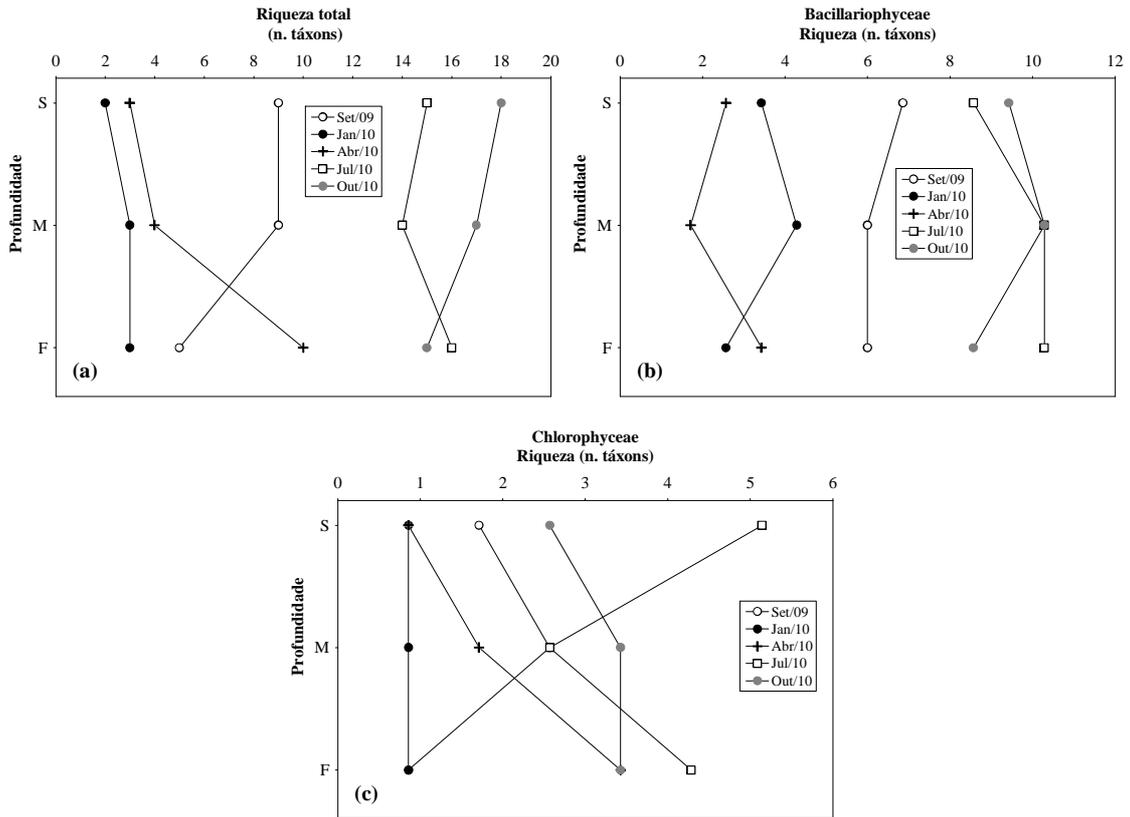


Figura 28. Variação vertical da riqueza fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos, no ponto P18, em outubro de 2010.

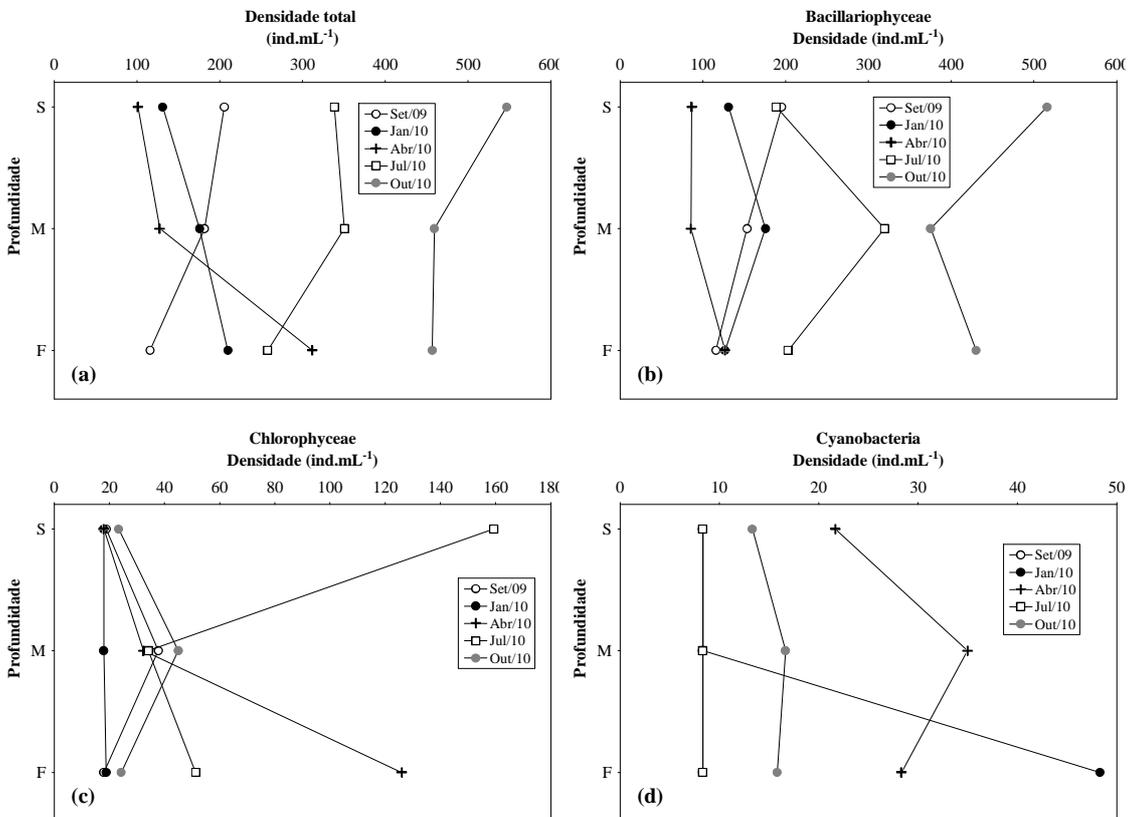


Figura 29. Variação vertical da densidade fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos, no ponto P18, em outubro de 2010.

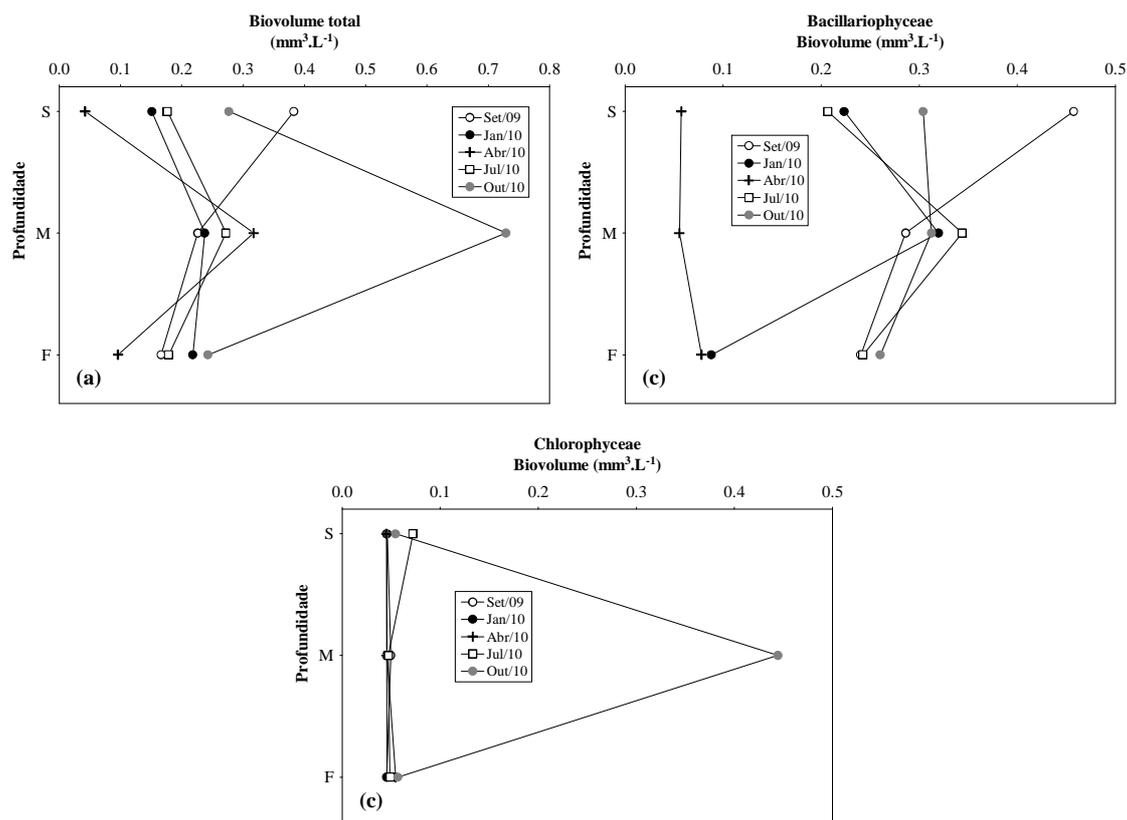


Figura 30. Variação vertical da biomassa fitoplânctônica total e dos principais grupos taxonômicos, no ponto P18, em outubro de 2010.

Zooplâncton

A análise da distribuição vertical do zooplâncton para o rio Madeira (ponto P18) evidenciou que, em outubro de 2010, os resultados de riqueza de espécies foram pouco variáveis, com uma tendência de um maior valor deste atributo no fundo da coluna'água (**Figura 31**). Padrão inverso foi observado para a densidade que evidenciou valores bem variáveis neste último período de amostragem, com maiores valores registrados à superfície, contrastando com uma maior homogeneidade observada nos primeiros períodos de amostragem, e as maiores densidades registradas no meio da coluna de água, em julho de 2010 (**Figura 31**). Para a biomassa observou-se, em geral, o mesmo padrão descrito para a densidade, ressaltando-se os valores muito mais elevados, quando comparados a períodos anteriores de amostragem, observados em outubro último, especialmente à superfície (**Figura 31**).

Para a equitabilidade e índice de diversidade, observou-se em outubro de 2010, um padrão semelhante ao observado para a riqueza, ou seja, baixa variação entre as distintas profundidades (**Figura 31**). Observou-se neste mês, valores relativamente

elevados destes atributos, quando comparados a períodos anteriores, especialmente nas camadas intermediária e profunda da coluna de água (**Figura 31**).

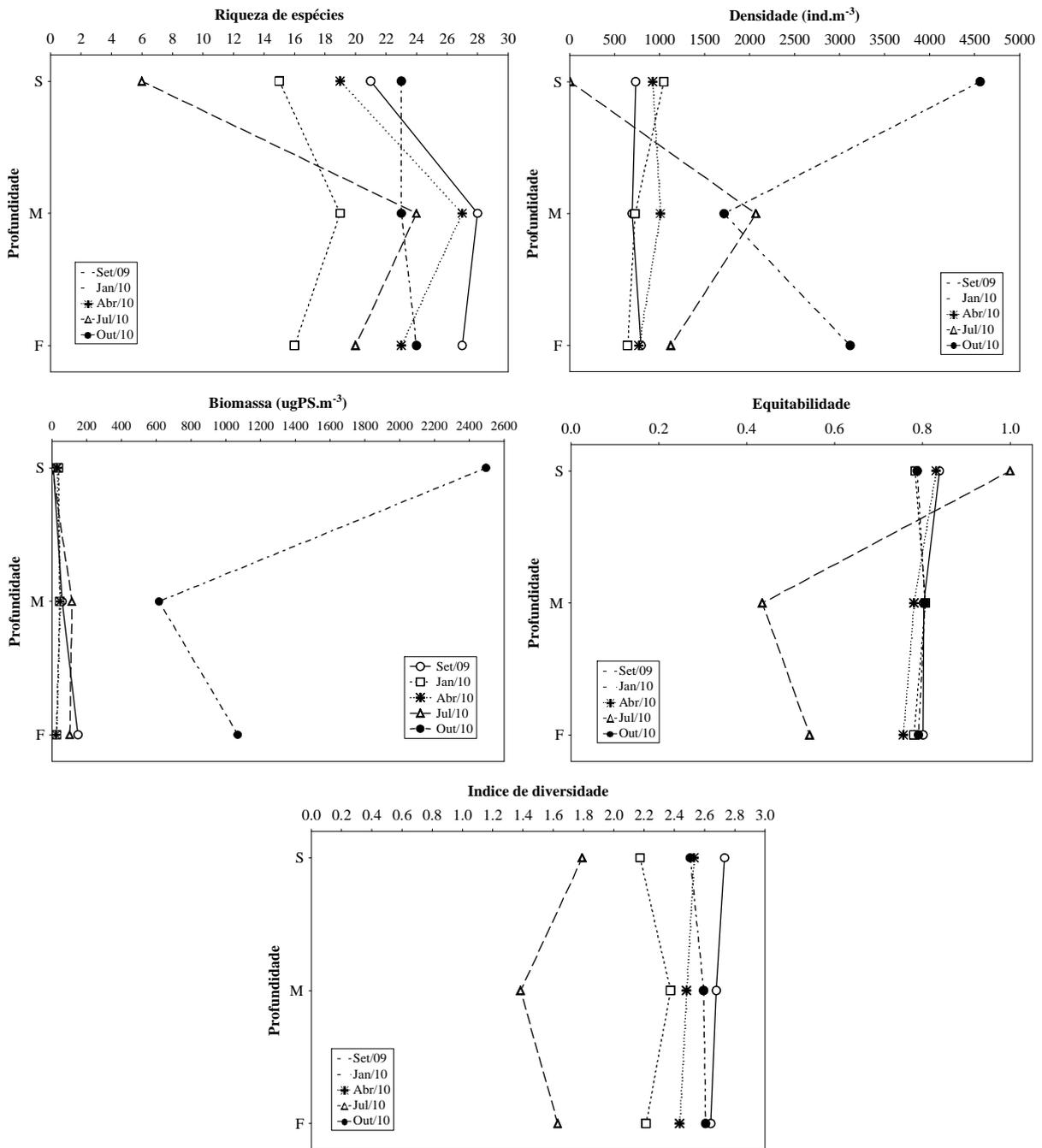


Figura 31. Distribuição vertical dos diferentes atributos da comunidade zooplânctônica em um ponto do rio Madeira (ponto P18), ao longo do monitoramento da área de influência do AHE Jirau.

4.5. Comunidades Biológicas

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água não é suficiente para realizar avaliações de impactos, pois, muitas vezes, estas ocorrem em um período de tempo tão curto, que não são detectadas. Por outro lado, o compartimento biótico oferece um registro confiável das pressões naturais ou não, impostas ao sistema, constituindo numa somatória temporal das condições ambientais (BRANDINARTE *et al.*, 1999).

O termo plâncton é utilizado para caracterizar um grupo de organismos que têm a coluna d'água como hábitat preferencial. Apesar de apresentar movimentos próprios, a capacidade natatória desse grupo é limitada e os espécimes tendem a ser transportados passivamente pelos fluxos de água.

A presença de organismos fitoplanctônicos em rios é influenciada pelas variações de temperatura, pH, concentração de nutrientes, condições hidrodinâmicas, além da ação de predadores (REYNOLDS, 1988). Uma importante característica destes organismos é a rápida resposta que apresentam às alterações ambientais, em função do curto ciclo de vida, o que os tornam eficientes indicadores da qualidade da água (REYNOLDS, 1995; 1997).

O zooplâncton, em ambientes aquáticos continentais (como lagos, rios e reservatórios) é representado essencialmente por 04 (quatro) grupos taxonômicos: protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes. A comunidade zooplanctônica representa um importante componente dos sistemas aquáticos, contribuindo na transferência de matéria e energia nas cadeias alimentares aquáticas, desde os produtores (fitoplâncton) até consumidores de níveis tróficos superiores, como larvas de inseto (invertebrados) e peixes (vertebrados). Alterações na estrutura e dinâmica desta comunidade são, portanto, um fenômeno relevante, não apenas para o próprio zooplâncton, mas também para o metabolismo de todo o ecossistema (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Ao contrário do fitoplâncton, organismos tipicamente zooplanctônicos não conseguem desenvolver grandes populações em ambientes lóticos, tendo em vista que sua taxa reprodutiva é freqüentemente menor que sua deriva rio abaixo. Desta forma, a comunidade zooplanctônica em rios é principalmente representada por organismos de outros compartimentos como o bentônico e litorâneo, conhecidos na literatura como “riverine zooplankton” ou potamoplâncton. Metazoários tipicamente planctônicos

requerem, portanto, de remansos ou ambientes lênticos adjacentes para o crescimento populacional. Diversos estudos têm evidenciado a grande relevância de processos hidrodinâmicos na determinação da distribuição temporal e espacial da composição, riqueza de espécies e abundância das comunidades zooplancônicas em rios (BASU e PICK, 1996; THORP e CASPER, 2003). De acordo com Kobayashi *et al.* (1998), o regime de fluxo é, provavelmente, um dos fatores mais importantes para a abundância do zooplâncton de rios.

Além disso, as espécies zooplancônicas respondem rapidamente a alterações nas condições ambientais das massas de água (como, por exemplo, temperatura, concentrações de oxigênio e nutrientes), podendo, portanto, indicar as condições físicas e químicas das massas de água, além de responderem às variações hidrológicas sazonais. A diversidade e a composição do zooplâncton podem indicar não apenas condições naturais do sistema, mas também sua deterioração. Alterações na composição, na riqueza de espécies e na abundância do zooplâncton estão freqüentemente relacionadas a diferentes tipos de impactos como eutrofização, acidificação e alterações hidrológicas.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é formada por organismos que habitam os substratos de fundo de ecossistemas aquáticos (sedimentos, rochas, pedaços de madeira, macrófitas aquáticas, algas filamentosas, dentre outros), pelo menos em parte de seu ciclo de vida (ESTEVEZ, 1998). Nos ecossistemas aquáticos continentais vários grupos de organismos fazem parte desta comunidade, como por exemplo: Protozoa, Porifera, Nematoda, Nemertea, Oligochaeta, Arthropoda (Insecta, Crustacea e Acarina).

4.5.1. Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica amostrada em outubro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou alta complexidade taxonômica (**Tabela 6**). Neste mês foram registrados 179 táxons fitoplanctônicos, os quais estiveram distribuídos entre 10 (dez) grupos taxonômicos. Verificou-se um aumento do número de táxons em relação ao registrado em abril (116 táxons) e julho de 2010 (131 táxons). Seguindo os resultados obtidos nos meses anteriores de estudo, os grupos mais especiosos em outubro de 2010, foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae ou diatomáceas, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae (**Tabela 6**).

Tabela 6. Ocorrência dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
BACILLARIOPHYCEAE																					
<i>Achnanthes</i> sp.				X											X						
<i>Achnantidium</i> sp.			X					X													
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow				X			X					X									
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.	X	X											X								
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>angustissima</i>									X	X											
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.	X	X																X			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	X	X							X					X				X	X		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	X	X			X	X	X		X					X			X	X	X		
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.					X			X											X		
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee	X	X			X	X			X		X				X			X		X	
<i>Discostella</i> sp.			X																		
<i>Cocconeis</i> sp.		X																	X		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz																			X		
<i>Cyclotella</i> sp.	X	X				X								X				X	X		
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow				X					X				X								
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.		X													X						
<i>Cymbella</i> sp.					X			X													
<i>Eunotia didyma</i> Hustedt ex Zimmerman										X		X									
<i>Eunotia</i> sp.																				X	
<i>Fragilaria capuccina</i> Desm.	X	X				X													X		
<i>Fragilaria</i> sp.	X	X				X			X			X		X	X			X	X	X	
<i>Gyrosigma</i> sp.				X			X			X				X	X				X		
<i>Gyrosigma</i> sp1	X	X				X			X										X		
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.												X	X								
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.		X										X			X						

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenb.																				X	
<i>Hydrosera</i> sp.					X																
<i>Melosira varians</i> Agard.														X				X	X		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.															X						
<i>Navicula schroeterii</i> Meist.	X			X	X		X	X		X	X					X				X	
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.		X				X						X			X				X	X	
<i>Navicula</i> sp.		X							X									X	X	X	
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	X	X	X		X	X		X	X		X		X		X		X	X	X	X	
<i>Nitzschia</i> sp.						X	X		X					X				X		X	
<i>Orthoseira</i> sp.						X			X									X			
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve				X						X					X					X	
<i>Pinnularia</i> sp.			X	X				X		X	X	X			X		X			X	
<i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Smith												X								X	
<i>Surirella</i> sp.	X	X	X	X				X	X	X	X	X					X	X		X	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.	X	X					X		X					X				X	X	X	
<i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw.					X																
<i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e Craw.					X								X								
Pennales não identificada 1							X				X		X								
Pennales não identificada 2					X																
CYANOBACTERIA																					
<i>Anabaena ambigua</i> Rao										X									X		
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al.																			X		
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Kleb.) Wacklin et al.													X								
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin et al.	X								X									X			
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.																		X			
<i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek		X																			
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström					X				X												

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	x	x							x												
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmerm.) Cronb. e Komárek	x																				
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.	x																				
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmerm.		x		x				x													
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres e Komárek													x								
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i> Azevedo et San'Anna														x							
<i>Cyanoduction cf. imperfectum</i> Cronb. e Weib.	x	x																			
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Waw.) Hind.															x						
<i>Geitlerinema</i> sp.		x		x		x							x		x			x	x		
<i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. e Komarek																				x	
<i>Komvophoron</i> sp.		x								x				x				x	x	x	
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.		x																			
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	x	x			x	x	x		x									x			
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek e Komárek	x	x							x												
<i>Oscillatoria princeps</i> Vauche ex Gomont								x													
<i>Oscillatoria</i> sp.		x		x				x	x	x				x							
<i>Planktolyngbya</i> sp.		x																		x	
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek				x	x				x					x				x			
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek										x											
<i>Pseudoanabaena</i> sp.									x												
<i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák	x	x													x						
<i>Phormidium</i> sp.																				x	
CHLOROPHYCEAE																					
<i>Actinastrum aciculare</i> Playf.		x								x										x	
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.															x						
<i>Ankyra ancora</i> (G.W. Smith) Fott										x											
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott		x								x				x					x	x	

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
<i>Chlamydomonas</i> sp.					X		X	X								X				X
<i>Coenocloris hindakii</i> Komárek															X					
<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmerm.) Lemmerm.													X							
<i>Closteriopsis</i> sp.													X							
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schm.	X				X								X					X	X	
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.													X							
<i>Crucigeniella pulchra</i> (West. Et G. S. West.) Komárek		X																		
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	X		X		X						X	X							X	X
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Komárek		X																		X
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew	X		X		X				X		X									
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew.			X																	
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.	X												X						X	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) S. S. Na, T. Friedl, E. Hegew.					X															
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. E. Hegew.		X	X									X						X		X
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) E. Hegew.	X	X	X		X						X							X	X	
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritch) E. Hegew.		X							X										X	
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli		X						X											X	X
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.			X					X			X									
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood			X									X								X
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz	X	X				X					X			X						
<i>Eudorina elegans</i> C. G. Ehrenb.	X				X				X		X									
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek	X				X								X						X	
<i>Fusola</i> sp.					X															
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Möb.			X								X		X							
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	X		X		X						X									X

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk. - Legn.	x	x	x		x						x									x	
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk. - Legn.																				x	
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Legn.	x	x									x										
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárk.-Legn.	x		x	x							x			x	x					x	
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard		x	x		x		x		x					x						x	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárk. - Legn.					x								x								
<i>Monoraphidium</i> sp.											x										
<i>Nephrocytium lunatum</i> W. West					x																
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat					x						x		x							x	
<i>Pandorina morum</i> (F. Muller) Bory	x																				
<i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>	x	x							x											x	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	x	x							x					x			x	x	x		
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Ralfs											x										
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat	x				x	x												x			
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.											x				x					x	
<i>Scenedesmus linearis</i> Komárek																		x			
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat	x		x		x						x		x						x	x	
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat	x				x				x												
<i>Selenastrum gracile</i> Reins.											x									x	
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly					x								x								
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.		x											x					x		x	
<i>Treubaria triappendiculata</i> Bern.	x				x																
CHRYSOPHYCEAE																					
<i>Dinobryon sertularia</i> C. G. Ehrenb.									x				x							x	
<i>Mallomonas</i> sp.													x							x	
<i>Synura</i> sp.					x							x	x				x				
Chrysophyceae não identificada					x																

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
EUGLENOPHYCEAE																					
<i>Euglena</i> sp. metabolica	x	x					x	x					x		x			x	x		
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.			x	x				x													
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.		x					x	x							x			x			
<i>Euglena oxyuris</i> (Brons.) Schm.																		x			
<i>Monomorphina</i> sp.									x												
<i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Deflandre		x			x													x	x		
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenb.) Stein var. <i>steinii</i> Lemmerm.													x								
<i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes															x						
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.													x	x					x		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.	x		x									x			x					x	
CRYPTOPHYCEAE																					
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	x	x						x					x			x					
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.		x				x				x			x								
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.													x		x						
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	x		x		x	x		x				x	x	x	x	x		x		x	
<i>Cryptomonas</i> sp.		x		x		x	x				x	x	x		x	x		x	x	x	
ZYGNEMAPHYCEAE																					
<i>Actinotaenium cucurbita</i> (Bréb. ex Ralfs) Teil.										x									x	x	
<i>Actinotaenium perminutum</i> (G.S. West) Teil.					x								x								
<i>Actinotaenium</i> sp.								x													
<i>Closterium acutum</i> L. A. Bréb. ex Ralfs		x																x			
<i>Closterium setaceum</i> C. G. Ehrenb. ex Ralfs											x									x	
<i>Closterium</i> sp		x							x			x		x						x	
<i>Cosmarium comissurale</i> Bréb.	x												x								
<i>Cosmarium contractum</i> Kirch.	x												x								
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.			x		x			x		x			x							x	

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
<i>Cosmarium pyramidatum</i> Breb.												X								X
<i>Cosmarium regnesi</i> Reins.													X							
<i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.	X	X		X					X											
<i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle													X							
<i>Micrasterias truncata</i> L. A. Bréb.																				X
<i>Micrasteria radiosa</i> Agardh																				X
<i>Pleurotaenium</i> sp.												X								
<i>Spyrogira</i> sp.	X	X	X		X														X	X
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>														X						
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs				X	X						X									
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordsted.																		X		
<i>Staurastrum minesotense</i> Wolle		X			X															X
<i>Staurastrum margaritaceum</i> (Ehrenb.) Breb.		X							X											
<i>Staurastrum muticum</i> (Bréb.) e Ralfs					X						X									
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordsted.) West & G. S. West		X							X					X			X	X	X	
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve			X		X										X					
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordsted.			X					X												
<i>Staurastrum</i> sp.													X							
<i>Staurastrum</i> sp.1													X							
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>tetracerum</i>													X							
<i>Staurastrum volans</i> West. e G. S. West									X											
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil.					X								X							
<i>Xanthidium regulare</i> Nordssted.									X				X							
DINOPHYCEAE																				
<i>Peridinium</i> sp.					X															
<i>Peridinium</i> sp 1	X	X	X										X							

Tabela 6. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
OEDOGONIOPHYCEAE																					
<i>Oedogonium</i> sp.																					x
XANTHOPHYCEAE																					
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja																					x

Foram verificados altos valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas na maioria dos pontos monitorados em outubro de 2010, sendo superiores aos verificados nos meses de estudo anteriores (**Figuras 32 a, b, c, d, e, Tabela 6**). Os maiores valores de riqueza foram registrados nos pontos situados no rio Madeira e rio Mamoré, os quais variaram de 08 (ponto P14) a 46 (ponto P2), com média de 24 táxons por amostra. Nos tributários, foi registrada uma média de 17 táxons por amostra. Os menores valores de riqueza foram registrados no ponto P17, situado no Igarapé Jirau, ponto P16, situado no Igarapé Caiçara, ponto P7, situado no Igarapé Simãozinho, ponto P4, localizado no Igarapé Araras e ponto P10, localizado no Igarapé Castanho.

Conforme pode ser verificado na **Figura 32** e na **Tabela 6**, Bacillariophyceae foi o principal grupo, em termos de riqueza de espécies, na maioria dos pontos monitorados. Nos pontos P1 (rio Madeira) e P2 (rio Mamoré), além de Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanobacteria também apresentaram importante contribuição.

A maior contribuição de diatomáceas se deve aos requerimentos ecológicos das mesmas, as quais ocorrem em sistemas lóticos e turvos, uma vez que a turbulência promove a liberação desses táxons epipéllicos ou epifíticos, dos substratos onde ficam aderidos e também permite a permanência destes na camada eufótica da coluna d'água. Este grupo esteve representado tanto por gêneros meroplanctônicos pertencentes à Ordem Centrales (*Aulacoseira* e *Cyclotella*), quanto ticoplanctônicos, como *Cymbella*, *Navicula* e *Ulnaria* (**Tabela 6**).

As clorofíceas foram representadas principalmente pela Ordem Chlorococcales, as quais estão associadas a alta transparência da água, alta concentração de fósforo e mistura da coluna d'água (HAPPEY-WOOD, 1988, REYNOLDS *et al.*, 2002), o que justifica o fato de terem apresentado maior contribuição nos tributários.

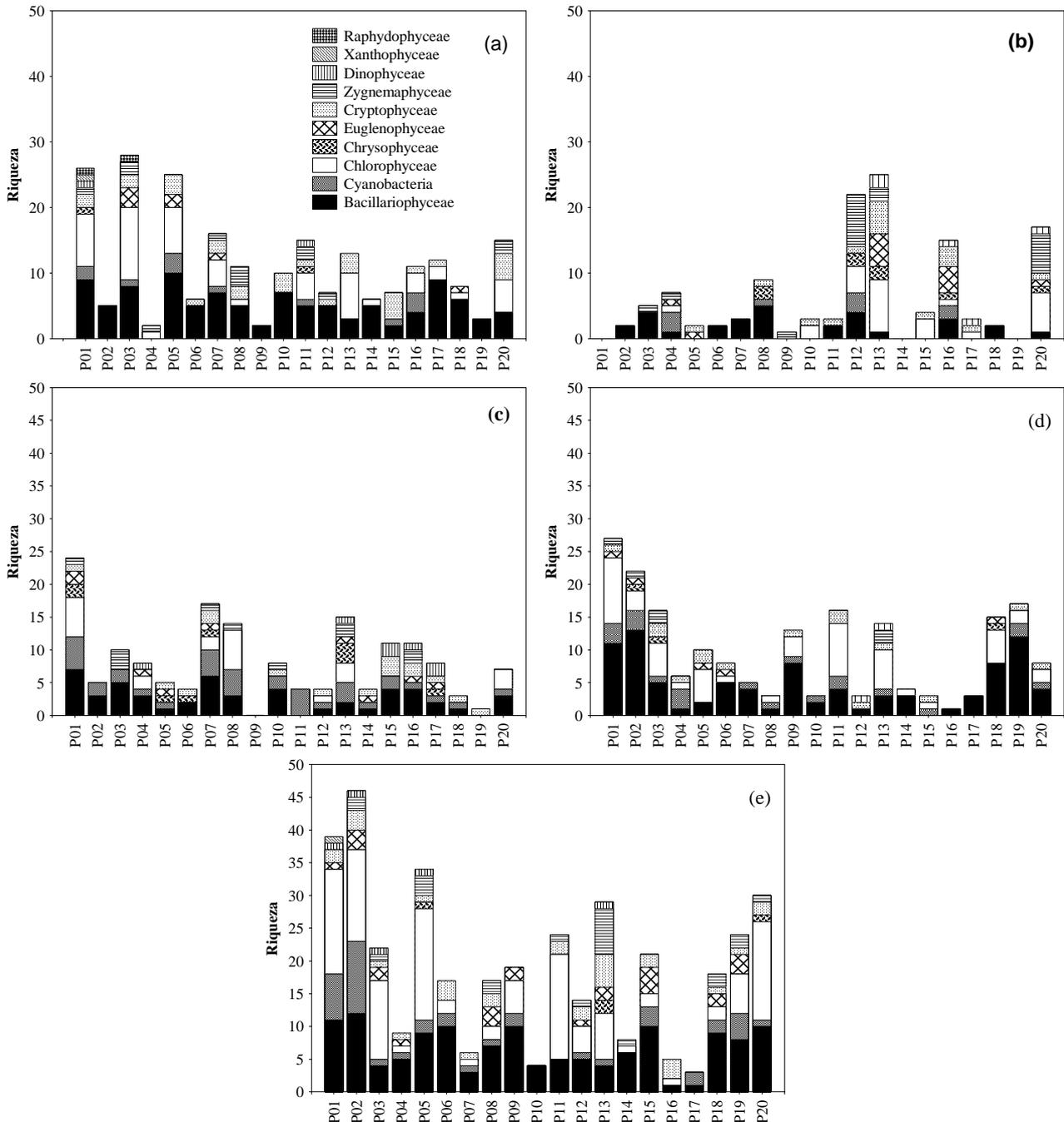


Figura 32. Variação temporal e espacial da riqueza fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, nos meses de (a) setembro de 2009; (b) janeiro de 2010; (c) abril de 2010; (d) julho de 2010 e (e) outubro de 2010.

Densidade e biomassa fitoplanctônica

Foram registrados elevados valores de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos localizados no rio Madeira, rio Mamoré e rio Abunã, em outubro de 2010 (**Figuras 33, 34, a, b, c, d, e**). Os resultados variaram entre 94 ind.mL^{-1} e $0,13 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ (no ponto P9) e 2305 ind.mL^{-1} e $1,01 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ (no ponto P1). Os valores médios para esses atributos foram iguais a 829 ind.mL^{-1} e $0,48 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$. Maiores valores no rio

Madeira, quando comparado aos tributários, também foram verificados em julho de 2010.

Os valores densidade e biomassa fitoplanctônica verificados para os tributários, foram inferiores a 400 ind.mL^{-1} e a $0,5 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ (**Figuras 33, 34, a, b, c, d, e**), com média de 147 ind.mL^{-1} e $0,11 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$. Os valores de densidade nestes pontos variaram de 10 ind.mL^{-1} (no ponto P10, situado no Igarapé Castanho) a 286 ind.mL^{-1} (no ponto P20, situado na foz do rio Mutum). Os valores de biomassa variaram de $0,008 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ (nos pontos P10 e P17, situados nos Igarapés Castanho e Jirau, respectivamente).

Como discutido em relatórios anteriores, baixos valores de densidade e biomassa são comuns em sistemas lóticos, considerando que a comunidade fitoplanctônica é fortemente limitada pela vazão e outras variáveis relacionadas à velocidade de fluxo da água, especialmente o transporte de sólidos suspensos e a atenuação da luz (REYNOLDS, 1995; SALMASO e ZIGNIN, 2010, RODRIGUES *et al.*, 2009; BORGES *et al.*, 2003; TRAIN e RODRIGUES, 2004), embora estes sistemas apresentem altas concentrações de nutrientes, e também baixas taxas de herbivoria pelo zooplâncton (REYNOLDS e DESCY, 1996). Esta limitação do desenvolvimento fitoplanctônico pode ser menos intensa em períodos de menor vazão e em regiões de menor fluxo ao longo dos rios como verificado nos rios Madeira e Mamoré, nos meses de seca.

Em outubro de 2010, os grupos com maiores valores de densidade e biomassa foram Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria e Cryptophyceae, como também verificado nos quatro meses anteriores de estudo (**Figuras 33, 34**).

As bacilariofíceas foram dominantes na maioria dos pontos (**Figura 33a, 34a**) e foram representadas principalmente por espécies meroplanctônicas, como espécies de *Cyclotella* e *Aulacoseira*, cujos ciclos de vida estão estreitamente relacionados com o regime de mistura da coluna d'água, e que, por estarem adaptadas à mistura turbulenta constituem componentes comuns do plâncton de rios e lagos rasos (REYNOLDS *et al.*, 2002; PADISÁK *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2009). Entre os táxons ticoplanctônicos, enquadram-se, entre outros, os gêneros *Cymbella*, *Eunotia* e *Gomphonema*, os quais são tipicamente perifíticos. *Cyclotella meneghiniana* dominou as comunidades do rio Madeira. Esta espécie pode formar florações em ambientes lênticos com elevadas temperaturas.

Florações de diatomáceas são consideradas um benefício ecológico pelo alto valor energético que estas algas fornecem à cadeia alimentar planctônica (MITROVIC

et al., 2010). No entanto, estas florações também podem representar um problema, especialmente em sistemas aquáticos usados para abastecimento e irrigação, pelo fato de aumentarem os custos para tratamento da água.

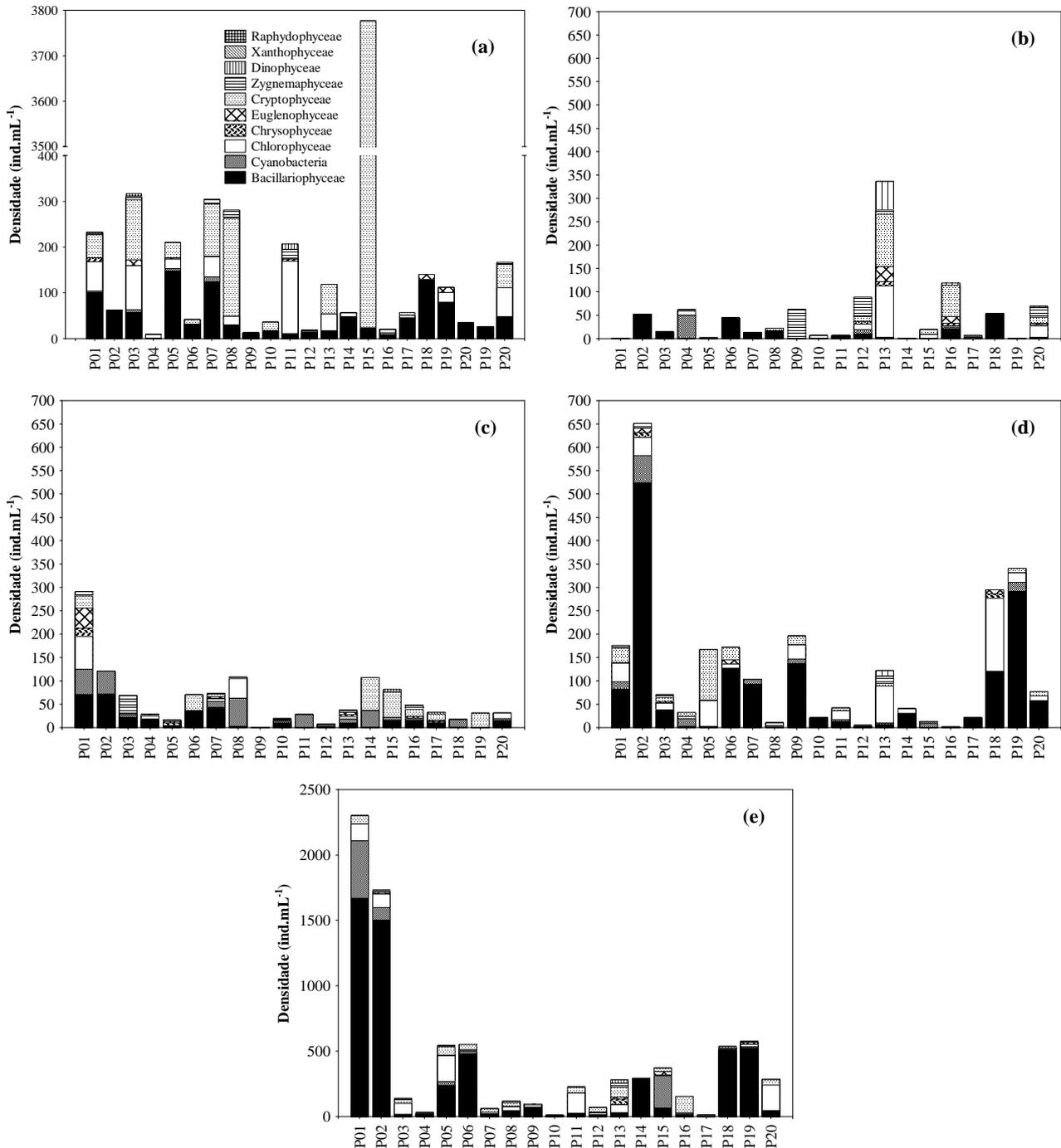
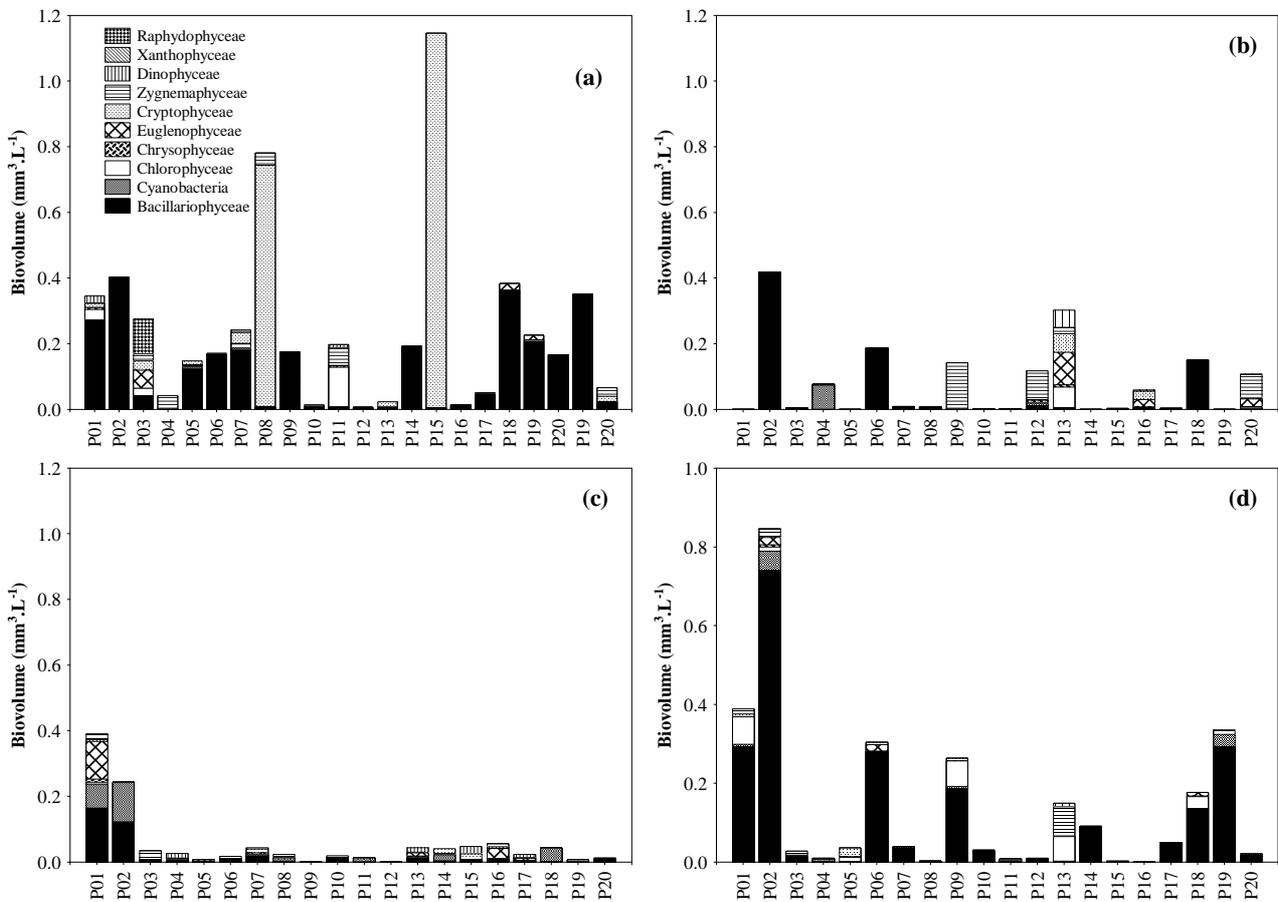


Figura 33. Variação espacial da densidade fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, nos meses de (a) setembro de 2009; (b) janeiro de 2010; (c) abril de 2010; (d) julho de 2010 e (e) outubro de 2010.

As clorófitas foram dominantes em densidade nos pontos P3, P5, P11 e P20, localizados nos tributários, e foram representadas especialmente por Chlorococcales coloniais e unicelulares. A maior contribuição destas algas nos tributários pode ser explicada pela maior transparência da água nesses ambientes. As criptófitas, representadas principalmente por *Cryptomonas* spp., embora com baixa contribuição a densidade e biomassa, ocorreram na maioria das amostras, o que ressalta suas características oportunistas, como já estabelecido por KLAVENESS (1988) e REYNOLDS *et al.* (2002).



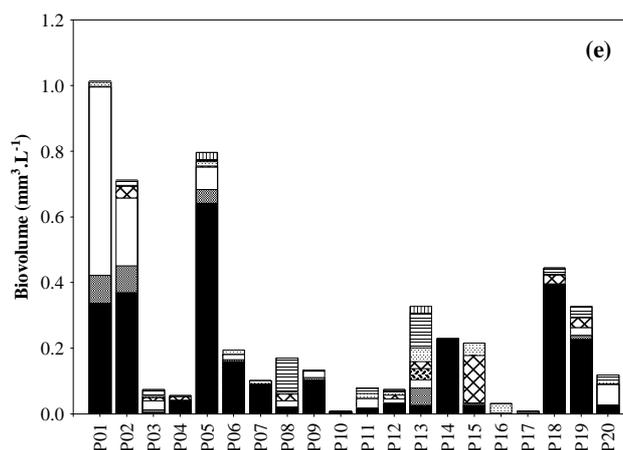


Figura 34. Variação espacial da densidade e biomassa fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, nos meses de (a) setembro de 2009; (b) janeiro de 2010; (c) abril de 2010; (d) julho de 2010 e (e) outubro de 2010.

Foram registradas cianobactérias em 100% das amostras qualitativas e em 82% das amostras quantitativas, em outubro de 2010 (**Tabelas 7 e 8**). A maior contribuição destas algas foi observada nos pontos P1 (rio Mamoré), P2 (rio Madeira) e P15 (Igarapé São Lourenço). É importante destacar a ocorrência de táxons tipicamente planctônicos, dentre estes alguns potencialmente toxigênicos e característicos de ambientes eutróficos, como *Dolichospermum* spp. (*Anabaena* spp.), *Aphanocapsa*, *Planktothrix*, *Microcystis* e *Aphanizomenon*.

O número de células de cianobactérias foi baixo, sendo inferior a 600 células.mL⁻¹ na maioria das amostras. Os maiores valores ocorreram nos pontos P1, P2 e P15, os quais foram muito superiores aos verificados em julho de 2010 (**Figura 34, Tabela 8**). Os valores de biomassa deste grupo foram baixos, inferiores a 5 mm³.L⁻¹ em todas as amostras e permitiram classificar as águas dos pontos monitorados na classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água fixados pela Resolução CONAMA n^o 357/2005.

Como ressaltado em relatórios anteriores, as cianobactérias ocorrem em uma ampla gama de condições ambientais e podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna d'água, altas temperaturas e altas concentrações de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (CODD *et al.*, 2005; BORGES *et al.*, 2008; 2010). Esta condições, é importante destacar, têm sido registradas após a formação de reservatórios em rios do mundo todo.

Tabela 7. Densidade (ind.mL⁻¹) dos táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
BACILLARIOPHYCEAE																						
<i>Achnanthes</i> sp.				6											9							
<i>Achnantidium</i> sp.			3					3														
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow				3			10					3										
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.	3																					
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.	20	12																	10			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	12	29							12					10				20	48	17	11	
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	3	14			131	10			12					29				12	10	9	20	
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.					26																	
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee	9	12			26	19			3	3					3			3	10			17
<i>Discostella</i> sp.			3																			
<i>Cocconeis</i> sp.		3																	1			
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	1605	1370				334							204					431	153	332	440	
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow				1																		
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.															3							
<i>Cymbella</i> sp.					3			1														
<i>Eunotia didyma</i> Hustedt ex Zimmerman										3		3										
<i>Eunotia</i> sp.																						3
<i>Fragilaria capuccina</i> Desm.	1					1															3	
<i>Fragilaria</i> sp.	1	6				10			9					29	3			20	29	17	26	3
<i>Gyrosigma</i> sp.														10	3						11	
<i>Gyrosigma</i> sp1	6	14				38			6									6	1	9		
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.												1	3								3	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.		3										3			6							
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenb.																						3

Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20	
<i>Melosira varians</i> Agard.																						10	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.															26								
<i>Navicula schroeterii</i> Meist.	6				3		1	3		3						19							3
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.		9				10									3								3
<i>Navicula</i> sp.		1							3									3					3
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	3	29	6		6	29		23	12		11		6		6					57	9	11	3
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow																							
<i>Nitzschia</i> sp.						19	10		6					10				6			6		3
<i>Nitzschia</i> sp1																							
<i>Orthoseira</i> sp.						10			3											10			
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve				3						1					3								3
<i>Pinnularia</i> sp.			3	3				3		3	3	3					1						
<i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Smith																							1
<i>Surirella</i> sp.								3			3												
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.									3														
<i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw.					29																		
<i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e Craw.					9								12										
Pennales não identificada 1								3		3			6										
Pennales não identificada 2					6																		
CYANOBACTERIA																							
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al.																							3
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Kleb.) Wacklin et al.													3										
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin et al.	6								3														6
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.																							3
<i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek		3																					
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström					26																		



Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	17	3																				
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmerm.) Cronb. e Komárek	9																					
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.	9																					
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmerm.		3		3																		
<i>Cyanodactyon</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronb. e Weib.	12	3																				
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Waw.) Hind.															6							
<i>Geitlerinema</i> sp.		3				10					3				3		3				3	
<i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. e Komárek																					1	
<i>Komvophoron</i> sp.		9															10		10		3	3
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.		6																				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	383	46			3	10	1		1									3				
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek e Komárek		3																				
<i>Planktolyngbya</i> sp.		3															1					
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek			3																			
<i>Pseudoanabaena</i> sp.								6														
<i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák	3	14													239							
CHLOROPHYCEAE																						
<i>Actinastrum aciculare</i> Playf.		9							3												3	
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.											3											
<i>Ankyra ancora</i> (G.W. Smith) Fott									3													
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott		3							3				3							1		3
<i>Chlamydomonas</i> sp.					3		10	9								10						6
<i>Coenochloris hindakii</i> Komárek															3							
<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmerm.) Lemmerm.													3									
<i>Closteriopsis</i> sp.													6									



Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20	
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schm.	3																				3		
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.													26										
<i>Crucigeniella pulchra</i> (West. Et G. S. West.) Komárek		12																					
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West	3		9		9						20	3										3	
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Komárek		26																					6
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew	6		6		9				3		6												
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew.			3																				
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.	3																					3	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) S. S. Na, T. Friedl, E. Hegew.					15																		
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. E. Hegew.		6	6									3											3
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) E. Hegew.	6	6	1		15						6							3			3		
<i>Desmodesmus maximus</i> (W. et G. S. West) E. Hegew.																							
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritch) E. Hegew.																						3	
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli		3							3														
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.			3					20			6												
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood			3									3											20
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz	14	3				10					3												
<i>Eudorina elegans</i> C. G. Ehrenb.					9						1												
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek	3				1																		
<i>Fusola</i> sp.					6																		
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	3		9		9						11												9
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk. - Legn.	29	9	23		23						57												23
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk. - Legn.																							9



Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.-Legn.	9	6									3											
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárk.-Legn.	9		12	3							9			1								55
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard		12	6		52																	3
<i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárk. - Legn.					3								18									
<i>Monoraphidium</i> sp.											3											
<i>Nephrocytium lunatum</i> W. West					3																	
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat											3		3									9
<i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>		3																			3	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	12	3																	10			
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat	3				12	1												3	10			
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.											9				3							3
<i>Scenedesmus linearis</i> Komárek																				3		
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat	14		3		23						14		3								3	3
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat	6				3																	
<i>Selenastrum gracile</i> Reins.											3											
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.		3											3						10			40
<i>Treubaria triappendiculata</i> Bern.	6				3																	9
CHRYSOPHYCEAE																						
<i>Dinobryon sertularia</i> C. G. Ehrenb.																						26
<i>Mallomonas</i> sp.																						3
Chrysophyceae não identificada					3																	
EUGLENOPHYCEAE																						
<i>Euglena</i> sp. <i>metabolica</i>		6							1				12		3			3			3	0
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.			1	3					3													
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.		3							1						17							
<i>Euglena oxyuris</i> (Brons.) Schm.																			3			

Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20	
<i>Monomorphina</i> sp.									6														
<i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Deflandre		3																	10			9	
<i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes															3								
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.													3									3	
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.	1		3									6			3								
CRYPTOPHYCEAE																							
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	3	3						6					9			10							
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.		3				1				3		26											
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.												3			9								
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	58		23		64	10		23				11	3			96			29				14
<i>Cryptomonas</i> sp.		3		6		29	29			40	23	35			17	19			12	19	12	6	26
ZYGNEMAPHYCEAE																							
<i>Actinotaenium perminutum</i> (G.S. West) Teil.					3								3										
<i>Closterium acutum</i> L. A. Bréb. ex Ralfs		3																3					
<i>Closterium</i> sp											3			1									
<i>Cosmarium contractum</i> Kirch.													3										
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.			3		1			3		3			1										3
<i>Cosmarium regnesi</i> Reins.													12										
<i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.		3																					
<i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle													3										
<i>Spyrogira</i> sp.																						1	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>													6										
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs					3																		
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordsted.) West & G. S. West																		3		3	3		
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordsted.								6															
<i>Staurastrum</i> sp1													3										

Tabela 7. Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
DINOPHYCEAE																						
<i>Peridinium</i> sp.					3																	
<i>Peridinium</i> sp 1	3	3	6										26									
OEDOGONIOPHYCEAE																						
<i>Oedogonium</i> sp.																						3
XANTHOPHYCEAE																						
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja	3																					

Tabela 8. Densidade (células.mL⁻¹) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18 S	P18 M	P18 F	P19	P20
CYANOBACTERIA																						
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al.																						150
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Kleb.) Wacklin et al.													150									
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin et al.	300								150												6	
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.																					30	
<i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek		30																				
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström					520																	
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West	340	60																				
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmerm.) Cronb. e Komárek		270																				
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemmerm.		72																				
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmerm.		180		180																		
<i>Cyanoduction cf. imperfectum</i> Cronb. e Weib.	120	30																				
<i>Cyanogranis ferruginea</i> (Waw.) Hind.															60							
<i>Geitlerinema</i> sp.		30				100						30			30			30				30
<i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. e Komárek																						10
<i>Komvophoron</i> sp.		90															100		100		30	30
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.		60																				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	3064	368			24	80	8		8											24		
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek e Komárek		90																				
<i>Planktolyngbya</i> sp.		30																				10
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek			30																			
<i>Pseudoanabaena</i> sp.								6														
<i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák	30	140																				2390

Diversidade de espécies e equitabilidade

Os valores do índice de diversidade de Shannon obtidos para a comunidade fitoplanctônica em outubro de 2010 foram baixos na maioria dos pontos, sendo menores no rio Mamoré e nos pontos situados no rio Madeira, nos quais a diversidade média foi de 1,5 bits.ind.⁻¹ e o maior valor ocorreu no ponto P9, situado no rio Madeira. Os baixos valores de diversidade e equitabilidade registrados nestes pontos se devem a dominância de *Cyclotella meneghiniana*.

Similarmente aos resultados obtidos em abril, em outubro de 2010 também foram obtidos os maiores valores de diversidade nos pontos localizados nos tributários (Figura 35), nos quais a média foi de 2,1 bits.ind.⁻¹. Valores de diversidade acima de 2,5 bits.ind.⁻¹ foram registrados nos pontos P3, P5, P11, P13 e P20, situados

respectivamente no Igarapé Ribeirão, rio Abunã, rio Mutum-Paraná, área alagada do rio Mutum-Paraná e na Foz do rio Mutum. Consequentemente, devido a ausência de táxons dominantes os valores de equitabilidade foram altos na maioria dos pontos localizados nos tributários.

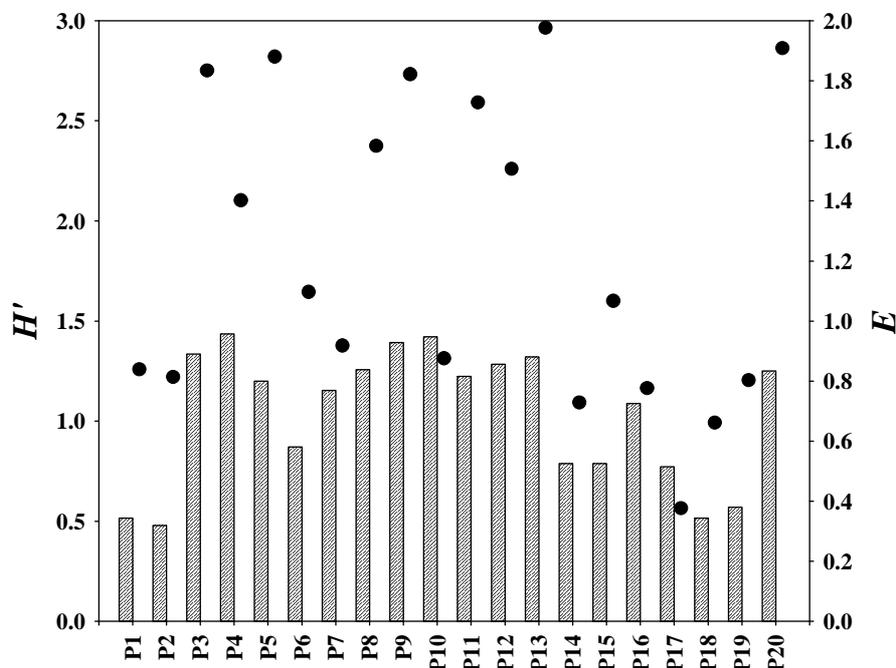


Figura 35. Variação espacial da diversidade de espécies – H' - (pontos) e equitabilidade – E - (barras) na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

4.5.2. Zooplâncton

Composição

A análise qualitativa do zooplâncton, nas amostras obtidas em outubro de 2010, na área de influência do AHE Jirau, evidenciou a ocorrência de 125 espécies, destacando-se, neste mês, os rotíferos (com 56 espécies), seguidos por protozoários testáceos (47 espécies), cladóceros (17 espécies), e copépodes (com 5 espécies; **Tabela 9**). Temporalmente, observa-se em outubro de 2010, um pequeno decréscimo no número de espécies registrado para a área de estudo, considerando as 136 espécies registradas em julho de 2010.

A maior diversidade de rotíferos tem sido observada em outros estudos sobre o zooplâncton de água doce, incluindo lagos, rios e reservatórios (LANSAC-TÔHA *et al.*, 1999; 2004; 2005; NOGUEIRA, 2001; SAMPAIO *et al.*, 2002; VELHO *et al.*, 2005; VIEIRA *et al.*, 2007).

Além da grande ocorrência de espécies de rotíferos, foi registrada, mais uma vez, um grande número de espécies ticoplanctônicas (ou pseudoplanctônicas) como aquelas de protozoários testáceos, além de várias espécies de rotíferos e microcrustáceos (**Tabela 9**). A grande representatividade destes organismos decorre do fato de que, em ambientes lóticos, a velocidade com que os mesmos são exportados rio abaixo, pela correnteza, é freqüentemente muito mais elevada que a reposição de indivíduos via reprodução, o que em geral limita o estabelecimento de populações verdadeiramente planctônicas (MARZOLF, 1990). Desta forma, a composição de espécies do zooplâncton de ambientes lóticos é fortemente influenciada pela presença de espécies que têm como habitat preferencial o sedimento ou a vegetação litorânea, e que são carregadas para a coluna d'água, à medida que são removidas da vegetação marginal ou do sedimento pelo fluxo de corrente.

Em outubro de 2010, os protozoários testáceos estiveram representadas por 07 (sete) famílias, destacando-se, mais uma vez, os Diffugiidae, Arcellidae e Centropyxidae (**Tabela 9**). Tal predomínio tem sido registrado como um padrão recorrente entre as assembléias de protozoários testáceos, em diferentes compartimentos, de distintos ambientes dulcícolas como lagos, rios e reservatórios (VELHO *et al.*, 1999; LANSAC-TÔHA *et al.*, 2007; VIEIRA *et al.*, 2007).

Entre os rotíferos, foram registradas em outubro último 19 (dezenove) famílias, destacando-se, novamente, os Lecanidae e Brachionidae (**Tabela 9**). Esse resultado corrobora o padrão de dominância entre as famílias de rotíferos freqüentemente observado para o zooplâncton de ambientes dulcícolas tropicais (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Os cladóceros foram representados por 07 (sete) famílias, destacando-se, mais uma vez, os Chydoridae (**Tabela 9**). Essa família é constituída especialmente por espécies litorâneas e é considerada a mais diversa entre os cladóceros (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004). Tendo em vista seu habitat preferencial, assim como os testáceos, as espécies de quidórídeos são mais bem representadas em ambientes lóticos, ou em ambientes lênticos rasos com grande desenvolvimento de margem (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004)

Reforçando os resultados obtidos em períodos anteriores, em outubro de 2010, os copépodes foram representados principalmente pelos Cyclopidae, preferencialmente litorâneos, com 03 (três) espécies, enquanto que os Diaptomidae, tipicamente planctônicos, estiveram representados por 02 (duas) espécies (**Tabela 9**).

Em geral, os resultados de composição específica do zooplâncton obtidos em outubro de 2010 corroboraram aqueles obtidos nos quatro primeiros períodos de amostragem, de forma que observou-se uma comunidade típica de rios de grande porte, considerando a grande contribuição de espécies oriundas dos compartimentos litorâneo e bentônico, mas também com uma grande ocorrência de espécies planctônicas oriundas de remansos ou ambientes predominantemente lênticos associados ao rio Madeira e seus tributários.

Tabela 9. Inventário de espécies zooplanctônicas identificadas e suas respectivas densidades (indivíduos/m³) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
TESTÁCEOS																				
Arcellidae																				
<i>Arcella artocrea</i>				40				80				10			30					
<i>A. brasiliensis</i>							1	1							10		40			
<i>A. vulgaris</i>								380					1120							
<i>A. vulgaris undulata</i>													160			40				
<i>A. megastoma</i>			20	80				20		20	20	10			1	40	40			20
<i>A. discoides</i>	1	40	200	80		1	90	160	20	2	70	10	320	1	60	40	1			40
<i>A. conica</i>									1											
<i>A. costata</i>			20				50	140				1	1440		20	1	1			
<i>A. crenulata</i>				1								10								
<i>A. gibbosa</i>			20																	
<i>A. hemisphaerica</i>			20				30					10								10
<i>A. mitrata</i>										20			1							
<i>A. rota</i>													1							
Centropyxidae																				
<i>Centropyxis aerophyla</i>				40				20		60					10		120			
<i>C. aculeata</i>			180	640		120	30	380	20	100	10	1	720	20	60	1	160	20	1	40
<i>C. cf. cassis</i>			20	40						1	2		160							
<i>C. ecornis</i>	1	40	60	280		40	20	160		40	10		80	20	30	40	120		1	1
<i>C. constricta</i>			20	160				40			40	20					40			
<i>C. cf spinosa</i>													160							
<i>C. marsupiformis</i>				80						1	1									1
<i>Hoongeradia criptostomica</i>							10		20	20										
<i>Centropyxis sp.</i>				40																20
Trigonopyxidae																				
<i>Cyclopyxis kahli</i>			1				20	20		20			80	10	1	40	120	60	10	
<i>Cyclopyxis sp.</i>				80																
<i>Cucurbitella sp.</i>												1								
<i>Trigonopyxis arcuata</i>										1										

Tabela 9. Continuação

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	p19	P20
Diffugiidae																				
<i>Diffugia acuminata</i>			1	1				20							20					
<i>D. acuminata magna</i>			1																	
<i>D. cf. briophyla</i>												1								
<i>D. cf. compressa</i>													1							
<i>D. corona</i>										20			80					1		
<i>D. cf. elegans</i>				40						1										
<i>D. globulosa</i>								20												
<i>D. gramem</i>			20	40						20	10	240		20						
<i>D. lanceolata</i>			1	1				100						10	10			40		
<i>D. cf. lingula</i>				2																
<i>D. cf. muriculata</i>								20												
<i>D. oblonga</i>			20	1															20	
<i>D. cf. pleustonica</i>				40			10						320							
<i>D. cf. stellastoma</i>			2	1				20							1					
<i>D. urceolata</i>				40				1										1		
<i>Diffugia</i> sp.			40		80			20												20
Euglyphidae																				
<i>Euglypha acantophora</i>				1								10			10	40				
Hyalosphaenidae																				
<i>Heleopera petricola</i>				1																
Lesquereusidae																				
<i>Lesquereusia spiralis</i>							1	20			20		320		20			1		
<i>L. modesta</i>				80				20		1	1							40		
<i>Plagiopyxis</i> sp.			1					100		40					10		40	1		
TOTAL																				
TECAMEBAS	2	80	647	1809	80	161	262	1742	61	367	174	94	5203	61	313	242	765	101	22	142
ROTIFEROS																				
Brachionidae																				
<i>Brachionus angularis</i>	640	160				40						1			1					10
<i>B. calyciflorus</i>	4320	2280	40			1680			780					190			3	240	400	100
<i>B. caudatus</i>	240	280	20			40			20											
<i>B. dolabratus</i>									20											
<i>B. falcatus</i>	1	320	20			1								10					10	20
<i>B. quadridentatus</i>	240	480				360	20		40							1		60	50	
<i>B. urceolaris</i>	1	320							20					10				20	10	
<i>B. zahnenseri</i>	80	40	20				1						1360							
<i>Keratella americana</i>		80				1			60					10				1	10	1
<i>K. cochlearis</i>									20											
<i>K. tropica</i>	560	640			80	3160			1420					120				100	290	40
<i>Plathyonus patulus macracanthus</i>									20					10						
<i>P. patulus patulus</i>	2720	400	2	40		240			20	1				10					10	1
<i>Plathyas quadricornis</i>			1				1	11280	20	280	20				1	80	1			
Conochilidae																				
<i>Conochilus coenobasis</i>								20												
<i>C. cf. dossuarius</i>					80														20	



Tabela 9. Continuação

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	p19	P20
Dicranophoridae																				
<i>Dicranophorus sp.</i>						40														
Epiphaniidae																				
<i>Epiphanis cf. clavatula</i>			80																	
Colurellidae																				
<i>Corurella sp.</i>											1									
Euchlanidae																				
<i>Euchlanis dilatata</i>													80		1	200				
<i>Dipleuchlanis propatula</i>				1											1	80	3			
Filiniidae																				
<i>Filinia longiseta</i>	960	360				280			100									20	10	
<i>F. saltator</i>									20											
<i>F. cf. terminalis</i>								20												
Lecanidae																				
<i>Lecane bulla</i>		40	20	80			20	1	20				160	10	2	360			10	20
<i>L. cornuta</i>																40				
<i>L. curvicornis</i>		2														40			40	
<i>L. dorissa</i>																				
<i>L. hastata</i>		240																1	20	
<i>L. leontina</i>							1													
<i>L. ludwigi</i>													80			40				
<i>L. lunaris</i>		40				40			20		10			20			40	20	2	20
<i>L. papuana</i>	80	1280			1	320			20					30				60	100	20
<i>L. quadridentata</i>							10						1		10	40				
<i>L. stenroosi</i>											1					80				
Lepadelidae																				
<i>Lepaella ovalis</i>						1	30				1									
<i>L. oviformis</i>										1										
<i>L. benjamini</i>																3				
Philodinidae																				
Bdeloidea	240	40	120	80	1	80	190		1	4	30	20	960	10	10	80	2	20	60	60
<i>Dicranophorus sp.</i>						40														
Mytilinidae																				
<i>Mytilinea macrocera</i>																40				
<i>Mytilinea ventralis</i>											1					2				1
Notomatidae																				
<i>Cephalodella sp.</i>		320	1		80		50	20							2	840				
<i>Notommata sp.</i>			40				140						400		20	120				20
<i>Monomata cf. sacigera</i>													80			40				
Proalidae																				
<i>Proales sp.</i>											10									1
Synchaetidae																				
<i>Polyarthra vulgaris</i>	240				80								5040							
Testudinellidae																				
<i>Testudinella patina</i>			1												10	200	40			



Tabela 9. Continuação

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	p19	P20
<i>T. ohlei</i>			1									10				80				20
Trichocercidae																				
<i>Trichocerca bicristata</i>		280			1	1														
<i>T. cf. iernis</i>													320		10			20		
<i>Trichocerca</i> sp.					80							1								
Trichotridae																				
<i>Macrochaetus</i> cf. <i>altamirai</i>															10					
<i>M. sericus</i>							50									40	40			20
<i>Trichotria tetractis</i>							40			1		30			1		40			
Gastropodidae																				
<i>Ploesoma truncatum</i>					1920	120														
TOTAL ROTÍFEROS	10322	7602	366	201	2323	6444	553	11341	2621	287	64	71	8482	430	79	2406	169	582	1032	344
CLADÓCEROS																				
Bosminidae																				
<i>Bosmina hagdmani</i>	240	160				160			40				160	130				20	100	100
<i>Bosminopsis deitersi</i>	160	40			21120	200							1	1					10	
Daphnidae																				
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	3920	600	1		320	640			260				480	1			40		10	
Sididae																				
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>		80				40			20				320	10				100	20	40
Chydoridae																				
<i>Alona</i> sp.	80								20						1					
<i>Alona</i> cf. <i>verrucosa</i>		40														40				
<i>Alona</i> cf. <i>hamulata</i>						40										40				
<i>Chydorus eurynotus</i>													160			1				
<i>Disparalona dadayi</i>							10						80	10		760	1			1
<i>Disparalona</i> sp.													160							
<i>Glaptoleberis testudinaria</i>																40				
<i>Niczmirmovilus fitzpaltrik</i>													80	10					20	
Floscularidae																				
<i>Sinanterina</i> sp.			40																	
Ilyocryptidae																				
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	3					80							1		10	240	40			
Macrothrycidae																				
<i>Macrothryx</i> cf. <i>elegans</i>		80				1										80				
<i>Macrothryx</i> sp.													400							
Moinidae																				
<i>Moina minuta</i>	1440	80			320	400			120				80	20				20	20	
TOTAL CLADÓCEROS	5843	1080	41	0	21760	1561	10	0	460	0	0	0	1922	182	11	1201	81	140	180	141
COPÉPODES																				
Cyclopidae																				
<i>Thermocyclops minutus</i>	160	40	1			80			120					60		40	1	80	80	20
<i>T. decipiens</i>	80	40			1	200			40				80	30				140	70	1
<i>Metacyclops</i> cf. <i>mendocinus</i>	960	480			1	1880			260				640	100				340	220	20

Tabela 9. Continuação

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	p19	P20
nauplio de Cyclopoida	9040	2760	160		640	5080	60		2300	1		10	2480	790	10	240	40	2540	2200	180
copepoditode																				
Cyclopoida	9200	960	1			2040	60		460	1		10	400	310	20	360	40	540	590	80
Diaptomidae																				
<i>Argiradiaptomus</i> sp.																			20	
<i>Notodiaptomus</i> sp.	1	3				40							160	2					10	
nauplio de Calanoida	640	120				160			40				800	10				80	150	40
copepodito de																				
Calanoida	1	40				40	1		20				240	1		1		1	60	20
TOTAL																				
COPEPODES	20082	4443	162	0	642	9520	121		3240	2	0	20	4800	1303	30	641	81	3741	3380	361

Riqueza de espécies

Em outubro de 2010 os resultados de riqueza de espécies evidenciaram, novamente, o predomínio de rotíferos e protozoários testáceos em todos os pontos monitorados (**Figura 36**). No entanto, ao contrário de julho de 2010, quando testáceos foram amplamente dominantes, e janeiro e abril de 2010, quando os rotíferos representaram grande parte da riqueza do zooplâncton, em outubro último observou-se uma tendência do predomínio de rotíferos, com uma participação expressiva de testáceos em muitos dos pontos de amostragem, assim como observado em setembro de 2009 (**Figura 36**). Em geral, assim como registrado em períodos anteriores, uma maior contribuição de testáceos foi observada nos tributários, enquanto que nos rios Madeira e Mamoré, os rotíferos mantiveram-se, em geral, como grupo mais especioso (**Figura 36**).

Especialmente, em outubro de 2010, os valores de riqueza de espécies variaram entre 15 e 41 espécies (**Figura 36**), com uma média aproximada de 27 espécies para a área de estudo, sendo este valor médio muito similar ao registrado para julho de 2010 (26 espécies). Maiores valores de riqueza de espécies foram observados nos Igarapés Ribeirão e Caiçara (pontos P3 e P16) e, especialmente, na área alagada do rio Mutum (ponto P13), assim como em julho (**Figura 36**). Por outro lado, menores valores de riqueza foram registrados nos rios Abunã, Mutum Paraná e Cotia (pontos P5, P11 e P12) (**Figura 36**).

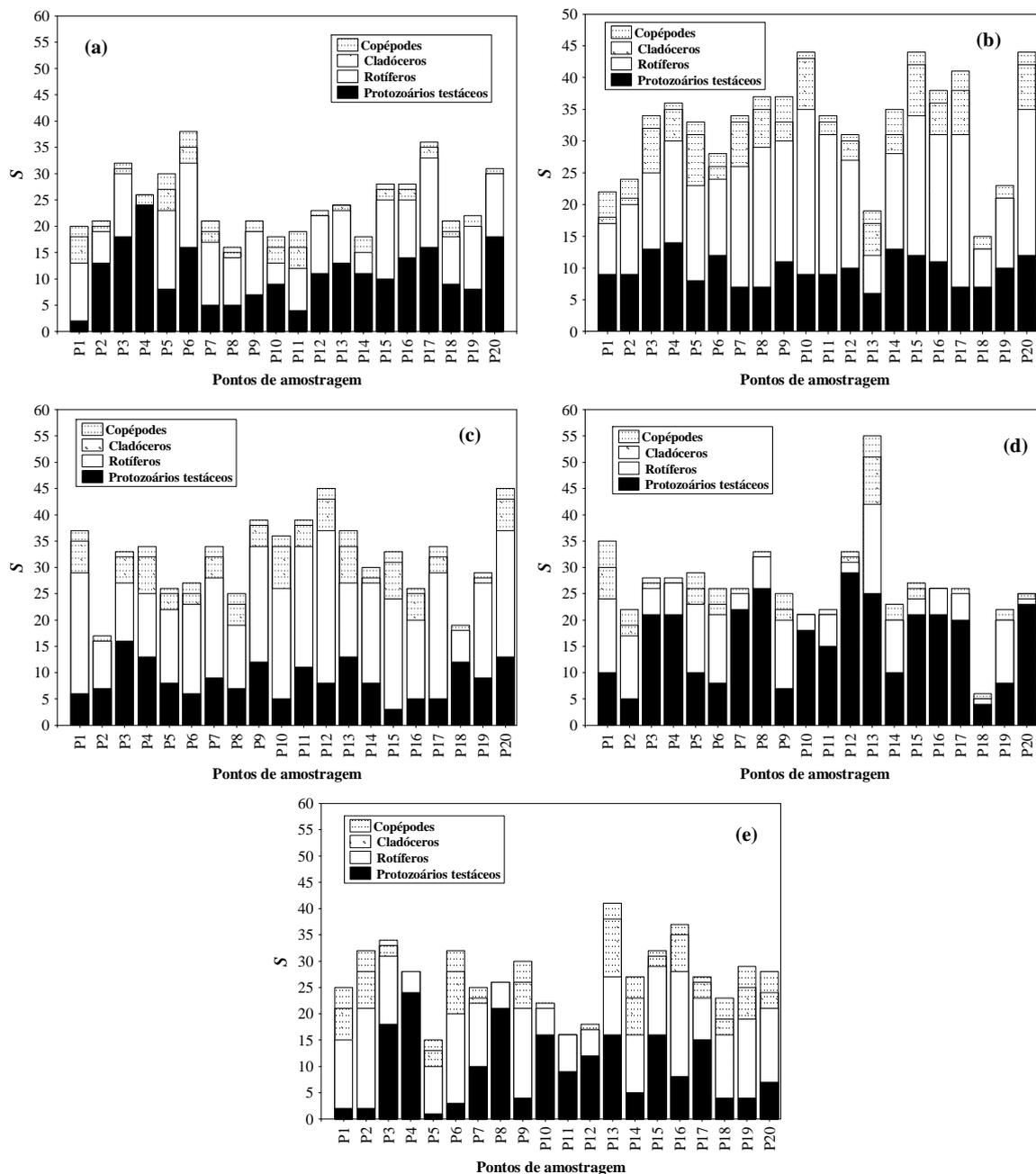


Figura 36. Distribuição espacial da riqueza de espécies do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), janeiro (b), abril (c), julho (d) e outubro de 2010 (e).

Densidade

Os resultados de abundância do zooplâncton, obtidos em outubro de 2010, variaram entre 185 e 36.249 indivíduos/m³ (**Figura 37**), com uma densidade média de 7.761 indivíduos/m³. Esse valor corresponde ao maior valor médio de densidade registrado ao longo do monitoramento, sendo aproximadamente duas vezes maior que aquele registrado em julho de 2010 e setembro de 2009, cerca de 04 (quatro) vezes



maior que a abundância média registrada em abril de 2010, e apenas pouco superior ao valor observado em janeiro de 2010.

Para ambientes lóticos são esperados, em geral, a ocorrência de reduzidos valores de abundância do zooplâncton, tendo em vista que espécies verdadeiramente planctônicas têm o desenvolvimento de suas populações fortemente limitado pela velocidade de corrente (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI *et al.*, 1998), sendo a comunidade zooplanctônica representada, em grande parte, por organismos pseudo-planctônicos. Segundo LAYR e REYES-MARCHANT (1997), o zooplâncton de rio é abundante apenas quando o tempo de residência da água é suficientemente elevado para permitir o crescimento e reprodução dos organismos, existindo uma relação positiva e significativa entre o tempo de residência e a abundância zooplanctônica.

Em outubro de 2010, esta predominância de organismos pseudo-planctônicos, como os testáceos, por exemplo, foi mais evidente nos tributários, especialmente os pequenos igarapés, enquanto que para o rio Madeira e os grandes tributários, como os rios Mamoré e Abunã, observou-se o predomínio de grupos planctônicos, como rotíferos e microcrustáceos (**Figura 37**). Esses resultados sugerem, portanto, para este período, um maior tempo de residência da água nestes grandes rios, do que nos pequenos igarapés.

Assim, as alterações sazonais na abundância do zooplâncton estão, muito provavelmente, associadas às mudanças marcantes no nível fluviométrico, velocidade de corrente/tempo de residência da água do rio Madeira e tributários. Essas mudanças parecem determinar também a abundância relativa dos diferentes grupos zooplanctônicos.

Em outubro de 2010, os maiores valores de densidade do zooplâncton foram registrados, mais uma vez, nos pontos localizados nos grandes rios como o rio Madeira, e especialmente nos rios Mamoré e Abunã (pontos P1 e P5), além da área alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13), onde predominaram, em geral, grupos tipicamente planctônicos como rotíferos, cladóceros e copépodes (**Figura 37**). Por outro lado, os menores valores desse atributo foram observados nos rios Mutum-Paraná e Cotia (pontos P11 e P12), e nos Igarapés Castanho e São Lourenço (pontos P10 e P15) onde, em geral, se destacaram os protozoários testáceos (**Figura 37**).

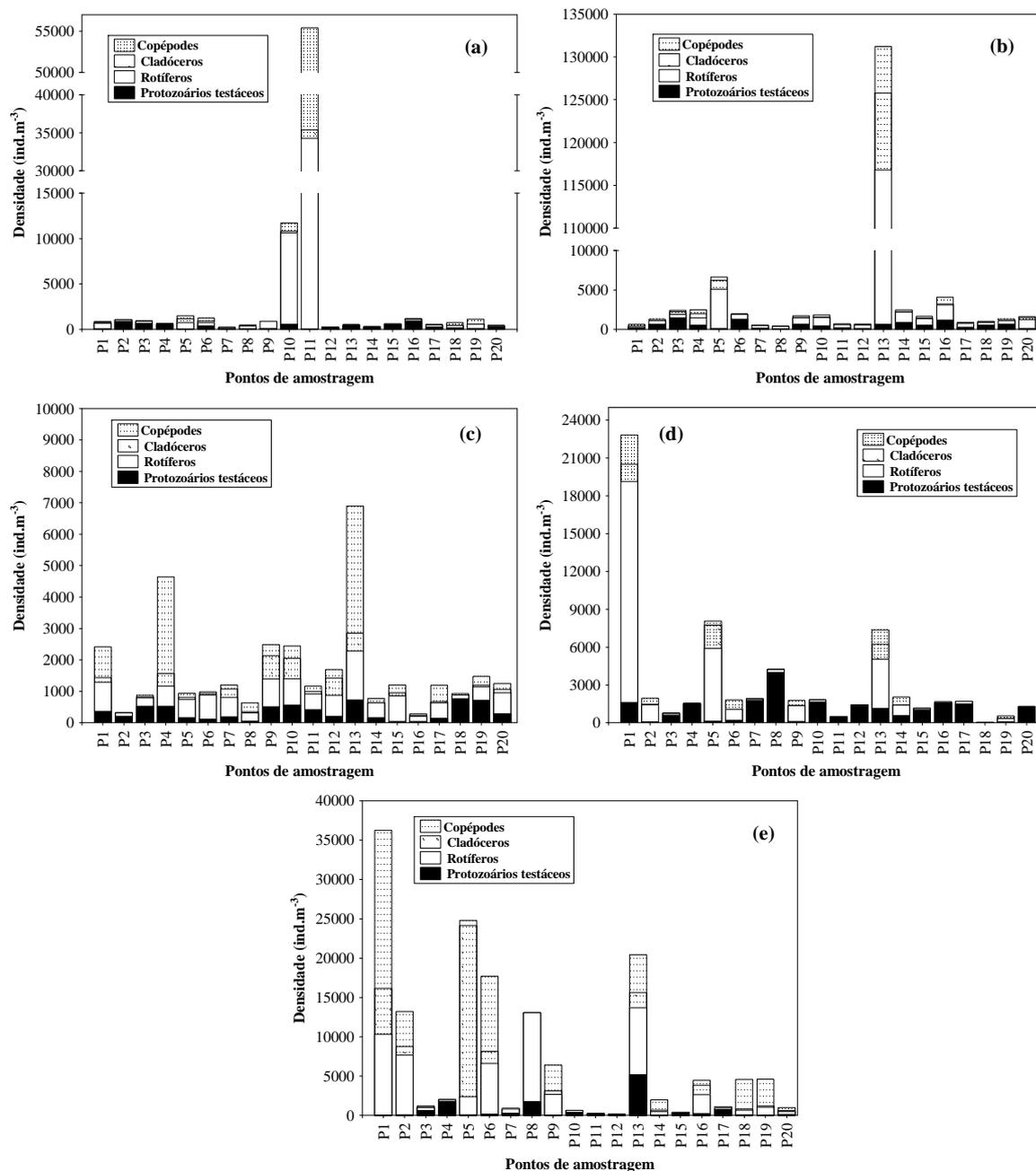


Figura 37. Distribuição espacial da densidade do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), janeiro (b), abril (c), julho (d) e outubro de 2010 (e).

Entre os testáceos, destacaram-se novamente, em outubro de 2010, espécies do gênero *Centropyxis* como *C. aculeata*, *C. ecornis*, além de *Arcella discoides*, *A. costata* e *A. vulgaris*, *clopyxis kahli* (Tabela 9).

Para os rotíferos, destacaram-se os braquionídeos, os quais caracterizam as amostras dos rios Momoré e Madeira neste último período de amostragem. Entre as espécies mais abundantes destacam-se, então, *Brachionus calyciflorus*, *Keratella tropica* e *Platyonus patulus*. Elevados valores de densidade também foram registrados

para *Phathyas quadricornis* (especialmente no igarapé São Simão, ponto P18) e para *Polyarthra vulgaris*, na alagada do rio Mutum (ponto P13) (**Tabela 9**).

Entre os cladóceros, destacaram-se, novamente em outubro de 2010, espécies tipicamente planctônicas da família Bosminidae, especialmente *Bosminopsis deitersi*, muito abundante no rio Abunã. *Bosmina hagemanni* destacou-se entre os cladóceros nas amostras do rio Madeira. Além destas espécies destacaram-se, ainda, *Ceriodaphnia cornuta* e *Moina minuta*, também nos grandes rios como Mamoré, Madeira e Abunã (**Tabela 9**).

Em outubro de 2010, os copépodes, assim como nos períodos anteriores de amostragem, estiveram representados, em grande parte, por suas formas jovens (náuplios e copepoditos), especialmente da família Cyclopidae (**Tabela 9**). A dominância de náuplios e copepoditos, em relação aos adultos constitui um padrão geral para os copépodes (CABIANCA e SENDACZ, 1985; Lopes *et al.*, 1997; LANSAC-TÔHA *et al.*, 1997, 1999, 2004, 2005), sendo essa grande produção de jovens considerada uma estratégia reprodutiva do grupo (CABIANCA e SENDACZ, 1985).

Em relação aos adultos, *M. cf. mendocinus* foi mais abundante, assim como cladóceros, nas amostras dos rios Madeira e Mamoré (**Tabela 9**). *T. decipiens* e *T. minutus*, frequentemente utilizadas como indicadores de estado trófico, apresentaram densidades muito similares neste último período de amostragem, o que sugere condições de mesotrofia para a área de influência do AHE Jirau.

Biomassa

Os resultados obtidos para a biomassa do zooplâncton, em outubro de 2010, variaram entre 12,1 e 13.408 $\mu\text{g PS}\cdot\text{m}^{-3}$ (**Figura 38**), com média aproximada de 2.438 $\mu\text{gPS}\cdot\text{m}^{-3}$ para a área de estudo. Este foi o maior valor médio de biomassa registrado ao longo de todo o monitoramento.

De maneira geral, os resultados de biomassa total do zooplâncton evidenciaram um padrão de distribuição espacial similar ao descrito para a densidade. Neste sentido, maiores valores de biomassa foram registrados nos pontos localizados nos grandes rios como o rio Madeira e, especialmente, nos rios Mamoré e Abunã (pontos P1 e P5), além da área alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13) (**Figura 38**). Nestes pontos com maior biomassa, copépodes foram amplamente dominantes, com exceção do ponto P5, localizado no rio Abunã, onde cladóceros predominaram (**Figura 38**). Assim como para a densidade, menores valores de biomassa foram registrados em alguns tributários como

os Igarapés Araras, Simãozinho e Castanho (pontos P4, P7 e P10) e nos rios Mutum-Paraná e Cotia (Pontos P11 e P12) (**Figura 38**).

Entre os testáceos, as espécies que mais contribuíram para a biomassa do zooplâncton foram *Centropyxis aculeata*, *C. ecornis*, *Arcella vulgaris* e *Arcella megastoma* (**Tabela 10**).

Entre os rotíferos, *Brachionus calicyflorus*, espécie que caracterizou as amostras dos rios Madeira e Mamoré foi a espécie de maior biomassa, contribuindo com mais de 60% de toda a biomassa de rotíferos (**Tabela 10**). Entre os cladóceros, *Bosminopsis deitersi*, abundante especialmente no rio Abunã, e *Ceriodaphnia cornuta*, mais bem representada nos grandes rios, foram as espécies de maior biomassa em outubro de 2010 (**Tabela 10**). Entre os copépodes destacou-se, neste mês, *M. cf mendocinus*, abundantes especialmente no rio Madeira, e que representou cerca de 60% da biomassa de copépodes e, apenas suas formas adultas representaram quase 40% de toda a biomassa zooplanctônica em outubro de 2010 (**Tabela 10**).

Índice de diversidade e equitabilidade

Em relação ao índice de diversidade específica, os valores foram, novamente, bastante variáveis (**Figura 39**). De maneira geral, os maiores valores deste índice foram observados em tributários como os Igarapés Ribeirão, São Lourenço, Caiçara e Jirau (Pontos P3, P15, P16 e P17) e na foz do rio Mutum-Paraná (Ponto P20) (**Figura 39**). Por outro lado, menores valores foram registrados nos pontos P5 e P8, localizados, respectivamente no rio Abunã e Igarapé São Simão, relacionados aos mais baixos valores de equitabilidade registrados para a área de estudo em outubro último (**Figura 39**). Baixos valores de equitabilidade foram registrados, ainda, a montante da área de estudo, nos rios Mamoré (ponto P1) e Madeira (pontos P6 e P9), e no Igarapé Castanho (ponto 10).

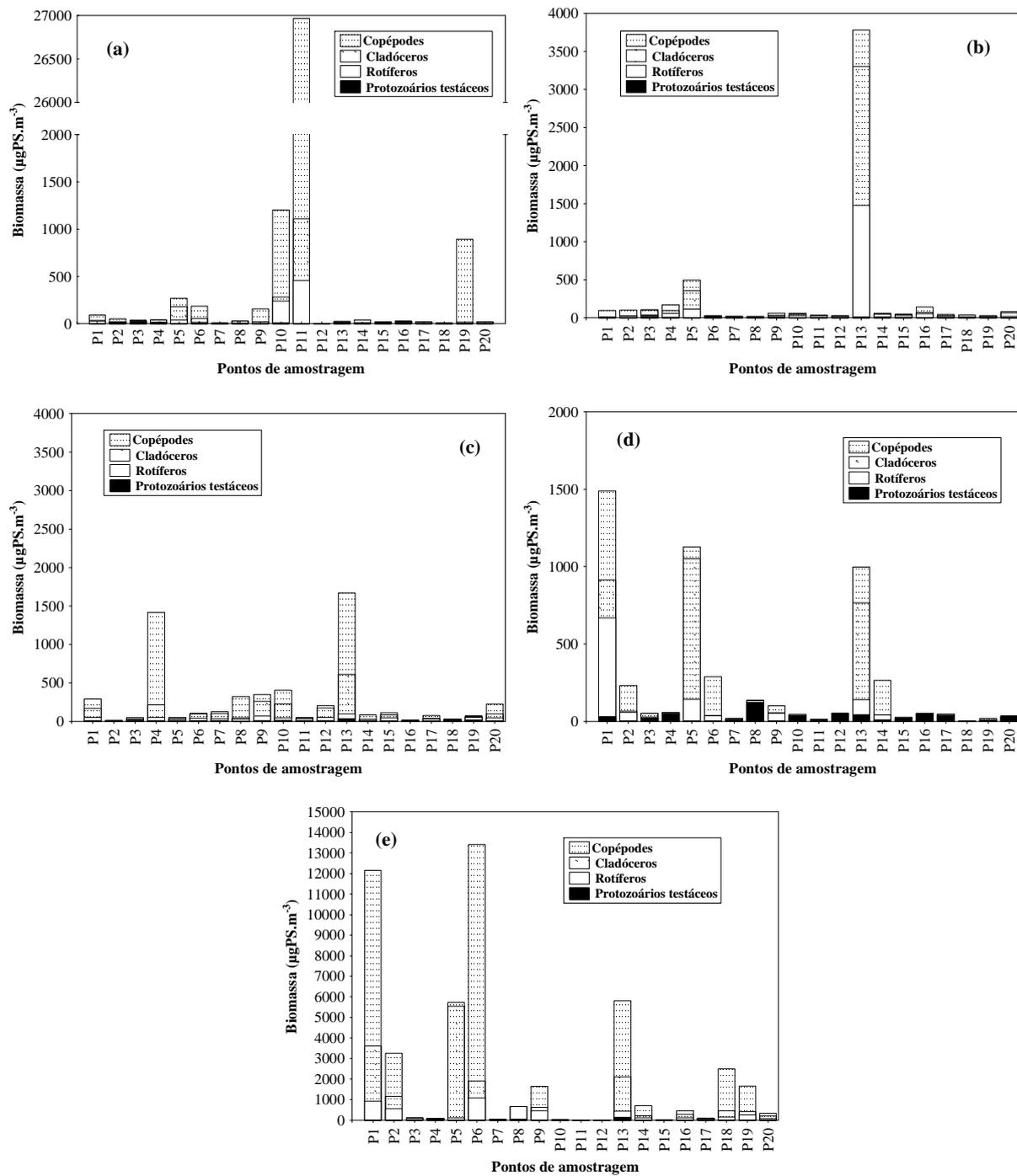


Figura 38. Distribuição espacial da biomassa do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), janeiro (b), abril (c), julho (d) e outubro de 2010 (e).

Tabela 10. Inventário de espécies zooplancônicas identificadas e suas respectivas biomassas ($\mu\text{gPS.m}^{-3}$) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010).

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
TESTÁCEOS																				
Arcellidae																				
<i>Arcella artocrea</i>				1,501				4,948				0,251			1,126					
<i>A. brasiliensis</i>							0,013	0,032							0,183		1,610			
<i>A. vulgaris</i>								12,034					45,094							
<i>A. vulgaris undulata</i>													8,046		0,000	1,610				
<i>A. megastoma</i>			3,811	12,884			0,000	4,023		2,863	6,005	1,610			0,201	6,442	7,214			4,023
<i>A. discoides</i>	0,073	2,932	6,185	2,474		0,020	1,425	2,533	0,403	0,040	1,108	0,251	5,067	0,020	0,950	0,633	0,018			0,902
<i>A. conica</i>									0,012											
<i>A. costata</i>			0,225				0,668	2,566				0,040	19,238			0,024	0,006			
<i>A. crenulata</i>				0,024			0,000					0,244								
<i>A. gibbosa</i>			0,267																	
<i>A. hemisphaerica</i>			0,488				0,189					0,113								0,063
<i>A. mitrata</i>										0,367			0,024							
<i>A. rota</i>													0,127							
Centropyxidae																				
<i>Centropyxis aereophyla</i>				0,440				0,178		1,996					0,299		0,844			
<i>C. aculeata</i>			4,181	11,893		1,091	0,676	7,944	0,279	1,583	0,119	0,022	13,379	0,431	0,950	0,016	3,448	0,005	0,010	0,862
<i>C. cf. cassis</i>			0,396	1,689						0,056	0,027		4,948							
<i>C. eornis</i>	0,020	0,475	1,293	6,034		0,475	0,774	4,948		0,743	0,606		2,815	0,794	0,697	0,532	4,222	0,475	0,022	0,031
<i>C. constricta</i>			0,524	5,203				1,940			2,474	0,970					1,672			
<i>C. cf. spinosa</i>													2,661							
<i>C. marsupiformis</i>				5,242						0,089	0,047									0,094
<i>Hoongeradia criptostomica</i>							0,328		0,642	0,563										
<i>Centropyxis</i> sp.				1,487																0,392
Trigonopyxidae																				
<i>Cyclopyxis kahli</i>			0,009				0,106	0,108		0,178			0,563	0,089	0,013	0,356	0,633	0,935	0,089	
<i>Cyclopyxis</i> sp.				20,337																
<i>Cucurbitella</i> sp.												0,023								
<i>Trigonopyxis arcuata</i>										0,017										
Diffflugidae																				
<i>Diffflugia acuminata</i>			0,053	0,069				0,943							1,310					



Tabela 10. Continuação.

ESPECIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
<i>D. acuminata magna</i>			0,317																	
<i>D. cf. briophyla</i>												0,021								
<i>D. cf. compressa</i>													0,263							
<i>Diffflugia corona</i>										2,457			4,228				0,179			
<i>D. cf. elegans</i>				1,211						0,055										
<i>D. globulosa</i>								1,468												
<i>D. gramem</i>			0,513	0,713						0,392		0,324	6,150		0,466					
<i>D. lanceolata</i>			0,123	0,037				3,727						0,655	0,501		1,677			
<i>D. cf. lingula</i>				0,522																
<i>D. cf. muriculata</i>								0,767												
<i>D. oblonga</i>			1,310	0,088																1,674
<i>D. cf. pleustonica</i>				1,118			0,437	0,000					19,732							
<i>D. cf. stellastoma</i>			0,059	0,027				0,419							0,028					
<i>D. urceolata</i>				4,429				0,342									0,200			
<i>Diffflugia sp.</i>			2,621		2,609			1,456												1,002
Euglyphidae																				
<i>Euglypha acantophora</i>				0,014								0,163			0,122	0,367				
Hyalosphaenidae																				
<i>Heleopera petricola</i>				0,032																
Lesquereusidae																				
<i>Lesquereusia spiralis</i>							0,016	0,601			1,075		6,989		0,308		0,036			
<i>L. modesta</i>				2,822				0,706		0,029	0,023				0,000		1,294			
<i>Plagiopyxis sp.</i>			0,027					2,839		0,577					0,240		0,419	0,009		
TOTAL TECAMEBAS	0,1	3,4	22,4	80,3	2,6	1,6	4,6	54,5	1,3	12,0	11,5	4,0	139,3	2,0	7,4	10,0	23,5	3,1	0,2	7,3
ROTIFEROS																				
Brachionidae																				
<i>Brachionus angularis</i>	16,307	4,077				1,019						0,021			0,016				0,255	
<i>B. calyciflorus</i>	654,152	403,341	8,072			987,360		440,786						113,734			0,454	141,051	244,815	53,235
<i>B. caudatus</i>	9,645	10,763	0,743			0,815		0,245												
<i>B. dolabratus</i>								0,352												
<i>B. falcatius</i>	0,026	6,290	0,480			0,026								0,197					0,197	10,647
<i>B. quadridentatus</i>	11,130	17,612				18,522	0,892	1,784							0,045			2,675	2,230	
<i>B. urceolaris</i>	0,047	15,096						0,907										0,907	0,454	
<i>B. zahnenseri</i>	1,398	0,699	0,240				0,018						3,465							

Tabela 10. Continuação.

ESPECIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
<i>Keratella americana</i>		0,242				0,004			0,197					0,084				0,018	0,121	0,008
<i>K. cochlearis</i>									0,116											
<i>K. tropica</i>	2,018	2,707			0,392	19,770			11,940					1,210				0,626	2,345	0,352
<i>Plathyonus patulus</i>									1,310					0,441						
<i>P. patulus patulus</i>	166,333	24,461	0,060	2,140		13,759			1,008	0,047				0,612					0,504	0,065
<i>Plathyas quadricornis</i>			0,038				0,050	603,570	0,510	7,420	0,978				0,016	2,287	0,032			0,000
Conochilidae																				
<i>Conochilus coenobasis</i>								2,324												
<i>C. cf. dossuarius</i>				0,000	8,072													0,270		
Dicranophoridae																				
<i>Dicranophorus sp.</i>						4,645														
Epiphanidae																				
<i>Epiphanis cf. clavatula</i>			37,157																	
Colurellidae																				
<i>Corurella sp.</i>											0,018									
Euclanidae																				
<i>Euclanis dilatata</i>													8,154	0,128	11,970					
<i>Dipleuchlanis propatula</i>				0,061										0,052	2,982	0,123				
Filinidae																				
<i>Filinia longiseta</i>	36,288	12,701				5,762			1,313							0,000		0,343	0,184	
<i>F. saltator</i>									0,255											
<i>F. cf. terminalis</i>								0,780												
Lecanidae																				
<i>Lecane bulla</i>		0,573	0,280	1,398			0,473	0,028	0,303				2,726	0,213	0,043	8,177			0,189	0,336
<i>L. cornuta</i>																1,411				
<i>L. curvicornis</i>		0,042														1,041			1,210	
<i>L. dorissa</i>																			0,000	
<i>L. hastata</i>		2,595																	0,192	
<i>L. leontina</i>							0,034													
<i>L. ludwigi</i>													0,647			0,655				
<i>L. lunaris</i>		0,833				1,136			0,734			0,284					1,411	0,227	0,073	0,735
<i>L. papuana</i>	1,398	26,208			0,022	6,290			0,364					0,708				0,907	1,572	0,315
<i>L. quadridentata</i>							0,280						0,017		0,164	1,747				
<i>L. stenroosi</i>											0,026					1,008				

Tabela 10. Continuação.

ESPECIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Lepadellidae																				
<i>Lepadella ovalis</i>						0,014	0,459				0,012									
<i>L. oviformis</i>										0,013										
<i>L. benjamini</i>																0,064				
Philodinidae																				
Bdeloidea	21,386	3,564	9,085	3,098	0,055	9,576	12,698		0,076	0,294	0,871	1,284	57,154	0,706	0,367	3,226	0,131	1,058	4,385	3,791
<i>Dicranophorus</i> sp.						4,645														
Mytilinidae																				
<i>Mytilinea macrocera</i>																2,048				
<i>Mytilinea ventralis</i>											0,024					0,097				0,040
Notomatidae																				
<i>Cephalodella</i> sp.		14,676	0,031		3,119		2,042	2,009							0,056	50,803				
<i>Notommata</i> sp.			3,459				10,090						52,920		2,018	6,683				2,587
<i>Monomata</i> cf. <i>sacigera</i>													5,591			1,747				
Proalidae																				
<i>Proales</i> sp.											2,910									0,222
Synchaetidae																				
<i>Polyarthra vulgaris</i>	6,468				2,520								172,872							
Testudinellidae																				
<i>Testudinella patina</i>			0,047												0,502	10,080	2,688			
<i>T. ohlei</i>			0,016									0,173				1,512				0,323
Trichocercidae																				
<i>T. bicristata</i>		11,211			0,051	0,053														
<i>T. cf. iernis</i>													4,301		0,046			0,087		
<i>Trichocerca</i> sp.					5,032								0,022							
Trichotridae																				
<i>Macrochaetus</i> cf. <i>altamirai</i>															0,394					
<i>M. sericus</i>							0,945									0,448	34,125			0,280
<i>Trichotria tetractis</i>							2,691			0,044		1,638			0,074		1,456			
Gastropodidae																				
<i>Ploesoma truncatum</i>					94,349	4,128														
TOTAL ROTÍFEROS	926,6	557,7	59,7	6,7	113,6	1077,5	30,7	608,7	462,2	7,8	4,8	3,4	307,9	117,9	3,9	108,0	40,4	148,2	258,7	72,9

Tabela 10. Continuação.

ESPECIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
CLADÓCEROS																				
Bosminidae																				
<i>Bosmina hagdmani</i>	125,484	110,423				144,249			6,840				88,583	78,575				21,247	92,701	73,710
<i>Bosminopsis deitersi</i>	19,802	4,950			5027,358	27,256							0,245	0,298					4,196	
Daphnidae																				
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	1890,331	305,826	0,355		159,811	326,307			118,821				239,401	0,380			5,103		5,831	
Sididae																				
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>		54,303				41,168			12,737				290,839	5,754				258,122	35,672	48,799
Chydoridae																				
<i>Alona</i> sp.	22,644								2,447						0,131					
<i>Alona</i> cf. <i>verrucosa</i>		24,111														15,445				
<i>Alona</i> cf. <i>hamulata</i>						12,458										8,124				
<i>Chydorus eurynotus</i>													59,358			0,168				
<i>Disparalona dadayi</i>							1,820						6,037	0,772		60,748	0,134			0,173
<i>Disparalona</i> sp.													59,136							
<i>Glaptoleberis testudinaria</i>																10,457				
<i>Niczmirmovilus fitzpaltrik</i>													49,454	6,584					10,60	
Floscularidae																				
<i>Sinanterina</i> sp.			32,105																	
Ilyocryptidae																				
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	7,036					23,645							0,444		1,966	57,551	4,550			
Macrothrycidae																				
<i>Macrothryx</i> cf. <i>elegans</i>		56,330				0,783										14,624				
<i>Macrothryx</i> sp.													836,996							
Moinidae																				
<i>Moina minuta</i>	616,412	40,296			248,033	256,256			27,256				22,463	5,067				17,313	11,328	
TOTAL CLADÓCEROS	2681,7	596,2	32,5	0,0	5435,2	832,1	1,8	0,0	168,1	0,0	0,0	0,0	1653,0	97,4	2,1	167,1	9,8	296,7	160,3	122,7
COPÉPODES																				
Cyclopidae																				
<i>Thermocyclops minutus</i>	107,243	28,514	0,607			69,160			62,118					23,696		28,249	0,518	76,608	42,336	12,701
<i>T. decipiens</i>	160,742	80,371			0,673	359,450			48,686				105,487	92,568				304,805	152,402	2,177
<i>Metacyclops</i> cf. <i>mendocinus</i>	2644,911	1397,952			5,577	9977,386			691,154				1887,245	281,358				1085,221	671,463	67,872
nauplio de Cyclopoida	239,553	82,280	3,634		34,595	144,971	2,064		150,696	0,070		0,441	90,994	27,174	0,408	16,538	1,848	172,922	110,534	11,794
copepodito de Cyclopoida	5224,128	388,927	0,352		129,922	511,475	11,636		44,204	0,115		4,240	37,477	33,852	11,604	133,556	32,411	160,983	54,120	16,633

Tabela 10. Continuação.

ESPÉCIE / PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Diaptomidae																				
<i>Argiradiaptomus</i> sp.																		225,792		
<i>Notodiaptomus</i> sp.	10,628	31,885				352,236			0,000				1450,036	26,914					78,204	
nauplio de Calanoida	156,549	22,998				20,547			6,115				73,382	1,249				22,579	25,121	4,204
copepodito de Calanoida	1,602	64,096				62,270	1,523		9,959				66,778	2,496	0,130			1,010	102,430	19,272
TOTAL COPÉPODES	8545,4	2097,0	4,6	0,0	170,8	11497,5	15,2	0,0	1012,9	0,2	0,0	4,7	3711,4	489,3	12,0	178,5	34,8	2049,9	1236,6	134,7

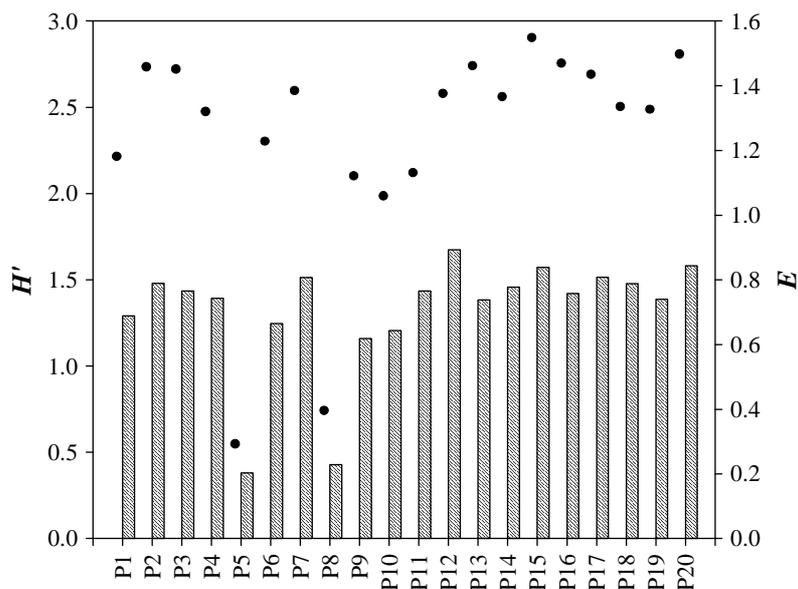


Figura 39. Variação espacial da riqueza de espécies (S), equitabilidade (E) e diversidade específica (H') do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010. (S =superfície; M = meio; F = fundo).

4.5.3. Zoobentos

Em outubro de 2010 foram identificados 27 táxons da comunidade bentônica na área de influência do AHE Jirau (**Tabela 11**). Comparados com os anteriores, este mês foi o que apresentou a maior diversidade. O filo Arthropoda foi o mais representativo, especialmente, a classe Insecta, com 20 táxons (**Figura 40**). O aumento da diversidade pode estar relacionado a uma maior estabilidade dos fatores ambientais no período de seca favorecendo o desenvolvimento dos organismos (CARVALHO e UIEDA, 2004; RIBEIRO e UIEDA, 2005). Em outubro de 2010, o ponto P3, situado no igarapé Ribeirão, apresentou o maior valor de riqueza (09 táxons), assim como observado em julho de 2010 (10 táxons) (**Tabela 11**). De maneira geral, este igarapé apresenta o substrato formado por folhiço e cascalho, o que provavelmente vem contribuindo para os maiores valores desse atributo nos meses monitorados.

Na maioria dos locais monitorados foi registrada alta quantidade de matéria orgânica, especialmente nas áreas alagadas. Nos pontos P7, P8, P13 e P16, localizados nos igarapés, foi observada maior densidade de Oligochaeta (consumidores de matéria orgânica) e baixa riqueza ou ausência de táxons sensíveis (**Tabela 11**).

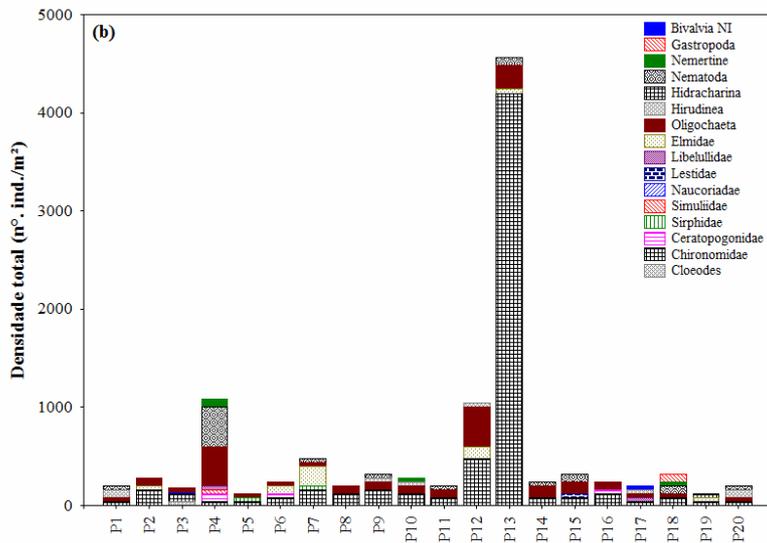
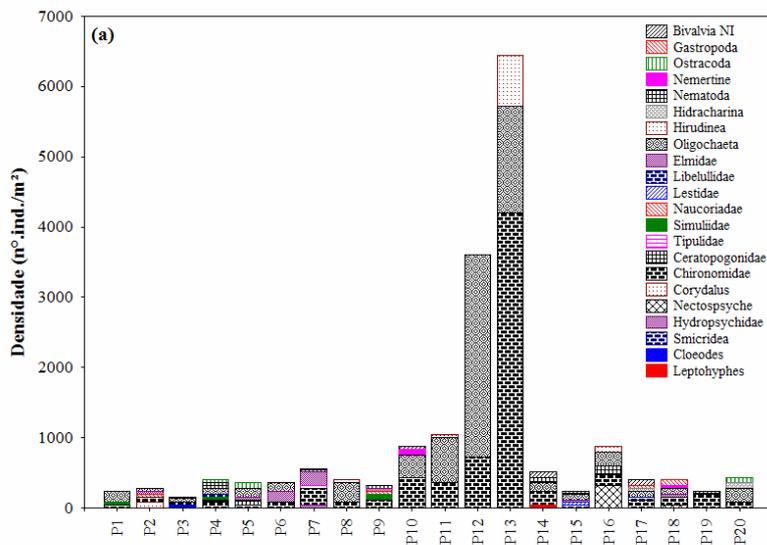
Nos pontos localizados no rio Madeira, houve a predominância de areia e fundo rochoso. Na maioria dos locais a amostragem foi realizada na margem, em locais formados por barro/MO/areia, uma vez que o fundo rochoso impossibilita a coleta. Foi observado um aumento da riqueza taxonômica nos pontos localizados no rio Madeira (P2, P6, P9, P14, P18 e P19) (**Figura 40**).

Diversos trabalhos têm demonstrado a influência do tipo de substrato sobre a estrutura da comunidade e a maior riqueza taxonômica em substratos rochosos/pedregosos em relação aos substratos mais finos - areia/lama (VANNOTE *et al.*, 1980, KIKUCHI e UIEDA, 1998, TONYOLLO e LOYOLA, 1998). Substratos arenosos são mais instáveis, sendo facilmente transportados em zonas com maior velocidade. Portanto, as taxas de colonização são reduzidas (HYNES, 1970).

O tipo de cobertura vegetal também pode influenciar a distribuição e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (ROSEMBERG e RESH, 1996). A maioria dos locais amostrados apresentou mata ciliar nas margens. Assim, a baixa riqueza não pode ser atribuída ao tipo de cobertura vegetal.

Ao contrário do observado nas amostragens anteriores, na presente amostragem foram registrados 1 ou 2 gêneros das ordens Ephemeroptera e/ou Trichoptera em vários locais (pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 17, 18, 19 e 20), demonstrando as melhores condições neste período. É importante destacar que no P11, rio Mutum-Paraná, foram identificados 3 gêneros de Trichoptera (*Dicaminus* e *Nectopsyche*). Neste local foi encontrada alta quantidade de areia. Segundo BAPTISTA *et al.* (2006), as maiores abundâncias e riquezas encontradas no período de seca, possivelmente estão relacionadas à disponibilidade e estabilidade de habitats. Além disso, alguns substratos são menos afetados pela correnteza durante esse período, aumento os possíveis locais para colonização dos organismos bentônicos. No entanto, a abundância total apresentou um decréscimo em alguns pontos (P4, P8, P10 e P19), ao contrário do esperado para esse período.

As maiores abundâncias totais foram registradas nos pontos P8 e P14, em função da dominância de Oligochaeta e Chironomidae nesses locais (**Tabela 11 e Figura 40**). Os táxons Chironomidae e Oligochaeta vivem em locais que apresentam alta quantidade de matéria orgânica e são altamente resistentes. Os macroinvertebrados bentônicos respondem rapidamente às perturbações ambientais, resultando em alterações na estrutura da comunidade local que reduzem a riqueza a poucos grupos tolerantes e generalistas, como Chironomidae e Oligochaeta (KULMANN *et al.*, 2000).



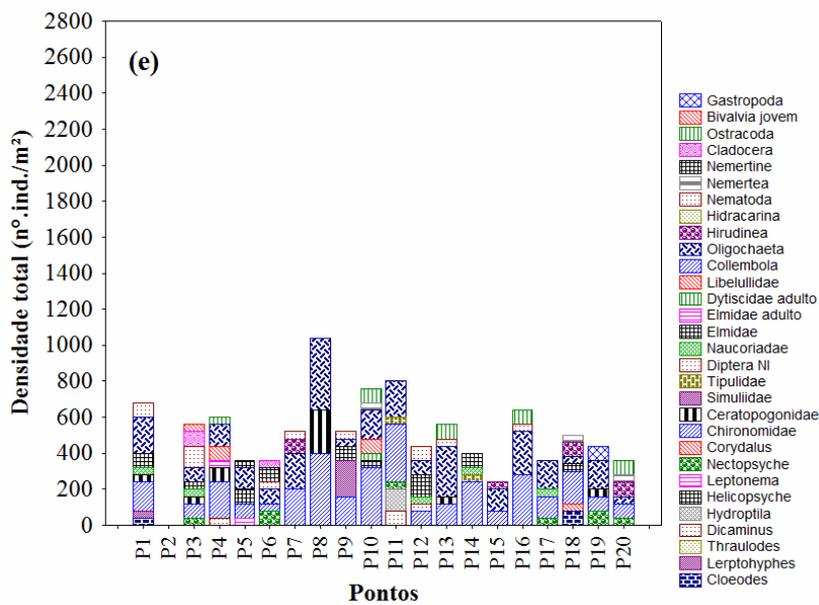
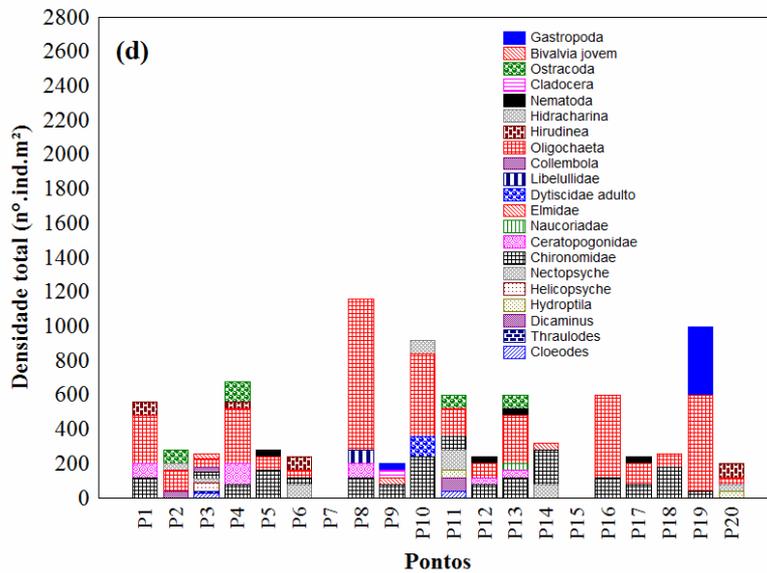
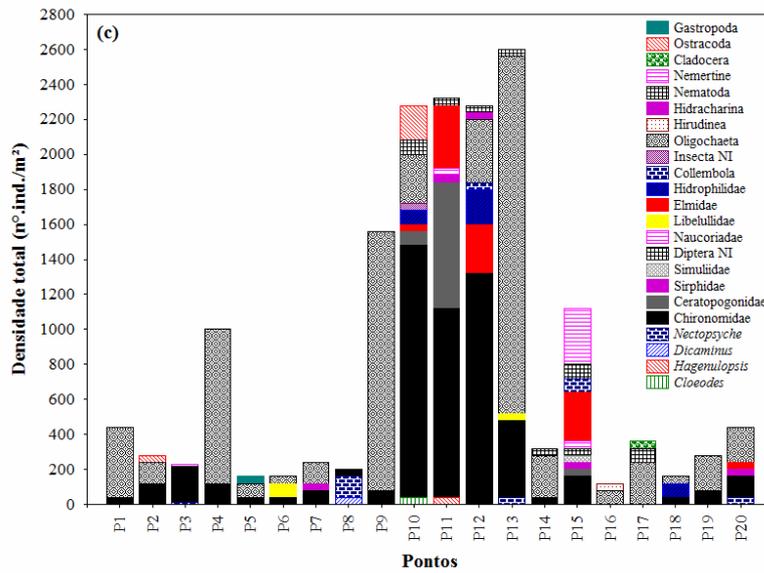


Figura 40. Densidade dos táxons obtida nos locais amostrados, setembro de 2009 (a), janeiro (b), abril (c), julho (d) e outubro de 2010 (e).

Tabela 11. Comunidade de invertebrados bentônicos localizados na área de influência do AHE Jirau, outubro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Ephemeroptera																				
<i>Cloeodes</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0
<i>Lerptohyphes</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera																				
<i>Dicaminius</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroptila</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nectopsyche</i>	0	80	40	0	0	80	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40	0	80	40
Megaloptera																				
<i>Corydalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
Diptera																				
Chironomidae	160	80	80	200	80	40	200	400	160	320	320	80	120	240	80	280	120	180	80	80
Ceratopogonidae	40	0	40	80	0	0	0	240	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40	0
Simuliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	40	0	0	0	0	0	0
NI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Heteroptera																				
Naucoriidae	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	40	0	0	40	0	0	0
Coleoptera																				
Elmidae	80	0	40	0	80	0	0	0	80	40	0	120	0	80	0	0	0	40	0	0
Elmidae adulto	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae adulto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonata																				
Libellulidae	0	0	0	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida																				
Oligochaeta	200	40	80	120	120	80	200	400	40	160	200	80	280	480	120	240	160	40	160	40
Hirudinea	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	80	0	80
Nematoda																				
	80	0	120	0	0	40	40	0	40	0	0	80	40	0	0	40		0	0	0
Nemertea																				
Nemertine	0	80	0	0	40	80	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	40	0	40
Microcrustacea																				
Cladocera	0	40	80	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
Ostracoda	0	120	0	40	0	0	0	0	0	80	0	0	80	0	0	80	80	0	0	80
Mollusca																				
Bivalvia jovem	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0
Abundância	680	480	560	600	360	360	520	1040	520	760	800	440	560	880	240	640	480	500	440	360
Riqueza	8	7	9	7	5	6	4	3	5	7	6	6	5	5	3	4	6	7	5	6

Em outubro de 2010, nenhum atributo da comunidade bentônica (riqueza ou abundância) apresentou correlação significativa com as variáveis físicas e químicas mensuradas tanto na água (ver seção 4.1.) quanto no sedimento (ver **Tabela 12**).

Tabela 12. Características das amostras de sedimento coletadas em outubro de 2010.

Pontos	Locais	Transecto	N-total (% m/m)	P-total (mg/kg)	COT (% m/m)	MO (% m/m)	Ni (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Areia F. (% m/m)	Areia G. (% m/m)	Silte (% m/m)	Argila (% m/m)
P1	Mamoré		0,019523	198,34	1,21	2,07	13,74	55,46	19,49	70,00	580,00	6,55	10,20	77,77	5,98
P2		1A	0,005582	145,98	0,12	0,21	6,17	21,33	18,63	50,00	160,00	4,29	93,75	3,04	0,02
P2	Madeira	1B	0,004891	201,12	0,11	0,19	5,78	20,33	18,77	60,00	180,00	1,72	90,67	9,88	0,13
P2		1C	0,004891	208,62	0,06	0,10	6,18	20,94	19,02	40,00	160,00	2,48	96,89	1,08	2,15
P3	Ribeirão		0,0056	102,39	0,20	0,35	<0,5	9,39	8,18	<0,5	40,00	2,16	95,77	1,01	2,02
P4	Araras		0,01888	128,24	1,63	2,80	2,38	<0,5	15,26	60,00	370,00	32,21	23,47	44,60	0,02
P5	Abunã		0,009096	98,01	0,68	1,17	0,94	9,51	11,01	30,00	90,00	5,08	32,45	65,82	0,05
P6		2A	0,013996	241,43	0,93	1,61	14,75	56,60	19,33	100,00	490,00	36,48	24,10	40,78	0,04
P6	Madeira	2B	0,022391	238,90	1,25	2,15	16,99	67,10	19,08	110,00	650,00	17,71	21,49	31,15	31,15
P6		2C	0,02307	298,67	1,41	2,42	17,72	71,67	19,45	100,00	640,00	21,68	48,46	18,40	12,26
P7	Simãozinho		0,016796	264,18	1,13	1,94	15,85	63,98	19,06	60,00	520,00	21,76	67,25	14,87	0,22
P8	S.Simão		0,016082	239,00	0,84	1,44	12,98	43,67	19,38	50,00	420,00	9,63	16,13	63,55	10,59
P9		3A	0,006294	312,06	0,12	0,21	7,66	34,92	19,14	40,00	200,00	5,58	85,24	13,36	0,32
P9	Madeira	3B	0,011888	190,73	1,13	1,94	11,30	51,07	19,35	60,00	330,00	10,04	32,80	54,77	6,09
P9		3C	0,008363	278,39	0,71	1,23	10,81	49,16	19,98	50,00	280,00	9,8	51,33	38,43	4,04
P10	Castanho		0,009796	300,61	0,75	1,30	10,07	34,23	19,10	40,00	280,00	13,76	48,83	39,68	2,83
P11	Mutum (MTP1)		0,026555	85,14	3,24	5,58	1,11	5,33	17,34	<0,5	190,00	7,38	76,24	16,54	3,54
P12	Cotia		0,013916	37,89	1,18	2,03	<0,5	8,72	4,37	10,00	10,00	4,01	93,25	3,27	3,27
P13	Área alagada do Mutum (MUT)		0,018055	56,40	1,15	1,98	2,13	<0,5	10,69	40,00	170,00	10,23	4,53	53,34	34,60
P14		4A	0,01526	174,45	0,85	1,46	14,36	59,59	19,63	110,00	740,00	10,78	17,58	64,10	11,14
P14	Madeira	4B	0,004848	186,90	0,07	0,12	8,85	25,19	19,00	90,00	220,00	15,46	66,98	23,80	0,16
P14		4C	0,004197	174,00	0,26	0,45	8,50	19,26	19,38	70,00	220,00	4,51	94,31	6,56	0,02
P15	S.Lourenço		0,021631	458,15	1,39	2,39	16,77	59,81	19,50	70,00	600,00	40,23	5,75	53,95	0,03
P16	Caiçara		0,009087	407,11	0,93	1,60	9,45	37,35	18,98	70,00	450,00	3,19	62,48	35,80	0,03
P17	Jirau		0,015378	231,10	1,07	1,84	13,62	47,58	19,52	100,00	49,00	8,49	15,49	78,58	0,04
P18		5A	0,006998	229,60	0,66	1,14	7,87	43,01	19,18	70,00	240,00	8,51	8,87	86,34	0,08
P18	Madeira	5B	0,013237	247,37	0,45	0,77	10,07	50,53	19,40	70,00	340,00	3,19	37,26	62,20	0,06
P18		5C	0,006284	241,39	0,24	0,41	7,57	37,92	18,87	10,00	210,00	1,94	87,06	12,65	0,03

Tabela 12. Continuação.

Pontos	Locais	Transecto	N-total (% m/m)	P-total (mg/kg)	COT (% m/m)	MO (% m/m)	Ni (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	K (mg/kg)	Areia F. (% m/m)	Areia G. (% m/m)	Silte (% m/m)	Argila (% m/m)
P19		6A	0,0077	363,12	0,32	0,55	7,58	43,24	19,33	20,00	240,00	9,32	26,47	62,37	4,46
P19	Madeira	6B	0,0049	285,08	0,19	0,33	7,23	25,47	18,85	10,00	170,00	5,74	93,86	4,05	1,01
P19		6C	0,0035	238,56	0,35	0,60	8,25	25,62	18,89	<0,5	150,00	5,11	97,82	1,98	0,99
P20	Foz do Mutum(MTP2)		0,005577	59,79	0,44	0,76	0,81	7,96	15,53	40,00	80,00	7,88	92,73	5,97	0,22



4.6. *Variação Nictemeral*

4.6.1. **Variáveis Abióticas**

A absorção e a dissipação da radiação solar na forma de calor afeta a estrutura térmica de uma lagoa, assim como os padrões de estratificação e circulação (WETZEL, 1993; RAMÍREZ e BICUDO, 2002). Desta maneira, a interação entre temperatura, vento e mistura da coluna d'água afeta a dinâmica dos fatores físicos e químicos do ambiente aquático. Além disso, os padrões de circulação da coluna d'água afetam diretamente a distribuição espacial e temporal das comunidades planctônicas, além de interferir no crescimento e reprodução destes organismos (OLRIK, 1994).

As variações diárias do teor de oxigênio dissolvido e pH, por exemplo, estão intrinsecamente relacionadas com a atividade biológica, especialmente respiração e fotossíntese. Além disso, o comportamento térmico da coluna d'água interfere em diferentes processos físicos, químicos e biológicos, como por exemplo, a disponibilidade de CO₂ para o fitoplâncton (RAMÍREZ e BICUDO, 2003). A distribuição vertical da comunidade zooplânctônica também tem sido relacionada com diversos fatores físicos e químicos, tais como luz, gradiente térmico, transparência da água e concentração de oxigênio dissolvido.

Desta maneira, o principal objetivo deste estudo foi avaliar as interações entre o perfil térmico da coluna d' água e suas características físicas, químicas e biológicas ao longo de um período de 24 horas, no ponto localizado próximo à futura barragem do AHE Jirau (ponto P18).

Os valores da temperatura do ar variaram entre 27°C (5h20min) e 35°C (às 13h20min). Em geral, os valores de temperatura da água pouco variaram ao longo do perfil vertical (**Figura 41a**). Este resultado demonstrou a inexistência de estratificação térmica no ponto P18, ao longo de todo o ciclo diário. As concentrações de oxigênio dissolvido foram similares ao longo das profundidades analisadas durante a noite e madrugada (21h20min, 1h20min e 5h20min) (**Figura 41b**). Entre 9h20min e 17h20min, houve um decréscimo nessas concentrações nas maiores profundidades.

Os padrões de estratificação térmica influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos demais parâmetros limnológicos (ESTEVES, 1998). No entanto, assim como não foi observada a presença de forte estratificação térmica no local, também não foram obtidas grandes variações verticais consistentes para os valores de pH, condutividade elétrica, nutrientes fosfatados e nitrogenados (**Figura 41**). Maiores teores

de fósforo total e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) foram obtidos na maior profundidade de coleta em alguns horários, no entanto, isso não foi um padrão durante todo o ciclo nictemeral. Estes resultados eram esperados tendo em vista que o local monitorado apresenta condições lólicas, propiciando maior mistura da coluna d'água.

Ressalta-se que a análise do perfil vertical e da variação nictemeral tem sido informativa principalmente em ambientes lênticos. Por outro lado, em ambientes lólicos as variações ao longo da profundidade tendem a ser minimizadas devido ao movimento turbulento que caracterizam esses ambientes. Ademais, grande parte das variações observadas (para as características abióticas e bióticas; ver abaixo) não pode ser atribuída aos processos ecológicos que, em geral, ocorrem em ambientes lênticos (e.g., alternância de processos de produção e respiração ao longo da coluna da água). Provavelmente, a variabilidade encontrada resulta de oscilações estocásticas pouco previsíveis.

4.6.2. Fitoplâncton

Os valores de densidade e biomassa apresentaram um discreto gradiente nictemeral no ponto 18, em outubro de 2010 (**Figuras 42 e 43**). Os valores de densidade foram maiores às 09:00 à subsuperfície e às 1:00 horas, no meio (**Figura 42**). Os valores de biomassa também foram maiores às 09:00 e às 01:00 horas, ambos no meio da coluna d'água (**Figura 43**). As condições lólicas e baixa disponibilidade luminosa registradas no rio Madeira favoreceram principalmente as bacilariofíceas que possuem alta taxa de sedimentação.

Ciclos nictemerais mais definidos são esperados em ambientes com maior tempo de retenção da água, especialmente naqueles que apresentam dominância de algas com capacidade de regular sua posição na coluna d'água ao longo do dia, como as que possuem flagelos, ou as cianobactérias, com aerótopos. Algas mais pesadas como as diatomáceas ou zignemafíceas poderiam, por outro lado, ocupar as camadas mais profundas da coluna d'água ao longo do dia.

4.6.3. Zooplâncton

A análise da composição zooplancônica, das amostras obtidas para o estudo da distribuição vertical do zooplâncton, evidenciaram a ocorrência de 61 espécies zooplancônicas, destacando os rotíferos (30 espécies), seguidos por protozoários

Testáceos (16 espécies), Cladóceros (9 espécies) e Copépodes (16 espécies) (**Tabela 13**). Esse resultado evidencia uma nova redução na diversidade de espécies para esta área do rio Madeira, tendo em vista o registro de 87 espécies no estudo de variação nictemeral realizado em abril de 2010. Em relação a setembro de 2009 (primeiro estudo nictemeral) os valores de riqueza obtidos em outubro de 2010 são também menores, tendo sido registradas, naquele primeiro estudo, 76 espécies. Essa redução no número de espécies, entre os períodos foi determinada, especialmente pela redução no número de espécies de protozoários testáceos entre os períodos analisados, não sendo muito evidentes diferenças no número de espécies de rotíferos e microcrustáceos.

Considerando que os testáceos são indicadores de condições lóxicas, estes resultados destacam a importância da variação na vazão/velocidade da corrente entre os períodos estudados, especialmente entre abril de 2010, quando um grande número de espécies de testáceos foi registrado, e setembro de 2009 e outubro de 2010, quando estes protozoários apresentaram menores valores de riqueza.

Essas diferenças temporais são ainda mais evidentes quando se analisa as alterações da densidade do zooplâncton. Neste sentido, rotíferos e copépodes foram os grupos mais abundantes do zooplâncton no primeiro estudo de variação nictemeral, em setembro de 2009; os testáceos foram amplamente dominantes em abril de 2010, e em outubro de 2010 predominaram os copépodes, em termos de abundância, enquanto que os protozoários testáceos apresentaram baixos valores de densidade (**Figura 44**).

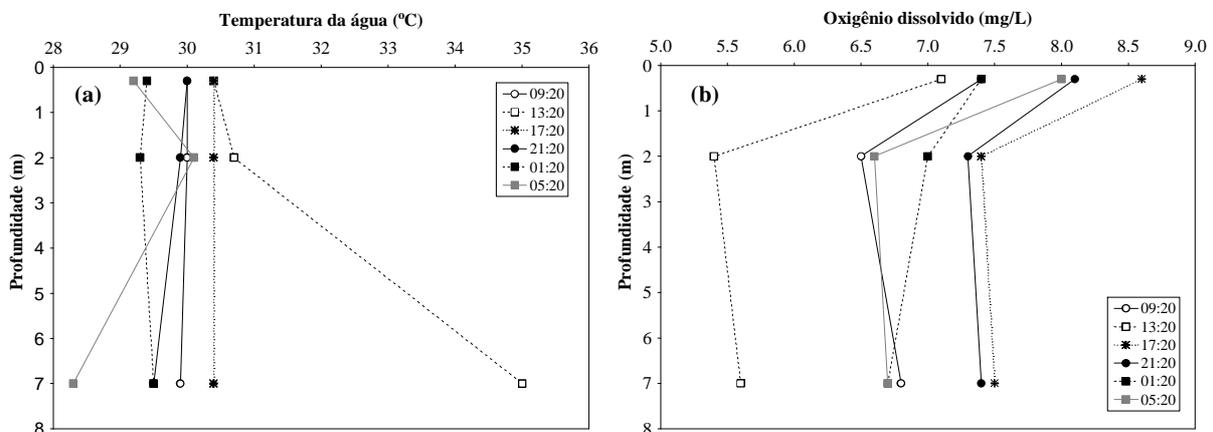
Para a densidade total do zooplâncton, durante todo o ciclo nictemeral, nas 3 profundidades amostradas, os valores variaram entre 1717 e 10.854 ind.m⁻³ (**Figura 45**), com densidade média de 4137 ind.m⁻³. Esse resultado evidencia um aumento da densidade no rio Madeira, em relação aos dois períodos anteriores de variação nictemeral. Nesses períodos, as densidades máximas variaram entre aproximadamente 800 e 2300 ind.m⁻³. O incremento na densidade, associado ao predomínio de copépodes, grupo favorecido sob condições de baixo tempo de renovação da água, sugere velocidades de fluxo ainda menores que aquelas registradas em setembro de 2009.

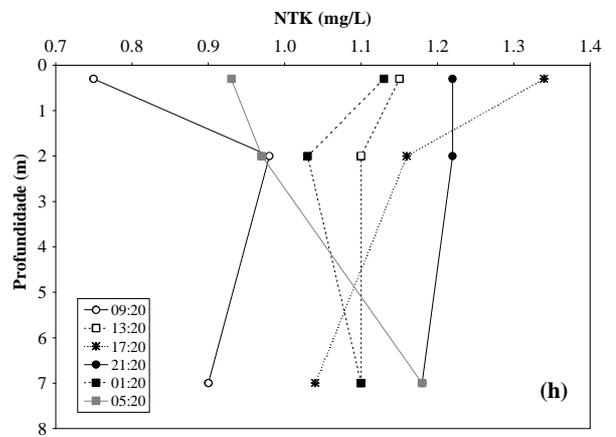
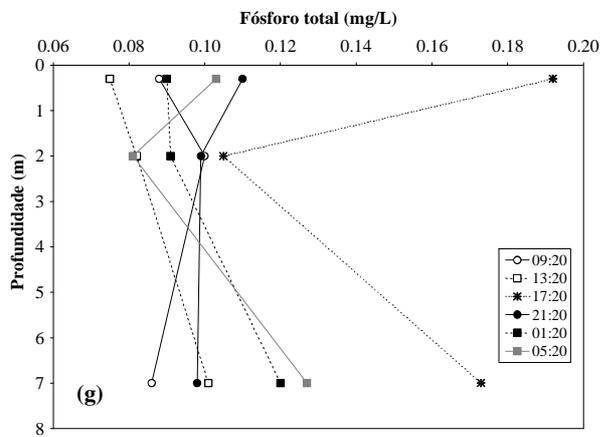
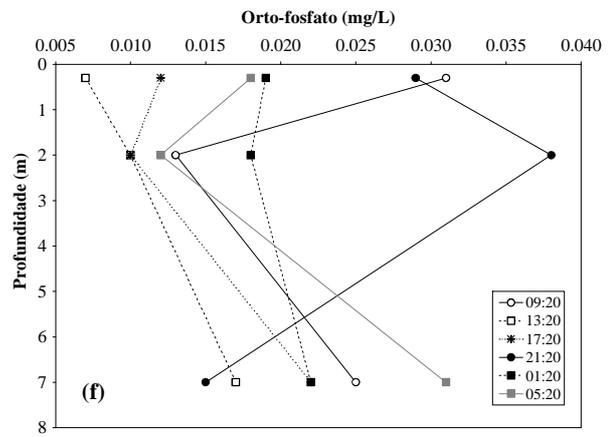
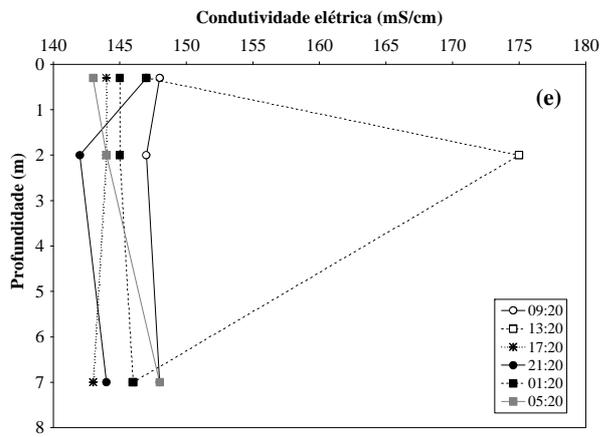
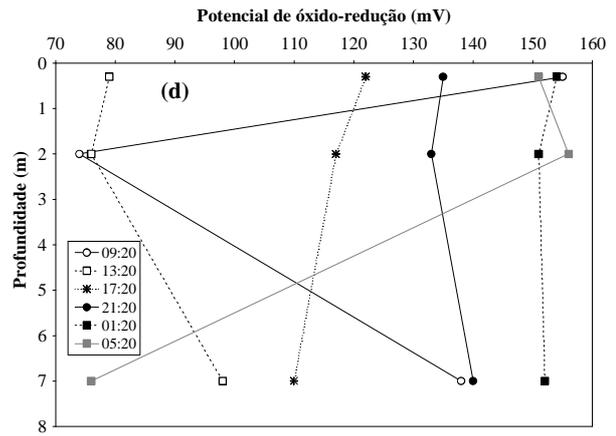
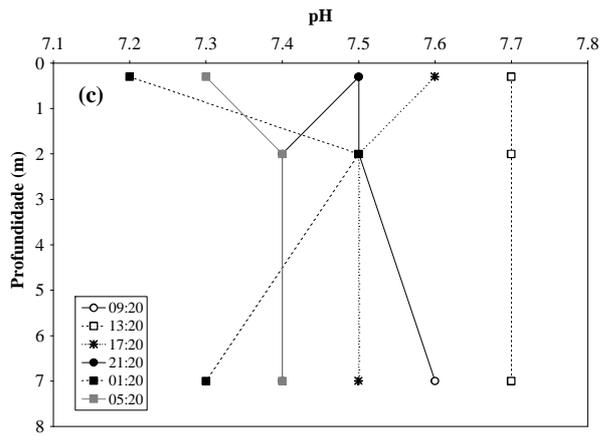
Verticalmente, assim como em setembro de 2009, os valores de densidade do zooplâncton foram mais variáveis diferindo do observado, em geral, para abril (**Figura 45**). Entre os diferentes grupos, os copépodes apresentaram padrão de distribuição vertical similar ao descrito para o zooplâncton total, considerando que este foi o grupo dominante em termos de abundância em outubro último. Para os demais grupos (testáceos, rotíferos e cladóceros), os resultados foram, em geral, bem mais variáveis,

entre as profundidades, e com padrões distintos entre os horários amostrados (**Figura 45**).

Para os testáceos, pobremente representados neste último período de estudo, maiores valores de densidade foram observados no fundo da coluna d'água, na maioria dos horários amostrados (**Figura 45**). Entre os rotíferos, maiores densidades à superfície foram observadas na maioria dos horários amostrados (09:00, 13:00, 01:00 e 05:00 horas), e no meio da coluna d'água às 17:00 e 21:00 horas (**Figura 45**). Os cladóceros foram mais abundantes no fundo, na maioria dos horários de coleta (**Figura 45**).

É pouco provável que grupos do microzooplâncton, como os protozoários testáceos e rotíferos que apresentam, em geral, pouca mobilidade, estejam realizando migrações verticais, especialmente em um ambiente lótico como o rio Madeira. Para os microcrustáceos, organismos de maior porte e maior poder natatório, o processo de migração vertical tem sido mais evidenciado (LAMPERT e SOMMER, 1997) em ambientes lênticos. No entanto, em ambientes lóticos, a turbulência deveria ter maior influência sobre os padrões observados de distribuição vertical. De qualquer forma, mesmo que não ocorra uma migração ativa do zooplâncton na coluna d'água, algum processo, possivelmente físico, determina essa variação expressiva da abundância do zooplâncton. As diferenças temporais parecem corroborar essa idéia, de forma que o maior fluxo, associado ao predomínio de protozoários testáceos (como em abril) determina uma menor variação vertical da abundância do zooplâncton. Por outro lado, uma menor velocidade de corrente, associada a uma maior abundância de rotíferos e copépodes (setembro de 2009 e outubro de 2010) parece produzir uma maior variabilidade vertical da abundância do zooplâncton.





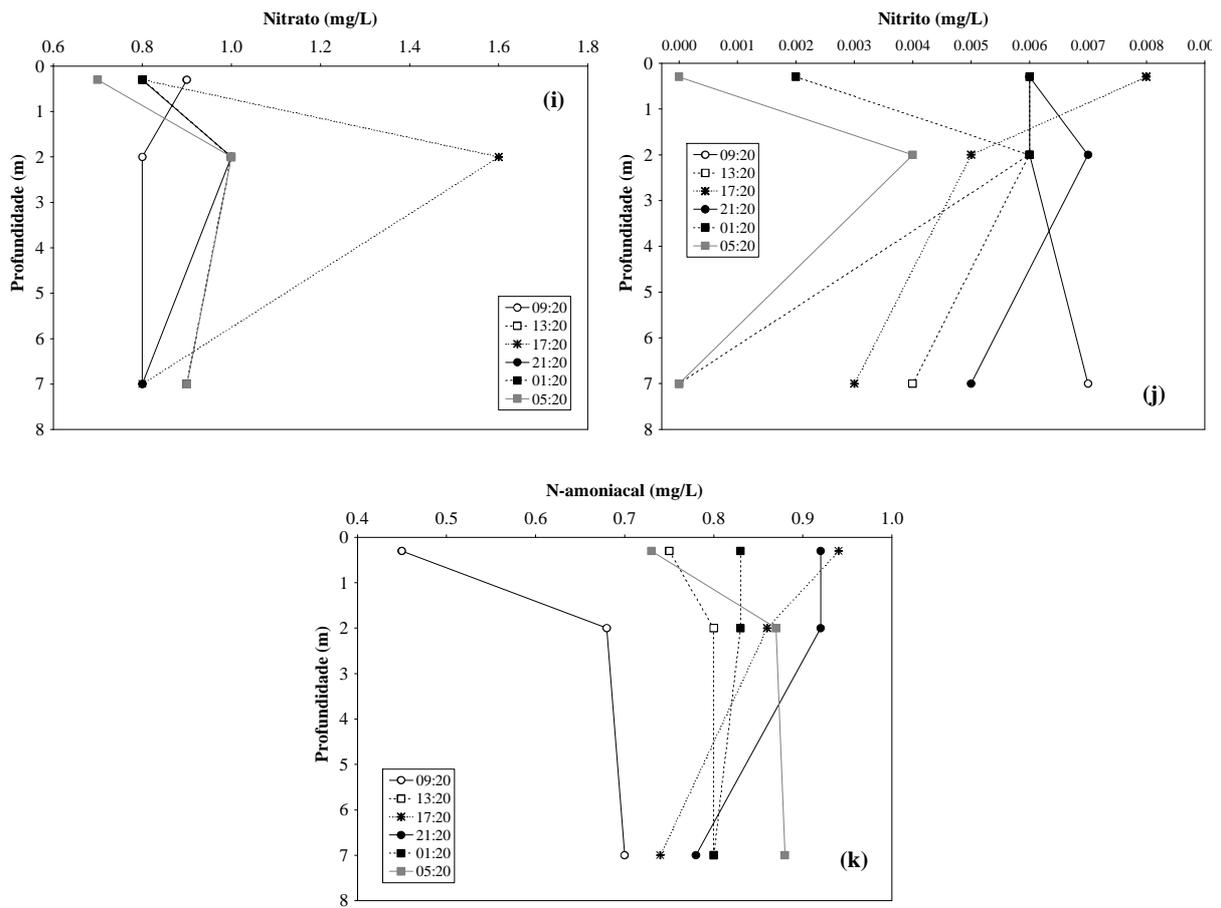
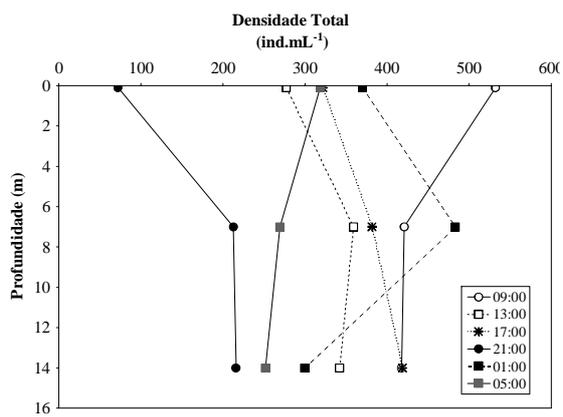


Figura 41. Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em outubro de 2010.



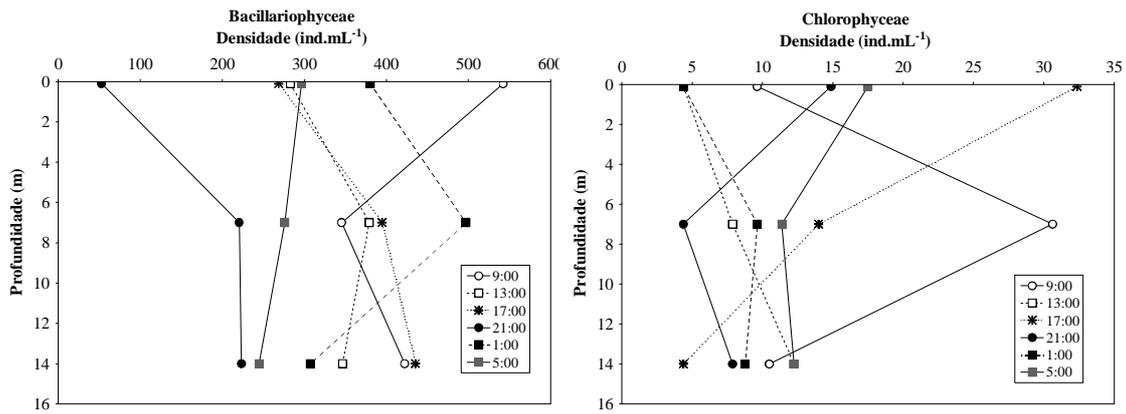


Figura 42. Variação vertical e nictemeral da densidade fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos, no ponto 18, em outubro de 2010.

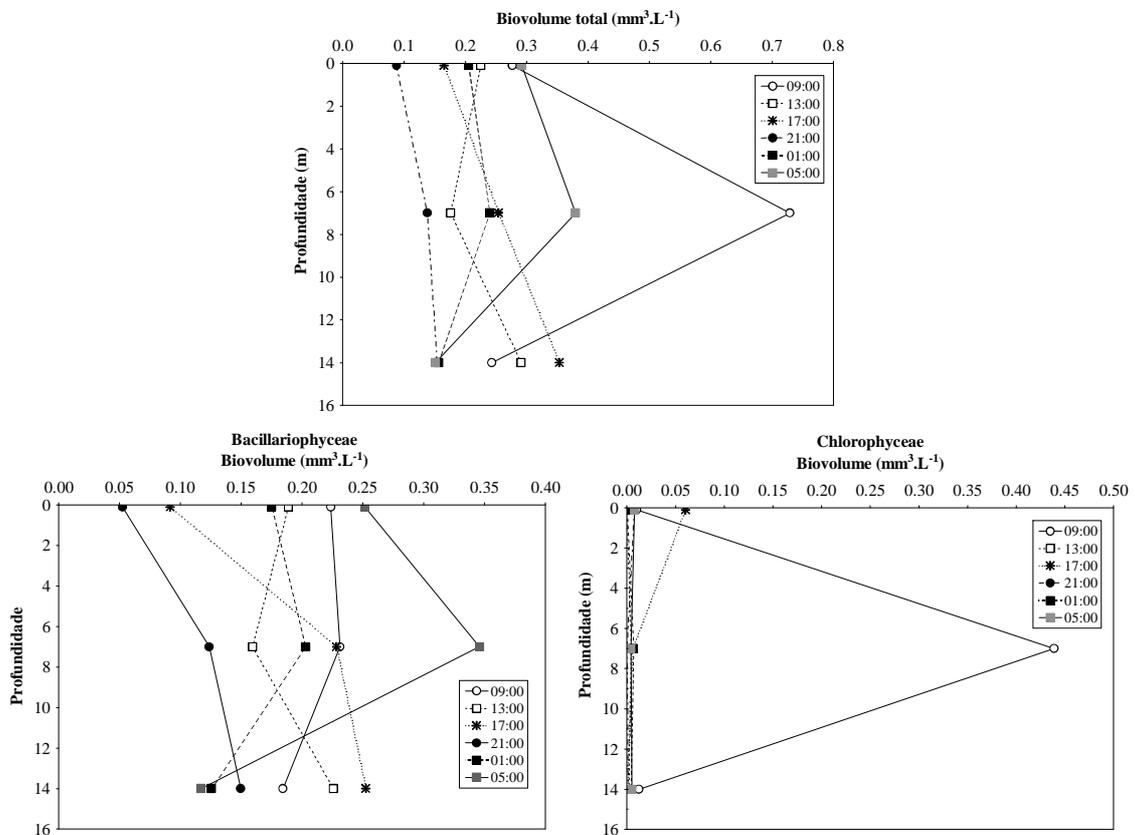


Figura 43. Variação vertical e nictemeral da biomassa fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos, no ponto 18, em outubro de 2010.

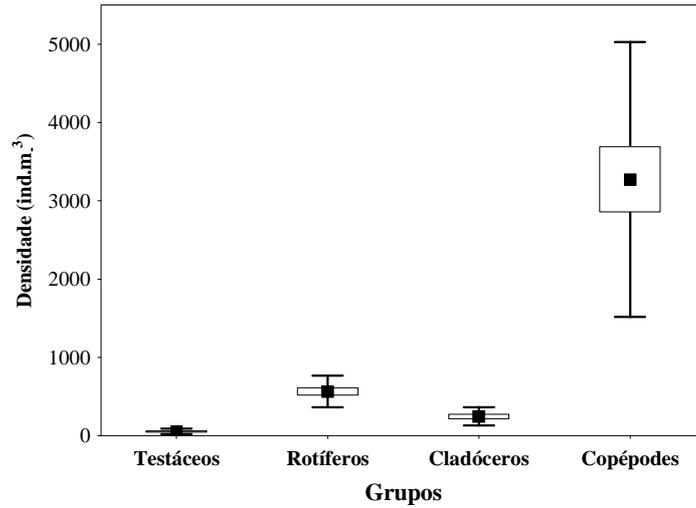
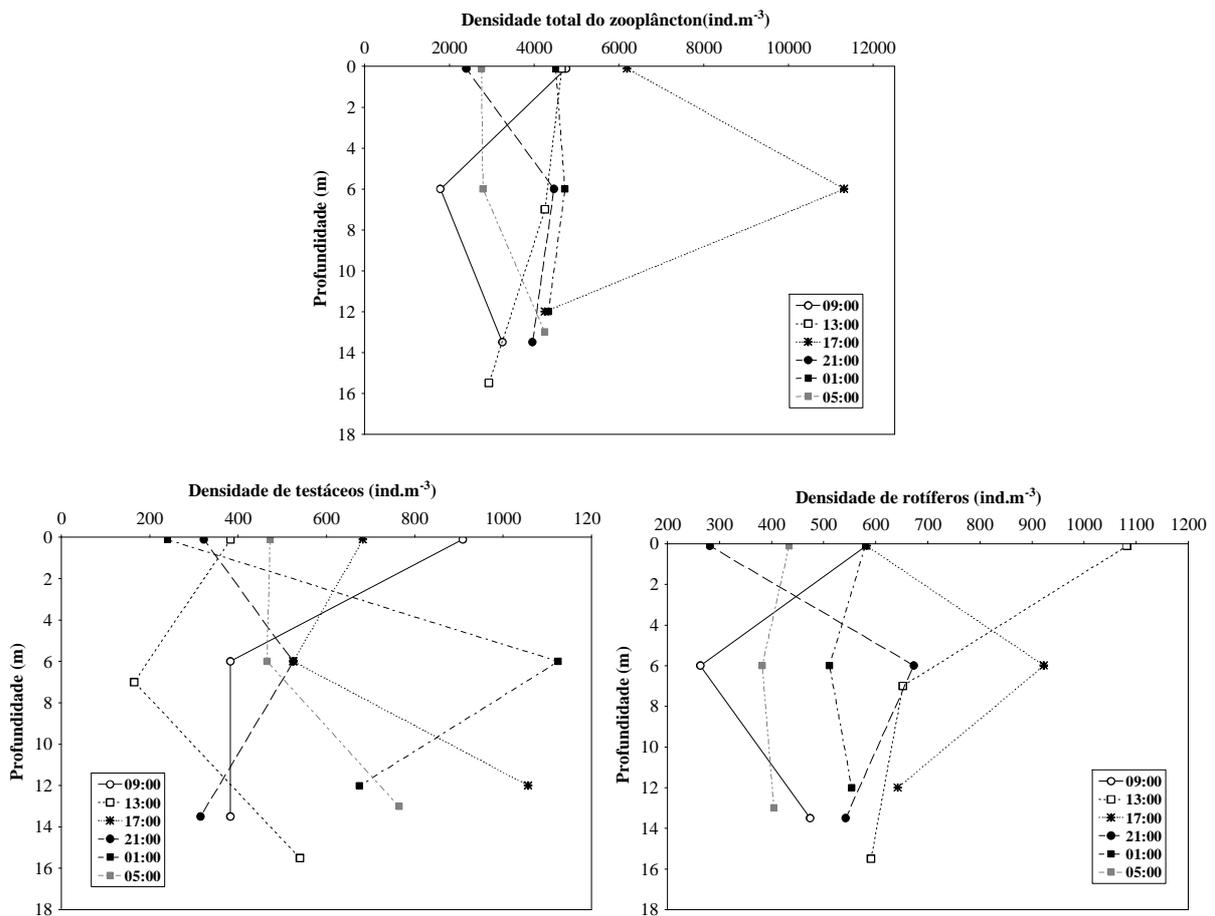


Figura 44. Variação da densidade dos diferentes grupos zooplânctônicos durante o ciclo nictemeral (24 horas), no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.



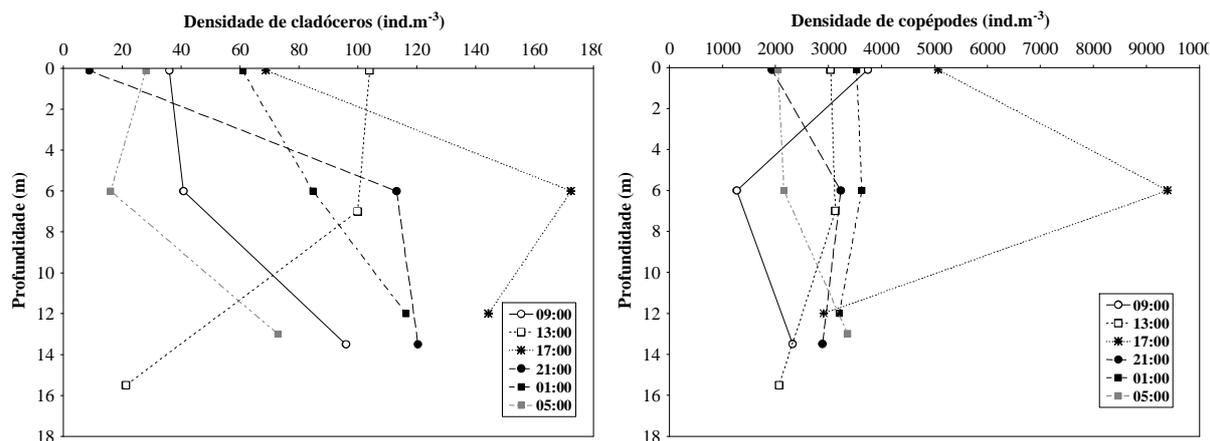


Figura 45. Distribuição vertical da densidade do zooplâncton ao longo de um ciclo nictemeral completo, no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Tabela 13. Inventário de espécies zooplânctônicas identificadas e suas respectivas densidades (indivíduos/m³) nos diferentes horários e profundidades amostrados durante um estudo de variação nictemeral, realizado na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010. (S=superfície; M= meio; F= fundo).

Hora	9:00	9:00	9:00	13:00	13:00	13:00	17:00	17:00	17:00	17:00	21:00	21:00	21:00	1:00	1:00	1:00	5:00	5:00	5:00
Profundidade	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	
Táxons																			
BACILLARIOPHYCEAE																			
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Sim.																	9	15	
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.		10									3	3		13	3			6	
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmem.) Sim.																	3		
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	20	48	17	9	17	23	10	49	29	8	35	28	28	51	22	30	48	39	
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Sim. var. <i>granulata</i>	12	10	9	20	9	26	1	19	29	5	3	8	11	8	5	3			1
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Holk & Klee	3	10								3	11	1	3	3					
<i>Discostella</i> sp.																			3
<i>Cocconeis</i> sp.	1																		
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	431	153	332	214	312	275	243	262	325	62	159	174	307	373	262	234	186	192	
<i>Cyclotella</i> sp1																			3
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.				3															
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.					6														
<i>Fragilaria</i> sp.	20	29	17	12	3	6													3
<i>Girosygma</i> sp.	6	1	9	9	9	3	10		1		11	22	8		3				
<i>Girosigma</i> sp.													8	8	5	3			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.			3																
<i>Melosira varians</i> C. A. Agard.		10															3		3
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.				3															
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.				3	3														

Tabela 13. Continuação.

Hora	9:00	9:00	9:00	13:00	13:00	13:00	17:00	17:00	17:00	21:00	21:00	21:00	1:00	1:00	1:00	5:00	5:00	5:00
Profundidade	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F
<i>Navicula</i> sp.	3				1													
<i>Nitzschia</i> cf. <i>gracilis</i> Hantzsch																		3
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.		57	9	9	3		10	49	29	16	11		1	8	3	6	12	
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow																	1	
<i>Nitzschia</i> sp.	6		6	3	3	6										3	3	9
<i>Orthoseira</i> sp.		10																
<i>Pinnularia</i> sp.				1											3			
<i>Thalassiosira</i> sp.																		1
Pennales não identificada 1											1		1				3	6
CYANOBACTERIA																		
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmem.			3								1							
<i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek				3		1												
<i>Aphanizomenon</i> sp									10									
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) (Klebahn) Wacklin, Hoffmann et Komárek			6					10										
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh) Anagn.	3																	
<i>Komvophoron</i> sp.		10																
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.	3																	
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.				3														3
CHLOROPHYCEAE																		
<i>Actinastrum aciculare</i> Playf.						6												
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>										3								
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott			1															
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schm.			3															
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.							10			3						6		3
<i>Coenochloris</i> sp.													3					
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew.																6	3	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) S. S. Na, T. Friedl, E. Hegew.										3		1						
<i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) E. Hegew.								10										
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. Hegew.	3																	
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.									1									
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritich) E. Hegew.					1													
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood																		1
<i>Dimorphococcus cordatus</i> Wol. sensu Chodat										3								
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek						3											3	3
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk. - Legn.																		3
<i>Pediastrum duplex</i> Mey.		10					1											
<i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>												3						



Tabela 13. Continuação.

Hora	9:00	9:00	9:00	13:00	13:00	13:00	17:00	17:00	17:00	17:00	21:00	21:00	21:00	1:00	1:00	1:00	5:00	5:00	5:00
Profundidade	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	
<i>Raphidocelis contorta</i> (Schm.) Marv. et al.	3																		
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat		10					10											1	
<i>Scenedesmus linearis</i> Komárek			3																
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat														3			3		
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat					3		1												
<i>Treubaria triappendiculata</i> Bern.							10												
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.		10																	
Chlorococcales não identificada																	5		
EUGLENOPHYCEAE																			
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.						3			10	3				3	3	3			
<i>Euglena</i> sp.	3																		
<i>Euglena oxyuris</i> (Brons.) Schm.	3					3													
<i>Phacus orbicularis</i> Hübn.																			3
<i>Strombomonas</i> sp.		10																3	
CRYPTOPHYCEAE																			
<i>Chroomonas</i> sp.											3								
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. emend. Pen.						3													
<i>Cryptomonas</i> sp.	12	29					39				3		8	19	19	11	9		
<i>Cryptomonas</i> sp1		19	12	6	9	6			1		11						18	3	15
ZYGNEMAPHYCEAE																			
<i>Closterium acutum</i> L. A. Bréb. ex Ralfs	3																		
<i>Closterium toxon</i> W. West.																1			
<i>Micrasterias</i> sp.				3															
<i>Staurastrum</i> <i>pseudotracerum</i> (Nordst.) West & G.S.West	3																		
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve			3																
<i>Stauroidesmus brevispina</i> (Bréb. ex Ralfs) Croasd.																			3
RAPHYDOPHYCEAE																			
<i>Gonyostomum</i> sp.				3															

5. Monitoramento Limnológico em Tempo Real

No presente relatório estão apresentados os resultados físicos e químicos da água obtidos entre os dias 01 a 31 de outubro de 2010 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira.

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de monitorar, automaticamente, 06 (seis) variáveis da qualidade da água na sub-superfície, em cumprimento ao item "b" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação nº 621/2009. As seguintes variáveis são medidas: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura e porcentagem de saturação de oxigênio.

5.1. Localização do Sistema de Monitoramento em Tempo Real

Após levantamento de campo realizado em agosto de 2009, definiu-se que o local mais apropriado para a instalação do sistema seria na estação de medição de nível d'água RS 3 – Lucas, cuja localização é apresentada na **Tabela 14** abaixo e no **Anexo III**. Este ponto está localizado a jusante do eixo da futura barragem do AHE Jirau, atendendo, assim, as especificações constantes na referida condicionante para o primeiro ponto de medição. A escolha desse ponto também levou em consideração a facilidade de acesso ao local, a proximidade com o Canteiro de Obras, a presença de pessoas no local, o que facilita a segurança das instalações do sistema, bem como a existência de relativo remanso do rio Madeira.

Tabela 14. Coordenadas geográficas do local de instalação do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira.

Estação	Coordenadas	
	Geográficas	UTM
RS 3 - LUCAS	09 ^o 12'08.1'' 64 ^o 36'28.7''	8982387 (N) 323338 (E)

5.2. Materiais e Métodos

O sistema de monitoramento em tempo real é composto fundamentalmente pelos seguintes componentes:

- Sonda multiparamétrica fixada na margem direita do rio Madeira (**Figura 46**);
- Painel solar para alimentação da sonda multiparamétrica;
- Antena e acessórios instalados na margem do rio Madeira para o envio dos dados (**Figura 47**).

A sonda multiparamétrica utilizada no sistema é de marca Eureka, modelo Manta, de fabricação americana. A sonda possui sensores de pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura e porcentagem de saturação de oxigênio, e foi mantida a uma profundidade de 0,5 m. Os dados obtidos pela sonda multiparamétrica foram transmitidos em tempo real via satélite para um servidor central de São Carlos-SP, a partir do qual, os dados armazenados foram acessados via internet pelo IIEGA para elaboração do presente relatório.



Figura 46. Local onde a sonda multiparamétrica do sistema de monitoramento em tempo real está fixada na margem direita do rio Madeira (RS 3 - Lucas), a jusante da futura barragem do AHE Jirau. As setas indicam o ponto no qual a sonda multiparamétrica permanece fixada.



Figura 47. Painéis solares, antena de transmissão e abrigo de alvenaria do sistema de monitoramento em tempo real instalados na proximidade da margem do rio Madeira (RS 3 - Lucas).

5.3. Resultados

Na **Figura 48** abaixo estão apresentados os gráficos da variação de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e porcentagem de saturação de oxigênio obtidos no sistema de monitoramento em tempo real no período entre 01 a 31 de outubro de 2010, sendo que na **Tabela 15** estão apresentados os valores mínimos, máximos e médios dessas variáveis.

Durante o mês de outubro de 2010 a temperatura da água variou entre 26,66 a 30,39°C, com média de 29,27°C. A condutividade variou de 90 a 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cuja média foi de 132 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O oxigênio dissolvido variou de 3,86 a 6,34 mg/L, cuja média foi de 4,49 mg/L. Já o pH variou de 6,88 a 7,97, cuja média foi de 7,17. Os valores de turbidez

estiveram na faixa de 102,3 a 400,1 NTU, com média de 299,0 NTU, sendo que a porcentagem de saturação de O₂ variou de 80,48 a 83,18 mg/L, com média de 81,63 mg/L.

A partir do dia 5 de outubro de 2010 verificou se um aumento progressivo da temperatura da água, que passou de 27 para 30 °C em meados do mês, acompanhado do aumento da condutividade e diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, do pH e da turbidez (**Figura 48**). Tais alterações podem estar relacionadas à mudança da qualidade da água como consequência das alterações climatológicas ocorridas nesse período, como por exemplo, o aumento da temperatura atmosférica. As pequenas oscilações de alta frequência observadas estiveram relacionadas às variações diurnas das variáveis atmosféricas, como por exemplo, aumento da temperatura da água resultante do aquecimento pela radiação solar durante o período diurno e e resfriamento da água durante o período noturno, fatores esses que possivelmente amplificam as alterações na margem do rio Madeira onde o sistema está sendo mantido.

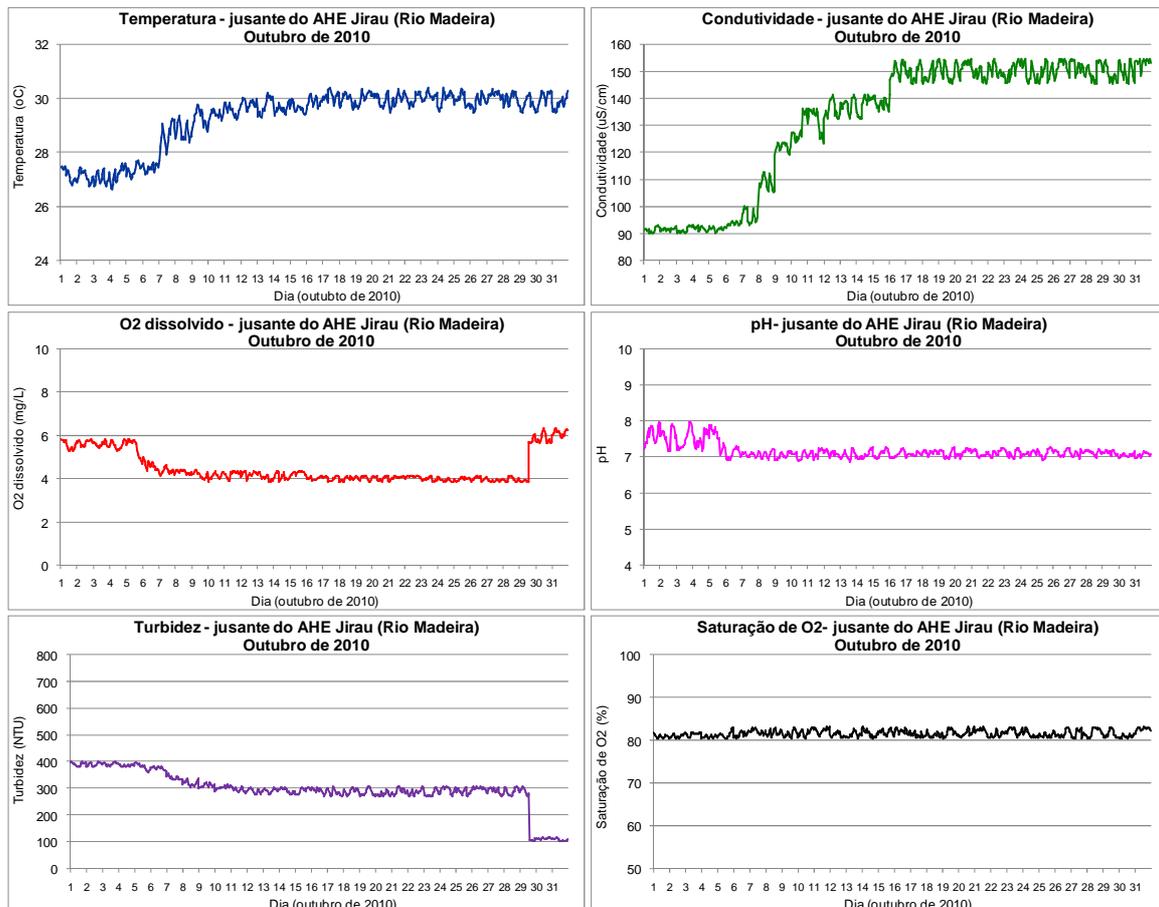


Figura 48. Variações de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e porcentagem de saturação de oxigênio observadas no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira no período entre 01 e 31 de outubro de 2010.

Tabela 15. Valores mínimos, máximos e médios das variáveis físicas e químicas observadas no período entre 01 a 31 de outubro de 2010 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira (RS 3- Lucas), a jusante da futura barragem do AHE Jirau.

	Temperatura (°C)	Condutividade (uS/cm)	O2 dissolv. (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Sat. O2 (mg/L)
Mínimo	26,66	90	3,86	6,88	102,3	80,48
Máximo	30,39	155	6,34	7,97	400,1	83,18
Média	29,27	132	4,49	7,17	299,0	81,63

6. Considerações Finais

Variáveis abióticas

Supondo a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, para o sistema em estudo, grande parte do trecho monitorado, em outubro de 2010, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. Os seguintes desvios foram observados:

- valores de turbidez superiores a 100 NTU nos pontos P7, P14 e P16;
- valores de cor superiores a 75 mg Pt/L nos pontos P3, P4, P5, P7, P8, P10, P11, P12, P14, P15, P16, P17 e P20;
- valores de pH inferiores a 6,0 nos pontos P7, P10 e P12;
- concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L em todos os pontos de coleta;
- concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L nos pontos P7 (localizado no igarapé Simãozinho), P14 e P16 (situado no igarapé Caiçara);
- densidade de coliformes termotolerantes superior a 1000 NMP/100ml nos pontos P5 (rio Abunã) e P16 (situado no igarapé Caiçara).

De maneira geral, em julho e outubro de 2010, o trecho monitorado na área de influência do AHE Jirau apresentou elevadas concentrações de oxigênio dissolvido, baixos valores de turbidez, ferro, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl (NTK), DBO₅, DQO, além de elevados valores de IQA (Índice de Qualidade da Água).

Em outubro de 2010, houve um aumento nas concentrações de clorofila-*a* em relação aos meses anteriores. Esse resultado é consequência dos menores valores de vazão, turbidez e sólidos suspensos registrados nos meses de julho e outubro de 2010.

Os resultados obtidos até o momento indicam a importância do regime hidrológico no controle da dinâmica limnológica da área investigada. Além disso, os resultados também sugerem que o regime hidrológico atua de forma diferenciada nos

tributários e no rio Madeira. Por exemplo, as maiores concentrações de oxigênio e os maiores valores de velocidade da água foram detectados nos pontos localizados no rio Madeira. Os maiores valores de alcalinidade e dureza também foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira, indicando que, provavelmente, esse rio apresenta elevadas concentrações de íons carbonato e bicarbonato. Além disso, entre setembro de 2009 e outubro de 2010, os pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira também apresentaram as maiores concentrações de fósforo total.

A análise do perfil vertical no ponto localizado no rio Madeira (ponto P18), em outubro de 2010, indicou pouca variação ao longo das três profundidades analisadas (superfície, meio e fundo), assim como observado nos meses anteriores do monitoramento limnológico. Essa baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos, que tende a homogeneizar a coluna d'água.

Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço

Os teores de elementos traço encontrados nas amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 referente aos corpos de água doce classe 2. Os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Os teores dos elementos traço determinados nas amostras de peixe e nos compartimentos ambientais amostrados na bacia do rio Madeira estão de acordo com os níveis naturais relatados na literatura para a região Amazônica.

Monitoramento Limnológico no Canteiro de Obras

Considerando a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 para o sistema em estudo, grande parte do trecho monitorado, em outubro de 2010, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução.

Considerando a maior parte das variáveis limnológicas estudadas, foi possível verificar que, em outubro de 2010, houve uma diferença significativa entre os pontos monitorados ao longo do rio Madeira e aqueles localizados nos igarapés, nas

proximidades do Canteiro de Obras. De maneira geral, os pontos situados nos igarapés apresentaram menores valores de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo total, coliformes termotolerantes, além de maiores valores de DBO₅, DQO e ferro total.

As maiores concentrações de alguns nutrientes e íons nos pontos localizados no rio Madeira são esperadas, tendo em vista a elevada concentração de material em suspensão que são carregados por esse rio. Resultado similar é obtido considerando os pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico. Assim, pode-se afirmar tais resultados não indicam a influência antrópica do Canteiro de Obras sobre as características limnológicas do trecho monitorado.

Além disso, nesse mês, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”.

A comunidade fitoplanctônica amostrada em outubro de 2010 na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau apresentou alta complexidade taxonômica. Foram registrados baixos altos valores de riqueza, densidade e biomassa e valores relativamente baixos de diversidade e equitabilidade na maioria dos pontos monitorados. Maiores valores ocorreram nos tributários provavelmente devido a menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade de luz.

De acordo com os resultados de biovolume obtidos, utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND *et al.*, 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, todos os pontos monitorados apresentaram características oligotróficas.

Foram registrados baixos valores de biovolume e baixo número de células de cianobactérias, o que permitiu enquadrar as águas dos pontos monitorados, na classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os resultados das análises de composição específica da comunidade zooplanctônica, na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, em outubro de 2010, revelaram uma comunidade composta por espécies não planctônicas, considerando o grande número de protozoários testáceos, todos preferencialmente litorâneos e bentônicos, assim como muitas espécies de rotíferos, cladóceros e copépodes.

A partir dos resultados das análises qualitativas e quantitativas do zooplâncton pode-se discriminar 02 (dois) grupos de pontos de amostragem: aqueles localizados nos



igarapés, caracterizados pela ocorrência de um grande número de testáceos, por densidades bastantes variáveis (as maiores e as menores registradas) e dominância de diferentes grupos, e pelos maiores valores de equitabilidade e índice de diversidade. Por outro lado, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram, em geral, menores valores de riqueza de espécies, foram menos heterogêneos em termos de abundância e dominância dos diferentes grupos, foram dominados por copépodes e apresentaram os menores valores de equitabilidade e índice de diversidade.

Os resultados observados sugerem, pelo menos a princípio, uma boa qualidade ambiental para as áreas dos igarapés, considerando-se a elevada riqueza de espécies e os maiores valores de equitabilidade e índice de diversidade, enquanto que as pequenas diferenças, em termos de abundância e riqueza, observadas para o rio Madeira parecem estar relacionadas à diferenças hidrodinâmicas entre os pontos de amostragem.

Por fim, uma boa qualidade ambiental é sugerida para a área de estudo, considerando-se a dominância de *Thermocyclops minutus* em relação à sua espécie congênica *T. decipiens*.

A comunidade de invertebrados bentônicos identificada na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau esteve formada principalmente por táxons mais resistentes. Os pontos localizados no rio Madeira (PL01 ao PL06) apresentaram uma comunidade semelhante, provavelmente devido ao tipo de substrato, entre outras, como alta concentração de sólidos na água. Nos igarapés foram registradas as menores riquezas taxonômicas, assim como as maiores densidades de Chironomidae e Oligochaeta.

Assim, pode-se afirmar tais resultados não indicam a influência antrópica do Canteiro de Obras sobre as características limnológicas do trecho monitorado, tendo em vista que resultado similar é obtido considerando os pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico.

O relatório referente às análises físicas, químicas e biológicas no trecho monitorado nas proximidades do Canteiro de Obras é apresentado no **Anexo V**.

Monitoramento em Tempo Real

Durante o mês de outubro de 2010 verificou-se um aumento progressivo da temperatura da água acompanhado pelo aumento da condutividade e diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, do pH e da turbidez. Tais alterações podem estar

relacionadas à mudança da qualidade da água como consequência das alterações climatológicas ocorridas nesse período, como por exemplo, o aumento da temperatura atmosférica. As pequenas oscilações de alta frequência observadas estiveram relacionadas às variações diurnas das variáveis atmosféricas, como por exemplo, aumento da temperatura da água resultante do aquecimento pela radiação solar durante o período diurno e e resfriamento da água durante o período noturno, fatores esses que possivelmente amplificam as alterações na margem do rio Madeira onde o sistema está sendo mantido.

Comunidades Biológicas

A comunidade fitoplanctônica amostrada em outubro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou alta complexidade taxonômica. Neste mês foram registrados 179 táxons fitoplanctônicos, os quais estiveram distribuídos entre 10 (dez) grupos taxonômicos. Verificou-se um aumento do número de táxons em relação ao registrado em abril e julho de 2010. Os grupos mais especiosos em outubro de 2010, foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae.

Foram registrados altos valores de riqueza, densidade e biomassa fitoplanctônica na maioria dos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau. Seguindo os resultados observados em julho de 2010, na amostragem de outubro de 2010 os maiores valores ocorreram no rio Madeira e rio Mamoré.

De acordo com os resultados de biovolume obtidos, utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND *et al.*, 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, todos os pontos monitorados apresentaram características oligotróficas.

Foram registrados baixos valores de biovolume e baixo número de células de cianobactérias nos 05 (cinco) meses de estudo. Isso permitiu classificar as águas dos pontos monitorados na classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005. As cianobactérias foram representadas por táxons característicos de ambientes eutróficos e potencialmente tóxicos, os quais apresentam ampla tolerância ambiental e podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna de água e altas concentrações de nutrientes.

Os baixos valores de densidade e biomassa obtidos na maioria dos pontos podem ser atribuídos a alta velocidade de corrente e turbidez da água, haja vista que o desenvolvimento fitoplanctônico em sistemas com alta velocidade de corrente é

limitado principalmente por fatores físicos como a elevada vazão, que provoca choque mecânico sobre as células algais dificultando seu crescimento e a alta carga de materiais inorgânicos, que resultam em baixa transparência da água.

A hidroninâmica do rio Madeira caracterizada por alto fluxo, bem como a alta turbidez apresentada por este, influenciou a baixa variação vertical e nictemeral das espécies fitoplanctônicas no ponto P18.

A variabilidade sazonal observada para os atributos fitoplanctônicos no rio Madeira e tributários, ora com maior desenvolvimento fitoplanctônico no rio Madeira, ora nos tributários, podem ser atribuídas às flutuações do nível fluviométrico do rio Madeira, as quais refletem diretamente na vazão e tempo de residência da água deste rio e, conseqüentemente, alteram a hidrodinâmica dos tributários.

Os resultados de composição específica do zooplâncton, obtidos em outubro de 2010, corroboraram, em geral, aqueles obtidos nos quatro primeiros períodos de amostragem, de forma que se observou uma comunidade típica de rios de grande porte, considerando a grande contribuição de espécies oriundas dos compartimentos litorâneo e bentônico, mas também com uma grande ocorrência de espécies planctônicas oriundas, provavelmente de remansos ou ambientes predominantemente lênticos associados ao rio Madeira e seus tributários.

Em relação à riqueza de espécies, rotíferos e protozoários testáceos constituíram-se, mais uma vez, nos grupos predominantes e, assim como registrado em períodos anteriores, observou-se, em geral, uma maior contribuição de testáceos nos tributários, e nos rios Madeira e Mamoré, os rotíferos mantiveram-se, em geral, como os mais especiosos.

Já os resultados de densidade, e especialmente de biomassa, evidenciaram, em geral, o predomínio de cladóceros e copépodes como grupos mais abundantes. Além disso, um padrão distinto foi observado entre os pequenos tributários e os grandes rios, de forma que, maiores valores de biomassa foram registrados nos pontos localizados nos grandes rios como o rio Madeira, e especialmente nos rios Mamoré e Abunã (pontos P1 e P5), além da área alagada do rio Mutum-Paraná, enquanto que os menores valores desses atributos foram registrados em pequenos tributários.

Temporalmente, foram observados em outubro de 2010 os maiores valores de densidade e biomassa do zooplâncton, ao longo de todo o monitoramento.

Em relação ao índice de diversidade, maiores valores deste índice foram, em geral, observados para os tributários e os menores para alguns pontos do rio Madeira e



rio Mamoré, influenciados pelos menores valores de equitabilidade registrados também nestes ambientes.

Em relação à distribuição vertical do zooplâncton, em outubro de 2010, os resultados obtidos para o ponto P18, evidenciaram uma certa homogeneidade vertical da riqueza de espécies, equitabilidade e índice de diversidade do zooplâncton, enquanto que a densidade e biomassa dessa comunidade foram, verticalmente, bastante variáveis, com densidade e biomassa muito superiores na camada superficial, com os menores valores destes atributos observados no fundo.

Quanto ao estudo de variação nictemeral, os resultados evidenciaram que, apesar da distribuição vertical da abundância do zooplâncton ter sido extremamente variável, entre os horários, assim como entre os grupos analisados, alguns resultados recorrentes sugerem algum tipo de padrão de distribuição vertical. Assim, cladóceros, copépodes e rotíferos apresentaram, em geral, picos de abundância bem marcados no meio da coluna d'água, às 17:00 horas e todos os grupos foram mais abundantes à superfície no horário das 9:00 horas. Os fatores que determinam tais variações verticais carecem de estudos detalhados em ambientes lóticos, e devem ser esclarecidos quando estudos que visem identificar especificamente estes fatores sejam realizados.

Por fim, mais uma vez, a co-ocorrência das espécies do gênero *Thermocyclops*, *T. minutus* e *T. decipiens*, com densidades similares das duas espécies sugerem condições de mesotrofia para a área de influência do AHE Jirau.

A comunidade de invertebrados bentônicos registrada em outubro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou um aumento da diversidade geral em relação às amostragens anteriores, provavelmente devido a uma maior estabilidade ambiental no pico da estação seca. Chironomidae (Diptera) e Oligochaeta (Annelida) apresentaram as maiores frequências e abundâncias médias, assim como em setembro de 2009, janeiro, abril e julho de 2010. A maior riqueza foi registrada no ponto P3 (igarapé Ribeirão), provavelmente devido ao tipo de substrato (cascalho e folhiço).

7. Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- BAPTISTA, D.F.; D.F. BUSS; M. EGLER; A. GIOVANELLI; M.P. SILVEIRA & J.L. NESSIMIAN. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia** v. 575, p. 83-94, 2006.
- BASU, B.K.; PICK, F.R. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate river. **Journal of Plankton Research**, v. 19, p. 237-253, 1996.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. **Qualidade de águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Editora FURG, 2001. 166p.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.
- BORGES, P.A.F.; RODRIGUES, L.C.; PAGIORO, T.A.; TRAIN, S. Spatial variation of phytoplankton and other abiotic variables in the Pirapó River -PR (Brazil) in august 1999: Preliminary study. **Acta Scientiarum**, v. 25, p. 1-8, 2003.
- BORGES, P. A. F. *et al.* Estrutura do fitoplâncton, em curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo, Paraná, Brasil). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, p. 57-65, 2008.
- BORGES, P. A. F. *et al.* Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. **Hydrobiologia**, *in press*, 2010.
- BRANDIMARTE, A.L.; ANAYA, M.; SHIMIZU, G.Y. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré e pós-enchimento em reservatórios: um estudo de caso no reservatório de aproveitamento múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP). In: Henry, R. (Org.). **Ecologia de reservatórios**: estrutura, função e aspectos sociais. FAPESP, 1999. p. 375-408.
- CABIANCA, M.A.A.; SENDACZ, S. Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 12, p. 86-95, 1985.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

- CARMOUZE, J.P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Editora Edgard Blücher, Fapesp, 1994. 254 p.
- CARVALHO, E.M. UIEDA, V.S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 287-293, 2004.
- CODD, G.A.; MORRISON, L.F.; METCALF, E.J.S. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 203, p. 264-272, 2005.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.
- DA-SILVA, E.R., SALLES, F.F.; BAPTISTA, M. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. **Biota Neotropica**, v. 2, 2002.
- EDMUNDS Jr., G.F.; JENSEN, S.L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330 p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- HAPPEY-WOOD, C.M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C.D. (Org.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 175-226.
- HYNES, H.B.N. **The Ecology of Running Waters**. Liverpool University Press, 1970. 555p.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, E.C.J.F. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge: University Press, 1995. 324 p.
- KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.
- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J.L.; Carvalho, A.L. (Eds.), **Ecologia de insetos aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis, vol.V. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998. p.157-173.

- KIMMEL, B.L., LIND, O.T.; PAULSON, L.J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L.; PAINE, F.E. (Org.). **Reservoir limnology: Ecological Perspectives**. New York: John Wiley e Sons, 1990. p. 133-193
- KLAVENESS, D. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: SANDGREN, C. (Org.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 105-133
- KOBAYASHI, T.R.J. *et al.* Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. **Hydrobiologia**, v. 377, p. 133-145, 1998.
- KULMANN, M.L., HAYASHIDA, C.Y., ARAÚJO, R.P.A. Using Chironomus (Chironomidae:Diptera) mentum deformities in environmental assessment. **Acta Limnologia Brasiliensis**, v. 12, p. 55-61, 2000.
- LAMPARELLI, M.C. **Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2004. 238 p.
- LAMPERT, W., SOMMER, U. **Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams**. Oxford University Press, New York. p. 382. 1997.
- LANDA, V.; SOLDÁN, T. Mayflies as bioindicators of water quality and environmental change on a regional and global scale. In: Corkem, L.D.; Ciborowski, J.J.H. (eds.). **Current directions in research on Ephemeroptera**. Canadian Schobar's Press Inc, Toronto, 1995. p. 21-29.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Comunidade zooplanctônica. In: VAZZOLER, A.E.A.M. *et al.* (Org.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 117-155.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: HENRY, R (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 347-74.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: AGOSTINHO, A. A. *et al.* (Org.). **Structure and Function of the Paraná River and its floodplain**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 75-84.

- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L. *et al.* (Org.). **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RIMA, 2005. p. 115-128.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 63-74, 2007.
- LAWRENCE, S.G. *et al.* Method for Estimating Dry Weight of Freshwater Planktonic Crustaceans from Measures of Length and Shape. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 44, p. 264-274, 1987.
- LAYR, N.; REYES-MARCHANT, P. The potamoplankton of the middle Loire and the role of moving littoral in downstream transfer of algae and rotifers. **Hydrobiologia**, v. 356, p. 33-52, 1997.
- LIND, O.T. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUCAN, A. (Org.). **Comparative reservoir limnology and water quality management.** Netherlands: Kluwer Academic Press, 1993. p. 57-67
- LOPES, R.M. *et al.* Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES L.C. (Org.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo.** Maringá: EDUEM, 1997. p. 39-60.
- LOYOLA, R.G.N. Atual estágio do IAP de índices biológicos de qualidade. **Anais. V Simpósio de ecossistemas brasileiros: Conservação. V.1. Conservação e Duna.** ACIESP, n. 109, p. 46-52, 2000.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist.** Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and Its Measurement.** New Jersey: Princeton Univ. Press, 1988. 179 p.
- MARZOLF, G.R. Reservoirs as environments for zooplankton. In: THORNTON, K.W.; KIMML, B.L.; PAYNE, F.E. (Org.). **Reservoir Limnology: ecological perspectives.** New York: Wiley-Interscience, 1990. p. 195-208.
- MERRIT R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America.** 3^o. Edition. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1996. 862 p.

- MITROVIC, S.M.; HITCHCOCK, J.N.; DAVIE, A.W.; RYAN, D.A. Growth responses of *Cyclotella meneghiniana* (Bacillariophyceae) to various temperatures. **Journal of Plankton Research**, v. 32, p. 1217-1221, 2010.
- NOGUEIRA, M.G. Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brasil. **Hydrobiologia**, v. 455, p. 1-18, 2001.
- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. :1-19, 2009.
- PECKARSKY, B.L.; FRAISSINET, P.R.; PENTON, M.A.; CONKLIN JR., D.J. **Freshwater macroinvertebrates o Northeastern North America**. Cornell Univ. Press, 1990. 442 p.
- REYNOLDS, C.S. Potamoplankton: Paradigms, Paradoxes and Prognoses. In: ROUND, F.E. (Org.). **Algae and the Aquatic Environment**. Bristol: Riopress, 1988. p. 285-311.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: The Paradigm Regained. In: Harper, D.M.; Ferguson, A.J.D. (Org.). **The ecological basis for river management**, John Willet & Sons publishers, 1995. p. 161-180.
- REYNOLDS, C.S.; DESCY, J. P. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. **Archiv Hydrobiologic**, Supplement, v. 113, p. 161-187, 1996.
- REYNOLDS, C.S. **Vegetation process in the pelagic**: A model for ecosystem theory. Oldendorf: Ecology Institute, 1997.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L., MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- RIBEIRO, L.O.; UIEDA, V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 613-618, 2005.
- RODRIGUES, L.C.; TRAIN, S.; PIVATO, B.M.; BOVO, V.M.; BORGES, P.A.F.; JATI, S. Assembléias Fitoplanctônicas de 30 Reservatórios do estado do Paraná. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Org.). **Biocenoses em reservatórios**: Padrões espaciais e temporais. São Carlos: RIMA, 2005. p. 57-72.

- RODRIGUES, L.C. *et al.* Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, (2, suppl.), p. 501-516, 2009.
- ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.M. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. London: Chapman & Hall, 1996. 488 p.
- SALMASO, N.; ZIGNIN, A. At the extreme of physical gradients: phytoplankton in highly flushed, large rivers. **Hydrobiologia**, v. 639, n. 1, p. 21-36, 2010.
- SAMPAIO, E.V. *et al.* Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.
- SENDACZ, S. *et al.* Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 66, p. 337-350, 2006.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, Illinois: University Press, 1963. 117 p.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.
- THORP, J.P.; CLASPER, A.F. Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels and zooplankton in the St Lawrence river. **River Researches and Applications**, v. 19, p. 265-279, 2003.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L. Phytoplanktonic Assemblages. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Org.). **The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys, 2004. p.103-124.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. **Mitt. int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p. 103-113, 1999.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Distribuição longitudinal da comunidade zooplancônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Org.). **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Rima, 2005. p. 129-136.

- VIEIRA, L.C.G. *et al.* Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 170, p. 77-85, 2007.
- WETZEL, R.G. Recommendation for future research on periphyton. In: Wetzel, R.G. (eds.). **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. Dr. W. Junk Publishers, The Netherlands, 1983. p. 339- 346.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto Press, 1977. 393 p.

ANEXO I
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Rio Mamoré (ponto P1-MAM1).



Foto 2. Rio Madeira (ponto P2-MAD1).



Foto 3. Igarapé Simãozinho (ponto P7).



Foto 4. Igarapé São Simão (ponto P8).



Foto 5. Igarapé Castanho (ponto P10).



Foto 6. Rio Cotia (ponto P12).



Foto 7. Igarapé São Lourenço (ponto P15).



Foto 8. Igarapé Caiçara (ponto P16).



Foto 9. Igarapé Jirau (ponto P17).



Foto 10. Rio Madeira (ponto P18-MAD5).

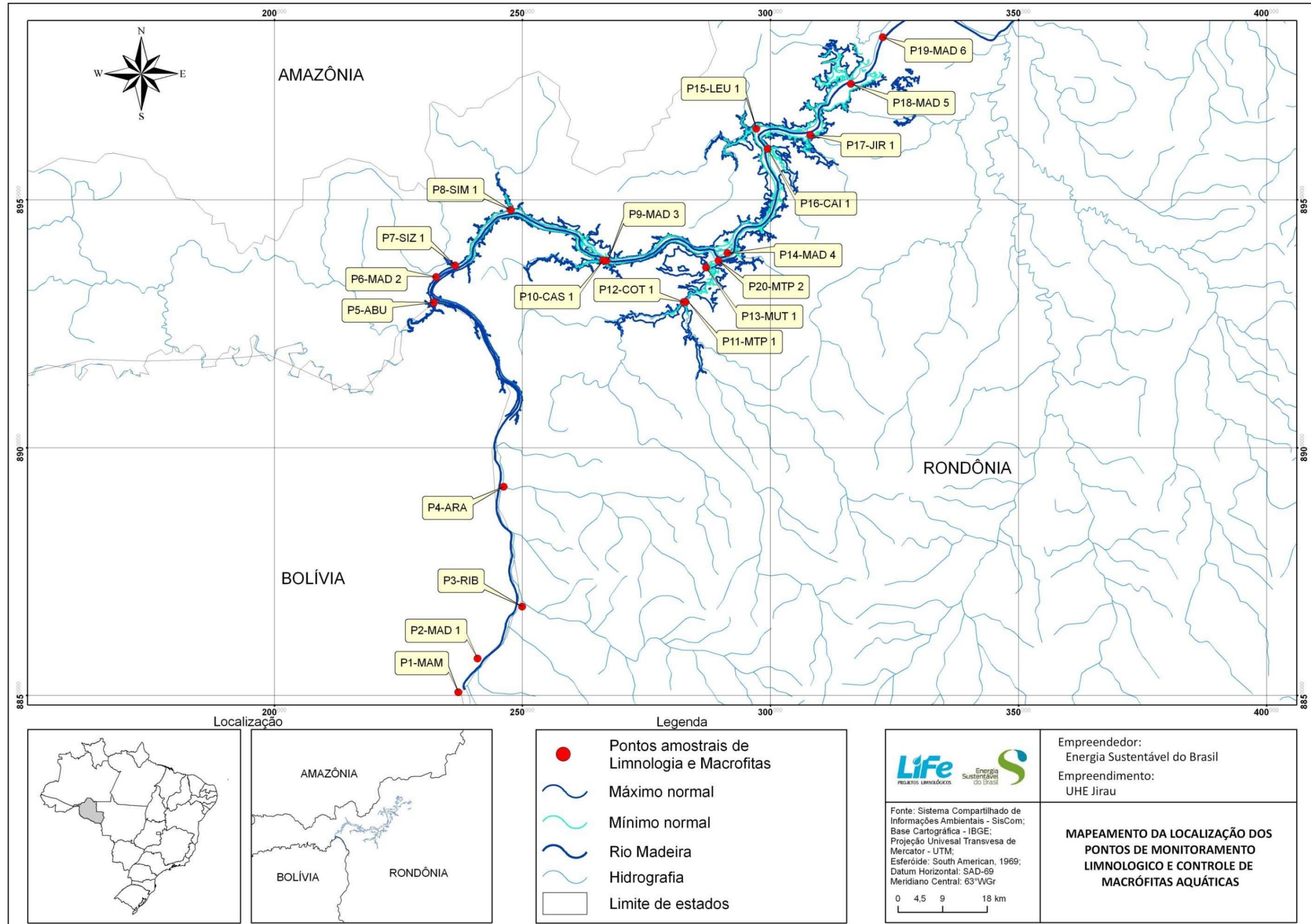


Foto 11. Coleta de zooplâncton no ponto P18 (rio Madeira).

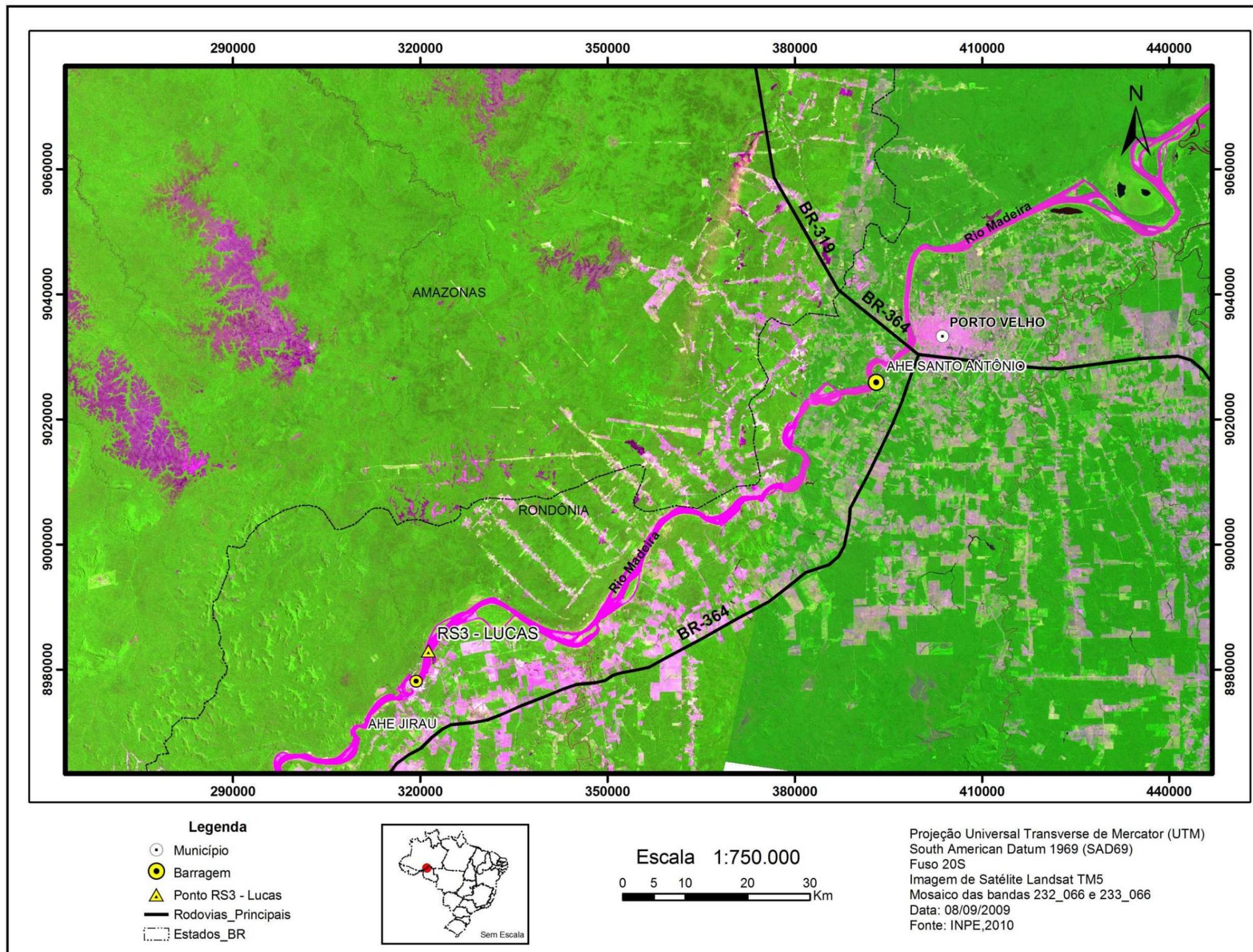


Foto 12. Realização do ciclo nictemeral no ponto P18 (rio Madeira).

ANEXO II. Localização dos pontos de coleta.



ANEXO III. Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira (RS 3 – Lucas).



ANEXO IV



USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

5ª CAMPANHA DE CAMPO DO PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS ELEMENTOS-TRAÇO

EMPRESA: **Venturo Consultoria Ambiental Ltda**

PERÍODO DAS ATIVIDADES: **Outubro/2010**

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

RESPONSÁVEL DA ESBR: **Jairo Guerrero**

Equipe Técnica de Trabalho

Nome do Profissional	RG	Qualificação	Função no Contrato	Participação (%)
Luiz Fabricio Zara	20219582 SSP/SP	Doutor/Químico	Coordenador geral	100
Ademir Santos	272170317 3 SSP/SP	Doutor/Químico	Especialista em análise de campo	100
Julio C. Rocha	79522324 SSP/SP	Doutor/Químico	Especialista em mercúrio na Amazônia	100
Wilson F. Jardim	61052139 SSP/SP	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	300237844 SSP/SP	Doutora/Química	Especialista em análise de mercúrio	100
Livia M. Santos	129308 CRM	Doutora/Médica	Estudo de Saúde Humana - Neuropsicologia	100
Valeria V. Serra	01/3559 CRP	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana - Neuropsicologia	100
Clarisse V. Serra	1373632 SSP/DF	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana - Neuropsicologia	100
Vera L. D. Simões	01/2198 CRP	Mestre/Psicóloga	Estudo de Saúde Humana - Neuropsicologia	100
Ednaldo R. Souza	234796522 SSP/SP	Técnico em Química	Analista laboratorial	100
Wllyane Figueiredo	2670524 SSP/DF	Gestão Ambiental	Analista em SIG	100
Tania Machado	5213430 SSP/GO	Gestão Ambiental	Analista em SIG	100

Sumário

1. Apresentação	1
2. Introdução	1
3. Área de estudo	2
4. Metodologia.....	4
4.1. Amostras Abióticas	4
4.2. Amostras Bióticas.....	6
4.3. Análise dos Dados	7
5. Resultados e Discussão.....	7
5.1. Teores de elementos traço em água superficial.....	10
5.2. Teores de elementos traço em sedimento de fundo.....	18
5.3. Teores de elementos traço em peixe.....	34
6. Considerações Finais	35
7. Referências Bibliográficas.....	36

1. Apresentação

O presente relatório técnico parcial tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas em outubro de 2010 e apresentar os resultados da 5ª campanha de campo do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço, realizada no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau, entre os dias 06/10 a 22/10/2010.

2. Introdução

O termo elemento traço normalmente é utilizado para se definir metais que podem estar presentes predominantemente nas formas catiônica ou oxianiônica em baixas concentrações no ambiente. A dispersão destes elementos no ambiente pode ocorrer na forma de íons livres ou íons complexos em solução, adsorvidos ou coprecipitados em sólidos finos (óxidos hidratados, argilominerais, matéria orgânica) ou em colóides. A principal via de intoxicação de seres humanos por poluentes orgânicos e inorgânicos está associada aos sistemas aquáticos, destacando-se o consumo de pescado (Mackay, 1991). Os riscos à saúde associados à ingestão de pescado são de 20 a 40 vezes mais elevados quando comparado à ingestão de água com elevados níveis de elementos traço (Foran, 1990). Este fato está associado à capacidade dos organismos aquáticos bioacumularem os elementos traços em concentrações muito maiores do que as observadas no meio ambiente (Wren *et al.*, 1983). As concentrações dos elementos traços em um dado organismo não podem ser consideradas como um valor constante, mas sim como um fator sujeito às influências das variações bióticas (endogênicas e exogênicas) e abióticas do meio ambiente (Dorea *et al.*, 1998).

O monitoramento dos elementos traços nos compartimentos abióticos e bióticos do futuro reservatório do AHE Jirau possibilitará avaliar as possíveis alterações na distribuição destes elementos, os quais poderão sofrer alterações pela mudança das características físico-químicas do rio Madeira causada pela implantação do empreendimento. As informações referentes aos níveis de elementos traços fazem parte do Programa de Monitoramento Limnológico, permitindo que sejam elaborados prognósticos da qualidade da água mediante as ações implementadas e quantificados os possíveis impactos da implantação do AHE Jirau nos meios físico, biótico e socioeconômico.

3. Área de estudo

O desenho amostral do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau, na bacia do rio Madeira, está apresentado de forma detalhada no **Quadro 1** abaixo.

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	8850647	0237100
P2-BENI	Foz do Rio Beni - Brasil	8850599	0237003
P3-MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	8857436	0240990
P4-RIB	Igarapé Ribeirão	8867955	0249955
P5-ARA	Igarapé Araras	8892119	0246246
P6-ABU	Rio Abunã	8929302	0232136
P7-MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	8934445	0232648
P8-SIZ	Igarapé Simãozinho	8936771	0236442
P9-SIM	Igarapé São Simão	8947925	0247667
P10-MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	8937744	0266960
P11-CAS	Igarapé Castanho	8937755	0266274
P12-MTP 1	Rio Mutum Paraná	8929404	0282932
P13-COT	Igarapé Cotia	8929359	0282566
P14-MUT	Área alagada do Bolsão do Mutum	8936335	0287058
P15-MTP 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	8937720	0289557
P16-MAD 4	Igarapé São Lourenço	8939291	0291344
P17-CAI	Igarapé Caiçara	8960269	0299438
P18-LOU	Igarapé Jirau	8960257	0297204
P19-JIR	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	8964160	0308123
P20-MAD 5	Rio Madeira (bóia) a jusante do AHE Jirau	8966289	0309788
P21-MAD 6	Foz do rio Mutum Paraná	8982823	0322688

*Pontos com estudos em transecto (A - margem direita, B - centro e C - margem esquerda)

Os pontos amostrais descritos no **Quadro 01** e indicados na **Figura 01** seguem a mesma numeração e identificação dos pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico e do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROBIOGEOQUÍMICO DO MERCÚRIO

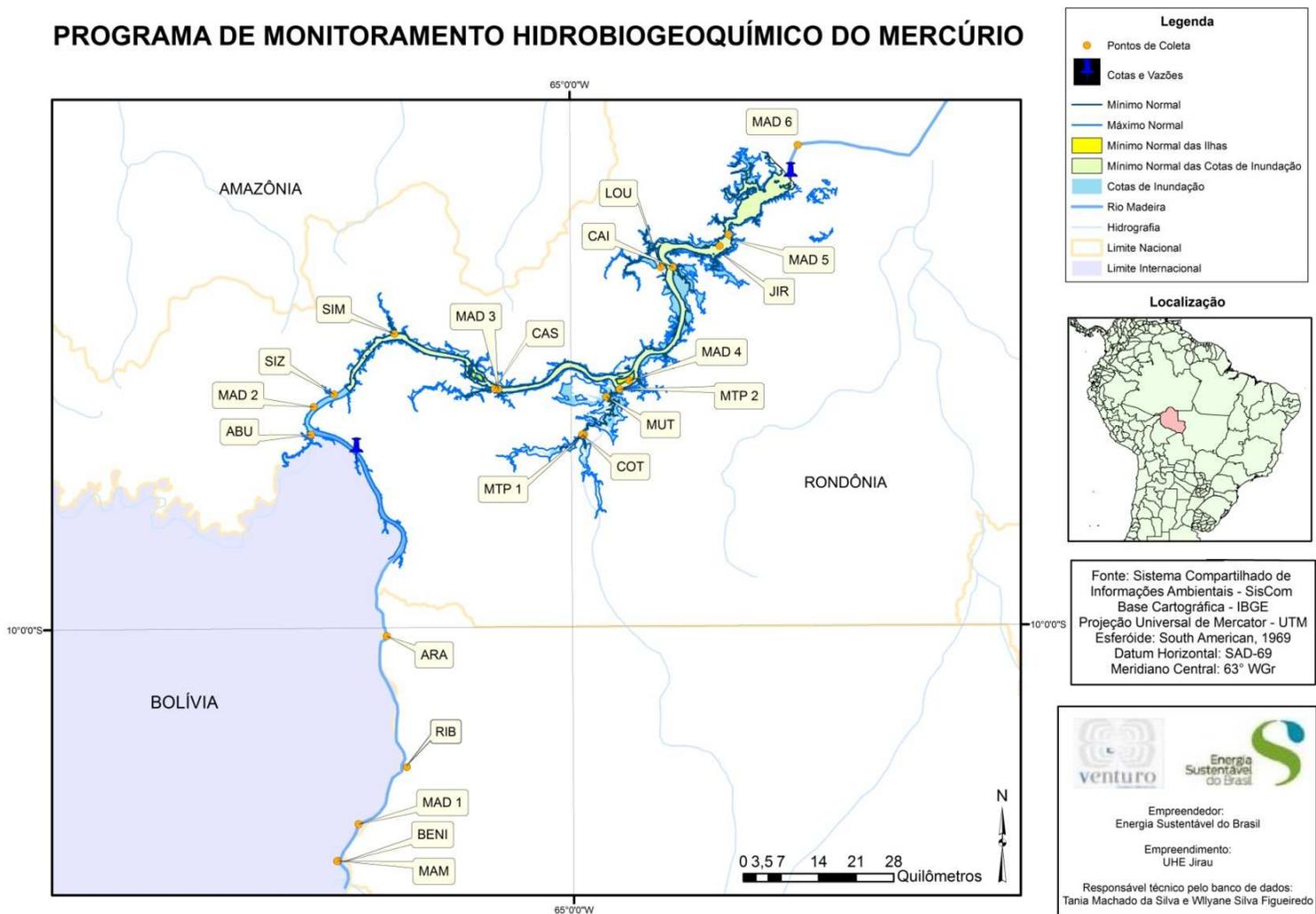


Figura 01 – Mapa do desenho amostral do plano de monitoramento de elementos traço nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau.

4. 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.

4.1. 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 são coletadas em 5 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm 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 são 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 são quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES), enquanto que os elementos traço As e Se são quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG). No laboratório também são feitas conjuntamente à análise de elementos traços no solo, análises granulométricas e do teor de matéria orgânica das amostras de solo. As amostras de solos são coletadas próximo às margens do rio Madeira e seus afluentes, considerando os seguintes aspectos: áreas alagadas e/ou sazonalmente alagadas, gradientes topográficos e perfis verticais de solo, considerando ainda as diferentes unidades pedológicas.

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 serão feitas semestralmente em todas as fases do empreendimento. Desta forma, estas análises foram apresentadas no Relatório Técnico Parcial referente a 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07/2010 a 22/07/2010 e a serão novamente apresentadas no Relatório Técnico Parcial referente a 6ª campanha de campo (período de enchente) a ser feita em janeiro de 2011.

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 ultra-pura (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).

4.2. 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 feitas 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, possibilitando a análise em 26 espécimes de Dourada (*Brachyplatystoma avicans*), 18 espécimes de Tucunaré (*Cichla ocellaris*), 05 (cinco) espécimes de Pintado (*Pseudoplatystoma sp*), 08 (oito) espécimes de Arumará (*Acestrorhynchus sp*), 04 (quatro) espécimes de Piranha-caju (*Pygocentrus nattereri*), 17 espécimes de Surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*), 15 espécimes de Pescada (*Plagioscion sp*), 13 espécimes de Apapá (*Pellona castelneana*), 09 (nove) espécimes de Sardinha (*Triportheus sp*) e 07 (sete) espécimes de Mandi (*Pimelodus sp*). 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).

Mamíferos aquáticos e semi-aquáticos

As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em mamíferos aquáticos e semi-aquáticos, conforme previsto no Plano de Monitoramento Ambiental

de Elementos Traço, serão possíveis pela interface deste Programa com o Programa de Conservação da Fauna Silvestre, o qual prevê coleta de material biológico na área de influência do AHE Jirau. Parte deste material coletado será acondicionada e, posteriormente, será realizado estudo sobre os níveis dos elementos traços nestes indivíduos capturados.

4.3. 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 geostatística e de estatísticas multivariadas que são ferramentas importantes na quantificação e interpretação dos dados multivariados. Inicialmente os dados obtidos foram analisados por testes univariantes para a determinação de possíveis diferenças quando existirem e ainda testar se as observações e métodos pertencem à mesma população. Para tal, foram realizados testes de médias e variâncias para se fazer inferências sobre os dados coletados bem como dos testes utilizados.

5. Resultados e Discussão

Os valores das cotas do rio Madeira nas estações de leituras indicadas na **Figura 01** durante a 5ª campanha de campo do Plano Ambiental de Monitoramento de Elementos Traço, que ocorreu no período de 06/10 a 22/10/2010, foram disponibilizados pela interface com o Programa de Monitoramento Hidrosedimentológico e estão apresentadas na **Tabela 01**.

Tabela 01. Vazões do rio Madeira nas estações hidrológicas de Porto Velho, Guajará Mirim e no eixo da AHE Jirau.

Data	Porto Velho*	Guajara Mirim*	Posto fluvial R4 – AHE Jirau cota 109,9 m	
	Vazão (m ³ /s)	Vazão (m ³ /s)	Cota (m)	Vazão (m ³)**
06/10/2010	3.415	477,3	61,27	3.768
07/10/2010	3.518	477,3	61,35	3.856
08/10/2010	3.590	498,6	61,40	3.917
09/10/2010	3.622	498,6	61,37	3.878



10/10/2010	3.630	487,9	61,39	3.900
11/10/2010	3.646	477,3	61,49	4.020
12/10/2010	3.694	477,3	61,71	4.271
13/10/2010	3.840	466,7	61,91	4.520
14/10/2010	4.046	466,7	61,98	4.608
15/10/2010	4.116	456,3	61,91	4.520
16/10/2010	4.081	487,9	61,80	4.382
17/10/2010	4.011	520,2	61,73	4.297
18/10/2010	3.959	531,2	61,75	4.327
19/10/2010	3.940	531,2	61,84	4.436
20/10/2010	4.011	531,2	61,96	4.585
21/10/2010	4.145	531,2	62,10	4.759
22/10/2010	4.285	542,2	62,12	4.781

* - Dados fornecidos pela CPRM; ** Vazão estimada no eixo $Q=1,3853*(H-50)^3,2656$

Considerando as vazões observadas durante o período de coleta da 5ª campanha de campo nas estações hidrológicas no rio Madeira à montante da confluência com o rio Abuña (Guajará Mirim), na estação no rio Madeira à montante do Canteiro de Obras da AHE Jirau (Posto Fluv R4 Porto) e no rio Madeira em Porto Velho – RO a fase do ciclo hidrológico da bacia do rio Madeira é característica de vazante conforme observado na **Figura 02**. Os dados fluviométrico das estações no rio Madeira (**Tabela 01 e Figura 02**) são provenientes da interface com o Programa de Monitoramento Hidrosedimentológico.



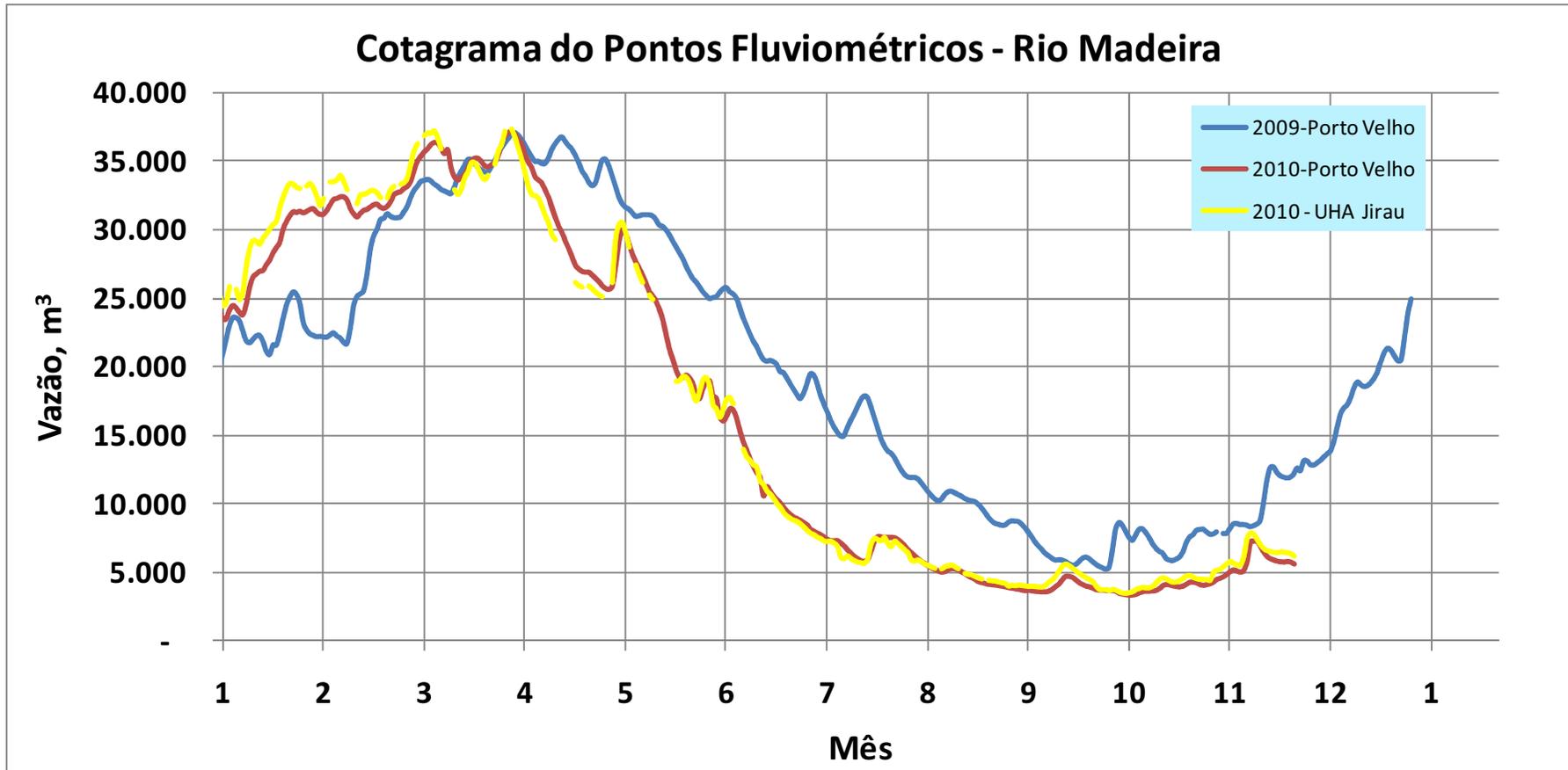


Figura 02. Desenho das curvas elevatórias das vazões diárias observadas no rio Madeira. Interface com o Programa de Monitoramento Hidrosedimentológico

5.1. Teores de Elementos Traço em Água Superficial

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

Tabela 02. Resultados dos teores (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 vazante (06/10 a 22/10/2010).

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,041	< 0,005	< 0,005	0,021	0,011
P2-BENI	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,168	< 0,005	< 0,005	0,052	0,014
P3-MAD 1 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,063	< 0,005	< 0,005	0,008	< 0,005
P3-MAD 1 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,104	< 0,005	< 0,005	0,050	< 0,005
P3-MAD 1 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,106	< 0,005	< 0,005	0,050	< 0,005
P4-RIB	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P5-ARA	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,024	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P6-ABU	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,086	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,008
P7-MAD 2 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,112	< 0,005	< 0,005	0,054	0,059
P7-MAD 2 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,064	< 0,005	< 0,005	0,013	0,013
P7-MAD 2 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,100	< 0,005	< 0,005	0,014	0,019
P8-SIZ	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,168	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,027
P9-SIM	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,026	< 0,005	< 0,005	0,010	< 0,005
P10-MAD 3 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,064	< 0,005	< 0,005	0,061	0,016
P10-MAD 3 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,091	< 0,005	< 0,005	0,029	0,010
P10-MAD 3 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,093	< 0,005	< 0,005	0,033	0,010
P11-CAS	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,054	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P12-MTP 1	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,056	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,012
P13-COT	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,041	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P14-MUT 1	Lago	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,031	< 0,005	< 0,005	0,016	< 0,005
P15-MTP 2	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,039	< 0,005	< 0,005	0,007	0,010
P16-MAD 4 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,061	< 0,005	0,011	0,016	0,011
P16-MAD 4 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,092	< 0,005	0,011	0,029	0,011
P16-MAD 4 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,155	< 0,005	0,016	0,043	0,013
P17-CAI	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,147	< 0,005	0,007	< 0,005	0,014
P18-LOU	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,051	< 0,005	0,009	< 0,005	0,008
P19-JIR	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P20-MAD 5 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,036	< 0,005	0,017	< 0,005	0,007
P20-MAD 5 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,065	< 0,005	0,015	< 0,005	0,006
P20-MAD 5 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,032	< 0,005	0,020	< 0,005	0,007
P21-MAD 6 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,064	< 0,005	0,014	0,049	0,008
P21-MAD 6 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,075	< 0,005	0,008	0,024	0,009
P21-MAD 6 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	0,074	< 0,005	0,008	0,034	0,008

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



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

Os teores de cromo (Cr) nas amostras de água superficial coletadas nos tributários e na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) foram abaixo de $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ sendo semelhante ao observado na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010, na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01 a 15/01/2010 e na 1ª campanha de campo (período de seca) feita entre os dias 26/09 a 04/10/2009. Entretanto os teores de Cr nas amostras de água observados na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita no período de 05/04 a 16/04/2010 foram aproximadamente 37 vezes maior quando comparados aos valores observados nas outras campanhas de campo feitas nas diferentes fases do ciclo hidrológico do rio Madeira, entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste monitoramento ambiental de elementos traço.

O teor de manganês (Mn) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,080 \pm 0,023 \text{ mg L}^{-1}$. O estudo em transecto mostra distribuição homogênea dos níveis de manganês ao longo do rio Madeira, sendo nos rios Mamoré menor que $0,041 \text{ mg L}^{-1}$ e Beni de $0,168 \text{ mg L}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de $0,091 \pm 0,024 \text{ mg L}^{-1}$, P6-MAD 2 de $0,092 \pm 0,025 \text{ mg L}^{-1}$, P9-MAD 3 de $0,083 \pm 0,016 \text{ mg L}^{-1}$, P14-MAD 4 de $0,102 \pm 0,048 \text{ mg L}^{-1}$, P18-MAD 5 de $0,044 \pm 0,018 \text{ mg L}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $0,071 \pm 0,006 \text{ mg L}^{-1}$, conforme pode ser observado na **Figura 03**. O teor de manganês (Mn) nas amostras de água superficial coletadas nos tributários do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,051 \pm 0,022 \text{ mg L}^{-1}$, com exceção do igarapé Simãozinho (P8-SIZ) de $0,168 \text{ mg L}^{-1}$ e igarapé Caiçara (P17-CAI) de $0,147 \text{ mg L}^{-1}$.

O teor de níquel (Ni) nas amostras de água superficial coletadas nos tributários e na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) foi abaixo de $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ sendo semelhante ao observado na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010, na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01 a 15/01/2010 e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09 a 04/10/2009.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRIZ ÁGUA - Manganês

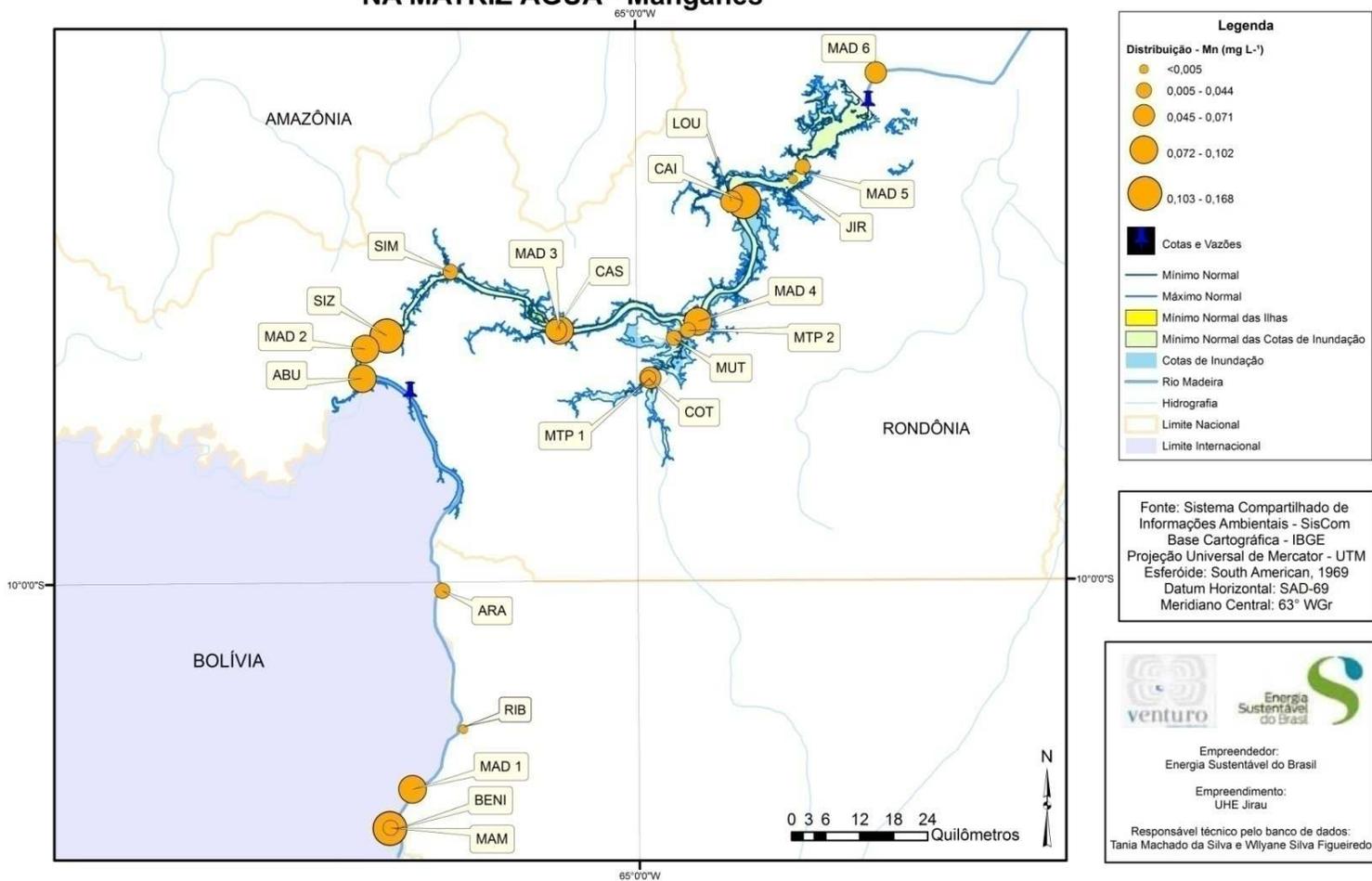


Figura 03. Distribuição dos níveis de manganês nas amostras de água coletas no rio Madeira e seus tributários.

O teor de chumbo (Pb) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,013 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$ com exceção das regiões do rio Madeira representadas pelos pontos P3-MAD 1, P7-MAD 2 e P10-MAD 3 que apresentou valor menor que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, sendo os valores médios em P14-MAD 4 de $0,012 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$, P20-MAD 5 de $0,017 \pm 0,002 \text{ mg L}^{-1}$, e P21-MAD 6 de $0,010 \pm 0,004 \text{ mg L}^{-1}$, conforme pode ser evidenciado na **Figura 04**.

O teor de selênio (Se) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,034 \pm 0,016 \text{ mg L}^{-1}$ com exceção do P18-MAD 5 que apresentou valor menor que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, sendo no rio Mamoré de $0,021 \text{ mg L}^{-1}$ e rio Beni de $0,052 \text{ mg L}^{-1}$, seguindo dos valores em P3-MAD 1 de $0,052 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$, P6-MAD 2 de $0,027 \pm 0,023 \text{ mg L}^{-1}$, P9-MAD 3 de $0,041 \pm 0,017 \text{ mg L}^{-1}$, P14-MAD 4 de $0,029 \pm 0,013 \text{ mg L}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $0,036 \pm 0,013 \text{ mg L}^{-1}$, conforme pode ser evidenciado na **Figura 05**.

O teor de selênio (Se) nas amostras de água superficial coletadas nos tributários do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,025 \pm 0,008 \text{ mg L}^{-1}$ com exceção do igarapé Ribeirão (P4-RIB), igarapé Araras (P5-ARA), igarapé Simãozinho (P8-SIZ) igarapé Castanho (P11-CAS), rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, igarapé Cotia (P13-COT), igarapé Caiçara (P7-CAI), igarapé São Lourenço (P18-LOU) e igarapé Jirau (P19-JIR) que apresentaram valores menores que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$.

O teor de zinco (Zn) nas amostras de água superficial coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $0,014 \pm 0,012 \text{ mg L}^{-1}$ e nas amostras coletadas nos tributários de $0,014 + 0,007 \text{ mg L}^{-1}$, com exceção do Rio Madeira (P3-MAD 1) e dos Igarapés São Simão (P9-SIM), Castanho (P11-CAS), Cotia (P13-COT) e Jirau (P19-JIR) que apresentaram valores abaixo de $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, evidenciando baixa contribuição destes tributários para os teores de zinco à a bacia do rio Madeira.

O estudo em transecto confirmou a tendência de distribuição homogênea dos níveis de Zn ao longo do rio Madeira com exceção do P2-MAD 2, sendo no rio Mamoré de $0,011 \text{ mg L}^{-1}$ e rio Beni de $0,014 \text{ mg L}^{-1}$, seguindo dos valores em P2-MAD 01 (um)

menor que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, P6-MAD 2 de $0,030 \pm 0,025 \text{ mg L}^{-1}$, P9-MAD 3 de $0,012 \pm 0,004 \text{ mg L}^{-1}$, P14-MAD 4 de $0,012 \pm 0,001 \text{ mg L}^{-1}$, P18-MAD 5 de $0,006 \pm 0,001 \text{ mg L}^{-1}$ e P19-MAD 6 de $0,008 \pm 0,000 \text{ mg L}^{-1}$, conforme pode ser evidenciado na **Figura 06**.

O teores de Zn nas amostras de água coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) foram aproximadamente 02 (duas) vezes menores quando comparados aos valores observados na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita no período de 08/07 a 22/07/2010. Enquanto os teores de Zn nas amostras de água coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 4ª campanha de campo (período de vazante) foram aproximadamente 04 (quatro) vezes maiores quando comparados aos valores observados na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita no período de 05/04 a 16/04/2010. O mesmo comportamento crescente dos teores de Zn foi observado nas amostras de água coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 3ª campanha de campo (4 vezes maiores) quando comparados aos valores observados na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01/2010 a 15/01/2010 e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09/2009 a 04/10/2009, sendo que nestas campanhas os teores de Zn nas amostras de água foram abaixo de $0,005 \text{ mg L}^{-1}$.

A Resolução CONAMA nº 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 518/2004 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. Desta forma, os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras analisadas estão abaixo do valor preconizado pela legislação brasileira para o consumo humano.



MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRIZ ÁGUA - Chumbo

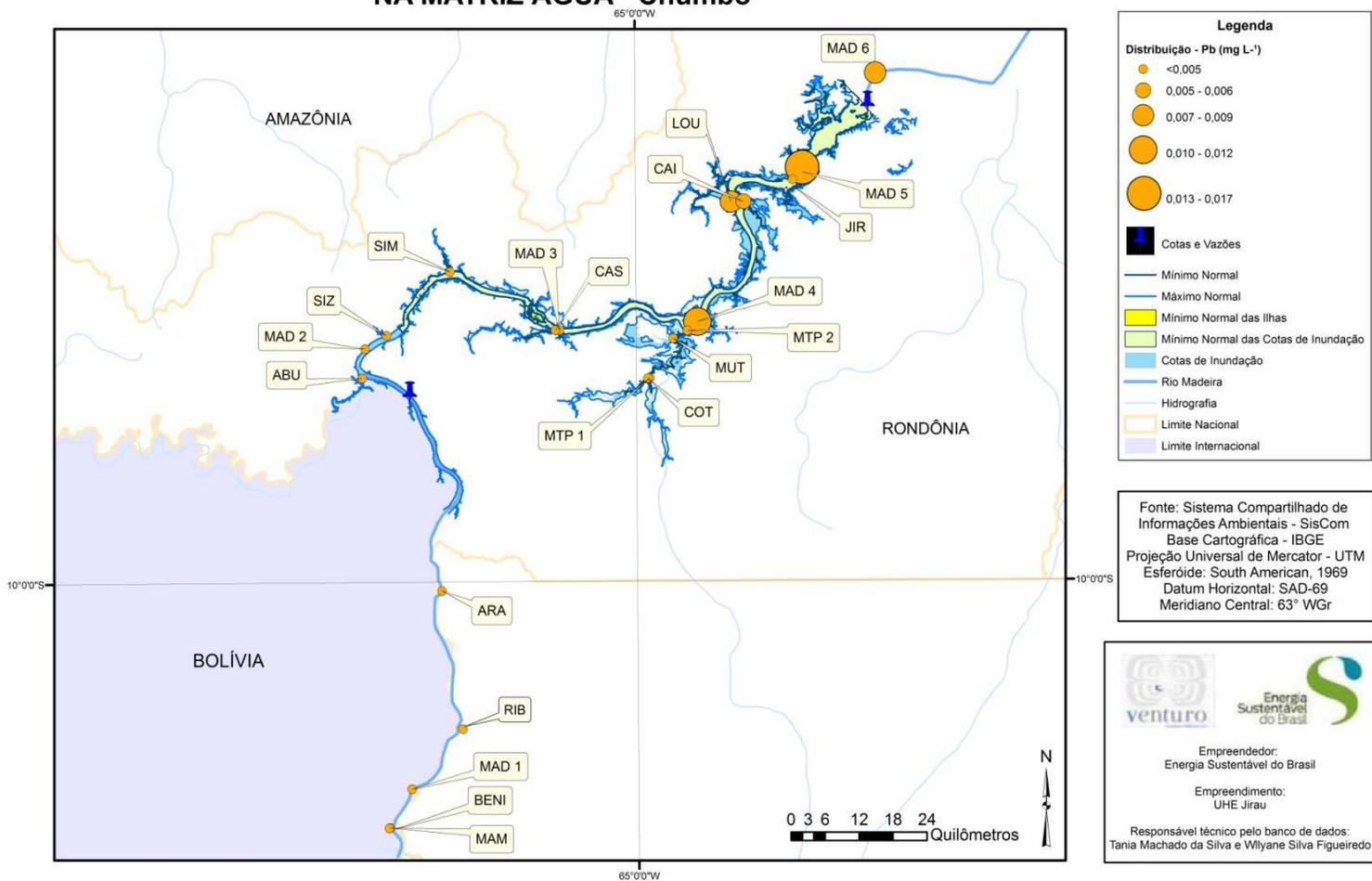


Figura 04. Distribuição dos níveis de chumbo nas amostras de água coletas no rio Madeira e seus tributários.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRIZ ÁGUA - Selênio

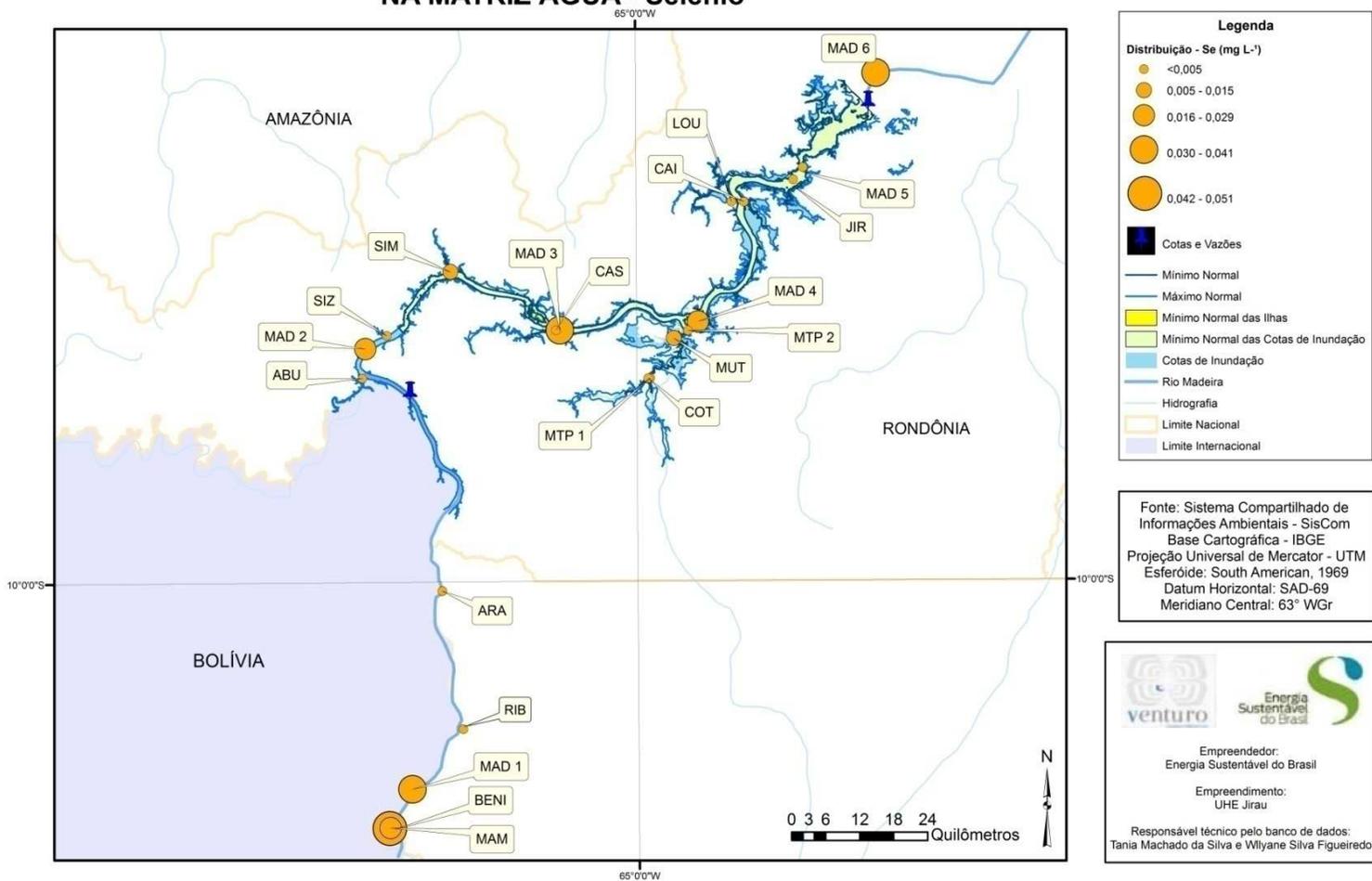


Figura 05. Distribuição dos níveis de selênio nas amostras de água coletas no rio Madeira e seus tributários.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRÍZ ÁGUA - Zinco

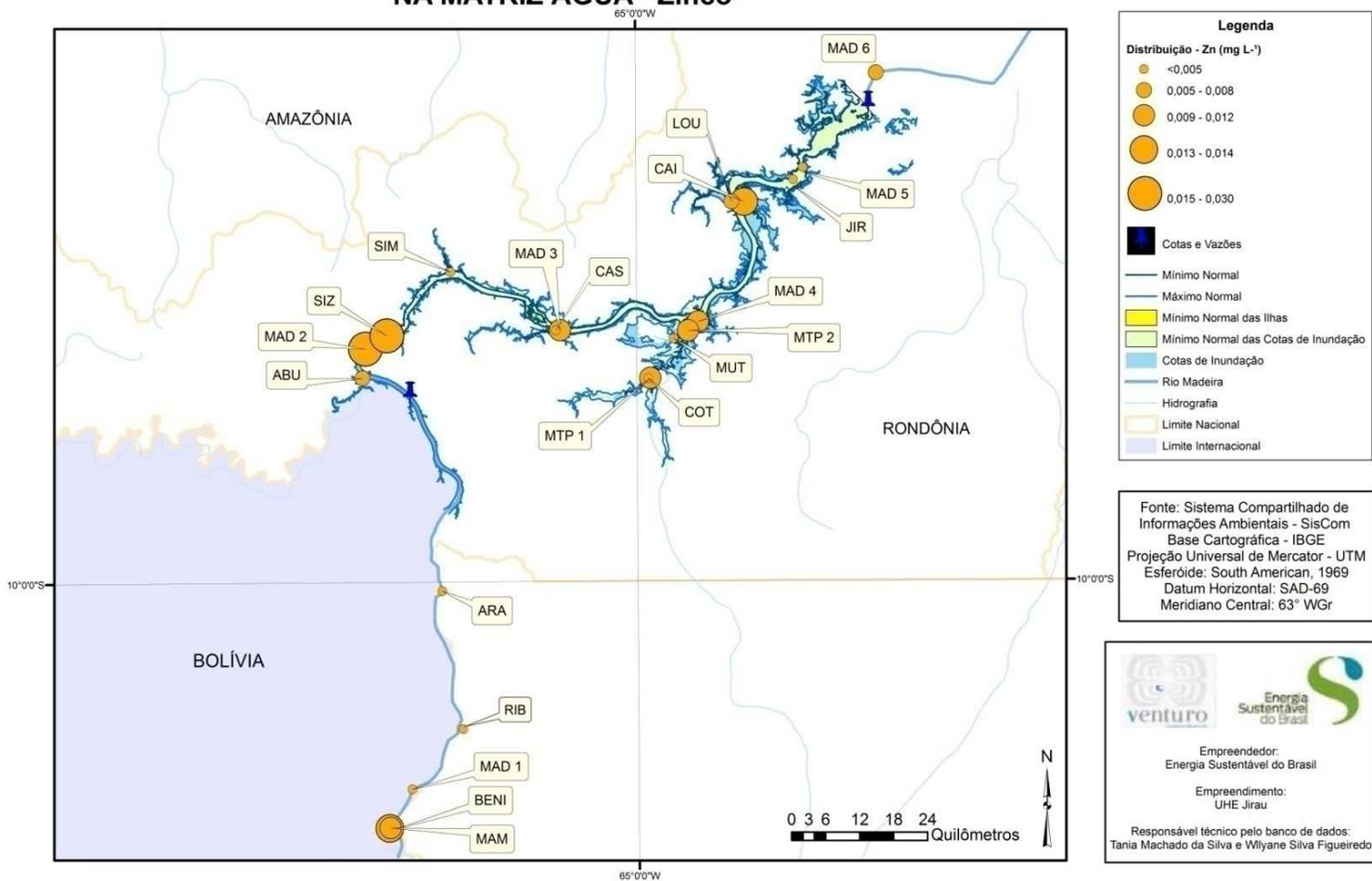


Figura 06. Distribuição dos níveis de zinco nas amostras de água coletas no rio Madeira e seus tributários.

5.2. Teores de Elementos Traço em Sedimento de Fundo

Os teores dos elementos traços em sedimento de fundo 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 sedimento de fundo nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de vazante (06/10 a 22/10/2010).

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	< 0,005	0,66	6,10	153,50	13,74	9,91	0,02	30,15
P2-BENI	Calha	< 0,005	0,72	6,76	151,20	15,22	1,01	0,05	32,13
P3-MAD 1 – A	Calha	< 0,005	<0,5	2,57	158,00	6,17	2,61	0,01	14,77
P3-MAD 1 – B	Calha	< 0,005	<0,5	2,64	158,30	5,78	2,37	0,05	14,12
P3-MAD 1 – C	Calha	< 0,005	<0,5	2,20	158,00	6,18	2,47	0,05	14,21
P4-RIB	Tributário	< 0,005	<0,5	0,95	37,26	<0,5	<0,5	< 0,005	4,38
P5-ARA	Tributário	< 0,005	<0,5	4,24	34,17	2,38	10,85	< 0,005	7,42
P6-ABU	Calha	< 0,005	<0,5	2,14	85,64	0,94	0,64	< 0,005	6,37
P7-MAD 2 – A	Calha	< 0,005	0,63	6,30	155,00	14,75	9,05	0,05	30,80
P7-MAD 2 – B	Calha	< 0,005	0,71	7,97	157,20	16,99	11,32	0,01	32,40
P7-MAD 2 – C	Calha	< 0,005	0,77	8,31	157,50	17,72	11,90	0,01	33,06
P8-SIZ	Tributário	< 0,005	0,65	7,12	155,60	15,85	11,15	< 0,005	32,21
P9-SIM	Tributário	< 0,005	<0,5	5,83	149,50	12,98	9,46	0,01	29,23
P10-MAD 3 – A	Calha	< 0,005	<0,5	4,41	133,00	8,66	4,24	0,06	19,37
P10-MAD 3 – B	Calha	< 0,005	<0,5	5,13	147,10	11,30	7,25	0,03	26,11
P10-MAD 3 – C	Calha	< 0,005	<0,5	5,01	145,50	10,81	5,78	0,03	25,03
P11-CAS	Tributário	< 0,005	<0,5	4,90	147,50	10,07	7,06	< 0,005	25,44
P12-MTP 1	Tributário	< 0,005	<0,5	3,72	57,67	1,11	4,36	< 0,005	10,67
P13-COT	Tributário	< 0,005	<0,5	2,31	223,39	0,62	0,57	< 0,005	2,17
P14-MUT 1	Lago	< 0,005	<0,5	5,17	80,42	2,13	9,01	0,02	7,66
P15-MTP 2	Tributário	< 0,005	<0,5	1,44	70,29	0,81	0,62	0,01	5,63
P16-MAD 4 – A	Calha	< 0,005	0,56	5,53	152,60	14,36	5,66	0,02	31,20
P16-MAD 4 – B	Calha	< 0,005	0,65	3,44	154,30	8,85	4,54	0,03	19,47
P16-MAD 4 – C	Calha	< 0,005	0,54	3,09	154,10	8,50	4,48	0,04	28,80
P17-CAI	Tributário	< 0,005	<0,5	4,38	140,20	9,45	6,18	< 0,005	23,84
P18-LOU	Tributário	< 0,005	0,65	7,10	157,60	16,77	12,39	< 0,005	32,74
P19-JIR	Tributário	< 0,005	<0,5	5,80	154,20	13,62	9,46	< 0,005	30,04
P20-MAD 5 – A	Calha	< 0,005	<0,5	3,54	141,50	7,87	4,70	< 0,005	20,94



P20-MAD 5 – B	Calha	< 0,005	<0,5	4,32	146,70	10,07	6,67	< 0,005	24,57
P20-MAD 5 – C	Calha	< 0,005	<0,5	3,19	143,30	7,57	4,72	< 0,005	19,78
P21-MAD 6 – A	Calha	< 0,005	<0,5	3,49	120,80	8,58	3,13	0,05	20,57
P21-MAD6 – B	Calha	< 0,005	<0,5	2,54	145,10	7,23	4,05	0,02	16,76
P21-MAD 6 – C	Calha	< 0,005	<0,5	2,74	147,40	8,25	3,41	0,03	17,75

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

Os teores do elemento traço As e Se nas amostras de sedimento de fundo coletadas nos tributários e calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentaram valores menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

Os teores do elemento traço Cd nas amostras de sedimento de fundo coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca no ano de 2010) apresentaram distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira sendo no trecho dos rios Mamoré (P1- MAM) e Beni (P2-BENI) ao ponto do transecto P7- MAD 2 observado o valor médio de $0,66 + 0,08 \text{ mg kg}^{-1}$ seguido do ponto P16-MAD 4 de $0,58 + 0,06 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto que os transectos P10-MADE 3, P20-MAD 5 e P21-MAD 6 apresentaram valores menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

O teor de Cd nas amostras de sedimento coletadas durante 5ª campanha de campo (período de seca no ano de 2010) nos tributários foram menores que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ com exceção do igarapé São Lourenço (P18-LOU) de $0,65 \text{ mg L}^{-1}$, sendo o este comportamento semelhante ao observado na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010 e 3ª campanha de campo (período de cheia) feita entre os dias 05/04 a 16/04/2010. Entretanto os teores de cádmio (Cd) nas amostras de sedimento coletadas durante a 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01 a 15/01/2010 na calha do rio Madeira ($1,0 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) e nos tributários ($1,0 \pm 0,3 \text{ mg kg}^{-1}$) foram de 2 a 2,5 vezes maiores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09 a 04/10/2009 na calha do rio Madeira ($0,5 \pm 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) e nos tributários ($0,5 \pm 0,3 \text{ mg kg}^{-1}$). Os menores teores de Cd nas amostras de sedimento durante a 5ª campanha de campo, 4ª campanha de campo e 3ª campanha de campo possivelmente estão associados aos processos de deposição de material sedimentar com menores teores de Cd, entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado

durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

Os teores de cromo (Cr) nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de cheia do ano de 2010) feita entre os dias 06/10 a 22/10/2010 na calha do rio Madeira apresentaram valor médio de $3,52 \pm 1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários o valor médio de $4,31 \pm 2,1 \text{ mg kg}^{-1}$ sendo observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira. Os teores de cromo (Cr) nas amostras de sedimento coletadas durante a 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010 na calha do rio Madeira apresentaram valor médio de $7,28 \pm 1,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários o valor médio de $6,58 \pm 3,2 \text{ mg kg}^{-1}$, na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita entre os dias 05/04 a 16/04/2010 foram menores que $0,5 \text{ mg Kg}^{-1}$, na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01 a 15/01/2010 na calha do rio Madeira apresentaram valor médio de $3,2 \pm 0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários de $4,0 \pm 1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09 a 04/10/2009 na calha do rio Madeira apresentaram valor médio de $6,6 \pm 1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários de $6,0 \pm 2,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Portanto os teores de Cr nas amostras de sedimento coletadas durante a 4ª campanha de campo (período de vazante) mostram aparentemente tendência à retornar aos níveis observados na 1ª campanha campo, sendo corroborado pelos valores de Cr observado nas amostras de sedimento coletadas na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010), entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traços. O estudo em transecto feito na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) mostra a distribuição dos níveis de Cr ao longo do rio Madeira (**Figura 07**), sendo na região do rio Mamoré de $6,10 \text{ mg kg}^{-1}$ e rio Beni de $6,76 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P3-MAD 1 de $2,47 \pm 0,24 \text{ mg kg}^{-1}$, P7-MAD 2 de $7,53 \pm 1,08 \text{ mg kg}^{-1}$, P10-MAD 3 de $4,85 \pm 0,39 \text{ mg kg}^{-1}$, P16-MAD 4 de $4,02 \pm 1,32 \text{ mg kg}^{-1}$, P20-MAD 5 de $3,68 \pm 0,58 \text{ mg kg}^{-1}$ e P21-MAD 6 de $2,92 \pm 0,50 \text{ mg kg}^{-1}$ após o AHE Jirau.

Os teores de Cr nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) na calha do rio Madeira foram 35% menores quando comparados aos valores observados na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010, na 4ª campanha de campo (período de

vazante) foram 128% maiores quando comparados aos valores observados na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita entre os dias 05/04 a 16/04/2010, na 3ª campanha de campo (período de cheia) foram 30% menores quando comparados aos valores observados na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01/2010 a 15/01/2010 e na 2ª campanha de campo (período de enchente) foram 40% menores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09/2009 a 04/10/2009.

O teor de Cr na amostra de sedimento coletada no Bolsão do Mutum-Paraná (P13-MUT 1) durante a 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) apresentou valor de 2,1 mg kg⁻¹, na 2ª campanha de campo (período de enchente) de 4,8 mg kg⁻¹, na 3ª campanha de campo (período de cheia) de 7,9 mg Kg⁻¹, na 4ª campanha de campo (período de vazante) de 13,7 mg Kg⁻¹ e na 5ª campanha de campo (período de seca/2010) de 5,17 mg Kg⁻¹, portanto retornando aos níveis de Cr observados na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009).

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRÍZ SEDIMENTO - Cromo

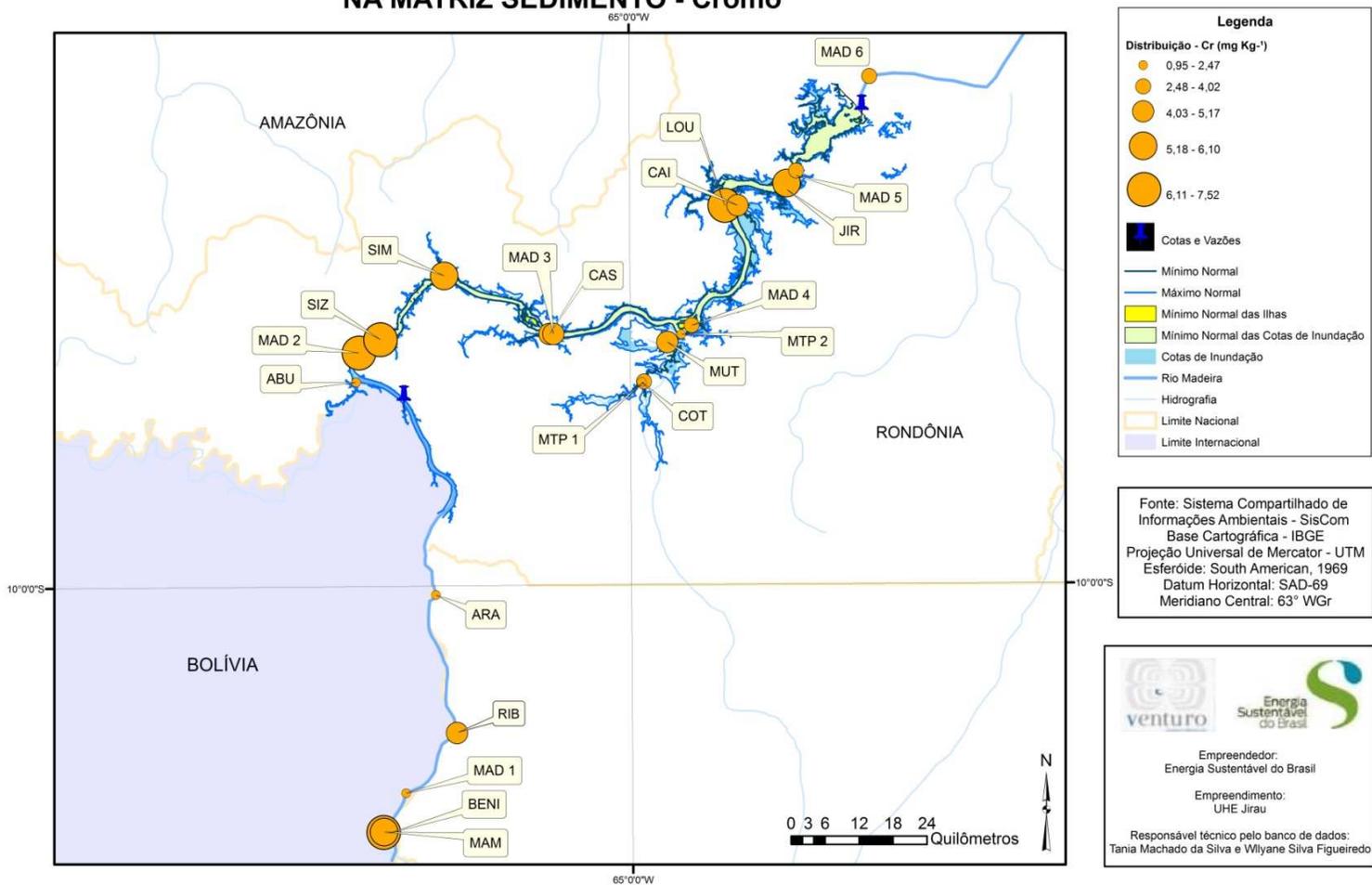


Figura 07. Distribuição dos níveis de cromo nas amostras de sedimento de fundo coletas no rio Madeira e seus tributários.

O teor de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $148,63 \pm 4,59 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários o valor médio de $172,85 \pm 47,24 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira.

O estudo em transecto feito na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) confirmou a tendência de distribuição homogênea dos níveis de Mn ao longo do rio Madeira conforme mostrado na **Figura 08**, sendo na região do rio Mamoré de $153,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e do rio Beni de $151,2 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P3-MAD 1 de $158,10 \pm 0,17 \text{ mg kg}^{-1}$, P7-MAD 2 de $156,57 \pm 1,37 \text{ mg kg}^{-1}$, P10-MAD 3 de $141,87 \pm 7,72 \text{ mg kg}^{-1}$, P16-MAD 4 de $153,67 \pm 0,93 \text{ mg kg}^{-1}$, P20-MAD 5 de $143,83 \pm 2,64 \text{ mg kg}^{-1}$ e P21-MAD 6 de $137,77 \pm 14,74 \text{ mg kg}^{-1}$ após o AHE Jirau.

Os teores de Mn nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) na calha do rio Madeira foram aproximadamente 20% maiores quando comparados aos valores observados na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/07/2010, na 4ª campanha de campo (período de vazante) foram 25% menores quando comparados aos valores observados na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita entre os dias 05/04 a 16/04/2010, na 3ª campanha de campo (período de cheia) foram 25% menores quando comparados aos valores observados na 2ª campanha de campo (período de enchente) feita entre os dias 04/01/2010 a 15/01/2010, possivelmente este comportamento está associado aos processos de deposição de material sedimentar com menores teores de Mn, entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) apresentou valor médio de $9,98 \pm 1,64 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários valor médio de $9,96 \pm 4,32 \text{ mg kg}^{-1}$ com exceção do igarapé Ribeirão (P4-RIB) que apresentou teor abaixo de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, igarapé Araras (P5-ARA) de $2,38 \text{ mg kg}^{-1}$ e da região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT, P14-MUT 1 E P15-MTP2) que apresentou valor médio de $1,17 \pm 0,67 \text{ mg kg}^{-1}$.

O estudo em transecto confirmou a tendência no aumento dos teores de Ni ao longo do rio Madeira evidenciado pela **Figura 09**, sendo no rio Mamoré de $13,74 \text{ mg kg}^{-1}$ e rio Beni de $15,22 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P3-MAD 1 de $6,04 \pm 0,23 \text{ mg kg}^{-1}$, P7-MAD 2 de $16,49 \pm 1,55 \text{ mg kg}^{-1}$, P10-MAD 3 de $10,26 \pm 1,40 \text{ mg kg}^{-1}$, P16-MAD 4 de $10,57 \pm 3,29 \text{ mg kg}^{-1}$, P20-MAD 5 de $8,50 \pm 1,37 \text{ mg kg}^{-1}$ e P21-MAD 6 de $8,02 \pm 0,70 \text{ mg kg}^{-1}$ após o AHE Jirau.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRÍZ SEDIMENTO - Manganês

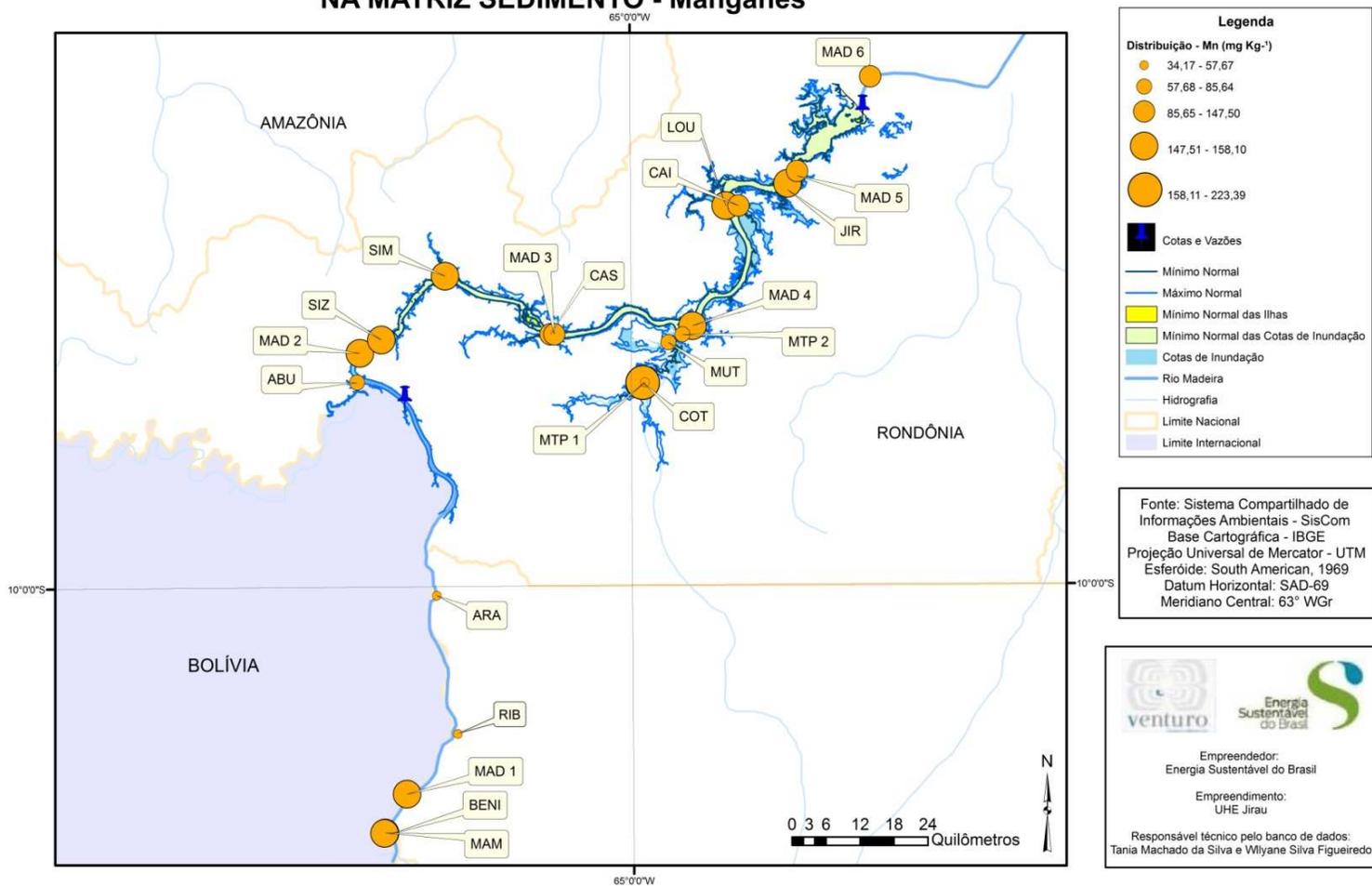


Figura 08. Distribuição dos níveis de manganês nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRÍZ SEDIMENTO - Níquel

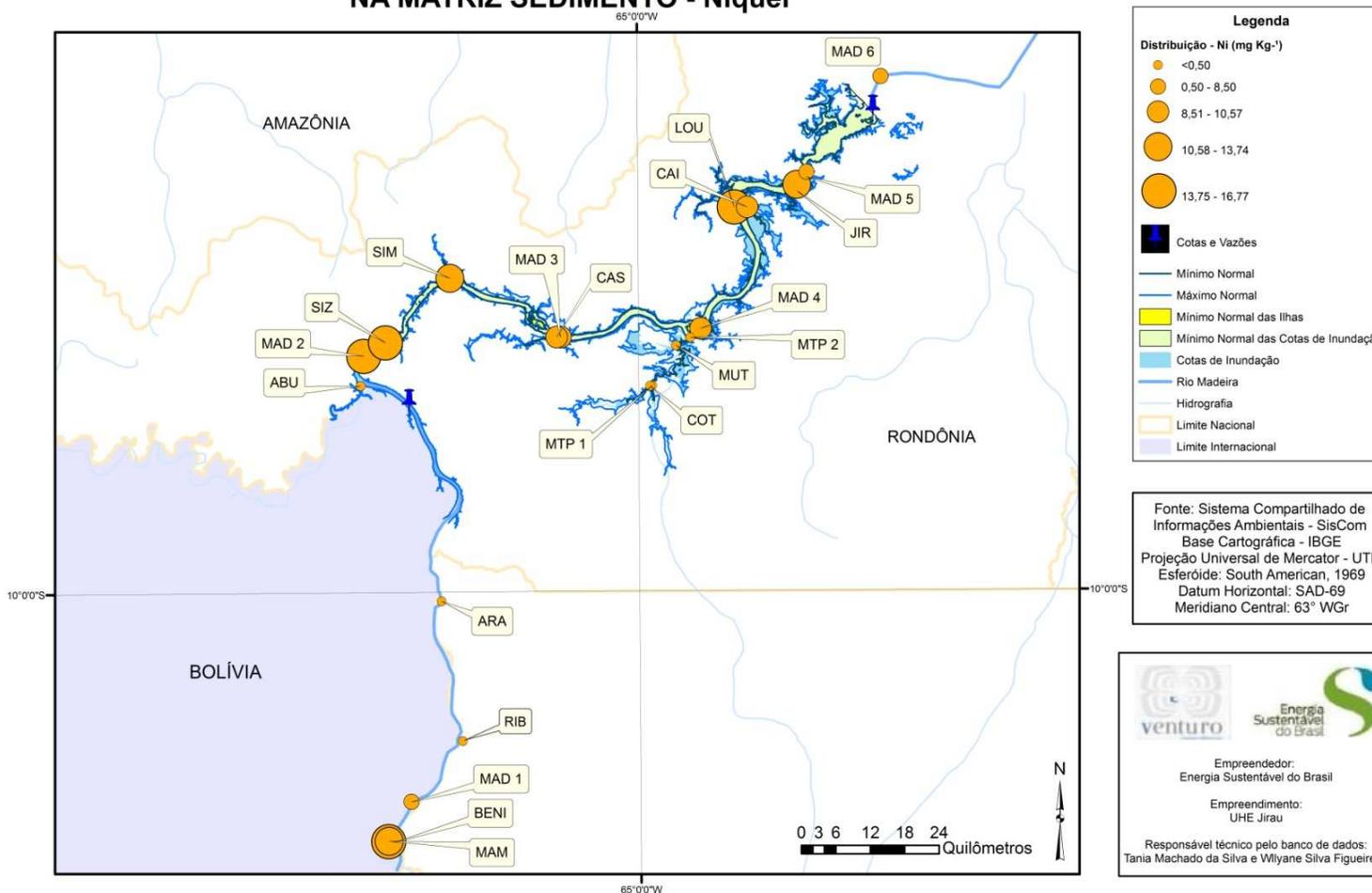


Figura 09. Distribuição dos níveis de níquel nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

O teores médios de Ni nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) na calha do rio Madeira ($9,98 \pm 1,64 \text{ mg kg}^{-1}$) foram semelhantes aos valores observados na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/10/2010 na calha do rio Madeira ($9,7 \pm 1,8 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo que os teores de Ni nas amostras de sedimento coletadas durante a 4ª campanha de campo (período de vazante) na calha do rio Madeira foram de aproximadamente 02 (duas) vezes menores quando comparados aos valores observados na 3ª campanha de campo (período de cheia) feita entre os dias 05/04 a 16/04/2010 na calha do rio Madeira ($19,3 \pm 2,0 \text{ mg kg}^{-1}$), na 3ª campanha de campo (período de cheia) foram semelhantes aos teores observados durante a 2ª campanha feita entre os dias 04/01/2010 a 15/01/2010 na calha do rio Madeira ($18,7 \pm 2,8 \text{ mg kg}^{-1}$). Entretanto os teores de Ni nas amostras de sedimento coletadas durante a 2ª campanha de campo (período de enchente) na calha do rio Madeira foram de aproximadamente 04 (quatro) vezes maiores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09/2009 a 04/10/2009 na calha do rio Madeira ($4,6 \pm 0,6 \text{ mg kg}^{-1}$).

O teor de Ni nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) na região do rio Mutum foi aproximadamente 09 (nove) vezes menores quando comparado com as amostras coletadas nos outros tributários do rio Madeira, na 4ª campanha de campo (período de vazante) foi aproximadamente 8,5 vezes menor quando comparado com as amostras coletadas nos outros tributários do rio Madeira, na 3ª campanha de campo (período de cheia) foi aproximadamente 04 (quatro) vezes menor, na 2ª campanha de campo (período de enchente) aproximadamente 04 (quatro) vezes menor e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) aproximadamente 1,5 vezes menor quando comparado com as amostras coletadas nos outros tributários do rio Madeira, evidenciando uma baixa contribuição de Ni da região do rio Mutum-Paraná à bacia do rio Madeira.

O teor de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) na calha do rio Madeira apresentou valor médio de $5,46 \pm 0,90 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo no rio Mamoré de $9,91 \text{ mg kg}^{-1}$ e no rio Beni de $1,01 \text{ mg kg}^{-1}$, seguido dos valores em P3-MAD 1 de $2,48 \pm 0,12 \text{ mg kg}^{-1}$, P7-MAD 2 de $10,76 \pm 1,51 \text{ mg kg}^{-1}$, P10-MAD 3 de $5,76 \pm 1,51 \text{ mg kg}^{-1}$, P16-MAD 4 de $4,89 \pm 0,66$

mg kg⁻¹, P20-MAD 5 de $5,36 \pm 1,13$ mg kg⁻¹ e P21-MAD 6 de $3,53 \pm 0,47$ mg kg⁻¹ após o AHE Jirau (**Figura 10**).



MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRÍZ SEDIMENTO - Chumbo

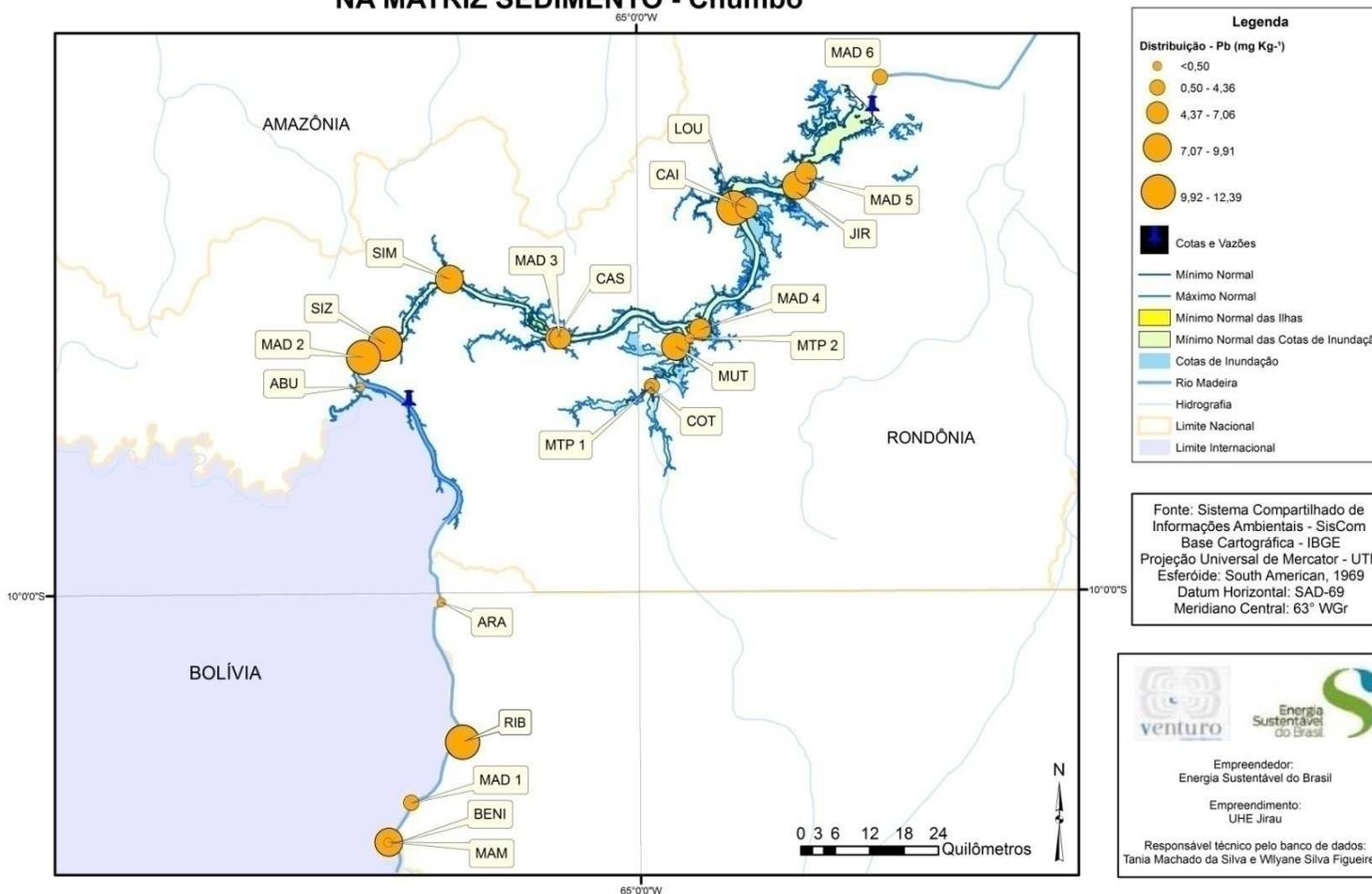


Figura 10. Distribuição dos níveis de chumbo nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

O teor médio de Pb nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) foram aproximadamente 2,5 vezes maior quando comparado a 4ª campanha de campo (período de vazante) e a 3ª campanha de campo (período de cheia), sendo na 2ª campanha (período de enchente) e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$.

Os teores de Pb nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca/2010) nos tributários na região dos igarapés Araras (P5-ARA), Simãozinho (P8-SIZ), São Simão (P9-SIM) e Castanho (P11-CAS) apresentaram valores médios de $10,16 \pm 1,8 \text{ mg kg}^{-1}$, na região do rio Mutum Paraná (P12-MTP 1, P13-COT e P15-MTP 2) valor médio de $1,85 \pm 2,17 \text{ mg kg}^{-1}$ e na região dos igarapés Caiçara (P17-CAI), São Lourenço (P18-LOU) e Jirau (P19-JIR) o valor médio de $9,34 \pm 3,11 \text{ mg kg}^{-1}$.

Os teores de chumbo nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) nos tributários na região dos igarapés Araras (P5-ARA), Simãozinho (P8-SIZ), São Simão (P9-SIM) e Castanho (P11-CAS) e na região dos igarapés Caiçara (P17-CAI), São Lourenço (P18-LOU) e Jirau (P19-JIR) foram aproximadamente 1,5 vezes maiores quando comparados aos valores observados na calha do rio Madeira, enquanto que na região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT e P15-MTP 2) foi aproximadamente 70% menor quando comparados aos valores observados na calha do rio Madeira.

Os teores de Pb nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) nos tributários quando comparado aos valores observados na 4ª campanha de campo (período de vazante) feita entre os dias 08/07 a 22/10/2010 mostram aumento de 04 (quatro) vezes na região dos igarapés Araras (P5-ARA), Simãozinho (P8-SIZ), São Simão (P9-SIM) e Castanho (P11-CAS) e aumento 9 vezes na região dos igarapés Caiçara (P17-CAI), São Lourenço (P18-LOU) e Jirau (P19-JIR), enquanto que na região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT e P15-MTP 2) apresenta um aumento de 04 (quatro) vezes. Os teores médios de Pb nas amostras de sedimento coletados na região do rio Mutum Paraná durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010), 4ª campanha de campo (período de vazante), 3ª campanha de campo (período de cheia) foram de 70 a 85% menores quando comparados aos teores médios observados nos outros tributários do rio Madeira.



O teor médio de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca/2010) apresentou valor de $22,76 \pm 2,63 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo na região do rio Mamoré de $30,15 \text{ mg kg}^{-1}$ e rio Beni $32,13 \text{ mg kg}^{-1}$, seguindo dos valores em P3-MAD 1 de $14,37 \pm 0,35 \text{ mg kg}^{-1}$, P7-MAD 2 de $32,09 \pm 1,16 \text{ mg kg}^{-1}$, P10-MAD 3 de $23,50 \pm 3,62 \text{ mg kg}^{-1}$, P16-MAD 4 de $26,49 \pm 6,20 \text{ mg kg}^{-1}$, P20-MAD 5 de $21,76 \pm 2,50 \text{ mg kg}^{-1}$ e P21-MAD 6 de $18,36 \pm 1,98 \text{ mg kg}^{-1}$, após o AHE Jirau (**Figura 11**). O teor médio de zinco nas amostras de sedimentos coletadas na calha do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) feita no período de 06/10 a 22/10/2010 foi aproximadamente 45% menor quando comparado a 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09/2009 a 04/10/2009 na calha do rio Madeira.

O teor médio de Zn nas amostras de sedimento coletadas durante a 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) nos tributários apresentou valor de $28,92 \pm 3,60 \text{ mg kg}^{-1}$, com exceção na região dos igarapés Ribeirão (P4-RIB) e Araras (P5-ARA) com valor de $5,90 \pm 2,15 \text{ mg kg}^{-1}$ e na região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT, P14-MUT 1 e P15-MTP 2) com valor médio de $6,53 \pm 3,57 \text{ mg kg}^{-1}$.

O teor médio de zinco nas amostras de sedimentos coletadas nos tributários do rio Madeira na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) feita no período de 06/10 a 22/10/2010 foi aproximadamente 45% menor quando comparado a 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) feita entre os dias 26/09/2009 a 04/10/2009 na calha do rio Madeira, com exceção na região dos igarapés Ribeirão (P4-RIB) e Araras (P5-ARA) de aproximadamente 4,5 vezes menor quando comparado a 1ª campanha (período de seca do ano de 2009) e na região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT, P14-MUT 1 e P15-MTP 2) de aproximadamente 2,5 vezes menor quando comparado a 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009).

Os teores médios de zinco nas amostras de sedimento coletadas na 5ª campanha de campo (período de seca do ano de 2010) e na 1ª campanha de campo (período de seca do ano de 2009) apresentaram comportamento semelhante nos tributários na região dos igarapés Ribeirão (P4-RIB) e Araras (P5-ARA) e na região do rio Mutum-Paraná (P12-MTP 1, P13-COT, P14-MUT 1 e P15-MTP 2), sendo aproximadamente 80% menores quando comparados ao valor médio das amostras coletadas nos tributários do rio Madeira.

MONITORAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DE ELEMENTOS TRAÇO NA MATRIZ SEDIMENTO - Zinco

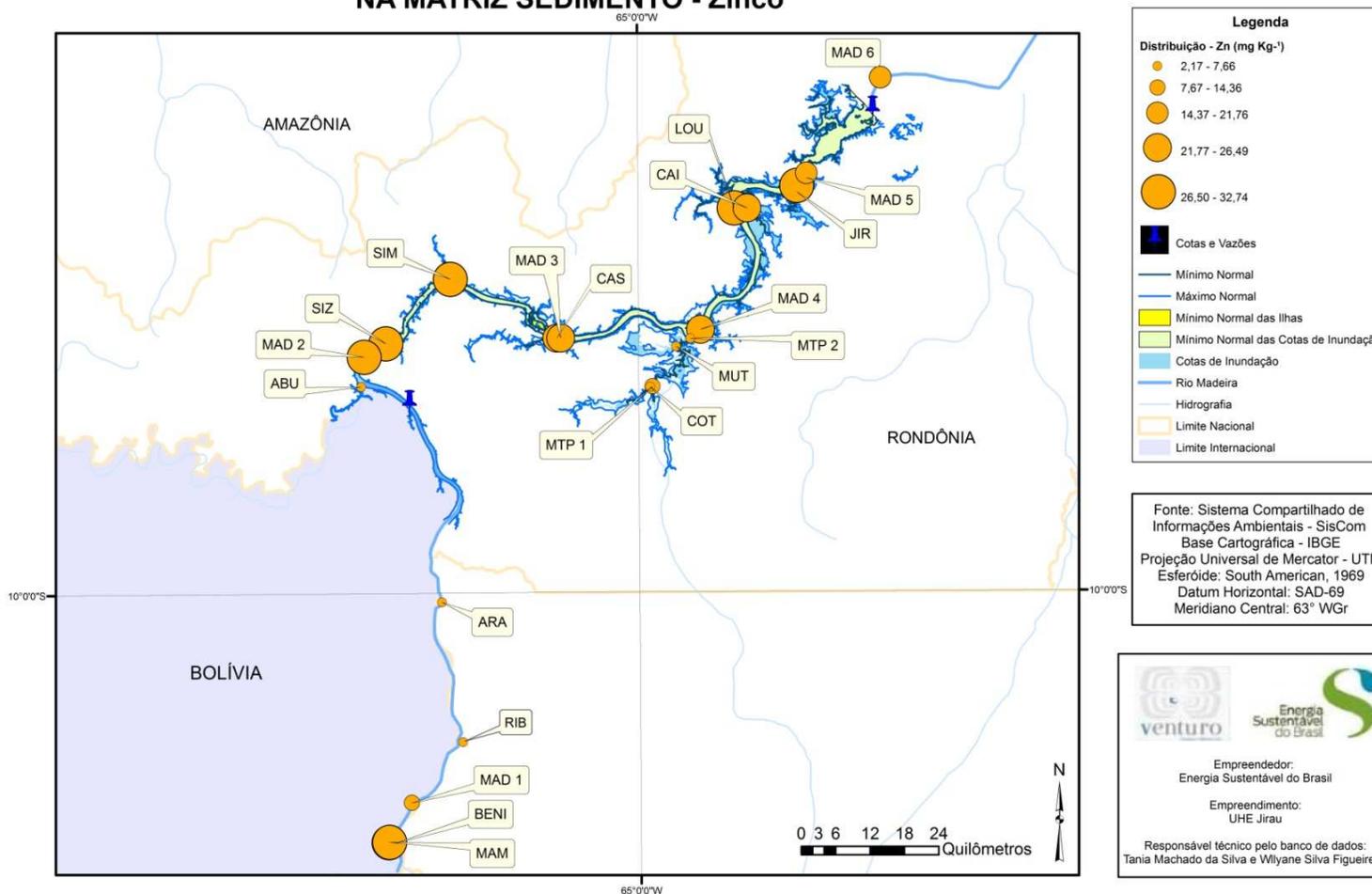


Figura 11. Distribuição dos níveis de zinco nas amostras de sedimento coletas no rio Madeira e seus tributários.

Galvão e colaboradores (2007) avaliaram a variação sazonal de elementos traço associados aos sólidos em suspensão no alto rio Madeira, compreendendo o trecho desde a sua formação pelos rios Beni e Mamoré, seus afluentes da margem direita (rios Jacy Paraná e Mutum-Paraná) e seu mais importante afluente da margem esquerda (Rio Abunã), até a Cachoeira de Santo Antônio, em Porto Velho (360 Km de extensão e 18 cachoeiras). Os resultados mostraram, de forma geral, que a quantidade de material particulado também está associada à influência natural da formação terciária do cráton Andino que, por ser mais recente, sofre maior intemperismo e, conseqüentemente, maior liberação de sedimentos. Os elementos traço Co (6,3 – 11,1 mg kg⁻¹), Cr (11,1 – 40,2 mg kg⁻¹), Cu (16,3 – 26,9 mg kg⁻¹), Zn (51,8 – 121,1 mg kg⁻¹) e Pb (11,2 – 17,5 mg kg⁻¹) tiveram concentrações baixas nos compartimentos estudados. De acordo com os testes estatísticos realizados, os autores inferiram que as concentrações dos metais-traço estudado são função direta da carga de material em suspensão carregada para os rios e, portanto, são extremamente influenciadas por alterações nos usos dos solos que resultem em alteração da exportação de material sólido aos rios.

O suprimento sedimentar fornecido pelo rio Amazonas à plataforma continental está avaliado em 11 a 13 x 10⁸ t.ano⁻¹, representando em materiais totais 10% dos sedimentos fluviais do planeta (Meade *et al.*, 1985). Deste total de sedimentos transportados pelo rio Amazonas, 97% provém das drenagens originárias nos Andes, sendo 62% do rio Solimões (Andes Peruanos) e 35% do rio Madeira oriunda dos Andes bolivianos (Seyler e Boaventura, 2001).

Siqueira e colaboradores (2006) estudaram a distribuição dos teores dos elementos traço zinco, cobalto e níquel nas frações total e móvel nos sedimentos superficiais da Plataforma Continental Amazônica. Durante esta pesquisa, os teores de zinco determinados variaram entre 52,83 e 159,46 mg.kg⁻¹, com média de 127,74mg.kg⁻¹ ± 39,18. As concentrações de Zn apresentadas neste trabalho corroboram com os resultados obtidos por Pereira *et al.* (2000) de 20 a 200 mg kg⁻¹ e por Lima (2003) de 40 a 167mg kg⁻¹ para sedimentos provenientes da Plataforma Continental Amazônica. A fração total de níquel determinada oscilou entre 21,69 e 47,44 mg kg⁻¹, com média de 40,00 mg kg⁻¹ ± 9,54. Estes dados são confirmados pelos trabalhos desenvolvidos por Andrade e Patchineelam (2000) e Lima (2003), que obtiveram concentrações de Ni nos sedimentos da Plataforma Amazônica na Costa Amapaense de 25,10 mg kg⁻¹ e 57,31 mg kg⁻¹, respectivamente. De maneira geral, constatou-se que os sedimentos superficiais localizados na Plataforma Continental do Amazonas podem ser considerados como



sítios de ocorrência natural dos elementos metálicos, não havendo influência de fontes poluidoras na liberação destes para o sistema.

5.3. Teores de Elementos Traço em Peixe

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor protéico 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 Mollerke, 2003). Os resultados dos teores médios dos elementos traço As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn na amostras de peixe adquiridas nas comunidades ribeirinhas estão apresentados na **Tabela 04**.

Tabela 04. 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>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,11±0,17	< 0,5	< 0,5	< 0,5	26,34±4,32
Tucunaré (<i>Cichla ocellaris</i>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,97±0,08	< 0,5	1,17±0,15	< 0,5	12,34±2,04
Pintado (<i>Pseudoplatystoma</i>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,51±0,19	< 0,5	0,75±0,13	< 0,5	18,85±4,51
Arumará (<i>Acestrorhynchus</i>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,42±0,13	< 0,5	0,84±0,15	< 0,5	18,13±3,36
Piranha-caju (<i>Pygocentrus nattereri</i>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,33±0,20	< 0,5	1,98±0,27	< 0,5	24,65±4,20
Surubim (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>)	Carnívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,71±0,13	< 0,5	1,93±0,19	< 0,5	15,80±4,05
Pescada (<i>Plagioscion sp</i>)	Piscívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,18±0,17	< 0,5	< 0,5	< 0,5	11,45±2,49
Apapá (<i>Pellona castelneana</i>)	Piscívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,72±0,23	< 0,5	< 0,5	< 0,5	15,31±3,99
Sardinha (<i>Triportheus sp</i>)	Onívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,63±0,18	< 0,5	< 0,5	< 0,5	15,28±1,64
Mandi (<i>Pimelodus sp</i>)	Onívoro	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,58±0,15	< 0,5	< 0,5	< 0,5	10,53±2,90

As espécimes de peixe adquiridas nas comunidades ribeirinhas apresentaram valores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni e Se abaixo de 0,5 mg kg⁻¹ independentemente do hábito alimentar.

Os teores do elemento manganês nas amostras apresentaram valores médios de 1,68±0,15 mg kg⁻¹ nas espécimes carnívoras, de 0,95±0,20 mg kg⁻¹ nas espécimes piscívoras e nas espécimes onívoras de 0,60 ± 0,16 mg kg⁻¹. Os teores do elemento zinco nas amostras apresentaram valores médios de 19,35±3,75 mg kg⁻¹ nas espécimes carnívoras, de 13,38±3,24 mg kg⁻¹ nas espécimes piscívoras e nas espécimes onívoras

de $12,91 \pm 2,27 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo possível observar diferença entre os hábitos alimentares das espécimes.

Os teor médio do elemento chumbo nas espécimes carnívoras foi de $1,37 \pm 0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ enquanto que nas espécimes piscívoras e onívoras os teores de chumbo foi abaixo $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$ possivelmente devido ao processo de bioacumulação e biomagnificação do elemento chumbo.

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.

6. Considerações Finais

Os teores de elementos traço encontrados nas amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 referente aos corpos de água doce classe II. Os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Os teores dos elementos traço determinados nas amostras de peixe e nos compartimentos ambientais amostrados na bacia do rio Madeira estão de acordo com os níveis naturais relatados na literatura para a região Amazônica.

7. Referências Bibliográficas

- ANDARADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. **Rev. Química Nova**, v. 23, 733, 2000.
- AALTO, R.; MAURICE-BOURGOIN, L.; DUNNE, T.; MONTGOMERY, D.R.; NITTROUER, C.A.; GUYOT, J.L. Episodic sediment accumulation on Amazonian food plains influenced by El Niño/Southern Oscillation. **Nature**, v. 425, p. 493-497, 2003.
- 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**, v. 213, p. 209-214, 2005.
- BARRETO, W.J.; SCARMINIO, I.; SOLCI, M.C.; ISHIKAWA, D.N.; OGASAWARA, M.T.; NOMI, S.N.; BARRETO, S.R.G. Analysis of physical and chemical parameters for discrimination of water origin in a hydroelectric reservoir. **Clean-Soil Air Water**, v. 35, p. 239, 2007.
- 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**, v. 178, p. 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**, v. 1, p. 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**, v. 23, p. 79, 2009.
- BRASIL. **Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 518/2004/Ministério da Saúde – Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA RESOLUÇÃO CONAMA n.º 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**, v. 117, p. 135, 2006.
- DEBELS, P.; FIGUEROA, R.; URRUTIA, R.; BARRA R.; NIELL, X. Evaluation of water quality in the Chilla River (central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 110, p. 301, 2005.
- 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.**, v. 65, p. 211, 1998.
- ELDAW, A.K.; SALAS, J.D.; GARCIA, L.A. Long-range forecasting of the Nile River Flows Using Climatic Forcing. **Journal of Applied Meteorology**, v. 27, p. 890, 2003.
- FELIPE-SOTELO, M.; ANDRADE, J.M.; CARLOSENA, A.; TAULER, R. Temporal characterization of river waters in urban and semi-urban areas using physicochemical parameters and chemometric methods. **Analytica Chimica Acta**, v. 583, p. 128, 2007.
- FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. **Environm. Sci. Technol.**, v. 24, p. 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.; JOUANNEAU, J.M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G.R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. **Catena**, v. 71, p. 340, 2007.

- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; WASSON, J.G. (1999) Characterization of river bed and suspended sediments in the Madeira River drainage basin (Bolivian Amazonian). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 12, p. 401, 1999.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. Berlin, Springer, 1983.
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. **Tropical rivers**. *Geomorphology*, 2005, 70, 187.
- LIMA, E.A.R. **Avaliação geoquímica da ocorrência de metais pesados selecionados em sedimentos pelíticos da Plataforma Continental do Amazonas no trecho entre a foz do rio Pará e ao cabo Orange**. Dissertação de Mestrado, UFPA, Belém – PA, 2003.
- 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**, v. 8, p. 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.
- 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.**, v. 8, p. 391, 1993.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEVOL, A.H.; RICHEY, J.E.; FORSBERG, B.R. Suspended sediment load in the Amazon Basin: an overview. **GeoJournal**, v. 19, p. 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**, v. 45, p. 436, 2003.
- MORTATTI, J.; FERREIRA, J.R.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; TANCREDI, A.C.F. Biogeochemistry of the Madeira River Basin. **GeoJournal**, v. 19, p. 391, 1989.

- 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 river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. **Talanta**, v. 53, p. 551, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - Part II. Influence of structural features (molecular size, aromaticity, phenolic groups, organically bound sulfur). **Talanta**, v. 61, p. 699, 2003.
- 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.
- 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 Amazônia**, v. 36, p. 321, 2006.
- STAT SOFT INC. Statistica (data analysis software system) version 7. Disponível em <<http://www.statsoft.com>>. 2004.
- WREN, C.D.; MACCRIMMON, H.R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake **Water Air Soil Pollut.**, v. 19, 27791, 1983.

ANEXO V



USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

5ª CAMPANHA DE CAMPO DO MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO CANTEIRO DE OBRAS – OUTUBRO DE 2010

EMPRESA: Life Projetos Limnológicos

PERÍODO DAS ATIVIDADES: Outubro/2010

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: Juliana Machado do Couto Curti

RESPONSÁVEL DA ESBR: Jairo Guerrero

EQUIPE TÉCNICA

Coordenadora do projeto

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

Trabalhos de campo e laboratório

Bióloga Kátia Bittar Haddad

Biólogo M.Sc. Leonardo de Assis Ítalo

Biólogo Wagner Batista Xavier

Biólogo Paulício Maconi Filho

Biólogo Ário Scurciatto Nishikawa

Químico Brunno Misofante da Silva Gomides

Química Andréia Cintra Braga

Téc. Alline Caetano Luz

Análise das comunidades aquáticas

Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)

Bióloga Dra. Luzia Cleide Rodrigues (Fitoplâncton)

Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)

Sumário

1. Introdução	01
2. Objetivos	01
3. Área de Estudo	01
4. Metodologia	02
4.1. Parâmetros físicos e químicos	02
4.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)	04
4.3. Comunidades Biológicas	05
5. Resultados	07
5.1. Variáveis físicas e químicas	07
5.2. Variáveis bacteriológicas	17
5.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)	19
5.4. Comunidades aquáticas	20
5.4.1. Fitoplâncton	21
5.4.2. Zooplâncton	30
5.4.3. Zoobentos	38
6. Considerações Finais	43
7. Referências	45
8. Registro Fotográfico	50

1. Apresentação

Este relatório técnico apresenta os resultados obtidos durante o monitoramento limnológico realizado a montante e jusante do Canteiro de Obras do AHE Jirau, em outubro de 2010.

2. Objetivos

Os objetivos deste relatório são:

- Realizar uma caracterização limnológica no trecho do rio Madeira e tributários próximos ao Canteiro de Obras do AHE Jirau;
- Comparar os resultados obtidos com os limites preconizados pela Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA, para águas da classe II
- Avaliar possíveis impactos do Canteiro de Obras sobre as características físicas, químicas e biológicas no trecho monitorado;

3. Área de Estudo

As coletas foram realizadas em 10 (dez) pontos próximos ao Canteiro de Obras do AHE Jirau. No PBA constam 11 estações de coleta, no entanto, o ponto PL 07 não foi amostrado pois estava localizado na área do recinto 3 (entre a margem direita e a Ilha Pequena), que já foi ensecado. De maneira geral, os pontos PL01, PL02, PL03, PL04, PL05 e PL06 estão localizados no rio Madeira, enquanto que os pontos PL08, PL09, PL10 e PL11 estão situados em igarapés. Os pontos localizados nos igarapés são considerados de difíceis acessos durante a estação de seca e, nesse mês, apresentaram baixo nível de água, principalmente no ponto PL11 (Tabela 1, ANEXO I). Esses pontos serão melhor caracterizados durante o período de cheia.

Tabela 1. Estações de Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras.

Pontos amostrados	Locais	Coordenadas UTM	
PL 01	Jusante Limite Empreendimento - rio Madeira	8.984.838,88	322.154,37
PL 02	Jusante Barragem - rio Madeira	8.978.704,24	321.691,96
PL 03	Jusante Ilha Pequena - rio Madeira	8.976.423,01	320.304,73
PL 04	Cachoeira Inferno - rio Madeira	8.975.462,00	316.639,01

PL 05	Foz Ribeirão Margem Direita - rio Madeira	8.977.398,23	321.633,14
PL 06	Foz Ribeirão Margem Esquerda - rio Madeira	8.980.051,65	320.875,98
PL 08	1ª Etapa Montante	8.972.212,17	321.007,59
PL 09	1ª Etapa Jusante	8.973.114,85	321.120,67
PL 10	2ª Etapa Jusante	8.977.472,42	321.838,12
PL 11	2ª Etapa Montante	8.977.062,90	322.401,23

4. Metodologia

A campanha de campo foi realizada no dia 19 de outubro de 2010.

4.1. Parâmetros físicos e químicos

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, potencial de óxido-redução, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556). A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach. A transparência da coluna da água foi mensurada através do disco de Secchi.

Amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. No laboratório localizado no Canteiro de Obras do AHE Jirau foram determinados os valores de alcalinidade total usando o método baseado na titulação com ácido sulfúrico. Parte das amostras foi filtrada, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo. As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas e encaminhadas para o laboratório de limnologia situado na “Life – Projetos Limnológicos”, em Goiânia para realização das análises. As variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos:

- Cloreto: determinado através do método de cromato de potássio e espectrofotômetro (Método 4500-Cl⁻ B, Standard Methods, 2005);
- Clorofila-*a*: extração com acetona (90%) e leitura em espectrofotômetro a 663 nm, aplicando-se correção para outros compostos dissolvidos e turbidez, resultante da leitura a 750 nm (GOLTERMAN *et al.*, 1978);
- Coliformes totais, termotolerantes e densidade de *Escherichia coli*: método dos tubos múltiplos, realizado imediatamente após a coleta em um laboratório base localizado no canteiro de obras;

- Cor : espectrofotômetro (Método 2120, Standard Methods, 2005);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅): consumo de oxigênio nas amostras durante uma incubação de cinco dias, a uma temperatura constante de 20°C (Método 5210, Standard Methods, 2005);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): oxidação da matéria orgânica por uma mistura em ebulição de ácido crômico e ácido sulfúrico (bicromato de potássio em meio ácido) (Método 5220, Standard Methods, 2005);
- Dureza: titulometria/EDTA (Método 2340C, Standard Methods, 2005);
- Ferro total: método da ortofenotrolina (Método 3500, Standard Methods, 2005);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Nitrato: método de redução do cádmion e leitura em espectrofotômetro a 400 nm (Método 4500-NO₃-E, Standard Methods, 2005);
- Nitrito: método colorimétrico onde o nitrito reage com o ácido sulfanílico, formando um composto que é determinado em espectrofotômetro a 507 nm (Método 4500-NO₂-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH₃ F, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio total Kjeldahl: quantificado com amostras não filtradas que sofreram digestão em meio ácido e com elevada temperatura. Após a digestão, as amostras foram destiladas em aparelho Kjeldahl e, posteriormente, o destilado foi titulado com ácido clorídrico 0,01 N (MACKERETH *et al.*, 1978);
- Óleos e graxas: obtenção através de extração com um solvente (Hexano – 5520B, Standard Methods, 2005);
- Sílicato reativo: determinado através do método do ácido oxálico (Método 4500-SiO₂ C, Standard Methods, 2005);
- Sólidos em suspensão totais: estimado por gravimetria (WETZEL e LINKENS, 2000);
- Íons sulfato e sulfeto: determinados através de espectrofotometria (Método 4500, Standard Methods, 2005).

4.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para facilitar a comunicação entre público geral e corpo técnico, para avaliar tendências temporais da qualidade da água e permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água. Normalmente, um índice de qualidade de água varia entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água.

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total (http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp). A seguinte fórmula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de qualidade da água. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do parâmetro i . Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao parâmetro i fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A qualidade das águas interiores, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, pode ser classificada em categorias narrativas da seguinte forma:

IQA	QUALIDADE
80 – 100	Qualidade Ótima
52 – 79	Qualidade Boa
37 – 51	Qualidade Aceitável
20 – 36	Qualidade Ruim
0 – 19	Qualidade Péssima

4.3. Comunidades Biológicas

Simultaneamente às coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros físicos e químicos (descritos anteriormente), foram também amostradas as comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas.

Comunidade Fitoplanctônica

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostragens para o estudo quantitativo da comunidade fitoplanctônica foram fixadas com solução de lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos. Paralelamente, foram realizadas coletas com rede de plâncton de 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo, sendo estas amostras fixadas com solução de Transeau, segundo Bicudo e Menezes (2006).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido, com aumento de 400X. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação da amostra. A densidade fitoplanctônica foi calculada de acordo com APHA (2005) e o resultado foi expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro.

Analisou-se a presença de cianobactérias visando atender a Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Para a contagem do número de células de cianobactérias utilizou-se o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). As colônias intactas foram sobrepostas ao quadrado e contou-se o número de células. O retículo foi calibrado e as contagens foram realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se o volume pela densidade de cada táxon. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma das células, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (SUN e LIU, 2003).

Para avaliar a variação espacial da comunidade fitoplanctônica foi realizada a Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis”- DCA) (JONGMAN e TER BRACK, 1995), utilizando-se os dados de densidade das espécies. Por fim, foi estimado o índice de diversidade (H') e a equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a densidade é distribuída entre as espécies (SHANNON e WEAVER, 1963).

Comunidade Zooplanctônica

As amostras de zooplâncton foram obtidas logo abaixo da superfície utilizando-se uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água foram filtrados em uma rede de plâncton de 68 μm de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

Previamente às análises, as amostras de zooplâncton foram coradas com Rosa de Bengala, a fim de aprimorar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, foram concentradas em um volume conhecido e variável (75 a 600 mL), considerando a quantidade de organismos e, principalmente, a quantidade de material em suspensão na amostra, que dificultou a visualização dos espécimes na mesma.

A composição zooplanctônica foi avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns e microscópio óptico. A abundância da comunidade foi estimada através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de cinco sub-amostras, de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel, sendo os resultados de densidade final apresentados em indivíduos por m^3 . Visto que o método de sub-amostragem não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies, após as contagens das sub-amostras, procedeu-se uma análise qualitativa das mesmas. Como riqueza de espécies, considerou-se o número de espécies presentes em cada unidade amostral (ponto de amostragem).

Comunidade Zoobentônica

A amostragem qualitativa e quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com uma draga de Petersen em todos os pontos. O material coletado foi levado ao laboratório e processado utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem. Em seguida foi acondicionado em frascos plásticos e fixado com álcool 80%. A análise desse material (triagem, identificação e contagem dos táxons encontrados) foi realizada com estereomicroscópio. Foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas para auxílio nas identificações dos táxons: Edmunds Jr. *et al.* (1979), Merrit e Cummins (1996), Peckarsky *et al.* (1990), Rosemberg e Resh, (1996) e Wiggins (1977).

Os dados foram tabulados e utilizados para o cálculo da abundância média e frequência de cada táxon, abundância total, índice de diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J) (MAGURRAN, 1988) e riqueza taxonômica para cada ponto.



5. Resultados

5.1. Variáveis Físicas e Químicas

Temperatura do ar, água e oxigênio dissolvido

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físicos e químicos. Em outubro, o valor médio da temperatura do ar foi igual a 33,4°C (**Figura 1a**). Os valores da temperatura da água variaram entre 29°C e 32,9°C (média igual a 30,5°C) (**Figura 1b**).

Em outubro, os valores de oxigênio dissolvido variaram entre 2,5 mg/L (PL 11) e 8,4 mg/L (pontos PL02 e PL04) (**Figura 2**). Foi possível observar que os menores valores desse gás foram registrados nos tributários estudados (pontos PL08, PL09, PL10 e PL11). Assim, nesse mês, os pontos PL08, PL10 e PL11 apresentaram concentrações de oxigênio inferiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357 (5,0 mg/L).

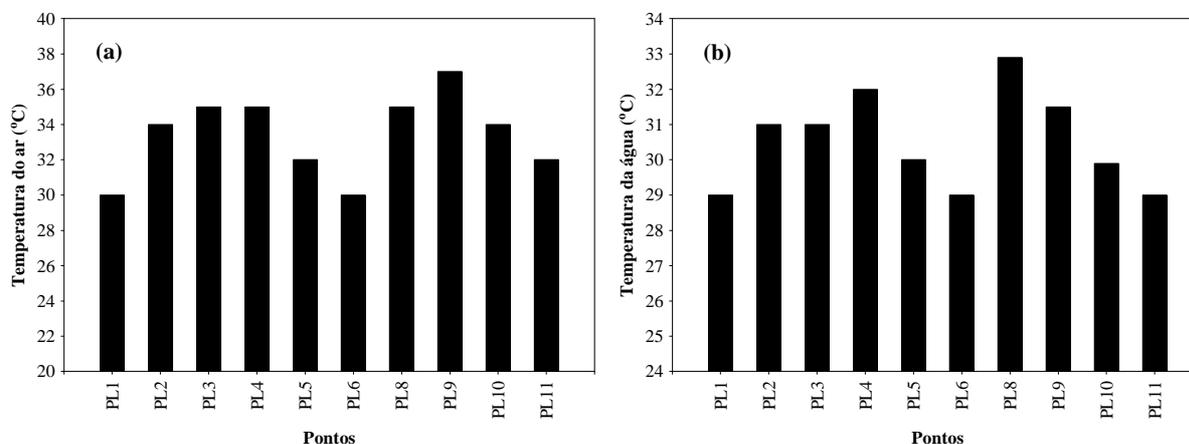


Figura 1. Valores de temperatura do ar (a) e da água (b).

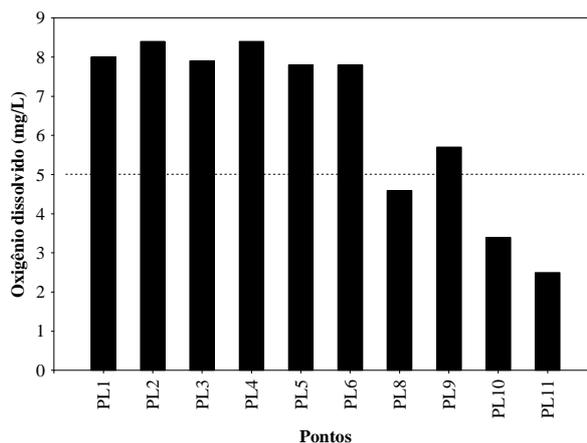


Figura 2. Concentração de oxigênio dissolvido.

Transparência da água, turbidez, cor e sólidos totais

A transparência da água é medida em campo utilizando-se o disco de Secchi. Nesse mês, os valores de transparência foram inferiores a 10 cm nos pontos localizados no rio Madeira. Nos tributários não foi possível mensurar tais valores, tendo em vista a pequena profundidade desses locais.

A turbidez indica a capacidade da água em dispersar a radiação luminosa, dependendo da concentração da matéria inorgânica e orgânica suspensa. Em outubro de 2010, tais valores variaram entre 23 NTU (ponto PL 09) e 157 NTU (ponto PL 08) (**Figura 3a**). Assim, os pontos PL05, PL06 e PL08 apresentaram valores superiores ao limite indicado na Resolução CONAMA n° 357/2005 (100 NTU).

Os valores de cor verdadeira variaram entre 34 mg Pt/L (ponto PL 01) e 163 mg Pt/L (ponto PL08) (Figura 3b). Nesse mês, os pontos PL03, PL04, PL05 e PL08 apresentaram valores de cor superiores ao limite indicado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (75 mg Pt/L). De maneira geral, os pontos localizados no rio Madeira e em alguns tributários com águas negras apresentam naturalmente elevados valores de turbidez e cor, ou seja, fatores extrínsecos ao empreendimento faz com alguns desses valores não se enquadrem na Resolução CONAMA n° 357/2005.

As concentrações de sólidos totais em suspensão variaram entre 10 mg/L (ponto PL10) e 72 mg/L (ponto PL01) (**Figura 3c**).

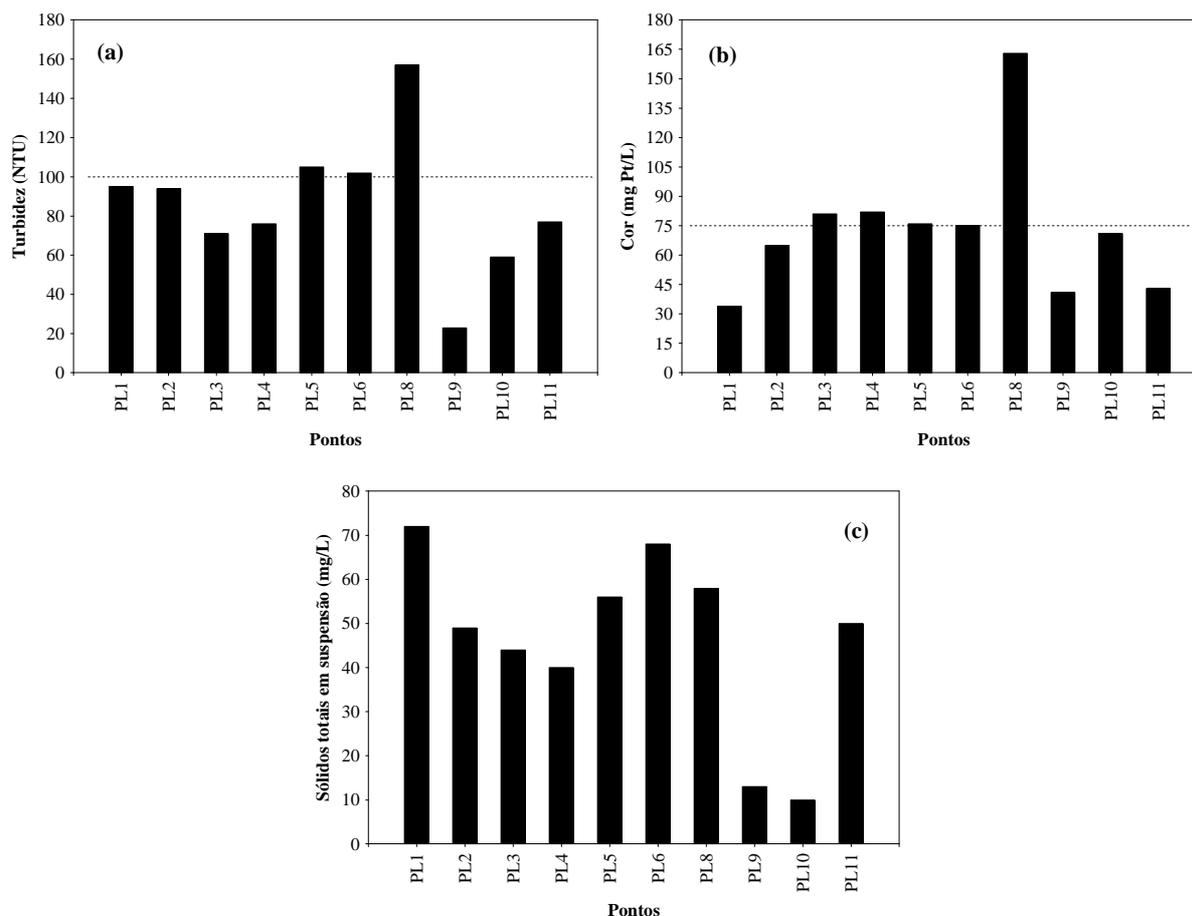


Figura 3. Valores de turbidez (a), cor (b) e sólidos totais em suspensão (c) mensurados em outubro de 2010.

pH, Condutividade elétrica, potencial óxido-redução

Em outubro de 2010, os valores de pH foram, em média, iguais a 7,04. Somente o ponto PL09 apresentou valor de pH inferior a 6,0 (limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005) (**Figura 4a**). Os valores do potencial de óxido-redução variaram entre 40 mV e 163 mV (**Figura 4b**), indicando a predominância de processos de oxidação no trecho estudado.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior a concentração de íons dissolvidos, maior será o valor da condutividade elétrica da água. Nesse mês, os valores de condutividade elétrica variaram entre 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ponto PL10) e 146 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (pontos PL05) (**Figura 4c**). A maior concentração de sólidos totais dissolvidos (STD; 73 mg/L) também foi obtida no ponto PL05, sendo

inferior ao limite máximo permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L) (Figura 4d).

De maneira geral, os menores valores de condutividade elétrica e STD foram registrados nos pontos localizados nos tributários do rio Madeira, que apresentam águas negras, caracterizadas por baixos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e pH.

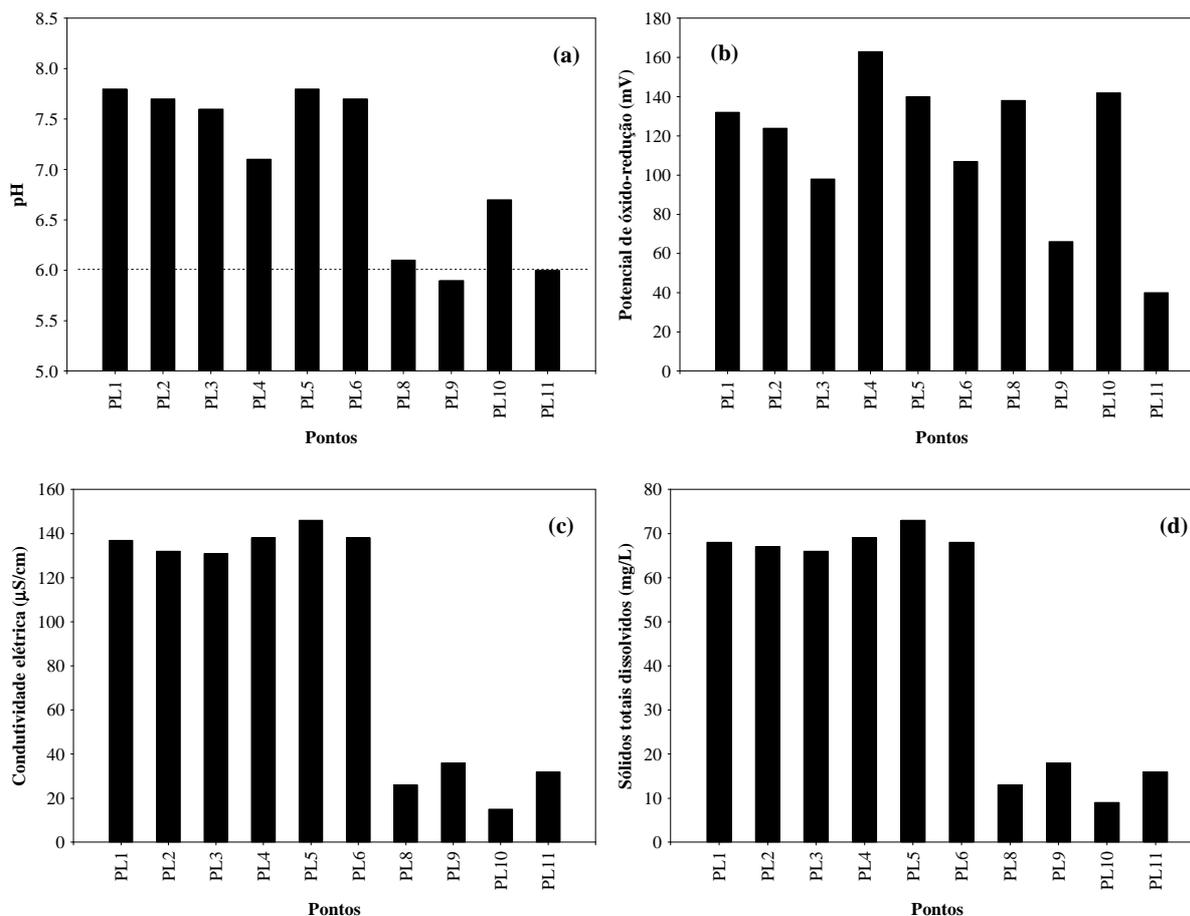


Figura 4. Valores de pH (a), potencial de óxido-redução (b), condutividade elétrica (c) e sólidos totais dissolvidos (STD; d).

Alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto

A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos em um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (Esteves, 1998). A dureza da água, por sua vez, depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e são importantes também para a condutividade, pH e alcalinidade. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/L são classificadas como

moles; de 125 a 230 mg/L, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/L como duras. Esta classificação é importante somente para fins de tratamento de água (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Em outubro de 2010, os maiores valores de alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira. Em média, os valores de alcalinidade foram iguais a 90,5 mg/L, enquanto que os valores de dureza foram iguais a 40,8 mg/L (**Figura 5a e 5b**). O maior valor de dureza (62 mg/L) foi registrado no ponto PL06, demonstrando que o trecho monitorado pode ser classificado como apresentando águas moles. Provavelmente, os pontos localizados nos tributários apresentam baixas concentrações de íons carbonato e bicarbonato. As concentrações de cálcio e magnésio corroboram os resultados de dureza, tendo em vista que as menores concentrações desses íons também foram registradas nos pontos localizados nos tributários estudados (**Figuras 5c e 5d**).

As concentrações de sódio em ambientes aquáticos são determinadas pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais e também variam em função das condições geológicas das bacias hidrográficas. As concentrações de sódio mensuradas em outubro variaram entre 0,6 mg/L (ponto PL11) e 5,3 mg/L (ponto PL05) (**Figura 5e**).

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais em função das baixas taxas de intemperismo das rochas que apresentam teores elevados desse elemento. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes, deste modo, podem aumentar as concentrações nos ecossistemas aquáticos tanto por fontes pontuais como difusas. O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Nesse mês, as concentrações de potássio variaram entre 0,6 mg/L (ponto PL11) e 2,43 mg/L (ponto PL08) (**Figura 5f**). Assim, nesse mês, o trecho estudado apresentou baixas concentrações de potássio.

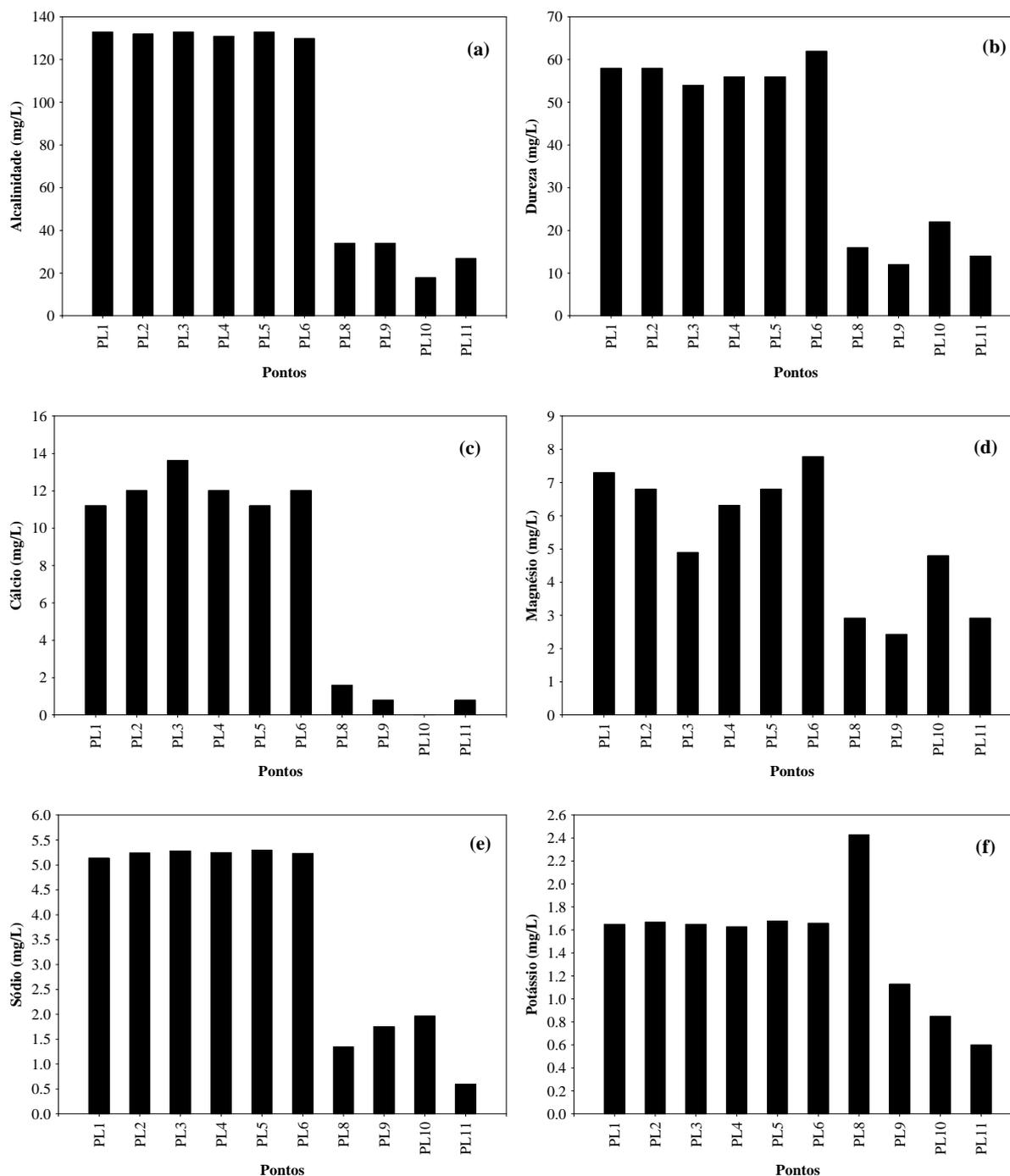


Figura 5. Valores de alcalinidade (a), dureza (b), cálcio (c), magnésio (d), sódio (e), potássio (f).

Íons cloreto e ferro

Todas as águas naturais contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais ou, em regiões próximas do mar, da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (dessalinização), bem como causam danos a estruturas metálicas (corrosão) (BAUMGARTEN e POZZA, 2001). No trecho

monitorado, as concentrações de cloreto variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,5 mg/L) e 5,0 mg/L (ponto PL09), sendo assim, significativamente inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (250 mg/L). (**Figura 6a**).

O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada (Fe^{3+} - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (ESTEVEZ, 1998). Em ambientes que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}).

Em outubro de 2010, as concentrações de ferro total variaram entre 0,87 mg/L (ponto PL04) e 17,0 mg/L (ponto PL08) (**Figura 6b**).

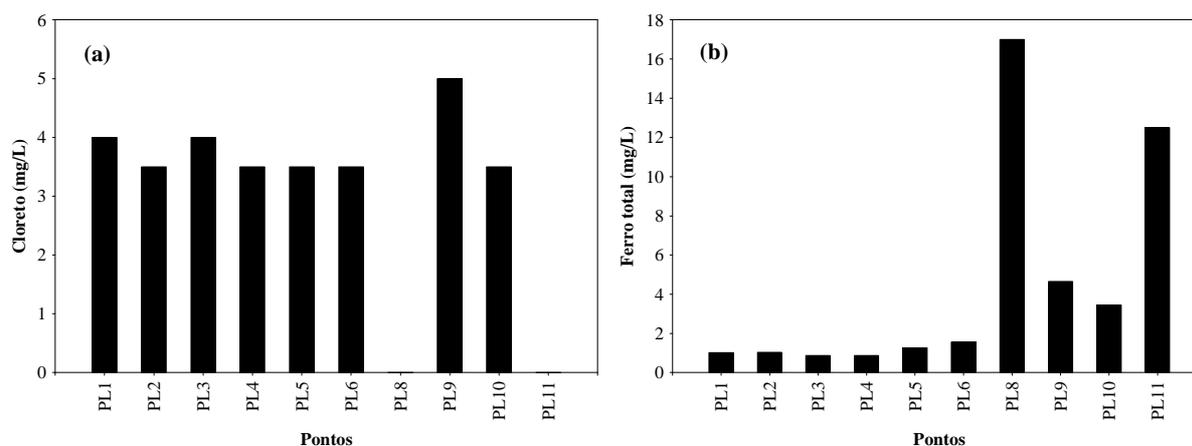


Figura 6. Concentração de cloreto (a) e ferro total (b).

Nutrientes fosfatados e nitrogenados

Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Em geral, a

permanência desse problema, mesmo após o controle de fontes pontuais, pode ser atribuída a diferentes processos (reciclagem interna e emissões difusas derivadas de atividades agropastoris). Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o P pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, as concentrações de fósforo total variaram entre 0,013 mg/L (ponto PL09) e 0,119 mg/L (ponto PL06) (**Figura 7a**). Nesse mês, os pontos PL01, PL05 e PL06 (localizados no rio Madeira) apresentaram teores de fósforo total superiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L para ambientes lóticos).

No entanto, ressalta-se que o rio Madeira frequentemente apresenta elevadas concentrações de fósforo total, assim como observado nos demais pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico, tendo em vista a elevada concentração de material em suspensão na água. Desta maneira, pode-se afirmar que não há associação entre essas concentrações e as atividades desenvolvidas no canteiro de obras do AHE Jirau.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações, principalmente em ambientes oxigenados (ESTEVES, 1998).

Em outubro de 2010, as concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) variaram entre 0,53 mg/L (ponto PL10) e 2,18 mg/L (ponto PL08) (**Figura 7b**). As concentrações de nitrato variaram entre 0,7 mg/L e 3,9 mg/L (ponto PL08) (**Figura 7c**). As concentrações de nitrito variaram entre valores inferiores a 0,001 mg/L e 0,012 mg/L (ponto PL04) (**Figura 7d**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,33 mg/L e 1,88 mg/L (ponto PL08) (**Figura 7e**).

Todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito dentro dos limites indicados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito). De acordo com a referida Resolução, o limite para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a 7,5, o valor máximo estabelecido para nitrogênio amoniacal é

igual a 3,7 mg/L, enquanto que em ambientes com valores de pH entre 7,5 e 8,0 o valor máximo permitido é 2,0 mg/L, ou seja, o trecho monitorado apresenta concentrações inferiores ao limite preconizado pela resolução.

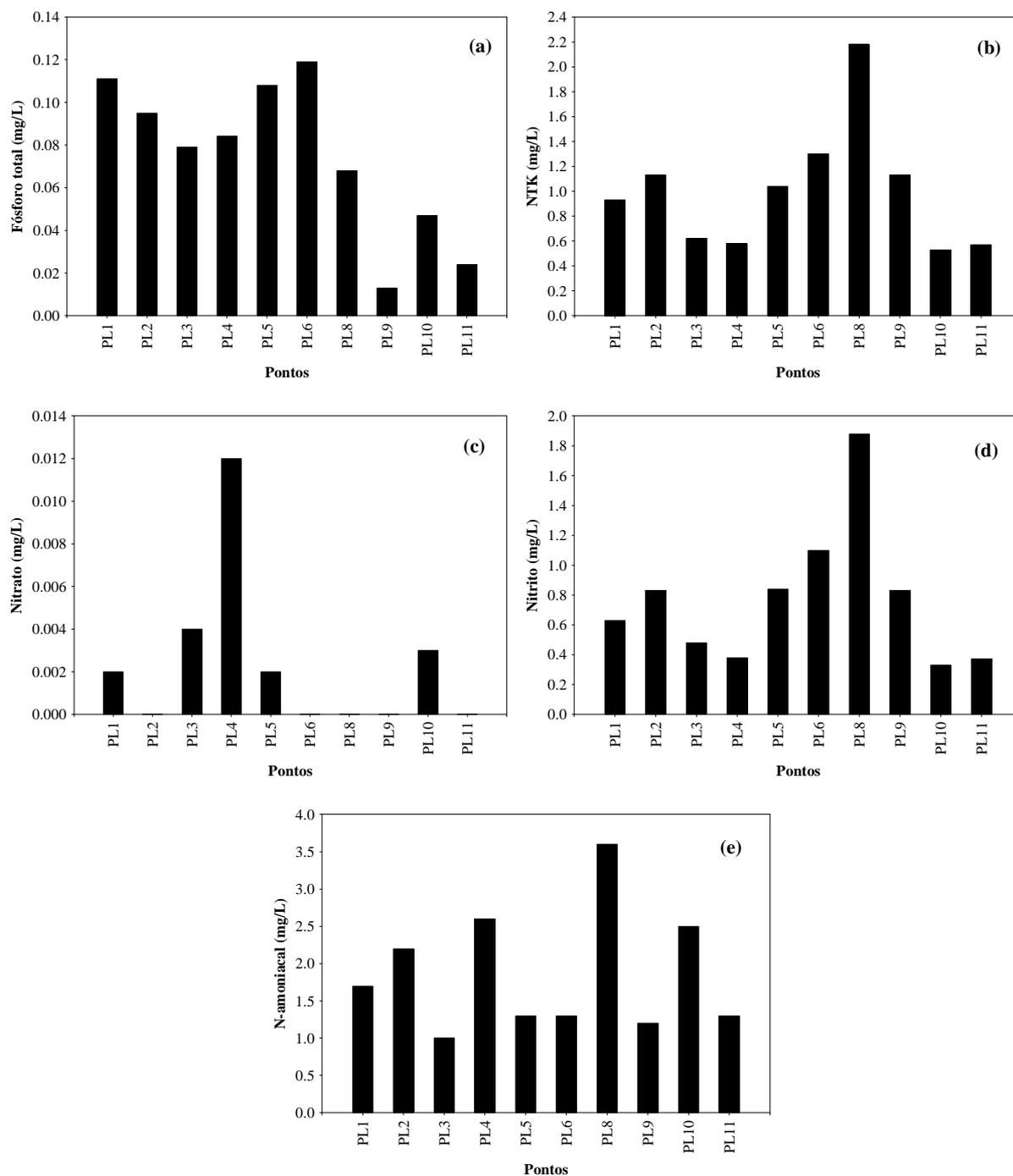


Figura 7. Concentrações de fósforo total (a), nitrogênio total Kjeldahl (NTK; b), nitrato (c), nitrito (d) e nitrogênio amoniacoal (e).

DBO₅

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (KALFF, 2002). Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Nessa análise, além da matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a matéria orgânica não biodegradável e outros componentes inorgânicos (sulfetos, por exemplo).

Em outubro de 2010, as concentrações de DBO₅ variaram entre 1,0 mg/L (ponto PL03) e 3,6 mg/L (ponto PL08) (**Figura 8a**). Assim, tais valores foram inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n^o 357/2005 (5,0 mg/L). As concentrações de DQO variaram entre 2,0 mg/L (pontos PL05 e PL11) e 28 mg/L (pontos PL08) (**Figura 8b**).

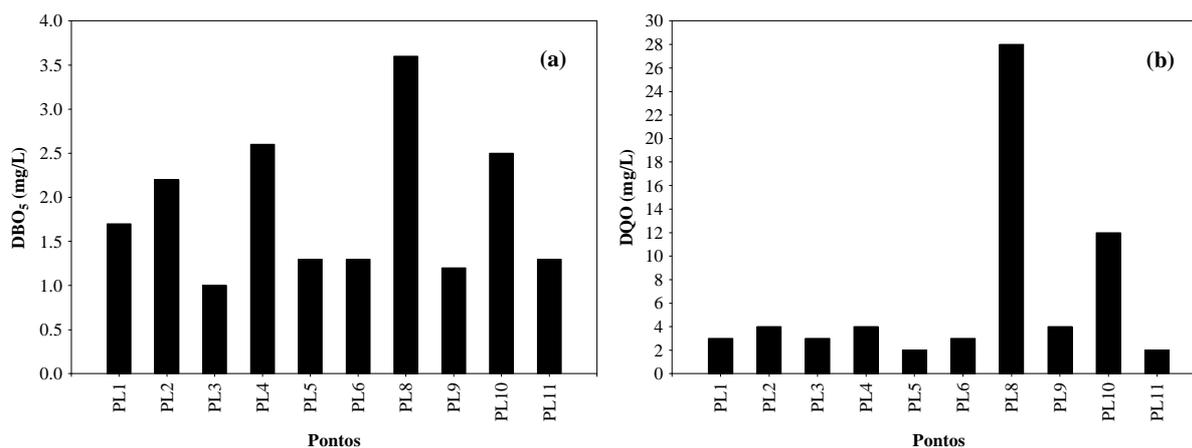


Figura 8. Valores de DBO₅ (a) e DQO (b).

Silicato reativo e clorofila-a

No ambiente aquático, a **sílica**, sob a forma solúvel (também chamada de sílica reativa) é um nutriente utilizado pelas diatomáceas (produtores primários) na elaboração de sua carapaça (ESTEVES, 1998). Frequentemente, a sílica não atua como fator limitante aos produtores primários, tendo em vista a abundância deste elemento nos solos tropicais. Em outubro de 2010, tais concentrações variaram entre 4,0 mg/L (ponto PL09) e 24,6 mg/L (ponto PL08) (**Figura 9**).

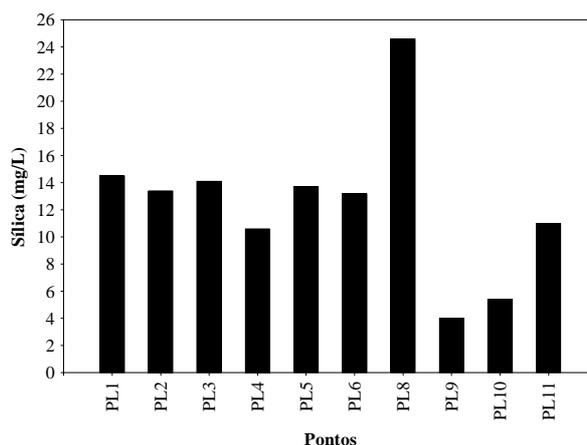


Figura 9. Concentração de silicato reativo.

A clorofila-*a* está fortemente relacionada com a biomassa fitoplanctônica e pode ser considerada a principal variável indicadora do processo de eutrofização. Assim, a determinação dessa variável em monitoramentos limnológicos é primordial.

No trecho monitorado, em outubro de 2010, as concentrações de clorofila-*a* variaram entre 2,73 µg/L (ponto PL08) e 9,93 µg/L (ponto PL01) (**Figura 10**). Assim, nesse mês, todos os locais monitorados apresentaram concentrações inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (30 µg/L).

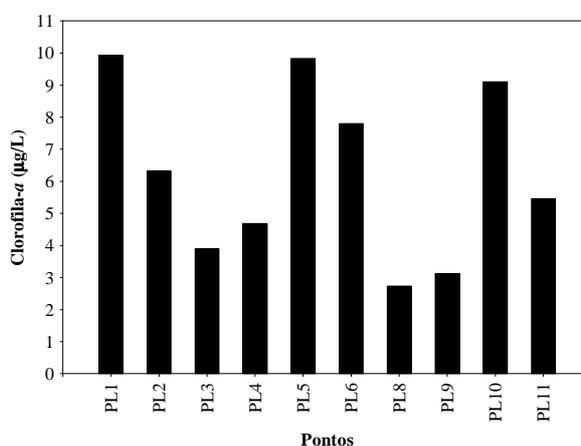


Figura 10. Concentração de clorofila-*a*.

5.2. Variáveis Bacteriológicas

Coliformes termotolerantes / Escherichia coli

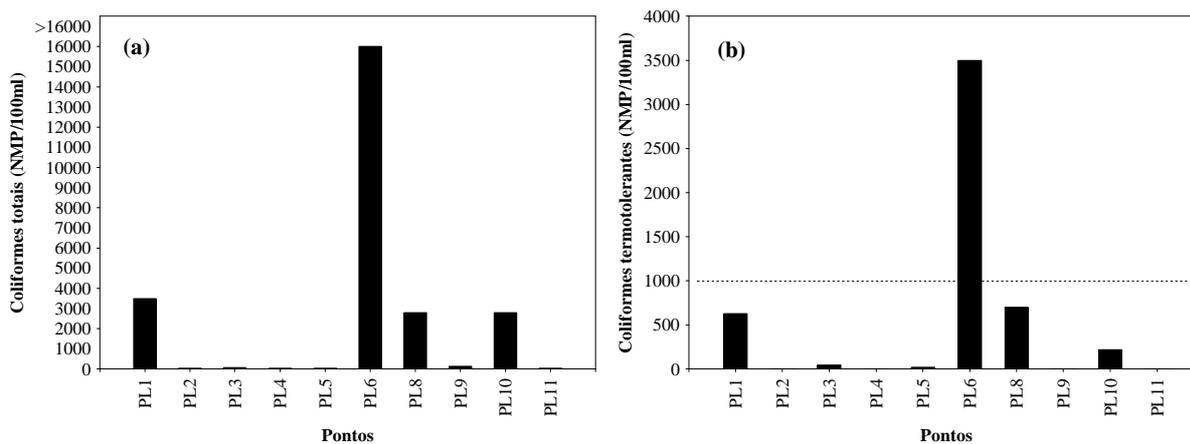
As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que

inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

Em outubro de 2010, os valores de densidade de coliformes totais variaram entre 40 NMP/100ml e valor >16000 NMP/100ml (ponto PL06) (**Figura 11a**). Os valores de densidade de coliformes termotolerantes variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<18 NMP/100ml) e 3500 NMP/100ml (ponto PL06) (**Figura 11b**). Assim, somente o ponto PL06 apresentou valor de densidade superior ao limite máximo permitido preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (1000 NMP/100ml).

De maneira similar, a densidade do grupo de bactérias *E. coli* também foi baixa na maior parte dos pontos monitorados, com exceção somente do ponto PL06 (3500 NMP/100ml) (**Figura 11c**).



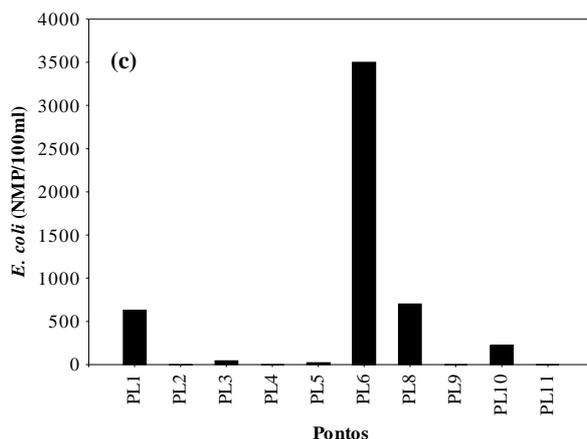


Figura 11. Valores de densidade de coliformes totais (a), termotolerantes (fecais; b) e *E. coli* (c).

5.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Nesse mês, os valores de IQA variaram entre 46,572 (ponto PL08) e 72,322 (ponto PL03) (**Tabela 2**). Desta forma, conforme pode ser verificado na **Tabela 2**, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”. Somente os pontos PL08 e PL10 (localizados nos tributários) apresentaram classificadas como aceitáveis, tendo em vista as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de fósforo total nesses locais.

Tabela 2. Índice de Qualidade da Água (IQA) por ponto de coleta, em outubro de 2010.

Estações	Descrição	IQA	Qualidade
PL 01	Jusante Limite Empreendimento - rio Madeira	62,003	Boa
PL 02	Jusante Barragem - rio Madeira	69,742	Boa
PL 03	Jusante Ilha Pequena - rio Madeira	72,322	Boa
PL 04	Cachoeira Inferno - rio Madeira	71,873	Boa
PL 05	Foz Ribeirão Margem Direita - rio Madeira	69,581	Boa
PL 06	Foz Ribeirão Margem Esquerda - rio Madeira	57,164	Boa
PL 08	1ª Etapa Montante	46,572	Aceitável
PL 09	1ª Etapa Jusante	63,882	Boa
PL 10	2ª Etapa Jusante	50,906	Aceitável
PL 11	2ª Etapa Montante	53,560	Boa

5.4. Comunidades Aquáticas

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água não é suficiente para realizar avaliações de impactos, pois, muitas vezes, estas ocorrem em um período de tempo tão curto, que não são detectadas. Por outro lado, o compartimento biótico oferece um registro confiável das pressões naturais ou não, impostas ao sistema, constituindo numa somatória temporal das condições ambientais (BRANDINARTE *et al.*, 1999).

O termo plâncton é utilizado para caracterizar um grupo de organismos que têm a coluna d'água como hábitat preferencial. Apesar de apresentar movimentos próprios, a capacidade natatória desse grupo é limitada e os espécimes tendem a ser transportados passivamente pelos fluxos de água.

A presença de organismos fitoplanctônicos em rios é influenciada pelas variações de temperatura, pH, concentração de nutrientes, condições hidrodinâmicas, além da ação de predadores (REYNOLDS, 1988). Uma importante característica destes organismos é a rápida resposta que apresentam às alterações ambientais, em função do curto ciclo de vida, o que os tornam eficientes indicadores da qualidade da água (REYNOLDS, 1995; 1997). A presença de algumas espécies em altas densidades pode comprometer a qualidade das águas, causando restrições ao seu tratamento e distribuição. Atenção especial é dada ao grupo das Cianofíceas, também denominadas Cianobactérias, que possui espécies potencialmente tóxicas.

O zooplâncton, em ambientes aquáticos continentais (como lagos, rios e reservatórios) é representado essencialmente por 04 (quatro) grupos taxonômicos: protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes. A comunidade zooplanctônica representa um importante componente dos sistemas aquáticos, contribuindo na transferência de matéria e energia nas cadeias alimentares aquáticas, desde os produtores (fitoplâncton) até consumidores de níveis tróficos superiores, como larvas de inseto (invertebrados) e peixes (vertebrados).

Diversos estudos têm evidenciado a grande relevância de processos hidrodinâmicos na determinação da distribuição temporal e espacial da composição, riqueza de espécies e abundância das comunidades zooplanctônicas em rios (BASU e PICK, 1996; THORP e CASPER, 2003). De acordo com Kobayashi *et al.* (1998), o regime de fluxo é, provavelmente, um dos fatores mais importantes para a abundância do zooplâncton de rios. Alterações na composição, na riqueza de espécies e na

abundância do zooplâncton estão frequentemente relacionadas a diferentes tipos de impactos como eutrofização, acidificação e alterações hidrológicas.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é formada por organismos que habitam os substratos de fundo de ecossistemas aquáticos (sedimentos, rochas, pedaços de madeira, macrófitas aquáticas, algas filamentosas, dentre outros), pelo menos em parte de seu ciclo de vida (ESTEVES, 1998). Nos ecossistemas aquáticos continentais vários grupos de organismos fazem parte desta comunidade, como por exemplo: Protozoa, Porifera, Nematoda, Nemertea, Oligochaeta, Arthropoda (Insecta, Crustacea e Acarina).

5.4.1. Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica amostrada em outubro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou alta complexidade taxonômica (**Tabela 3**). Nesta amostragem foram inventariados 125 táxons, os quais foram distribuídos entre 09 (nove) grupos taxonômicos. Alta complexidade taxonômica do fitoplâncton tem sido verificada na área de influência do AHE Jirau.

Os grupos taxonômicos mais especiosos foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae ou diatomáceas, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae e Euglenophyceae, os quais são comumente registrados como os mais especiosos em rios e reservatórios do mundo todo (**Tabela 3**).

Os valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas foram altos na maioria dos pontos amostrados em outubro de 2010 (**Figura 12, Tabela 3**). O número de táxons no rio madeira variaram de 11 (ponto PL02) a 24 (ponto PL03), localizado a jusante da Ilha Pequena, com média de 19 táxons por amostra. Nos tributários a média de táxons foi 18, com variação de 07 (sete) táxons no ponto PL11, a 27 no ponto PL10.

Conforme pode ser verificado na **Figura 12** e na **Tabela 3** abaixo, Bacillariophyceae e Chlorophyceae foram os principais grupos com maior contribuição ao número total de táxons na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau e foram seguidos por Cyanobacteria e Cryptophyceae.

Tabela 3. Ocorrência dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	PL01	PL02	PL03	PL04	PL05	PL06	PL08	PL09	PL10	PL11
BACILLARIOPHYCEAE										
<i>Achnanthes minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	x									
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow							x			
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.	x		x	x	x	x				
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.			x	x		x		x		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	x	x	x	x	x	x				
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	x	x	x		x	x				
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.	x		x	x	x	x				
<i>Discostella</i> sp.	x	x	x	x	x	x				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.							x			
<i>Cyclotella</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x			
<i>Eunotia</i> sp.	x								x	
<i>Fragilaria</i> sp.				x		x				
<i>Girosygma</i> sp.	x	x	x	x						
<i>Melosira varians</i> Agard.					x	x		x		
<i>Navicula</i> sp.						x	x			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	x	x	x	x	x	x	x		x	
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow	x			x	x	x				
<i>Nitzschia</i> sp.	x		x	x	x	x			x	
<i>Pinnularia</i> sp.							x	x	x	x
<i>Pinnularia</i> sp1							x			
<i>Synedra gouldarii</i> Bréb.					x					
<i>Surirella</i> sp.	x	x			x	x			x	
<i>Thalassiosira</i> sp.					x	x				
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.			x	x		x				
<i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e Craw.					x					
Pennales não identificada 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pennales não identificada 2								x		
CYANOBACTERIA										
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.			x					x	x	x
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström							x		x	
<i>Chroococcus</i> sp.				x					x	x
<i>Cyanodiction</i> sp.				x						
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seenayya & Subba Raju			x							
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al.			x	x						
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunth.) Wacklin et al.						x				
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin et al.	x									
<i>Epigloesphaeria</i> sp.									x	
<i>Geitlerinema</i> sp.				x					x	
<i>Limnetrix</i> sp.							x		x	
<i>Lyngbya</i> sp.										x
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.						x				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	x		x							
<i>Oscillatoria</i> sp.		x								x
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek	x	x	x				x			
<i>Pseudoanabaena</i> sp.						x	x			
<i>Romeria</i> sp.								x		
Phormidiaceae não identificada		x								x
CHLOROPHYCEAE										
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.		x	x	x		x				
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott						x				
<i>Chlamydomonas</i> sp.		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chlamydomonas</i> sp1	x						x			
<i>Closteriopsis</i> sp.						x				
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.	x				x				x	
<i>Coenochloris</i> sp.		x								
<i>Crucigeniella</i> sp.			x							
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew.						x				
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew				x						
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.	x		x	x			x			
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritch) E. Hegew.					x					
<i>Desmodesmus</i> sp.		x				x				
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood				x	x					
<i>Eudorina elegans</i> C. G. Ehrenb.	x		x	x	x	x				
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek		x	x	x	x	x				
<i>Kirchneriella obesa</i> (W. West) Schmid.						x				
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk. - Legn.			x		x	x				
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárk. - Legn.	x									
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárk.-Legn.								x		
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard			x				x			
<i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárk. - Legn.			x		x					

substratos onde ficam aderidos e também permite a permanência destes na camada eufótica da coluna de água. Neste estudo, as bacilariofíceas foram as mais importantes para a riqueza de espécies fitoplanctônicas em todas as amostras, com maior contribuição nos pontos localizados no rio Madeira (**Figura 12**).

Em geral, ocorre maior contribuição de clorofíceas e zignemafíceas em ambientes com alta transparência, eutróficos e com mistura da coluna d'água (REYNOLDS *et al.*, 2002).

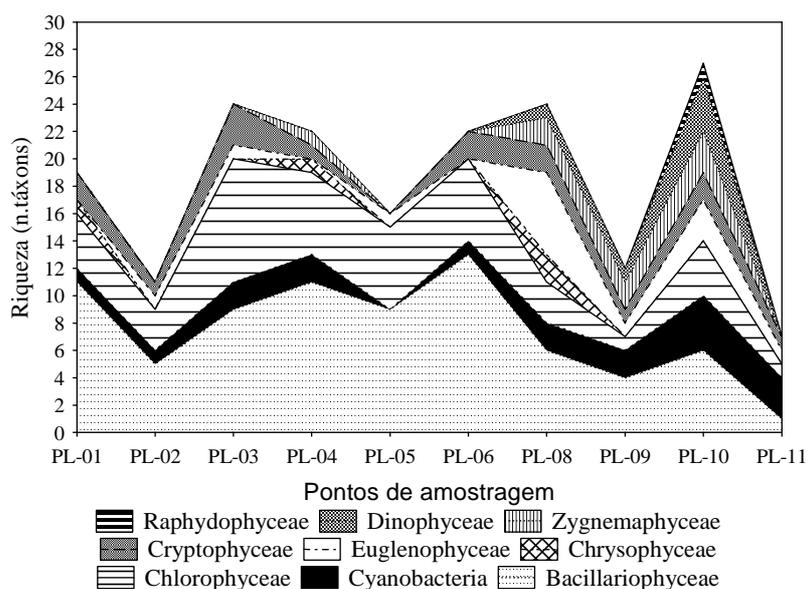


Figura 12. Variação temporal e espacial da riqueza fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

Densidade e biomassa fitoplanctônica

Foram registrados altos valores de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos amostrados na área de influência do Canteiro de Obras do futuro AHE Jirau, em outubro de 2010 (**Tabela 4, Figuras 13, 14**). Verificou-se uma baixa variabilidade espacial quanto a distribuição do fitoplâncton, especialmente, entre os pontos monitorados no rio Madeira, o que se deve a hidrodinâmica deste rio, caracterizada por alto fluxo.

Os maiores valores de densidade e biomassa fitoplanctônica foram registrados nos tributários, ponto PL08 e PL10, e variaram de 90 ind.mL^{-1} e $0,14 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ no ponto PL11 a 4338 ind.mL^{-1} e $5,9 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ no ponto PL08 (**Figura 13, 14, Tabela 4**), com média de 1490 ind.mL^{-1} e $3,23 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$.

Tabela 4. Densidade (ind.mL⁻¹) dos táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	PL01	PL02	PL03	PL04	PL05	PL06	PL08	PL09	PL10	PL11
BACILLARIOPHYCEAE										
<i>Achnanthes minutissima</i> (Kütz.) Czarn.	38									
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow							27			
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.	9		50	18	40	18				
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.			1	9		9		20		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	36	18		27	30	28				
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.	36		20			9				
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.	36			9						
<i>Discostella</i> sp.	36	9	40	72	60	27				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.						9				
<i>Cyclotella</i> sp.	396	18	301	270	260	267	108			
<i>Eunotia</i> sp.									10	
<i>Fragilaria</i> sp.				9		9				
<i>Girosygma</i> sp.	9		20							
<i>Navicula</i> sp.						9	27			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	72	45	30	54	20	65			1	
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow	9			9		18				
<i>Nitzschia</i> sp.			10	18	10	9			40	
<i>Pinnularia</i> sp.							624	10	60	9
<i>Pinnularia</i> sp1							27			
<i>Synedra gouldarii</i> Bréb.					10					
<i>Surirella</i> sp.									10	
<i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e Craw.					10					
Pennales não identificada 1	54	9	70	27	60	9	135	61	240	
Pennales não identificada 2								30		
CYANOBACTERIA										
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin <i>et al.</i>				1						
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.			20					224	10	18
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström							27		10	
<i>Cyanodactylon</i> sp.				9					20	
<i>Geitlerinema</i> sp.									10	
<i>Limnothrix</i> sp.							108			
<i>Lyngbya</i> sp.										9
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.						9				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.	9		10							
<i>Romeria</i> sp.								10		
Phormidiaceae não identificada		1								9
CHLOROPHYCEAE										
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.				9						
<i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott						18				
<i>Chlamydomonas</i> sp.		18	90	189	10	18	162	10	10	18
<i>Chlamydomonas</i> sp1	18						135			
<i>Closteriopsis</i> sp.						9				
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.									20	
<i>Crucigeniella</i> sp.			20							
<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew				9						
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew.							9			
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.	18		10							
<i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritche) E. Hegew.					10					
<i>Desmodesmus</i> sp.		1								
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood				9						
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek				10						
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk. - Legn.				10		10	9			
<i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárk. - Legn.				10		10				
<i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárk. - Legn.				10			18			
<i>Monoraphidium</i> sp.									1	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	9	9								
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat	9									
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat				18	10				10	
<i>Scenedesmus westii</i> (G. M. Smith) Chodat			10							
<i>Scenedesmus</i> sp.					20					
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.			10							
<i>Schroederia spirallis</i> (Printz) Kors.				9						
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.								81		
CHRYSOPHYCEAE										
<i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof	9									
<i>Kephyrion</i> sp.				9						
<i>Mallomonas</i> sp.								27		
Chrysophyceae não identificada								622		
EUGLENOPHYCEAE										
<i>Euglena acus</i> Ehrenb.								27	10	

<i>Euglena</i> sp.						54	10	40	9
<i>Phacus</i> sp.						1			
<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> (Ehrenb.) Stein						81			
<i>Trachelomonas similis</i> Stokes var. <i>spinosa</i> Hub.-Pest.						27			
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.					10	108		90	
<i>Trachelomonas</i> sp.					10				
CRYPTOPHYCEAE									
<i>Cryptomonas erosa</i>									30
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. emend. Pen.					10	216			18
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja	36		60			9	1244	20	10
<i>Cryptomonas</i> sp.	9	45	20	54		9			
ZYGNEMAPHYCEAE									
<i>Closterium ralfsii</i> Bréb. ex Ralfs						108	30		
<i>Cosmarium</i> sp.						335			
<i>Euastrum</i> sp.									1
<i>Spyrogira</i> sp.							102		10
<i>Staurastrum</i> sp.				9					
<i>Triploceras gracile</i> Bic. & Bic.									10
DINOPHYCEAE									
<i>Gymnodinium</i> sp.						27			
<i>Peridinium gatunense</i> Nyg.									20
<i>Peridinium</i> sp.							51		170
<i>Peridinium</i> sp 1									30
<i>Peridinium</i> sp2									10
RAPHYDOPHYCEAE									
<i>Gonyostomum</i> sp.									60

Os valores de densidade e biomassa verificados nos pontos monitorados no rio Madeira variaram de 272 ind.mL⁻¹ e 0,5 mm³.L⁻¹ no ponto PL02 a 852 ind.mL⁻¹ e 1,2 mm³.L⁻¹ no ponto PL03, com média de 666 ind.mL⁻¹ e 0,79 mm³ L⁻¹ por amostra.

Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae e Zygnemaphyceae apresentaram maior contribuição aos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica. As bacilariofíceas dominaram massivamente nos pontos situados no rio Madeira. Este grupo esteve representado tanto por gêneros meroplanctônicos, quanto ticoplanctônicos (**Tabela 4**). Entre os táxons ticoplanctônicos, enquadram-se, entre outros, os gêneros *Cymbella*, *Eunotia* e *Gomphonema*, tipicamente perifíticos. Entre as espécies meroplanctônicas, destacaram-se principalmente as diatomáceas cêntricas, como espécies de *Aulacoseira* e *Cyclotella* cujos ciclos de vida estão estreitamente relacionados com o regime de mistura da coluna de água, e que, por estarem adaptadas à mistura turbulenta constituem componentes comuns do potamoplâncton (REYNOLDS *et al.*, 2002; PADISÁK *et al.*, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2009).

A maior contribuição de clorofíceas, criptofíceas, crisofíceas e zignemafíceas à densidade no ponto PL08 se devem à maior disponibilidade de luz e menor velocidade de corrente no mesmo, quando comparado ao rio Madeira. As criptofíceas, representadas principalmente por *Cryptomonas* spp. são consideradas oportunistas e são favorecidas em uma ampla faixa de variabilidade ambiental (KLAVENESS, 1988). As zignemafíceas foram dominantes em biomassa nos pontos PL08 e PL09 (**Tabela 4**),

representadas por táxons de grandes dimensões, os quais são considerados metafíticos, o que ressalta a influência da vegetação marginal nestes pontos.

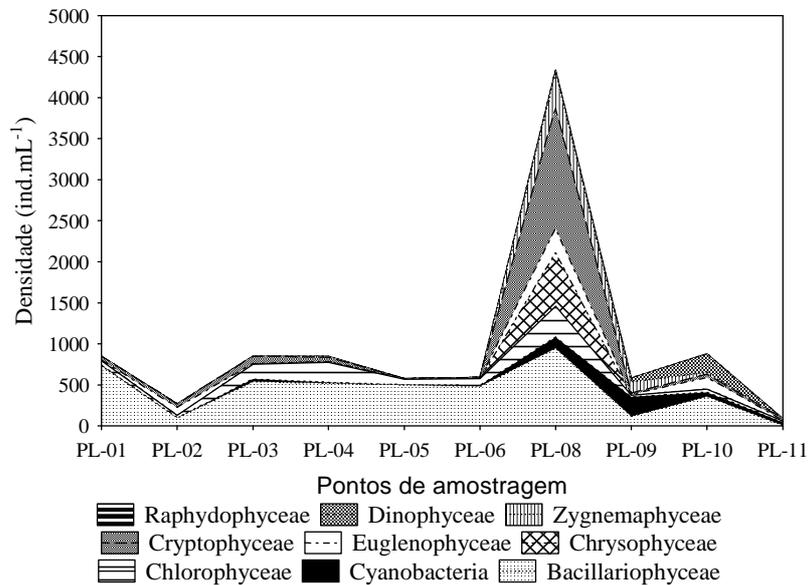


Figura 13. Variação espacial da densidade fitoplanctônica na área de influência do Canteiro de Obras da futura AHE Jirau, durante o período de estudo.

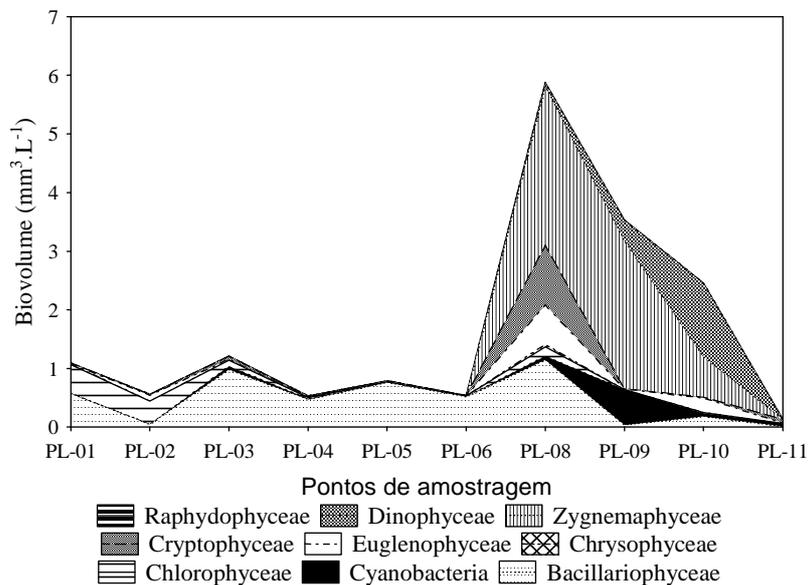


Figura 14. Variação espacial da biomassa fitoplanctônica na área de influência do Canteiro de Obras do futuro AHE Jirau, durante o período de estudo.

Foram registradas cianobactérias em 90% das amostras qualitativas e quantitativas (**Tabelas 3, 4, 5**), representadas principalmente por táxons tipicamente planctônicos. Dentre as cianobactérias, foram registrados táxons potencialmente

toxigênicos e característicos de ambientes eutróficos, como *Dolichospermum*, *Aphanocapsa*, *Planktothrix* e *Aphanizomenon*.

Foi registrado baixo número de células de cianobactérias nas amostras do rio Madeira, sendo inferior a 300 células.mL⁻¹, e um número relativamente alto nas amostras dos tributários. Os maiores valores ocorreram nos pontos PL09 e PL11 (**Figura 13, Tabela 5**).

Os valores de biomassa deste grupo foram baixos (**Figura 14**), sendo inferiores a 1 mm³.L⁻¹, o que permitiu enquadrar as águas dos pontos monitorados na classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água fixados pela Resolução CONAMA n^o 357/2005, as quais podem ser destinadas aos usos previstos para esta classe de água.

Tabela 5. Densidade (células.mL⁻¹) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do futuro UHE Jirau, em outubro de 2010.

Táxons	PL01	PL02	PL03	PL04	PL05	PL06	PL08	PL09	PL10	PL11
CYANOBACTERIA										
<i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin <i>et al.</i>				20						
<i>Aphanizomenon gracile</i> LemmERM.			200					2240	100	180
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström							540		200	
<i>Cyanoduction</i> sp.				9						
<i>Geitlerinema</i> sp.									200	
<i>Limnothrix</i> sp.							864		80	
<i>Lyngbya</i> sp.										90
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.						72				
<i>Merismopedia tenuissima</i> LemmERM.	72		80							
<i>Romeria</i> sp.								50		
Phormidiaceae não identificada		10								90
Total	72	10	280	29		72	1404	2290	580	4737

Análise de Correspondência (DCA)

Os escores obtidos por meio da DCA para os pontos de coleta e densidade dos táxons fitoplanctônicos (**Figura 15**), foram interpretados utilizando-se os dois primeiros eixos, os quais apresentaram os maiores autovalores, eixo 1 (0,75) e eixo 2 (0,46).

O diagrama da DCA discriminou claramente os pontos monitorados no rio Madeira dos demais, influenciado por menor complexidade taxonômica da comunidade fitoplanctônica e maior riqueza de Bacillariophyceae no rio Madeira e de cianobactérias nos tributários.

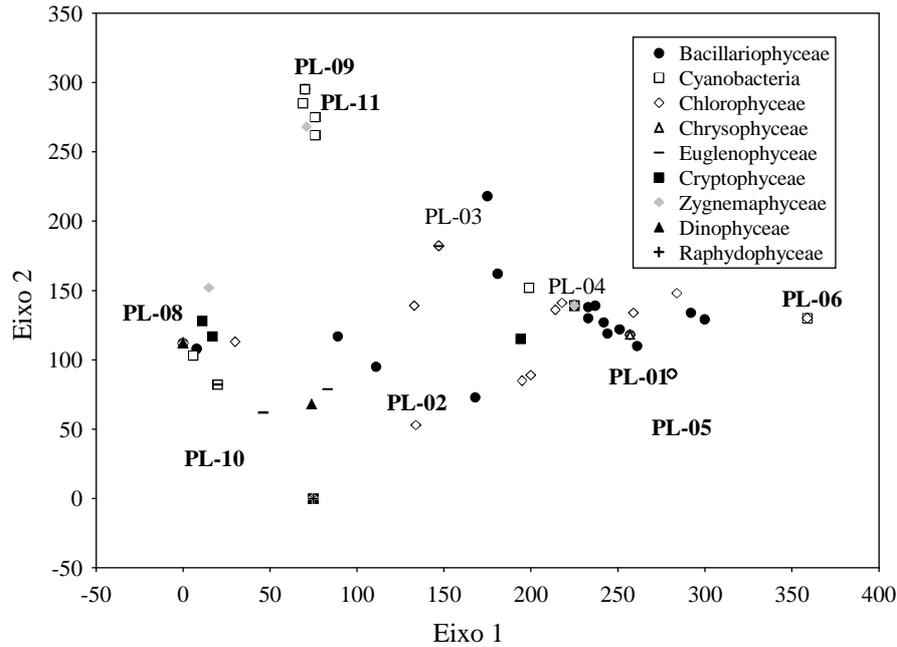


Figura 15. Dispersão dos escores dos pontos de coleta, rio Madeira e tributários em outubro de 2010, ao longo dos dois primeiros eixos da DCA.

Diversidade de espécies e equitabilidade

Os valores do índice de diversidade de Shannon e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica em outubro de 2010 foram baixos na maioria dos pontos (**Figuras 16 e 17**). Os maiores valores foram obtidos no ponto PL03, localizado no rio Madeira, e no ponto PL10, localizado em um tributário (**Figura 16**). Os menores valores verificados nos pontos PL02 e PL11 podem ser atribuídos aos baixos valores de riqueza de espécies.

Os valores de equitabilidade foram próximos de 0,8 na maioria dos pontos, o que é considerado uma uniformidade relativamente baixa dos valores de densidade entre os táxons, o que pode ser atribuído aos altos valores de densidade de *Cyclotella meneghiniana* nos pontos situados no rio Madeira.

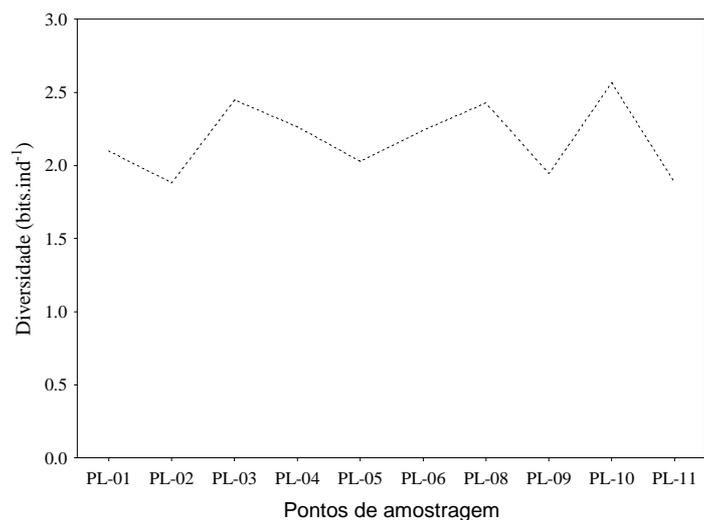


Figura 16. Variação espacial e temporal da diversidade de espécies na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

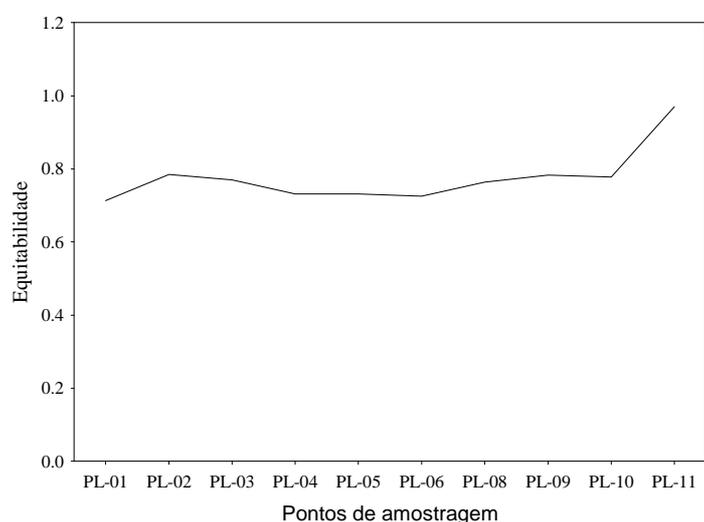


Figura 17. Variação espacial e temporal da equitabilidade na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2010.

5.4.2. Zooplâncton

A análise das amostras zooplancônicas, tomadas em outubro de 2010, nas proximidades do Canteiro de Obras do AHE Jirau, revelou a ocorrência de 91 espécies. Entre os quatro grupos considerados nas análises qualitativas e quantitativas, destacaram-se os rotíferos, com 38 espécies, seguidos por protozoários testáceos, com 26 espécies, cladóceros com 14 espécies e copépodes com 09 (nove) espécies (**Tabela 6**).

Além desses grupos, incluídos nas análises das amostras do zooplâncton, foi registrada, ainda, a ocorrência de outros organismos como oligoquetos, nematodas, hidracarinos, ostrácodes e larvas de inseto. Tais organismos são, via de regra, constituintes de outras comunidades como a bentônica e aquela associada à vegetação marginal, não sendo, portanto, analisados neste relatório. Embora os protozoários testáceos também apresentem como hábitat preferencial algum tipo de substrato, a elevada diversidade, abundância relativa e frequência com que esses organismos ocorrem em amostras planctônicas de ambientes lóticos (potamoplâncton) justifica sua inclusão em estudos sobre o plâncton de tais ambientes. Na verdade, até mesmo os grupos tipicamente planctônicos como cladóceros, copépodes e rotíferos são, em parte, representados por espécies litorâneas ou bentônicas. Segundo Marzolf (1990), para que populações tipicamente planctônicas se desenvolvam é necessário que a velocidade com que os organismos são arrastados em um ambiente aquático seja menor que sua taxa reprodutiva.

Desta forma, o potamoplâncton é predominantemente composto por organismos que tem como hábitat preferencial o sedimento ou a vegetação litorânea, os quais são carregados para a coluna d'água à medida que são lavados da vegetação litorânea ou ressuspensos do sedimento pelo fluxo de água.

Em outubro de 2010, os protozoários testáceos, ou tecamebas, estiveram representados por 07 (sete) famílias, destacando-se neste período de amostragem as famílias Centropixidae e Arcellidae (**Tabela 6**). O predomínio destas famílias, em termos de número de táxons, tem sido observado como um padrão recorrente em diferentes ambientes aquáticos dulcícolas, tanto no plâncton, sedimento e vegetação litorânea de diferentes ambientes como lagos, rios e reservatórios (VELHO *et al.*, 1999; LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Entre os rotíferos, foram registradas 13 famílias, sendo as mais representativas as famílias Brachionidae e Lecanidae (**Tabela 6**), família esta frequentemente registrada entre as mais especiosas, em ambientes aquáticos continentais brasileiros (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Entre os microcrustáceos, os cladóceros estiveram representados por 7 famílias, dentre as quais Chydoridae foi a mais especiosa. Esta família é, em geral, constituída por espécies preferencialmente litorâneas. Os copépodes estiveram representados pelas famílias Cyclopidae, em grande parte constituída também por espécies litorâneas, e

Diaptomidae, tipicamente planctônica, sendo a primeira a mais especiosa, representada por 08 (oito) espécies.

Essa grande contribuição de famílias preferencialmente litorâneas, incluindo os testáceos, rotíferos e microcrustáceos, evidencia uma forte influência de condições lóticis na área em estudo.

Tabela 6. Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas densidades (ind.m⁻³), nos diferentes pontos de amostragem na área de influência do Canteiro de Obras da futura barragem de Jirau, em outubro de 2010.

GRUPO	FAMÍLIA	ESPÉCIE /	PONTO	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL8	PL9	PL10	PL11		
Testáceos	Arcellidae	<i>Arcella artocrea</i>					1								
		<i>A. brasiliensis</i>									20				
		<i>A. vulgaris</i>					2				80	1	40	160	
		<i>A. vulgaris undulata</i>											80		
		<i>A. megastoma</i>			20					1					
		<i>A. discoides</i>			1			20	1		40		120	160	
		<i>A. conica</i>											40		
		<i>A. costata</i>									160	20	280		
		<i>A. gibbosa</i>										60		40	
		<i>A. hemisphaerica</i>										20			
		<i>A. mitrata</i>											120		
		<i>A. cf. penardi</i>												40	
		Centropyxidae	<i>Centropyxis aerophyla</i>	<i>C. aculeata</i>		20					20	320	20	40	40
				<i>C. cf. cassis</i>								160			
				<i>C. ecornis</i>		3				1	1	280	20	40	
				<i>C. constricta</i>						1		40		1	40
				<i>C. cyclopyxis</i>											
		Trigonopyxidae	<i>Cyclopyxis kahli</i>	<i>Cucurbitella</i> sp.		20					1	160			40
				<i>Protocucurbitella coroniformis</i>											1
<i>Protocucurbitella coroniformis</i>														1	
Difflogidae	<i>Difflogia corona</i>	<i>D. lobostoma</i>								200		1			
		<i>D. lobostoma</i>								40		1			
Hyalosphaenidae	<i>Heleoptera petricola</i>									40					
Lesquereusidae	<i>Lesquereusia spiralis</i>	<i>L. modesta</i>								1		2			
		<i>L. modesta</i>								1					
Plagiopyxidae	<i>Plagiopyxis</i> sp												1		
TOTAL TECAMEBAS				64	0	0	23	3	23	1524	161	766	521		
Rotíferos	Brachionidae	<i>Anueropsis</i> sp.								40					
		<i>Brachionus angularis</i>						20							
		<i>B. calyciflorus</i>		20	240	240	420	80	1	80	40				
		<i>B. caudatus</i>		20		2	20			240	1				
		<i>B. falcatus</i>		20	1	40	60	1	20			20			
		<i>B. quadridentatus</i>		40	20	120	100	20	20			60			
		<i>Keratella americana</i>			40	40	20								
		<i>K. cochlearis</i>				1						20			
		<i>K. tropica</i>		1	100	320	260	80	1		2	1			
		<i>Plathyonus patulus patulus</i>		60	40	200	120	80	1	40	40	40	320		
		<i>Plathyas quadricornis</i>		20				1							
		Colurellidae	<i>Colurella</i> sp.							1					
Euclhanidae	<i>Euchlanis dilatata</i>							40							



		<i>Dipleuchlanis propatula</i>							20		40	
Filinidae		<i>Filinia longiseta</i>		40	20							
Lecanidae		<i>Lecane bulla</i>	20			1	20	3240	60	80	40	
		<i>L. cornuta</i>		2			20				40	
		<i>L. curvicornis</i>	20			1	1	40	20	40		
		<i>L. dorissa</i>						40				
		<i>L. leontina</i>					1		40	40	1	
		<i>L ludwigi</i>							1	80		
		<i>L. cf. luna</i>	1			1			20			
		<i>L. lunaris</i>		20		40		80			240	
		<i>L. papuana</i>	40	3	4	40	3	1	920	40	200	440
		<i>Lecane sp.</i>						20		1		
		<i>Lecane stenroosi</i>					20		20			
Lepadellidae		<i>Lepaella ovalis</i>			40	20						
Philodinidae		Bdeloidea	100	40	240	100	40	40	2360	60	200	1400
Dicranophoridae		<i>Dicranophorus sp.</i>	1									
Notomatidae		<i>Cephalodella sp.</i>	1	1	1			20	40		80	
		<i>Notommata sp.</i>						40				
		<i>Monommata. cf. sacigera</i>									40	
Synchaetidae		<i>Polyarthra vulgaris</i>				20						
Testudinellidae		<i>Testudinella patina</i>						20	40			
Trichocercidae		<i>Trichocerca cilindrica</i>		20		1	20		40			
		<i>Trichocerca sp.</i>									1	
Trichotridae		<i>Macrochaetus sericus</i>		1	40	60	1		40	20	200	240
		<i>Manfredium eudactulodum</i>										40
		<i>Trichotria tetractis</i>						40				
TOTAL ROTÍFEROS			344	546	1330	1304	449	224	7240	485	922	2881
Cladóceros	Bosminidae	<i>Bosmina hagdmani</i>	120	80		20	60	20				
		<i>Bosminopsis deitersi</i>	20	40	200	120	20	20	1	40	6240	960
	Daphnidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>		60	3	20	2	1				
	Sididae	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>			40	1		1			2400	
		<i>Diaphanosoma sp.</i>		20								
	Chydoridae	<i>Alona sp</i>	3	2	3	20	1	20	40	20	40	
		<i>Alona glabra</i>								1		
		<i>A. cf. verrucosa</i>			1					1		
		<i>Chydorus eurynotus</i>							320	60	160	
		<i>Disparalona dadayi</i>				20			1	2	160	40
		<i>Notoalona gleba</i>									1	
	Ilyocryptidae	<i>Ilyocryptus spinifer</i>	1	20		60	20		1	1		640
	Macrothricidae	<i>Macrothrix cf. elegans</i>			40		20		80	40	40	40
	Moinidae	<i>Moina minuta</i>	2	80	2	1	20				1080	
TOTAL CLADÓCEROS			146	302	289	262	143	62	443	165	10121	1680
Copépodos	Cyclopidae	<i>Eucyclops sp.</i>						20				
		<i>Thermocyclops minutus</i>	40		40	120	20	1	280	20	640	160
		<i>T. decipiens</i>	60	20	160	100	100		120			1
		<i>Mesocyclops kieferi</i>						20	160			40
		<i>Mesocyclops sp</i>	1		1	1	1					
		<i>Metacyclops mendocinus</i>	40	760	1	160	200	100	40	20		1
		<i>Paracyclops cf. chiltonni</i>										40
		<i>Tropocyclops prasinus</i>	20	20		20	20					
		nauplio de Cyclopoida	2680	5600	8680	9420	6120	1900	8280	160	15160	640
		Copepoditode Cyclopoida	320	780	840	1060	860	320	1160	100	1120	520
	Diaptomidae	<i>Notodiaptomus sp.</i>	1	2			3	40			560	2
		Nauplio de Calanoida	60	80	200	140	280	40	520		1160	40

Copepodito de Calanoida	1	40	3	40	40	120	280
TOTAL COPEÓPODES	3223	7302	9925	11021	7624	2441	10600
	300	18760	1724				

Riqueza de espécies zooplanctônica

Em relação à riqueza de espécies, analisada aqui como o número de espécies por unidade amostral, os resultados evidenciaram valores fluando entre 24 e 40 espécies (**Figura 18**), com uma média aproximada de 31 espécies para a área de estudo.

Neste sentido, em outubro de 2010, maiores valores de riqueza na área do Canteiro de Obras do AHE Jirau foram observados no rio Madeira, na cachoeira do Infernã e Foz Ribeirão, margem direita (pontos PL04 e PL05) e, em geral, nos igarapés, (pontos PL08, PL09 e PL10) (**Figura 18**). Estes maiores valores de riqueza de espécies foram determinados, em geral, pela maior representatividade de protozoários testáceos nestes pontos de amostragem, e a elevada diversidade de rotíferos nos pontos PL04 e PL05 (**Figura 18**).

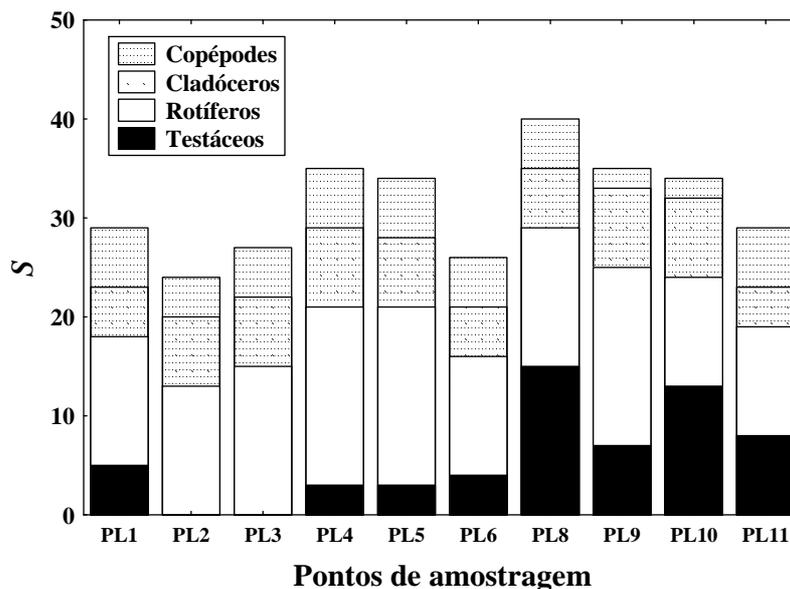


Figura 18. Variação espacial da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplanctônicos registrados nos diferentes pontos de amostragem, na área de influência do Canteiro de Obras da futura barragem de Jirau, em outubro de 2010.

Menores valores deste atributo, por outro lado, foram registrados no rio Madeira, a jusante da barragem, jusante da ilha Pequena e Foz Ribeirão, margem esquerda. Nestes pontos foram observados, em geral, a ausência de testáceos e uma menor representatividade de rotíferos, em termos de número de espécies (**Figura 18**).

Abundância zooplanctônica

Em relação à abundância do zooplâncton, os valores registrados neste período de amostragem foram relativamente altos, no entanto bem variáveis entre os pontos de amostragem (**Figura 19**). A princípio, reduzidos valores de abundância do zooplâncton são esperados para ambientes lóticos, embora a riqueza de espécie tenda a ser elevada (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI *et al.*, 1998), considerando a contribuição de um grande número de espécies características dos compartimentos bentônico e litorâneo. Como discutido anteriormente, espécies verdadeiramente planctônicas não desenvolvem grandes populações em tais ambientes, sendo o zooplâncton frequentemente composto por organismos arrastados da vegetação litorânea e sedimento para a coluna de água. Segundo Layr e Reyes-Marchant (1997), no entanto, o zooplâncton de ambientes lóticos pode ser relativamente abundante, mas apenas quando o tempo de residência da água é suficiente para permitir o crescimento e reprodução dos organismos, existindo uma relação positiva e significativa entre o tempo de residência e a abundância zooplanctônica.

Neste período de amostragem, as densidades do zooplâncton variaram entre 1.111 e 30.569 indivíduos/m³ (**Figura 19**), com média aproximada de 10.534 indivíduos/m³ para a área de estudo. Padrões distintos de distribuição da abundância foram observados para a área do rio Madeira e para os igarapés (primeira e segunda etapas, montante e jusante). Assim, no rio Madeira, os valores de abundância e a contribuição dos grupos para a densidade total do zooplâncton foram menos variáveis. De qualquer forma, na área do rio Madeira, maiores valores de densidade foram registrados nos pontos PL03 e PL04, e os menores nos pontos PL01 e PL06, com predomínio de copépodes em todos os pontos (**Figura 19**). Nos igarapés, os valores de abundância foram bem mais variáveis, sendo registrada nestas regiões os menores (ponto PL09) e os maiores (ponto PL10) valores de densidade da comunidade registrados para toda a área de estudo (**Figura 19**). Em relação à participação dos grupos, também bastante variável nestas regiões, copépodes dominaram junto aos cladóceros no ponto PL10, junto aos rotíferos no ponto PL08 (primeira etapa montante), enquanto que os rotíferos predominaram nos pontos PL09 e PL11 (primeira etapa jusante e segunda etapa montante, respectivamente) (**Figura 19**).

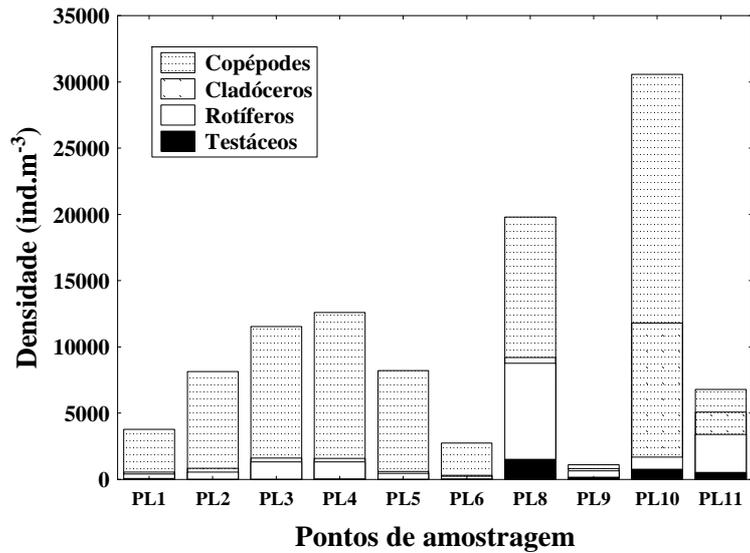


Figura 19. Variação espacial da abundância dos diferentes grupos zooplancônicos, registrados nos diferentes pontos de amostragem, na área de influência do Canteiro de Obras da futura barragem de Jirau, em outubro de 2010.

Neste sentido, uma Análise de Correspondência Destendenciada, realizada como objetivo de sintetizar os resultados de abundância e composição de espécies, na área de estudo, evidenciou a formação de 02 (dois) grupos distintos de pontos de amostragem: o primeiro constituído pelos pontos entre PL01 e PL06, localizados no rio Madeira, onde observou-se, em geral, uma menor heterogeneidade, em relação à estrutura da comunidade zooplancônica e onde predominaram copépodes e rotíferos (**Figura 20; Tabela 6**), e o segundo, constituído pelos pontos localizados nos igarapés, caracterizados pela maior diversidade e abundância de protozoários testáceos (**Figura 20; Tabela 6**).

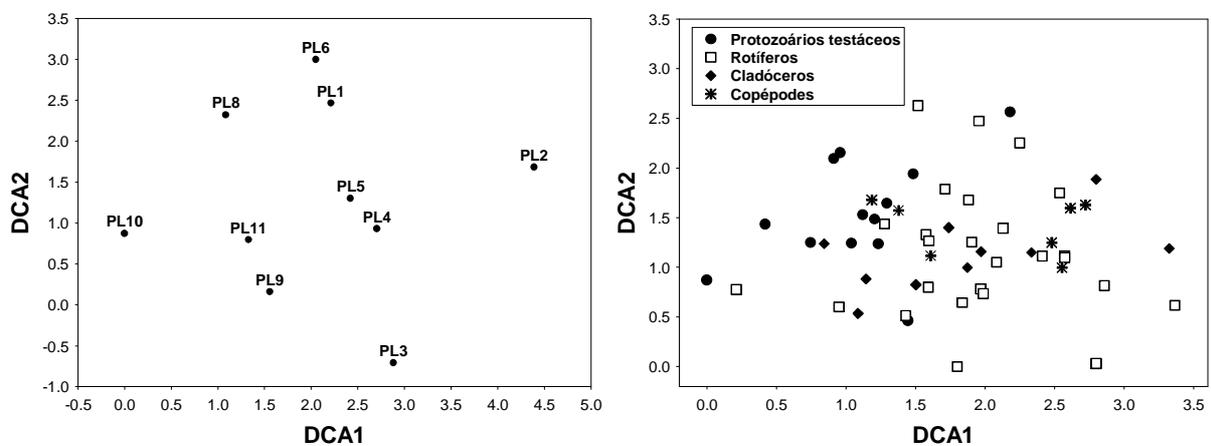


Figura 20. Distribuição dos escores das espécies, dos diferentes grupos zooplancônicos, e dos pontos de amostragem, na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, em outubro de 2010, derivados de uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA).

Embora as elevadas densidades observadas nos igarapés (pontos PL08 e PL10) surgiram menores valores de velocidade de corrente nestas regiões, uma maior contribuição de protozoários testáceos sugere maior influência da região litorânea e bentônica no plâncton destes ambientes, certamente relacionado a reduzidas profundidades e dimensões destes ambientes. Por outro lado, no rio Madeira, menos variável em termos de participação dos grupos, as diferentes densidades registradas nos pontos amostrados estão, provavelmente, associadas à alterações na velocidade de corrente nestas regiões.

Em relação à contribuição das diferentes espécies para a abundância do zooplâncton, as tecamebas, mais bem representadas nos igarapés, estiveram representadas, principalmente, por *Centropyxis aculeata*, *C. ecornis*, *Arcella costata* e *Arcella vulgaris* (**Tabela 6**).

Entre os rotíferos, destacaram-se os Bdelóideos como os mais abundantes e frequentes na área de estudo. Além destes, detacaram-se os lecanídeos *Lecane bulla* e *L. papuana*, nos igarapés e *Brachionus calyciflorus* no rio Madeira (**Tabela 6**). Os cladóceros, especialmente abundantes no ponto PL10, estiveram representados principalmente pela espécie *Bosminopsis deitersi* (**Tabela 6**).

Os copépodes, predominantes em quase toda a área de estudo, foram dominados, como a regra geral para o grupo, por suas formas jovens (náuplios e copepoditos), principalmente da família Cyclopidae (cerca de 90% da abundância dos copépodes). A dominância de náuplios e copepoditos em relação aos adultos é freqüentemente registrada em reservatórios brasileiros (CABIANCA e SENDACZ, 1985; LOPES *et al.*, 1997; LANSAC-TÔHA *et al.*, 1999; SERAFIM Jr, 2002). A produção de um grande número de formas larvais pode ser considerada como uma estratégia reprodutiva do grupo (CABIANCA e SENDACZ, 1985).

Entre os adultos destacou-se a espécie de ciclopídeo *Thermocyclops minutus*. Entre os ciclopídeos, a co-ocorrência das espécies congênicas *T. minutus* e *T. decipiens*, tem sido freqüentemente registrada em ambientes aquáticos brasileiros (REID e PINTO-COELHO, 1994; LOPES *et al.*, 1997; HENRY e NOGUEIRA, 1999, entre outros). *T. minutus* é usualmente encontrada como dominante em condições oligotróficas, particularmente em lagos e reservatórios de bacias preservadas (SENDACZ *et al.*, 1985), ao passo que *T. decipiens* tem sido considerada uma espécie típica de ambientes enriquecidos com nutrientes (SAMPAIO *et al.*, 2002). Em ambientes mesotróficos, tem sido observada a alternância sazonal na dominância das

duas espécies (ROCHA *et al.*, 1999). Considerando a dominância de *T. minutus* entre estas espécies congêneras (**Tabela 6**), os resultados sugerem, a princípio, uma boa qualidade ambiental para a área de estudo.

Diversidade e equitabilidade

Os resultados de índice de diversidade, registrados neste período de amostragem, evidenciaram, em geral, maiores valores desse atributo nos pontos de amostragem localizados nos igarapés (pontos PL08, PL09, PL10 e PL11) e os menores no rio Madeira (entre os pontos PL01 e PL06). Esses resultados foram fortemente influenciados pelos valores de equitabilidade que foram, em geral, maiores nos igarapés que no rio Madeira. Por outro lado, a riqueza de espécies, o outro componente desse índice foi igualmente variável em ambos os ambientes (rio Madeira e igarapés) (**Figura 21**).

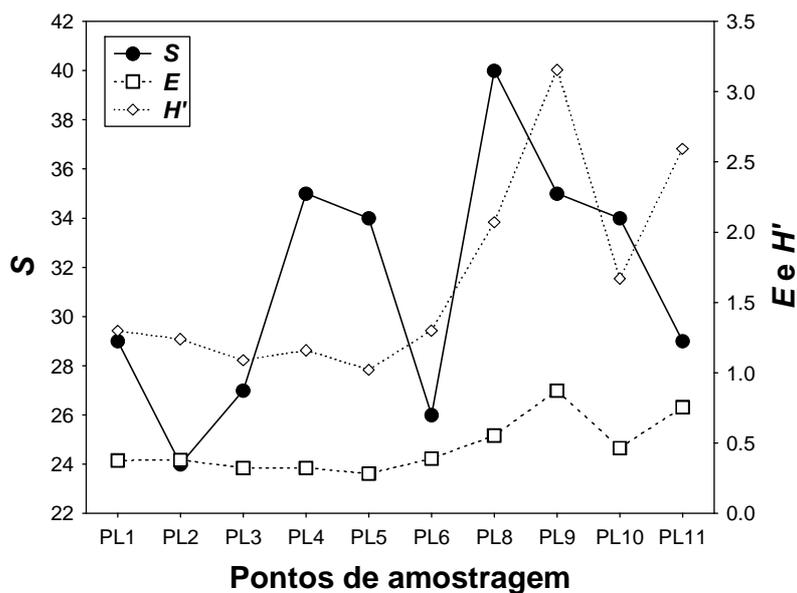


Figura 21. Variação espacial da riqueza de espécies (S), Equitabilidade (E) e Índice de diversidade (H') do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, em outubro de 2010.

5.4.3. Zoobentos

A comunidade de invertebrados bentônicos registrada na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau esteve composta por 19 táxons em outubro de 2010. O filo Arthropoda foi o mais representativo, especialmente, a classe Insecta (Libellulidae,



Elmidae, Naucoriadae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Nectopsyche, Hydroptila, *Cloeodes*) com 10 (dez) táxons (**Figura 22** e **Tabela 7**). Os insetos são responsáveis pelas maiores diversidade e abundância e nos ecossistemas aquáticos (HYNES, 1970).

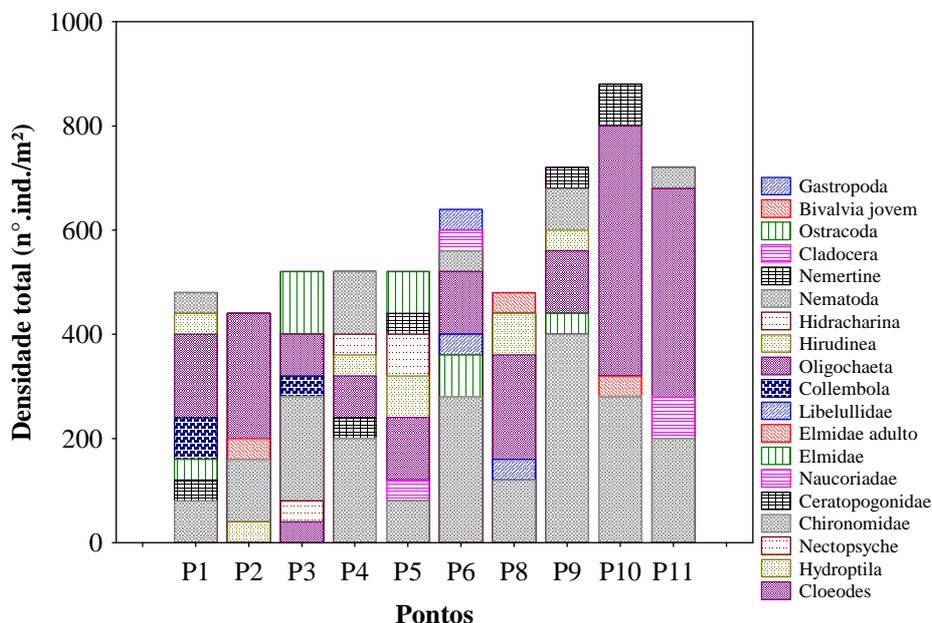


Figura 22. Densidade dos táxons obtida nos locais amostrados em outubro de 2010.

Em geral, os pontos localizados no rio Madeira (Pontos PL01 ao PL06) apresentaram uma composição semelhante ao registrado nos locais de monitoramento limnológico na área de influência do AHE Jirau. Foi identificada uma comunidade mais resistente, apresentando baixa riqueza de Ephemeroptera e Trichoptera (**Tabela 7**). Provavelmente, a comunidade registrada é influenciada, principalmente, pelo tipo de substrato. De maneira geral, a distribuição, ocorrência e abundância dos macroinvertebrados bentônicos são muito dependentes de fatores ambientais existentes nos local, como correnteza, tipo de substrato, disponibilidade de abrigo contra predação e estabilidade do ambiente (BUENO *et al.*, 2003).

Os pontos PL01, PL05 e PL06, localizados no rio Madeira, apresentaram as maiores riquezas taxonômicas (7 táxons) (**Figura 23**). Apesar dos maiores valores para esse atributo nesses locais foi observada semelhança entre os táxons encontrados nos demais pontos amostrados no Programa de Monitoramento Limnológico no rio Madeira. Os pontos PL08, PL09, PL10 e PL11 estão localizados em igarapés, onde foram identificados apenas táxons mais tolerantes, que vivem em locais que apresentam condições menos favoráveis, como menores concentrações de oxigênio, maiores

concentrações de nutrientes e substrato formado em sua maioria por matéria orgânica e areia (**Tabela 7**).

Com as atividades da obra, poderá ocorrer o soterramento da comunidade bentônica e com isso desaparecer alguns táxons que ainda ocorrem, como por exemplo, o *Cloeodes* – Ephemeroptera (ponto PL03 - rio Madeira), o *Hydroptila* e o *Nectopsyche* - Trichoptera (pontos PL02 e PL03). É importante mencionar ainda que o rio Madeira apresenta grande velocidade da corrente e grande profundidade, impossibilitando que a amostragem seja realizada com um surber, utilizado em locais rochosos e ou pedregosos. É nesses locais que a comunidade mais sensível geralmente vive. Assim, como a amostragem foi realizada com draga, em locais que apresentam lama e/ou areia como substrato, foram identificados apenas táxons que vivem nesse tipo de substrato. Pesquisas enfocando a influência do sedimento sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos consideram a composição granulométrica como um dos principais fatores responsáveis pela estrutura e distribuição dessa comunidade em ecossistemas aquáticos continentais (WARD, 1992; CALLISTO e ESTEVES, 1998; GONÇALVES *et al.*, 1998).

Em um estudo realizado em igarapés da Amazônia Central, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi bastante influenciada pela cobertura vegetal, sendo mais pobre em sistemas aquáticos mais próximos de pastagens e/ou de regiões com cobertura vegetal alterada (SOUZA *et al.*; 2007). Os igarapés (pontos PL08 ao PL11) apresentaram em sua maioria alteração da vegetação marginal, sendo portanto, um fator que pode ter contribuído com a baixa riqueza e a presença de apenas táxons mais resistentes. Ainda, nesses locais foram obtidos valores mais baixos de oxigênio dissolvido e pH.

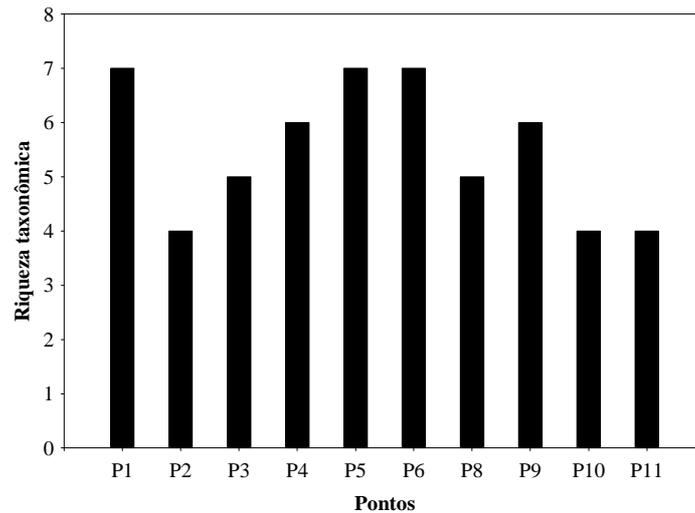


Figura 23. Riqueza dos táxons obtida nos locais amostrados em outubro de 2010.

Os pontos PL09, PL10 e PL11 apresentaram as maiores densidades totais, devido as maiores densidades de Oligochaeta e Chironomidae registrada nesses locais (**Figura 24**). Alta densidade de 01 (um) ou 02 (dois) táxons indica baixa uniformidade de recursos (MAGURRAN, 1988).

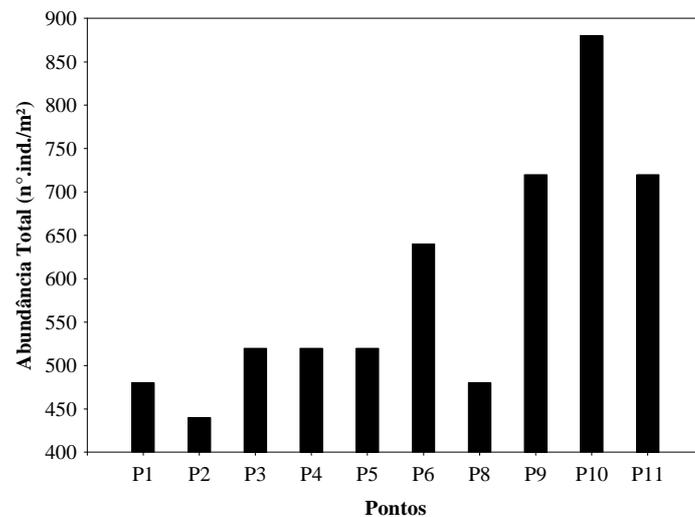


Figura 24. Abundância total obtida nos locais amostrados em outubro de 2010.

Chironomidae e Oligochaeta foram dominantes em todos os locais amostrados, apresentando maiores riquezas e abundâncias. Hirudinea e Nematoda foram registrados em 05 (cinco) locais, dos 10 (dez) monitorados (**Tabela 7**). Os táxons Chironomidae e Oligochaeta vivem em locais que apresentam alta quantidade de matéria orgânica e são altamente resistentes.

Tabela 7. Comunidade de invertebrados bentônicos localizada na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, outubro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P10	P11	Abundância		Frequência taxonômica
											Média		
Ephemeroptera													
<i>Cloeodes</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
Trichoptera													
<i>Hydroptila</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
<i>Nectopsyche</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
Diptera													
Chironomidae	80	120	200	200	80	280	120	400	280	200	200	196	10
Ceratopogonidae	40	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	8	2
Heteroptera													
Naucoriidae	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	80	12	2
Coleoptera													
Elmidae	40	0	0	0	0	80	0	40	0	0	0	16	3
Elmidae adulto	0	40	0	0	0	0	0	0	40	0	0	8	2
Odonata													
Libellulidae	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	8	2
Collembola													
	80	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2
Annelida													
Oligochaeta	160	240	80	80	120	120	200	120	480	400	400	200	10
Hirudinea	40	0	0	40	80	0	80	40	0	0	0	28	5
Aracnida													
Hidracharina	0	0	0	40	80	0	0	0	0	0	0	12	2
Nematoda													
	40	0	0	120	0	40	0	80	0	40	40	32	5
Nemertea													
Nemertine	0	0	0	0	40	0	0	40	80	0	0	16	3
Microcrustacea													
Cladocera	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	4	1
Ostracoda	0	0	120	0	80	0	0	0	0	0	0	20	2
Mollusca													
Bivalvia jovem	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	4	1
Gastropoda	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	4	1
Abundância Total	480	440	520	520	520	640	480	720	880	720			
Riqueza	7	4	5	6	7	7	5	6	4	4			

6. Considerações Finais

Considerando a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 para o sistema em estudo, grande parte do trecho monitorado, em outubro de 2010, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. Os seguintes desvios foram observados:

- Concentração de oxigênio dissolvido inferior a 5,0 mg/L nos pontos PL08, PL10 e PL11;
- Valor de pH inferior a 6,0 no ponto PL09;
- valores de turbidez superiores a 100 NTU nos pontos PL05, PL06 e PL08;
- valores de cor superiores a 75 mg Pt/L nos pontos PL03, PL04, PL05 e PL08;
- concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L nos pontos PL01, PL05 e PL06;
- densidade de coliformes termotolerantes superior a 1000 NMP/100ml no ponto PL06.

Considerando a maior parte das variáveis limnológicas estudadas, foi possível verificar que, em outubro de 2010, houve uma diferença significativa entre os pontos monitorados ao longo do rio Madeira e aqueles localizados nos igarapés, nas proximidades do canteiro de obras. De maneira geral, os pontos situados nos igarapés apresentaram menores valores de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo total, coliformes termotolerantes, além de maiores valores de DBO₅, DQO e ferro total.

As maiores concentrações de alguns nutrientes e íons nos pontos localizados no rio Madeira são esperadas, tendo em vista a elevada concentração de material em suspensão que são carregados por esse rio. Resultado similar é obtido considerando os pontos monitorados no Programa de Monitoramento Limnológico. Assim, pode-se afirmar tais resultados não indicam a influencia antrópica do canteiro de obras sobre as características limnológicas do trecho monitorado.

Além disso, nesse mês, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”. Somente os pontos PL08 e PL10 (localizados nos tributários) apresentaram classificadas como aceitáveis, tendo em vista as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de fósforo total nesses locais.

A comunidade fitoplanctônica amostrada em outubro de 2010 na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau apresentou alta complexidade taxonômica, sendo inventariados 125 táxons, os quais foram distribuídos entre 09 (nove) grupos taxonômicos. Os grupos taxonômicos mais especiosos foram Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae e Euglenophyceae.

Foram registrados baixos altos valores de riqueza, densidade e biomassa e valores relativamente baixos de diversidade e equitabilidade na maioria dos pontos monitorados a área de influência do AHE Jirau. Maiores valores ocorreram nos tributários provavelmente devido a menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade de luz.

De acordo com os resultados de biovolume obtidos, utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND *et al.*, 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, todos os pontos monitorados apresentaram características oligotróficas.

Foram registrados baixos valores de biovolume e baixo número de células de cianobactérias, o que permitiu enquadrar as águas dos pontos monitorados, na classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. As cianobactérias apresentaram maior contribuição nos pontos monitorados nos tributários e foram representadas por táxons característicos de ambientes eutróficos e potencialmente tóxicos, os quais apresentam ampla tolerância ambiental e podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna d'água e altas concentrações de nutrientes.

Os resultados das análises de composição específica da comunidade zooplanctônica, na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau, em outubro de 2010, revelaram uma comunidade composta por espécies não planctônicas, considerando o grande número de protozoários testáceos, todos preferencialmente litorâneos e bentônicos, assim como muitas espécies de rotíferos, cladóceros e copépodes.

A partir dos resultados das análises qualitativas e quantitativas do zooplâncton pode-se discriminar 02 (dois) grupos de pontos de amostragem: aqueles localizados nos igarapés, caracterizados pela ocorrência de um grande número de testáceos, por densidades bastantes variáveis (as maiores e as menores registradas) e dominância de diferentes grupos, e pelos maiores valores de equitabilidade e índice de diversidade. Por outro lado, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram, em geral, menores valores de riqueza de espécies, foram menos heterogêneos em termos de abundância e



dominância dos diferentes grupos, foram dominados por copépodes e apresentaram os menores valores de equitabilidade e índice de diversidade.

Os resultados observados sugerem, pelo menos a princípio, uma boa qualidade ambiental para as áreas dos igarapés (primeira e segunda etapas, montante e jusante), considerando-se a elevada riqueza de espécies e os maiores valores de equitabilidade e índice de diversidade, enquanto que as pequenas diferenças, em termos de abundância e riqueza, observadas para o rio Madeira parecem estar relacionadas à diferenças hidrodinâmicas entre os pontos de amostragem.

Por fim, uma boa qualidade ambiental é sugerida para a área de estudo, considerando-se a dominância de *Thermocyclops minutus* em relação à sua espécie congênica *T. decipiens*.

A comunidade de invertebrados bentônicos identificada na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau esteve formada principalmente por táxons mais resistentes. Os pontos localizados no rio Madeira (PL01 ao PL06) apresentaram uma comunidade semelhante, provavelmente devido ao tipo de substrato, entre outras, como alta concentração de sólidos na água. Nos igarapés foram registradas as menores riquezas taxonômicas, assim como as maiores densidades de Chironomidae e Oligochaeta, sendo observada semelhança entre os pontos PL08, PL09, PL10 e PL11.

7. Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- BASU, B.K.; PICK, F.R. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate river. **Journal of Plankton Research**, v. 19, p. 237-253, 1996.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. **Qualidade de águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Editora FURG, 2001. 166p.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.
- BRANDIMARTE, A.L.; ANAYA, M.; SHIMIZU, G.Y. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré e pós-enchimento em reservatórios: um estudo de caso no reservatório de aproveitamento múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP). In: Henry, R.

- (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. FAPESP, 1999. p. 375-408.
- BUENO, A.A.P.; BOND-BUCKUP; FERREIRA, B.P.F. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em dois cursos d'água no rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 20, p. 115-125, 2003.
- CABIANCA, M.A.A.; SENDACZ, S. Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 12, p. 86-95, 1985.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Biomonitoramento da macrofauna bentônica de Chironomidae (Diptera, Insecta) em dois igarapés amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, p. 299-309, 1998.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.
- EDMUNDS JR., G. F.; JENSEN, S. L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- GONÇALVES, J.F.JR.; CALLISTO, M.; FONSECA, J.J. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: ESTEVES, F.A. (Org.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, 1998. p. 299-310.
- HENRY, R; NOGUEIRA, M.G. A represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico. In: HENRY, R. (Ed.) **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 651 - 686.
- HYNES, H.B. **The ecology of running waters**. Canada, University of Toronto Press, 1970. 555 p.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, E.C.J.F. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: University Press, 1995. 324 p.
- KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.

- KLAVENESS, D. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: SANDGREN, C. (Org.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 105-133.
- KOBAYASHI, T.R.J. *et al.* Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. **Hydrobiologia**, v. 377, p. 133-145, 1998.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: HENRY, R (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 347-74.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: AGOSTINHO, A. A. *et al.* (Org.). **Structure and Function of the Paraná River and its floodplain**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 75-84.
- LAYR, N.; REYES-MARCHANT, P. The potamoplankton of the middle Loire and the role of moving littoral in downstream transfer of algae and rotifers. **Hydrobiologia**, v. 356, p. 33-52, 1997.
- LIND, O.T. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUCAN, A. (Org.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Netherlands: Kluwer Academic Press, 1993. p. 57-67.
- LOPES, R.M. *et al.* Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES L.C. (Org.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 39-60.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist**. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton Univ. Press, New Jersey, 1988. 179 p.
- MARZOLF, G.R. Reservoirs as environments for zooplankton. In: THORNTON, K.W.; KIMML, B.L.; PAYNE, F.E. (Org.). **Reservoir Limnology: ecological perspectives**. New York: Wiley-Interscience, 1990. p. 195-208.

- MERRIT R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3^o Edition, 1996.
- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. 1-19, 2009.
- PECKARSKY, B.L.; FRAISSINET, P.R.; PENTON, M.A.; CONKLIN, Jr.D.J. **Freshwater macroinvertebrates o Northeastern North America**. Cornell Univ. Press, 1990. 442 p.
- REID, J.; PINTO-COELHO, R. M. Planctonic Copepoda of Furnas reservoir: initial survey of species (1993) and review of literature. In: PINTO COELHO, R. M. *et al.* (Ed). **Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies**. Belo Horizonte: Segrac, 1994. p. 93-114.
- REYNOLDS, C.S. Potamoplankton: Paradigms, Paradoxes and Prognoses. In: ROUND, F.E. (Org.). **Algae and the Aquatic Environment**. Bristol: Riopress, 1988. p. 285-311.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: The Paradigm Regained. In: Harper, D.M.; Ferguson, A.J.D. (Org.). **The ecological basis for river management**, John Willet & Sons publishers, 1995. p. 161-180.
- REYNOLDS, C.S. **Vegetation process in the pelagic**: A model for ecosystem theory. Oldendorf: Ecology Institute, 1997.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L., MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- ROCHA, O. *et al.* Ecological Theory applied to reservoir zooplankton. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Ed.) **Theoretical reservoir ecology and its application**. São Carlos: RiMa, 1999. cap. 20, p. 457-476.
- RODRIGUES, L. C. *et al.* Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, (2, suppl.), p. 501-516, 2009.
- ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.M. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman & Hall, London. IX, 1996. 488 p.

- SAMPAIO, E.V. *et al.* Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.
- SENDACZ, S. *et al.* Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, p.187-207, 1985.
- SERAFIM-JUNIOR, M. **Efeitos do represamento em um trecho do rio Iguaçu sobre a estrutura e dinâmica da comunidade zooplanctônica.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication.** Urbana, Illinois: University Press, 1963. 117 p.
- SOUZA, M.R.; NESSIMIAN J.L.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L. Estrutura da Fauna de macroinvertebrados aquáticos do folhço submerso em igarapés na Amazônia Central sob diferentes condições de cobertura florestal. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007.**
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.
- THORP, J.P.; CLASPER, A.F. Importance of biotic interations in large rivers: an experiment with planktivorus fish, dreissened mussels and zooplankton in the St Lawrence river. **River Researches and Applications**, v. 19, p. 265-279, 2003.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. **Mitt. int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p. 103-113, 1999.
- WARD, J.V. **Aquatic insect ecology:** In: Biology and habitat. John Wiley & Sons, New York, 1992. 438 p.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis.** 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera).** University of Toronto Press, 1977. 393 p.

8. Registro Fotográfico



Foto 1. ponto PL01, localizado no rio Madeira.



Foto 2. Coleta de fitoplâncton no ponto PL01, localizado no rio Madeira.



Foto 3. ponto PL02, localizado no rio Madeira.



Foto 4. ponto PL02, localizado no rio Madeira.



Foto 5. ponto PL03, localizado no rio Madeira.



Foto 6. ponto PL03, localizado no rio Madeira.



Foto 7. ponto PL04, localizado no rio Madeira.



Foto 8. ponto PL04, localizado no rio Madeira.



Foto 9. ponto PL05, localizado no rio Madeira.



Foto 10. ponto PL06, localizado no rio Madeira.



Foto 11. ponto PL08 (1ª Etapa Montante).



Foto 12. ponto PL08 (1ª Etapa Montante).



Foto 13. ponto PL09 (1ª Etapa Jusante).



Foto 14. ponto PL09 (1ª Etapa Jusante).



Foto 15. ponto PL10 (2ª Etapa Jusante).



Foto 16. ponto PL11 (2ª Etapa Montante).

Priscilla Carvalho

Biól. Dra. Priscilla de Carvalho
Coordenadora Técnica
CRBio n° 70874/D
CTF/IBAMA 5029694

Life Projetos Limnológicos
www.lifelimnologia.com.br

Fone/Fax: (62) 3223 1530

Rua 14A nº 99
CEP 74070-110 Setor Aeroporto
Goiânia - Goiás - Brasil

