



# USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

## PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

### RELATÓRIO CONSOLIDADO REFERENTE ÀS CAMPANHAS REALIZADAS ENTRE SETEMBRO DE 2009 E JANEIRO DE 2012



Março / 2012

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **Diretora Técnica**

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

### **Coordenadora do projeto**

Bióloga Dra. Priscilla de Carvalho  
CRBio n° 70874/D  
CTF/IBAMA 5029694

### **Trabalhos de campo e laboratório**

|   |                 |                   |
|---|-----------------|-------------------|
| Bióloga Esp. Kátia Bittar Haddad          | CRBio n°57437   | CTF/IBAMA 3166007 |
| 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 Livia 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 Dra. Janet Higuti (Zoobentos)  
CRBio n°17889      CTF/IBAMA 4965113

### **Consultor**

Prof. Dr. Luis Mauricio Bini

### **Equipe técnica e científica do monitoramento limnológico em tempo real – Instituto Internacional de Ecologia (IIE)**

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-  
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

## Sumário

|  |     |
|--|-----|
| 1. Introdução.....   | 1   |
| 1.1 STATUS DO ATENDIMENTO DO PARECER TÉCNICO IBAMA Nº 142/2011–<br>COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.....  | 2   |
| 2. Objetivos.....  | 12  |
| 3. Atendimento às Metas e Indicadores do Programa.....   | 14  |
| 4. Metodologia.....  | 20  |
| 5. Resultados e Discussão.....   | 30  |
| 5.1. Variáveis Abióticas: Variação Espacial e Temporal.....  | 30  |
| 5.2. Variáveis Bacteriológicas.....  | 77  |
| 5.3. Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET).....   | 80  |
| 5.4. Comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA<br>nº 357/2005.....  | 85  |
| 5.5. Síntese dos parâmetros limnológicos.....  | 88  |
| 5.6. Comunidades Biológicas.....   | 90  |
| 5.6.1. Fitoplâncton.....   | 92  |
| 5.6.2. Zooplâncton.....  | 133 |
| 5.6.3. Zoobentos.....  | 168 |
| 5.7. Perfil vertical do ponto P18 (MAD 5), localizado no rio Madeira.....  | 193 |
| 5.8. Perfil vertical dos tributários e do ponto P18 (MAD 5, localizado no rio Madeira),<br>realizado em abril de 2010 e abril de 2011.....   | 201 |
| 5.9. Variação nictemeral.....  | 216 |
| 5.10. Comunidades Biológicas Associadas à Madeira Flutuante - Ecologia da Madeira.....   | 246 |
| 5.11. Monitoramento Limnológico em Tempo Real.....   | 253 |
| 5.12. Monitoramento de Elementos Traços.....   | 259 |
| 5.13. Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras.....  | 276 |
| 6. Interfaces.....   | 373 |
| 7. Atendimento ao Cronograma do Programa.....  | 374 |
| 8. Atividades Futuras.....   | 376 |
| 9. Considerações Finais.....   | 380 |
| 10. Referências.....   | 396 |
| ANEXO I. Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento<br>Limnológico.....   | 410 |
| ANEXO II. Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em<br>tempo real no rio Madeira.....  | 411 |
| ANEXO III. Média, mediana, valores mínimos, máximos e desvio padrão (D.P.),<br>referentes aos resultados do monitoramento limnológico realizado entre setembro de<br>2009 e janeiro de 2012.....           | 412 |
| ANEXO IV. Características das amostras de sedimento coletadas entre setembro de 2009<br>e janeiro de 2012.....   | 413 |
| ANEXO V. Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão (D.P.) das variáveis<br>físicas e químicas mensuradas entre outubro de 2009 e janeiro de 2012, no sistema de<br>monitoramento em tempo real..... | 427 |
| ANEXO VI. Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento<br>Limnológico no Canteiro de Obras.....   | 429 |
| ANEXO VII. Modificação (sugerida no item Atividades Futuras) da malha amostral do<br>Programa de Monitoramento Limnológico, durante a fase de operação do reservatório.....                                | 430 |
| ANEXO VIII. Pontos de monitoramento localizados no rio Cotia e rio Mutum Paraná.....   | 431 |

## 1. Introdução

No Brasil, a partir das décadas de 1960 e 1970, a construção de grandes reservatórios de águas passou a ter acentuada importância para a geração de energia hidroelétrica e abastecimento de água (Kelman *et al.*, 1999). Caracterizados como sistemas complexos, os reservatórios são ambientes intermediários entre rios e lagos cuja evolução depende de vários processos que variam no tempo e no espaço. Além disso, são partes integrantes de uma bacia hidrográfica e, portanto, excelentes detentores dos impactos antrópicos que nela se desenvolvem (Tundisi *et al.*, 1999).

A transformação de um trecho de rio em reservatório desencadeia uma série de processos que resultam em interferências no ambiente aquático, destacando-se a instabilidade física e química e a alteração das comunidades biológicas. Essas alterações ocorrem tanto a montante como a jusante dos empreendimentos e constituem um impacto sobre os corpos aquáticos.

Programas de monitoramento limnológico (que incluem as principais assembleias biológicas) são primordiais para a identificação e avaliação dos impactos ambientais causados por empreendimentos hidrelétricos nos corpos aquáticos. Especificamente, as séries de dados obtidas antes das intervenções antrópicas 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 sua 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 efetivação da medida de manejo.

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

Os efeitos de grandes empreendimentos hidrelétricos na região Amazônica têm sido freqüentemente investigados. Muitos desses efeitos (e.g., influência sobre

populações de peixes migradores, contaminação por mercúrio e emissões de gases de efeito estufa) podem ser preditos considerando os resultados obtidos em programas de monitoramento. No entanto, considerando as especificidades dos ecossistemas lóticos e das bacias hidrográficas no qual estes sistemas estão inseridos, a capacidade de extrapolação é limitada e, certamente, as magnitudes das mudanças ambientais e ecológicas, causadas pelos empreendimentos, devem ser quantificadas em cada caso.

De acordo com as condicionantes da LI nº 621/2009 e do Ofício nº 577/2009 – DILIC/IBAMA relativas ao Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau, o objetivo desse relatório é apresentar os resultados da décima campanha de campo, obtidos no monitoramento de 20 pontos localizados na área de influência do AHE Jirau, amostrados entre os dias 10 e 18 de janeiro de 2012, no período de enchente do rio Madeira. Além disso, esse relatório apresentará os dados consolidados obtidos nas campanhas de campo realizadas em setembro de 2009, janeiro, abril, julho, outubro de 2010, janeiro de 2011, abril, julho e outubro de 2011, e janeiro de 2012, com o objetivo de realizar uma análise temporal dos parâmetros limnológicos.

## **1.1 STATUS DO ATENDIMENTO DO PARECER TÉCNICO IBAMA Nº 142/2011–COHID/CGENE/DILIC/IBAMA**

### ***Condicionante 2.18. No âmbito do Programa de monitoramento limnológico:***

***a) Implantar, em 90 dias, postos de medição de vazão e precipitação nas sub-bacias da área de influência do empreendimento.***

Item atendido conforme elencado no PARECER Nº 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 10).

***b) Implantar, em 90 dias, sistema de monitoramento em tempo real durante a fase rio e montante e jusante do eixo da barragem do reservatório (fase de enchimento e operação).***

Item em atendimento conforme elencado no PARECER Nº 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 10).

***c) Realizar quatro coletas por ano na estação do rio Madeira para o perfil vertical, na cheia, vazante, seca e enchente, de forma a compatibilizar com a proposta da UHE Santo Antônio.***

Item em atendimento conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 11).

- d) Incluir, em 60 dias, metodologia para cumprir o objetivo específico de avaliação do “(...) grau de impacto da descarga sólida gerada pela operação do vertedouros sobre o meio ambiente e comunidade aquática”.***

Item atendido conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 11).

- e) Definir preliminarmente as mesmas estações de coleta para limnologia, para a coleta de material biológico e sedimento, conforme Quadro 4.10-1 do Programa de Monitoramento Limnológico.***

Item atendido conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 11).

- f) Incluir, em 60 dias, metodologia para análise de biomassa de rotíferos.***

Item atendido conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 11).

- g) Detalhar, em 60 dias, o estudo da comunidade perifítica e zoobentônica em material lenhoso. A interrupção ou finalização deste estudo fica condicionada a autorização do Ibama após proposta técnica do Consórcio que aponte sua desnecessidade.***

Item atendido conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 11).

- h) Apresentar modelo prognóstico da qualidade da água antes das atividades de supressão de vegetação, com todas as premissas expostas no Programa.***

Item atendido.

- i) Apresentar um Plano de Monitoramento Limnológico que contemple o canteiro como um todo.***

Item atendido conforme elencado no PARECER N° 142/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA (pag. 12).

**Ofício nº 577/2009 – DILIC/IBAMA:VI) Com respeito ao Programa de Monitoramento Limnológico, respeitar que:**

- a) A interrupção ou finalização do estudo de ciclo nictemeral nas fases de implantação e enchimento estará necessariamente condicionada a autorização do Ibama, após proposta técnica oferecida pelo Consórcio que comprove a desnecessidade de seu rosseguimento.

Conforme elencado no item 5.9 deste Relatório (página 216), houve a interrupção da análise do ciclo nictemeral para a fase de enchimento.

No entanto, conforme determinado pelo IBAMA no PT nº 142/2011, a análise do ciclo nictemeral será retomada durante a fase de enchimento e operação do reservatório. Sugere-se, no entanto, a transferência dessa análise para o ponto P13-MUT 1, localizado na área alagada do rio Mutum Paraná. A modificação do local para a realização dessa análise se deve ao risco de acidentes durante a realização dessa atividade no rio Madeira no período noturno associado a época de chuvas. Além disso, as características lânticas da área alagada do rio Mutum Paraná irão gerar resultados mais consistentes.

- b) A frequência de coleta para análise biológica e sedimento só será alterada mediante autorização do Ibama, após análise da proposta técnica do Consórcio que justifique essa alteração.

Conforme elencado no item 5.6 deste Relatório, o monitoramento das variáveis biológicas do Programa de Monitoramento Limnológico foi realizado conforme previsto no Projeto Básico Ambiental do AHE Jirau. De acordo com o PBA, durante a fase de operação, as campanhas de campo serão trimestrais, no entanto, sugere-se que, após os primeiros 03 (três) anos de operação, seja avaliada a possibilidade de realizar o monitoramento do material biológico em intervalos semestrais, contemplando os principais períodos hidrológicos (águas altas e águas baixas).

- c) O PBA e seus relatórios subsequentes deverão abordar, entre outras, as seguintes medidas mitigadoras:

- Regra operacional da Usina para renovação forçada, especialmente onde o modelo prognóstico da qualidade da água assim indicar.
- Compatibilização do cronograma de operação da Usina com os processos reprodutivos de ictiofauna, de tal forma que a piora na qualidade da água a jusante do empreendimento não afete a migração sazonal.

Item atendido.

### Programas Socioambientais

#### **Programa de Monitoramento Limnológico**

##### ***1- Sobre a aderência ao PBA e reuniões:***

**Não foram apresentados (as):**

- **As análises de abundância e frequência para as comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e zoobentônica nos períodos estudados.**

**Resposta:** De acordo com o Projeto Básico Ambiental (PBA), a comunidade fitoplanctônica é avaliada através dos dados de riqueza, densidade, biomassa (biovolume) e contagem de células de cianobactérias. E isso tem sido apresentado em todos os relatórios, no item referente a análise da comunidade fitoplanctônica. A comunidade zooplanctônica também vem sendo avaliada através dos dados de riqueza, densidade e biomassa, enquanto que a comunidade zoobentônica também é avaliada através dos dados de riqueza e densidade, assim como descrito no PBA.

Ressalta-se que os valores de densidade e biomassa são medidas de abundância, que vem sendo calculadas e apresentadas em todos os relatórios. De fato, tais medidas de abundância (densidade e biomassa) são as mais utilizadas na ecologia tendo em vista a importância de se considerar a área ou volume filtrado das amostras.

O cálculo de frequência não está indicado no PBA, o comentário sobre as espécies mais frequentes era feito de maneira informal. No entanto, a partir do 8º Relatório Técnico (referente a julho de 2011), foi inserida a análise de frequência de ocorrência, calculado segundo Dajoz (1973), que também está nesse Relatório Consolidado (página 92 para fitoplâncton; 144 para zooplâncton

e 175 para zoobentos, além do relatório referente ao Canteiro de Obras, a partir da página 276).

- **As análises de equitabilidade e índice de diversidade da comunidade fitoplanctônica, para os perfis de profundidade.**

**Resposta:** Os índices de diversidade e equitabilidade são utilizados com o objetivo principal de comparação entre os pontos de coleta. Seus valores só são significativos se comparados com outros, pois o índice de diversidade não apresenta um limite superior ou inferior. Considerando que a coleta, abrangendo diferentes profundidades, é realizada apenas no ponto P18, não há a necessidade de calcular os índices de equitabilidade e diversidade no meio e fundo do ponto 18, tendo em vista que tais valores não serão comparados com o meio e fundo de outros locais. No entanto, a partir a partir do 8º Relatório Técnico (referente a julho de 2011), foram inseridas essas análises (equitabilidade e índice de diversidade), de maneira retroativa, abrangendo também os meses anteriores de monitoramento.

Esses resultados estão apresentados no item 5.7 desse Relatório Consolidado (página 198).

- **As análises de diversidade, biomassa e equitabilidade para zoobentos.**

**Resposta:** A análise de biomassa da comunidade zoobentônica não é requisitada no PBA, não sendo, dessa maneira, realizada.

Nesse Relatório Consolidado, tais resultados estão apresentados na página 187.

- **Os resultados das análises físico-químicas e biológicas para o ponto P13 (área alagada de Mutum-Paraná), em profundidade.**

**Resposta:** Dentre as metas do PBA está “*Mensurar a temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, turbidez, transparência da coluna d’água, fitoplâncton e zooplâncton em 3 profundidades (superfície, limite da zona eufótica e fundo) no ponto de amostragem próximo ao eixo da barragem durante todas as fases do empreendimento nos períodos de enchente, cheia, vazante e seca, sendo mensurado nos tributários apenas no período de cheia.*” Assim, em abril de 2010 e abril de 2011 (período de cheia) foram realizadas coletas em 3 profundidades em todos os tributários estudados.

Considerando que a área alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13) não é um tributário, essa coleta nas três profundidades não foi realizada nesse local. Essa coleta foi realizada no rio Mutum-Paraná (ponto P11) (tributário do rio Madeira), além dos demais tributários.

Em reunião realizada com o IBAMA no dia 02 de fevereiro de 2012, o IBAMA sugeriu que durante o enchimento e operação do reservatório seja feito o detalhamento do perfil vertical dos tributários e da área alagada do rio Mutum Paraná, durante o período de cheia (águas altas). Assim, a análise do perfil vertical na área alagada será realizada a partir do enchimento do reservatório.

### **Plano de Monitoramento de Elementos-Traço**

Não foram apresentadas:

- A indicação do período de coleta nos mapas de distribuição dos níveis de elementos-traço nas amostras de sedimento coletadas no rio Madeira e seus tributários;
- 2) A análise conjunta de todas as campanhas referente aos teores de elementos-traço em peixes e no solo.

**Resposta:** Itens já atendidos no 9º Relatório Técnico (item 7 do relatório de elementos-traço, anexo ao relatório de limnologia RET 09), referente ao monitoramento realizado em outubro de 2011.

### **Monitoramento Limnológico no Canteiro de Obras**

Não foram apresentados os resultados das seguintes variáveis:

- Transparência nos pontos PL8, PL9, PL10 e PL11.

**Resposta:** Esses valores correspondem a profundidade total desses pontos, e não foram inseridos nos gráficos. Tais valores estão inseridos no Relatório Consolidado (item 5.12), que contempla todos os períodos de coleta.

- SF, SV, sulfato, sulfeto, óleos e graxas em todos os pontos, nas campanhas de abril/10, out/10 e jan/11.

**Resposta:** Estas variáveis não constavam no escopo do RCA/PCA e Licença de Instalação do Canteiro de Obras nº563/2008, sendo posteriormente incorporadas na campanha de monitoramento referente a abril de 2011. Ressalta-se que a ausência de medidas destes parâmetros em algumas campanhas não interfere na análise dos resultados.

- Alcalinidade em jul/10;
- Dureza em abr/10;
- Nitrogênio total Kjeldahl em abr/10 e jul/10 (alguns pontos);
- ST em abril/10 (alguns pontos).

**Resposta:** Estas variáveis não foram analisadas no referido período, no entanto, a ausência de medidas destes parâmetros em algumas campanhas não interfere na análise dos resultados.

- Ortofosfato em nov/09, jan/10, abr/10, out/10 e jan/11;

**Resposta:** Esta variável não constava no escopo do RCA/PCA e Licença de Instalação do Canteiro de Obras nº563/2008, sendo posteriormente incorporada na campanha de monitoramento referente a abril de 2011, a fim de que o monitoramento limnológico do Canteiro de Obras se tornasse semelhante ao monitoramento limnológico do rio Madeira e tributários. Ressalta-se que a ausência de medidas deste parâmetro em algumas campanhas não interfere na análise dos resultados.

- Cálcio, magnésio, sodio e potássio de nov/09 a jul/10 e abr/11;

**Resposta:** Estas variáveis não constavam no escopo do RCA/PCA e Licença de Instalação do Canteiro de Obras nº563/2008, sendo posteriormente incorporadas na campanha de monitoramento referente a abril de 2011, a fim de que o monitoramento limnológico do Canteiro de Obras se tornasse semelhante ao monitoramento limnológico do rio Madeira e tributários. Ressalta-se que a

ausência de medidas destes parâmetros em algumas campanhas não interfere na análise dos resultados.

- Coliformes totais referente ao período de nov/09 a jul/10. A discussão dos resultados da variável *E.coli* foi insuficiente, visto que deve ser verificada a relação dos resultados com as atividades do canteiro de obras.

**Resposta:** Esta variável não foi analisada no referido período, no entanto, a partir de outubro de 2010, as análises foram realizadas. A discussão desses resultados foi complementada e consta no Item 5.1 do Relatório Consolidado anexo.

- Análise de abundância e frequência para as comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos. A discussão dos resultados dessas comunidades foi insuficiente, visto que não contemplou as campanhas anteriores a outubro/10, como nas análises de índice de diversidade, equitabilidade e diversidade beta.

**Resposta:** Resposta similar à pergunta número 1 referente ao Programa de Monitoramento Limnológico.

As análises de índice de diversidade, equitabilidade e diversidade beta das comunidades aquáticas amostradas nas campanhas anteriores a outubro de 2010 foram inseridas nesse Relatório Consolidado. Para isso, foram requisitados os dados gerados pelo laboratório que realizava esse monitoramento no período anterior a outubro de 2010.

- Análises estatísticas multivariadas dos resultados do monitoramento.

**Resposta:** De fato, não foram utilizadas técnicas multivariadas no Relatório Consolidado anterior (referente a abril de 2011), tendo em vista algumas lacunas encontradas. Considerando que os parâmetros limnológicos foram definitivamente padronizados a partir de abril de 2011, conforme explicado nos itens anteriores, as análises estatísticas multivariadas foram corretamente aplicadas nesse Relatório Consolidado, considerando os resultados obtidos em abril de 2011, julho e outubro de 2011 e janeiro de 2012. Para a aplicação dessas técnicas são necessários dados mais robustos e sem lacunas.

Deve-se ressaltar que as lacunas existentes para alguns parâmetros limnológicos analisados no Canteiro de Obras do AHE Jirau não comprometem as discussões

dos resultados. Assim, mesmo considerando as ausências de medidas de alguns parâmetros limnológicos em alguns meses, foi possível verificar e discutir alguns padrões temporais e espaciais das características limnológicas do trecho estudado. Isso foi ressaltado no item “Síntese dos parâmetros limnológicos”, na página 313, e nas “Considerações Finais”, na página 368 referente ao Canteiro de Obras.

### **Recomendações**

- **melhorar a apresentação gráfica de algumas variáveis, como exemplo turbidez, sólidos em suspensão (para os tributários) e coliformes termotolerantes. A escala utilizada, muitas vezes, não permite a leitura dos valores medidos em campo, dificultando o entendimento;**

**Resposta:** Como acordado em reunião com o IBAMA no dia 02 de fevereiro de 2012, o gráfico apresentado nesse Relatório Consolidado é a representação ideal para demonstrar ao mesmo tempo a variação espacial e temporal dos dados. No entanto, como os detalhes podem ser perdidos para alguns parâmetros, o IBAMA sugeriu que fosse apresentada uma tabela com os resultados obtidos no monitoramento, com valores médios, mínimos e máximo. Essa tabela é apresentada no Anexo III, na página 412 desse Relatório Consolidado.

- **realizar a comparação dos resultados do monitoramento atual com os resultados obtidos no EIA, quando aplicável;**

**Resposta:** Sugestão atendida, no item 9 “Considerações Finais”, na página 395 desse Relatório Consolidado.

- **apresentar o desvio padrão dos resultados das análises;**

**Resposta:** Sugestão atendida na tabela apresentada no Anexo III, na página 412.

- apresentar os laudos das análises (em formato digital);

**Resposta:** Sugestão atendida a partir do 8º relatório técnico (referente a julho de 2011). Também está sendo atendida nesse Relatório Consolidado. Os laudos em formato digital estão apresentados em tabelas no excel, e entregues em CDs.

- indicar nos gráficos os limites máximos e mínimos das variáveis estabelecidos na legislação pertinente, quando aplicável;

**Resposta:** Sugestão atendida a partir do 9º relatório técnico (referente a outubro de 2011). Também está sendo atendida nesse Relatório Consolidado.

- realizar a comparação dos resultados do monitoramento em sedimentos com a Resolução CONAMA 344/04;

**Resposta:** Sugestão atendida a partir do 8º Relatório Técnico (referente a julho de 2011). Também está sendo atendida nesse Relatório Consolidado (página 192).

- realizar discussão mais aprofundada dos resultados dos perfis verticais dos tributários, com análise de estratificação térmica e química;

**Resposta:** Sugestão atendida nesse Relatório Consolidado, página 201.

- identificar as possíveis causas das elevadas concentrações de óleos e graxas na área do empreendimento;

**Resposta:** Sugestão atendida a partir do 9º relatório técnico (referente a outubro de 2011; página 41). Também está sendo atendida nesse Relatório Consolidado (página 76).

- fazer a integração do Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas com o Programa de Saúde Pública, como proposto no PBA, e o Programa de Comunicação Social;

**Resposta:** A integração com o Programa de Saúde Pública não se intensificou devido a ausência de macrófitas aquáticas na maior parte do trecho monitorado da área de influência do AHE Jirau. A integração com o Programa de Comunicação Social tem sido realizada, como demonstrado no item 06 do Relatório Consolidado.

- melhorar a apresentação dos resultados de riqueza taxonomica da comunidade bentônica considerando todos os taxons identificados em diferentes categorias (Filo, Classe, Ordem, Família/Subfamília, Gênero, Espécie).;

**Resposta:** Nas tabelas referente à comunidade zoobentônica, os diferentes níveis taxonômicos estão sendo apresentados com cores diferentes. Tal apresentação foi feita a partir do 8º relatório técnico, referente a julho de 2011. Nesse Relatório Consolidado, essa tabela está apresentada na página 169

## 2. Objetivos

O objetivo geral 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 resumidamente 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.

## 2.1. Atendimento aos Objetivos do Programa

Como pode ser visualizado nas **Tabelas 1, 2 e 3**, todos os objetivos do Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau, estabelecidos pelo Projeto Básico Ambiental (PBA), estão sendo atendidos.

As tabelas a seguir retratam os objetivos gerais e específicos propostos pelo Projeto Básico Ambiental (PBA) do AHE Jirau e o status quanto ao seu atendimento.

**Tabela 1.** Objetivo geral do Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau.

| <b>OBJETIVO GERAL PROPOSTO</b>  | <b>ANÁLISE DO ATENDIMENTO</b>  |
|---|--|
| O Programa de Monitoramento Limnológico tem como objetivo geral prognosticar e mensurar as modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água. | Item em atendimento.<br><br>Desde a emissão da LI nº 621/2009 até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, nos períodos de seca, enchente, cheia e vazante, na área de influência do AHE Jirau. |

**Tabela 2.** Objetivos específicos do Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau.

| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS PROPOSTOS</b>   | <b>ANÁLISE DO ATENDIMENTO</b>  |
|--|--|
| Identificar as alterações limnológicas no rio Madeira e seus principais tributários (gradiente temporal e espacial).<br><br>Determinar a relação das variáveis limnológicas com os ciclos sazonais e pulsos de inundação dos corpos d'água, na área de influência do empreendimento. | Item em atendimento.<br><br>Desde a emissão da LI nº 621/2009 até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, nos períodos de seca, enchente, cheia e vazante, na área de influência do AHE Jirau.                                 |
| Determinar o perfil vertical de variáveis físicas, químicas e biológicas.  | Item em atendimento.<br><br>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais, onde analisou-se o perfil vertical no ponto localizado a montante da futura barragem.   |
| Avaliar o ciclo nictemeral das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, no período de cheia e seca.   | Item atendido.<br><br>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 05 (cinco) campanhas, onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada, no ponto localizado a montante da futura barragem (setembro de 2009, abril de 2010, outubro de 2010, julho de 2011 e outubro de 2011). |

|  |  |
|--|--|
| <p>Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água diagnosticada e prognosticada para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico.</p>  | <p>Item em atendimento.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005.</p>   |
| <p>Classificar a qualidade da água e o grau de trofia na área de influência do empreendimento.</p>   | <p>Item em atendimento.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, onde foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) de cada ponto de coleta.</p>  |
| <p>Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água do reservatório e a adoção de medidas mitigadoras quando necessário.</p>   | <p>Item em atendimento.</p> <p>Os dados e resultados obtidos no Programa estão sendo estruturados, armazenados e espacializados no Sistema de Gerenciamento de Informações Georreferenciadas (SisGIG) do AHE Jirau, em desenvolvimento pela ESRB.</p>  |
| <p>Promover interface com os Programas de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Conservação da Ictiofauna, Conservação da Fauna, Saúde Pública, Comunicação Social e Educação Ambiental.</p> | <p>Item em atendimento.</p> <p>As interfaces estão sendo devidamente realizadas conforme a necessidade de cada Programa. Resultados do Monitoramento Limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, no Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas e no Programa de Conservação da Ictiofauna.</p> |
| <p>Avaliar em tempo real as variáveis limnológicas em pontos a montante e jusante próximos ao eixo da barragem.</p>  | <p>Item em atendimento.</p> <p>Este objetivo está sendo atendido através da sonda de monitoramento em tempo real, em parceria com o “Instituto Internacional de Ecologia”, que está instalada à jusante do eixo da barragem.</p>   |

### 3. Atendimento às Metas e Indicadores do Programa

A **Tabela 3a** a seguir retrata as metas propostas pelo PBA do AHE Jirau e o status quanto ao seu atendimento.

**Tabela 3a.** Status de atendimento às Metas e Indicadores estabelecidos no Projeto Básico Ambiental (PBA), referentes ao Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau.

| <b>METAS</b>   | <b>PERÍODO DE EXECUÇÃO</b>   | <b>ANÁLISE DO ATENDIMENTO</b>  | <b>INDICADORES DE DESEMPENHO</b>  | <b>ANÁLISE DE ATENDIMENTO</b>   |
|--|--|--|---|---|
| <p>Realizar análises de variáveis físicas, químicas e biológicas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, seis (06) no rio Madeira, doze (12) em afluentes e uma (01) na área alagada do rio Mutum-Paraná, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de implantação do empreendimento.</p> <p>Realizar campanhas de campo trimestrais.</p> <p>Realizar análises numéricas dos resultados limnológicos obtidos para caracterização das variações temporais e espaciais.</p> | Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012                                       | <p>Atendida.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais, onde realizou-se análises numéricas para a interpretação dos resultados.</p>  | <p>Análise dos Parâmetros Físico-Químicos</p> <p>Análise das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos</p> | <p>Atendido</p> <p>Todos os parâmetros Físico-Químicos e Biológicos foram analisados trimestralmente.</p>                                       |
| Mensurar a temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, turbidez, transparência da coluna d'água, fitoplâncton e zooplâncton em 3 profundidades (superfície, limite da zona eufótica e fundo) no ponto de amostragem próximo ao eixo da barragem (ponto P18 - MAD 5).   | Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012                                       | <p>Atendida.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais, onde analisou-se o perfil vertical no ponto localizado a montante da futura barragem.</p>   | Perfil Vertical da Coluna d'água  | <p>Atendida.</p> <p>Perfil realizado nas 10 (dez) campanhas de monitoramento limnológico.</p>   |
| Realizar estudo do ciclo nictemeral das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica através das análises de temperatura da água e do ar, pH, oxigênio dissolvido, potencial de redox, condutividade, fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e total e organismos planctônicos, na estação de amostragem próxima ao eixo da barragem, a cada intervalo de 04 (quatro) horas, ao longo de 24 horas.   | Setembro de 2009, abril de 2010, outubro de 2010, julho de 2011, outubro de 2011 | <p>Atendida.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 05 (cinco) campanhas, onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada, no ponto localizado a montante da futura barragem (setembro de 2009, abril de 2010, outubro de 2010, julho de 2011 e outubro de 2011).</p> | Análise do Ciclo Nictemeral   | <p>Atendida.</p> <p>Durante o período pré-enchimento foram realizadas 05 (cinco) campanhas onde a análise do ciclo nictemeral foi avaliada.</p> |

| METAS  | PERÍODO DE EXECUÇÃO                               | ANÁLISE DO ATENDIMENTO   | INDICADORES DE DESEMPENHO   | ANÁLISE DE ATENDIMENTO  |
|--|---|--|---|---|
| <p>Comparar os resultados limnológicos obtidos aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2.</p> | <p>Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012</p> | <p>Atendida.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, onde a qualidade da água foi comparada com os limites preconizados pela Resolução CONAMA.</p>                        | <p>-</p>  | <p>-</p>  |
| <p>Calcular o IQA (índice de qualidade da água) e o IET (índice do estado trófico) a partir dos resultados obtidos.</p>                                | <p>Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012</p> | <p>Atendida.</p> <p>Até o mês de fevereiro de 2012, foram realizadas 10 (dez) campanhas trimestrais de monitoramento, onde foi calculado o IQA e o Índice de Estado Trófico (IET) de cada ponto de coleta.</p>                             | <p>Cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e do Índice do Estado Trófico (IET)</p> | <p>Atendida.</p> <p>Os índices foram calculados em todas as campanhas de monitoramento.</p> |
| <p>Criar e alimentar um banco de dados georreferenciado para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo.</p>          | <p>Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012</p> | <p>Atendida.</p> <p>Os dados e resultados obtidos no Programa estão sendo estruturados, armazenados e espacializados no Sistema de Gerenciamento de Informações Georreferenciadas (SisGIG) do AHE Jirau, em desenvolvimento pela ESBR.</p> | <p>Banco de Dados</p>   | <p>Atendida</p>   |

| METAS   | PERÍODO DE EXECUÇÃO                               | ANÁLISE DO ATENDIMENTO  | INDICADORES DE DESEMPENHO  | ANÁLISE DE ATENDIMENTO |
|---|---|---|--|------------------------|
| <p>Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação dos processos hidrobiogeoquímicos.</p> <p>Fornecer informações sobre a qualidade da água indispensáveis para o estudo da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas.</p> <p>Fornecer informações sobre aspectos limnológicos essenciais para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna.</p> <p>Fornecer informações sobre qualidade da água no ecossistema aquático de interesse para saúde pública.</p> <p>Fornecer informações sobre os resultados do monitoramento da comunidade bentônica, priorizando as famílias de insetos aquáticos de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, Heteroptera e Odonata de interesse para o Programa de Conservação da Fauna.</p> <p>Fornecer informações sobre as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes à comunicação social e à educação ambiental.</p> | <p>Entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012</p> | <p>Em atendimento. Até o momento, o Programa tem feito interface com o Programa de Hidrobiogeoquímica e Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.</p> <p>Foram disponibilizados material de divulgação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jirau@notícias - 28ª Edição: Fevereiro de 2010</li> <li>- CI Itinerante, realizado pelo Programa de Comunicação Social, nas 08 (oito) escolas localizadas na área de abrangência do AHE Jirau.</li> <li>- Campanha: Vamos Cuidar do Nosso Meio Ambiente. No dia 18/10/2010, foram realizadas palestras sobre o Programa de Monitoramento Limnológico.</li> </ul> <p>A Reunião do Grupo de Trabalho Meio Ambiente (GT) que ocorreu em agosto de 2011 também fez parte da interface com a Comunicação Social</p> | <p>Dados limnológicos são discutidos nos relatórios de monitoramento hidrobiogeoquímico e de macrófitas aquáticas.</p> <p>Material divulgado através de notícias impressas e palestras</p> | <p>Atendida</p>        |
| <p>Implantar sistema de monitoramento em tempo real a jusante do eixo da barragem do reservatório.</p>  | <p>Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012</p>   | <p>Atendida, em parceria com o "Instituto Internacional de Ecologia".</p>   | <p>-</p>   | <p>-</p>               |

As metas e suas respectivas atividades ao longo de todo o período de execução do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos-Traços estão apresentadas na **Tabela 3b**.

**Tabela 3b.** Tabela das metas, atividades decorrentes das metas e indicadores para o acompanhamento das metas.

| Meta   | Resumo das atividades  | Indicadores de desempenho   | Análise de Atendimento |
|--|--|---|------------------------|
| Mensurar variáveis físico-químicas do sistema aquático e hidrológico | Análises dos parâmetros físicos e químicos indicados no Programa de Monitoramento Limnológico, trimestral durante todas as fases do empreendimento em consonância com o Programa de Monitoramento Limnológico e Estação Hidrológica de Referência                    | Ph, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e temperatura em conformidade com a legislação/norma incidente                       | Em atendimento         |
| Análise dos elementos traços na matriz abiótica água superficial     | Campanha de campo e análises laboratoriais dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em 231 amostras de água superficial referentes aos ciclos hidrológicos de seca-2009, enchente-2010, cheia-2010, vazante-2010, seca-2010, enchente-2011 e cheia-2011. | Elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn na matriz abiótica água superficial em conformidade com a legislação/norma incidente | Em atendimento         |
| Análise de elementos traços na matriz abiótica solo                  | Campanha de campo e análise laboratorial dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em 220 amostras de solo referentes aos ciclos hidrológicos de enchente-2010, vazante-2010 e enchente-2011.   | Elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em conformidade com a legislação/norma incidente                                     | Em atendimento         |
| Análises dos elementos traços na matriz abiótica sedimento           | Campanha de campo e análises laboratoriais dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em 231 amostras de sedimento referentes aos ciclos hidrológicos de seca-2009, enchente-2010, cheia-2010, vazante-2010, seca-2010, enchente-2011 e cheia-2011.        | Elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn na matriz abiótica sedimento em conformidade com a legislação/norma incidente        | Em atendimento         |

| Meta  | Resumo das atividades   | Indicadores de desempenho   | Análise de Atendimento   |
|---|---|---|--|
| <p>Análises das espécies de elementos traços na matriz biótica ictiofauna e mamíferos aquáticos e semiaquáticos</p> | <p>Análises laboratoriais dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em 594 espécimes consonância com o Programa de Conservação da Ictiofauna e Programa de Conservação da Fauna (Subprograma da Mastofauna Aquática)</p> | <p>Elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn na matriz biótica ictiofauna em conformidade com a legislação/norma incidente</p> | <p>Parcialmente atendida</p> <p>As análises de elementos traço em peixes foram feitas trimestralmente nas amostras adquiridas diretamente dos pescadores da área de influência da AHE Jirau e pela interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna.</p> <p>As análise dos teores de elementos traço em mamíferos aquáticos e semiaquáticos, em interface com o Programa de Conservação da Fauna Silvestre, não foi possível pois conforme justificado nos relatórios técnicos o monitoramento de mamíferos aquáticos e semiaquáticos é realizado apenas por avistamentos, contemplando apenas amostras de material biológico (tecido muscular) de animais destinados para o tombamento em coleção científica, evitando o stress com a captura e retirada de material biológico com o animal vivo. Caso haja descartes, estes devem ser destinados à análise dos teores de elementos traço, entretanto, no período de setembro de 2009 à fevereiro de 2012 não houve ocorrência de animais destinados para tombamento em coleção científica ou descarte. Os níveis de elementos traço observados no período de setembro de 2009 a fevereiro de 2012 nos espécimes da ictiofauna piscívoras, onívoras e carnívoras associada à ausência de fontes de contaminação difusa de elementos traço na bacia do rio Madeira possibilita inferir tendência de níveis normais de elementos traço nos elos superiores da cadeia alimentar correspondentes aos mamíferos aquáticos e semi-aquáticos, sendo que a execução das análises de elementos traço na amostras de mamíferos aquáticos e semi-aquáticos neste contexto são desconsideráveis à avaliação da dinâmica dos elementos traço nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau</p> |
| <p>Banco de dados, estatística e integração dos programas de monitoramento</p>                                      | <p>Sistematizar as informações das campanhas de campo e análise de laboratório, análises estatísticas e geoestatística</p>  | <p>Todos os indicadores analisados durante as campanhas de monitoramento</p>  | <p>Em atendimento</p>  |

## 4. Metodologia

### 4.1. Área de Estudo

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 **Anexo I**, 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).

A descrição destas estações de amostragens e respectivas coordenadas (UTM) constam em todos nos Relatórios Técnicos já apresentados ao IBAMA.

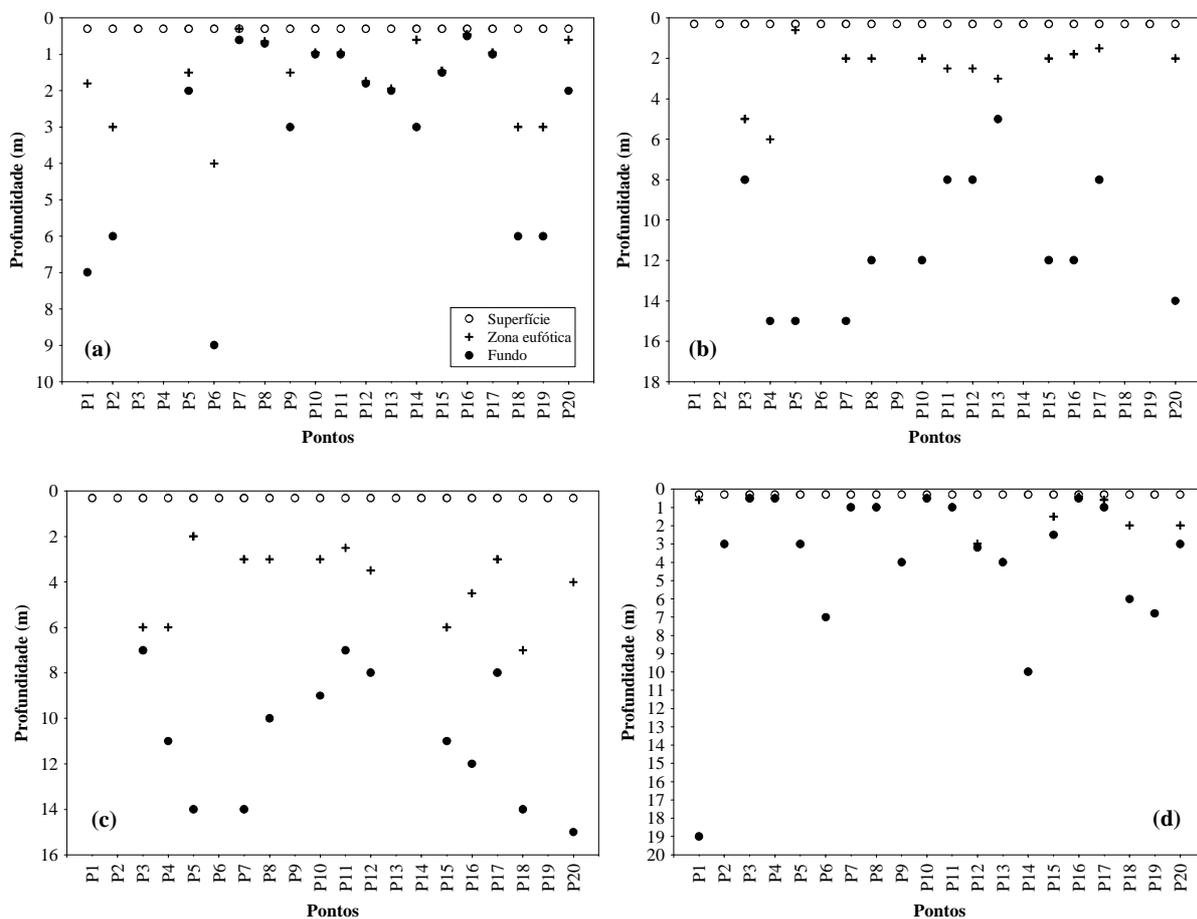
Ressalta-se que o ponto 19 (P19-MAD 6) não estava previsto no PBA, sendo inserido posteriormente tendo em vista a mudança no eixo da barragem do AHE Jirau. Assim, o local de coleta que seria a jusante da barragem (MAD 5) se tornou o ponto a montante desta, havendo então, a necessidade de inserir um novo 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.

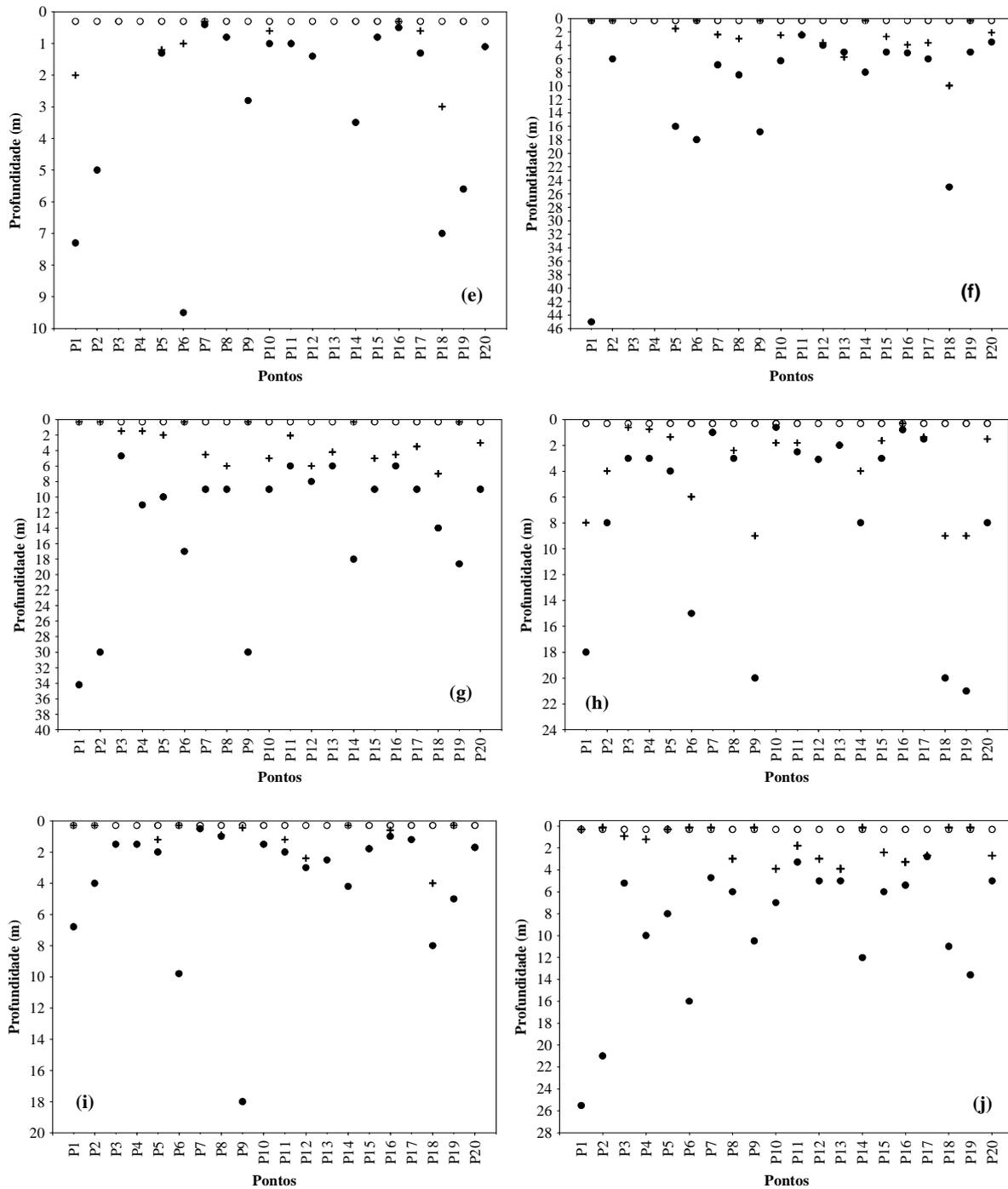
### 4.2. Coleta e Análise das Amostras

A descrição dos parâmetros físicos e químicos obtidos nas estações de amostragens, bem como o detalhamento da metodologia de coleta e análise, constam em todos nos Relatórios Técnicos já apresentados ao IBAMA. Resumidamente 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.

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, 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 (**Figura 1**).





**Figura 1.** Profundidade total e profundidade da zona eufótica dos 20 pontos de monitoramento em setembro de 2009 (a), janeiro de 2010 (b), abril (c), julho (d); outubro de 2010 (e); janeiro de 2011 (f), abril (g), julho (h), outubro de 2011 (i) e janeiro de 2012 (j).

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.

### ***Monitoramento Limnológico em Tempo Real***

No presente relatório estão apresentados os resultados de alguns parâmetros limnológicos obtidos entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, no sistema de monitoramento em tempo real instalado à jusante da futura barragem do AHE Jirau, no rio Madeira (**Anexo II**).

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 nº 621/2009. As seguintes variáveis são medidas: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez e oxigênio dissolvido.

### ***Monitoramento Ambiental de Elementos-Traço***

Os elementos traços foram monitorados, obedecendo a sazonalidade regional (cheia, enchente, vazante e seca) os elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn. Considerando as vazões observadas nas estações hidrológicas no rio Madeira à montante da confluência com o rio Abuña (Gujará 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 1ª campanha de campo feita no período de 26 a 30 de setembro de 2009 foi caracterizada de período hidrológico de seca; a 2ª campanha de campo feita no período de 06 a 15 de janeiro de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de enchente; a 3ª campanha de campo feita no período de 05 a 16 de abril de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de cheia; a 4ª campanha de campo feita no período de 12 a 23 de junho de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de vazante; a 5ª campanha de campo feita no período de 06 a 22 de outubro de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de seca; a 6ª campanha de campo feita no período de 06 a 22 de janeiro de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de enchente; a 7ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de abril de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de cheia; a 8ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de julho de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de vazante; 9ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de outubro de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de seca e; a 10ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de janeiro de 2012 foi caracterizada de período hidrológico de enchente.

As amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. As amostras de solo foram coletadas semestralmente em 14 pontos nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante do ciclo hidrológico. As amostras de peixes bioindicadores são disponibilizadas pela interface com o Programa Conservação da Ictiofauna enquanto as espécimes de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha são adquiridas nas comunidades ribeirinhas diretamente dos pescadores da região. As amostras de mamíferos aquáticos e semiaquáticos, seria possível pela interface deste Programa de Conservação da Fauna Silvestre, entretanto este programa executa o monitoramento apenas por avistamentos não sendo possível a amostragem de tecido para análises dos elementos traço.

#### ***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 encontra-se ensecado desde abril de 2010.

As análises dos parâmetros limnológicos foram realizadas de acordo com os métodos da 20<sup>a</sup> Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/ AWWA. A descrição dos parâmetros físicos e químicos obtidos nestes pontos, bem como o detalhamento da metodologia de coleta e análise, constam em todos nos Relatórios Técnicos já apresentados ao IBAMA.

#### ***4.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)***

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total ([http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp)).

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, conforme ressaltado nos Relatórios anteriores, 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.

#### 4.4. 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 (µg/L)     | Clorofila- <i>a</i> (µg/L) |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| Ultraoligotrófico | $IET \leq 47$      | $P \leq 13$        | $CL \leq 0,74$             |
| Oligotrófico      | $47 < IET \leq 52$ | $13 < P \leq 35$   | $0,74 < CL \leq 1,31$      |
| Mesotrófico       | $52 < IET \leq 59$ | $35 < P \leq 137$  | $1,31 < CL \leq 2,96$      |
| Eutrófico         | $59 < IET \leq 63$ | $137 < P \leq 296$ | $2,96 < CL \leq 4,70$      |
| Supereutrófico    | $63 < IET \leq 67$ | $296 < P \leq 640$ | $4,70 < CL \leq 7,46$      |
| Hipereutrófico    | $IET > 67$         | $640 < P$          | $7,46 < CL$                |

#### 4.5. 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***

O detalhamento das técnicas de amostragens e análise da comunidade fitoplanctônica consta nos Relatórios Técnicos anteriores, no entanto, ressalta-se que as amostras foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de e 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). 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 357/2005A 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).

Ressalta-se que os valores de densidade e biomassa são medidas de abundância, que vem sendo calculadas em todos os relatórios. De fato, tais medidas de abundância (densidade e biomassa) são as mais utilizadas na ecologia tendo em vista a importância de se considerar a área ou volume filtrado das amostras.

### ***Comunidade Zooplanctônica***

O detalhamento das técnicas de amostragens e análise das amostras de zooplâncton consta nos Relatórios Técnicos anteriores.

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 m<sup>3</sup>. 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. 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.

Ressalta-se que os valores de densidade e biomassa são medidas de abundância, que vem sendo calculadas em todos os relatórios. De fato, tais medidas de abundância (densidade e biomassa) são as mais utilizadas na ecologia tendo em vista a importância de se considerar a área ou volume filtrado das amostras.

### ***Comunidade Zoobentônica***

O detalhamento das técnicas de amostragens e análise das amostras de zooplâncton consta nos Relatórios Técnicos anteriores.

Ressalta-se que a partir abril de 2011, as larvas de Chironomidae foram identificadas em morfoespécies, apenas nos pontos P1-MAM (localizado no rio Mamoré), P2-MAD 1 (rio Madeira), P9-MAD 3 (rio Madeira), P10 (situado no igarapé Castanho), P13 (área alagada do rio Mutum-Paraná), P16 (igarapé Caiçara), P18 e P19 (ambos localizados no rio Madeira).

Ressalta-se que a densidade é uma medida de abundância, que vem sendo calculada em todos os relatórios. De fato, tal medida (densidade) é amplamente utilizada na ecologia tendo em vista a importância de se considerar a área ou volume filtrado das amostras.

### ***Análise dos dados***

Conforme informado nos Relatórios Técnicos anteriores, o índice de diversidade específica ( $H'$ ) das comunidades aquáticas, foi estimado segundo Shannon e Wiener (SHANNON e WEAVER, 1963). A equitabilidade (E) (PIELOU, 1966), como uma medida de quão homogeneamente a densidade está distribuída entre as espécies, foi expressa em porcentagem. Como riqueza (diversidade alfa) considerou-se o número de táxons presentes em cada amostra quantitativa. O índice de diversidade Beta ( $\beta$ ) foi aplicado para quantificar a alteração da composição de espécies.

Visando verificar a utilização das espécies como indicadoras dos ambientes amostrados, foi realizada a Análise de Valor Indicador (INDVAL - DUFRÊNE e LEGENDRE, 1997), conforme detalhado nos relatórios anteriores.

Para avaliar a variação espacial e temporal das comunidades aquáticas foi realizada a Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis”- DCA) (JONGMAN e TER BRACK, 1995), utilizando-se os dados de densidade das espécies.

Para avaliar quais variáveis ambientais são intervenientes na estruturação das comunidades foi realizada uma análise de gradiente direto, a Análise de Correspondência Canônica - CCA (TER BRAAK, 1986), conforme informado nos Relatórios anteriores.

Curvas de rarefação foram construídas em função do número de indivíduos por ponto de amostragem, de forma a possibilitar a comparação da riqueza de espécies entre as unidades amostrais, em níveis comparáveis de uma mesma densidade (GOTELLI e COLWELL, 2001). Para tal, foi utilizado o programa Biodiversity Pro (BDPro, 1997).

Para estimativa da constância e raridade de ocorrência das espécies, foi utilizado um índice de frequência de ocorrência, calculado segundo Dajoz (1973), conforme informado em relatórios anteriores.

Para avaliar a dominância de espécies, foi utilizado o índice proposto por Lobo e Leighton (1982), de forma que espécies com abundância > 50% da abundância total da amostra foram consideradas dominantes; e espécies com abundância > 50% da abundância média da amostra foram consideradas abundantes.

#### ***4.6. Metodologia do ciclo nictemeral***

Em setembro de 2009, abril e outubro de 2010, julho e outubro de 2011, 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.

Em abril de 2011, estava prevista uma coleta para análise do ciclo nictemeral, no entanto, nesse mês, foram registrados elevados valores de vazão do rio Madeira, o que causou receio por parte dos responsáveis pela segurança do trabalho em realizar coletas nesse rio durante o período noturno. Assim, a análise de abril, foi substituída pela análise do ciclo nictemeral realizada em julho de 2011.

Em campo, foi obtido o perfil térmico da coluna da água em 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 fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Tendo em vista a similaridade nos valores de temperatura da água ao longo de toda a coluna d'água, os valores oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica foram mensurados no meio e fundo da coluna d'água. Simultaneamente, amostras de água foram coletadas com frascos de polietileno (na superfície, meio e 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 da água (m) foi obtida através do disco de Secchi.

#### ***4.6.1. 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.

#### ***4.7. Comunidades Biológicas Associadas com a Madeira - Ecologia da Madeira***

Em janeiro e julho de 2010, amostras de material lenhoso flutuante no rio Madeira foram coletadas para conhecimento da comunidade perifítica e zoobentônica. Foram coletados aleatoriamente 03 (três) troncos e coletadas 03 (três) sub-amostras em cada um dos troncos, para dar robustez às análises estatísticas. A localização dos troncos amostrados em janeiro e julho de 2010 para a análise das comunidades perifítica e zoobentônica constam em Relatórios Técnicos anteriores.

##### ***4.7.1. Comunidade Perifítica***

O material perifítico foi raspado com auxílio de lâmina de aço inoxidável e água destilada e fixado com solução de lugol acético a 5% (BICUDO e MENEZES, 2006). O estudo taxonômico e quantitativo das algas perifíticas foi efetuado utilizando-se microscópio invertido sob um aumento de 400X. Realizado sob um volume conhecido por meio de câmaras de sedimentação de 2,44 ml, as algas perifíticas foram enumeradas segundo método de Utermöhl (1958) e por meio de campos aleatórios, conforme

recomendado por Bicudo (1990). Os resultados obtidos foram expressos em termos de organismos por área do substrato, segundo a equação de Ros (1979).

A análise da estrutura da comunidade de algas perifíticas foi efetuada utilizando a riqueza (expressa como o número de táxons), a densidade (expressa como número de indivíduos por  $\text{cm}^2$ ), a equitabilidade e a diversidade da comunidade (índice de diversidade de Shannon) (SHANNON e WEAVER, 1963). Foram verificadas as espécies abundantes e dominantes segundo critério de Lobo e Leighton (1986). O índice de diversidade e a análise de correspondência foram efetuados utilizando-se o programa PCord (MCCUNE e MEFFORD, 1999).

#### **4.7.2. Comunidade Zoobentônica**

Para amostragem qualitativa da comunidade bentônica, as amostras dos troncos foram lavadas, e foi realizada uma triagem para retirada dos indivíduos da comunidade que não se desprenderam do substrato. Os táxons retirados da madeira e da lavagem foram passados por uma peneira para retirada do excesso de água e acondicionados em frasco plástico, com álcool 70%. A identificação foi realizada sob microscópio estereoscópico. Foram feitos o cálculo de abundância total (nº de indivíduos/ponto) e da riqueza dos táxons.

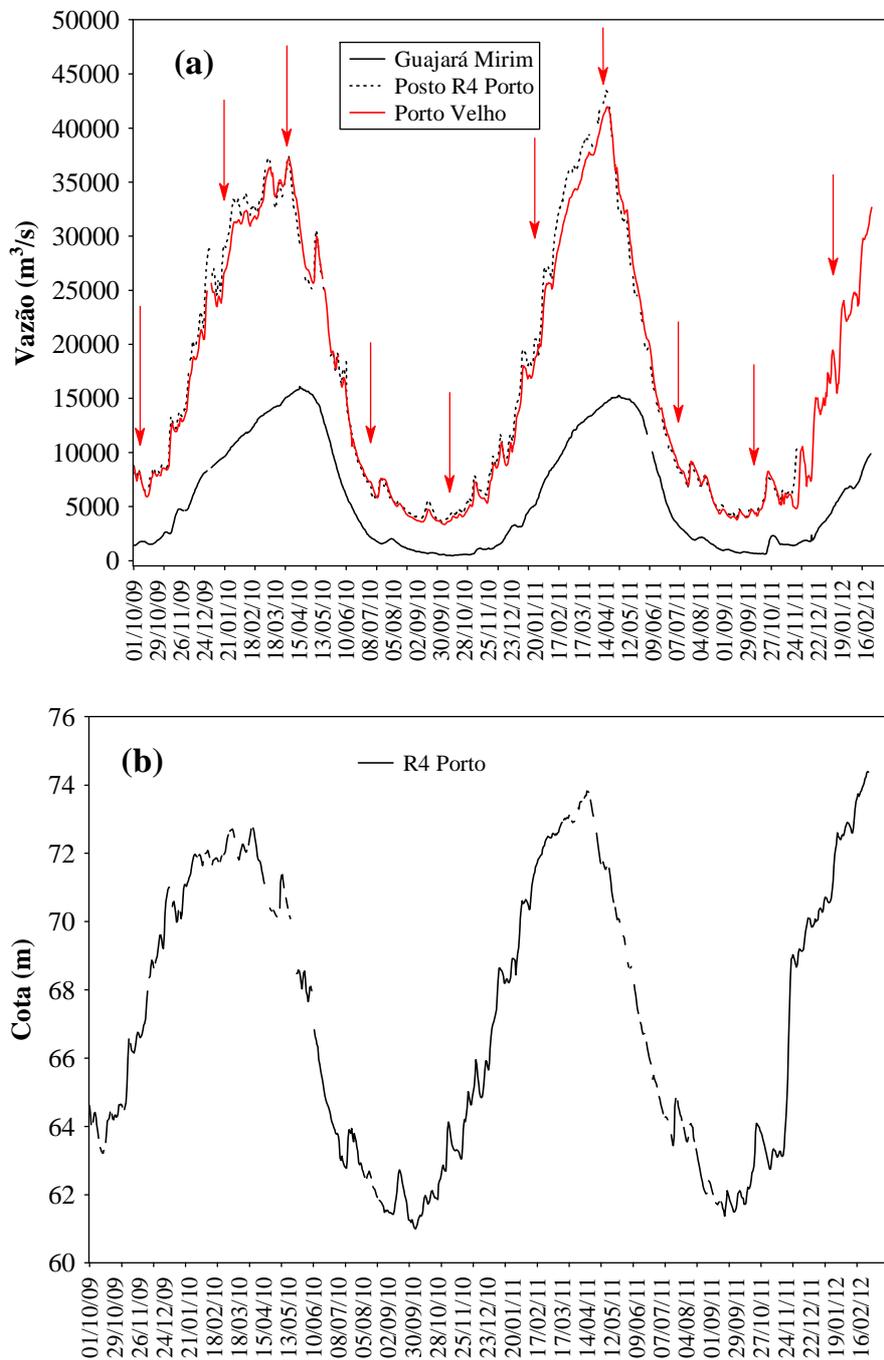
## **5. Resultados e Discussão**

A seguir são apresentados os resultados obtidos entre setembro de 2009 e fevereiro de 2012.

### **5.1. Variáveis Abióticas: Variação Espacial e Temporal**

Entre outubro de 2009 e fevereiro de 2012, é possível observar um claro padrão sazonal na variação dos valores de vazão e cota do rio Madeira. De maneira geral, os maiores valores de vazão e cota foram registrados entre os meses de dezembro e maio. Durante o período de coleta, realizado em janeiro de 2012, a vazão média do rio Madeira foi igual a  $19.950,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , enquanto que a cota foi, em média, igual a 71,5 m, ou seja, superior aos valores registrados em julho e outubro de 2011 (**Figura 2**).

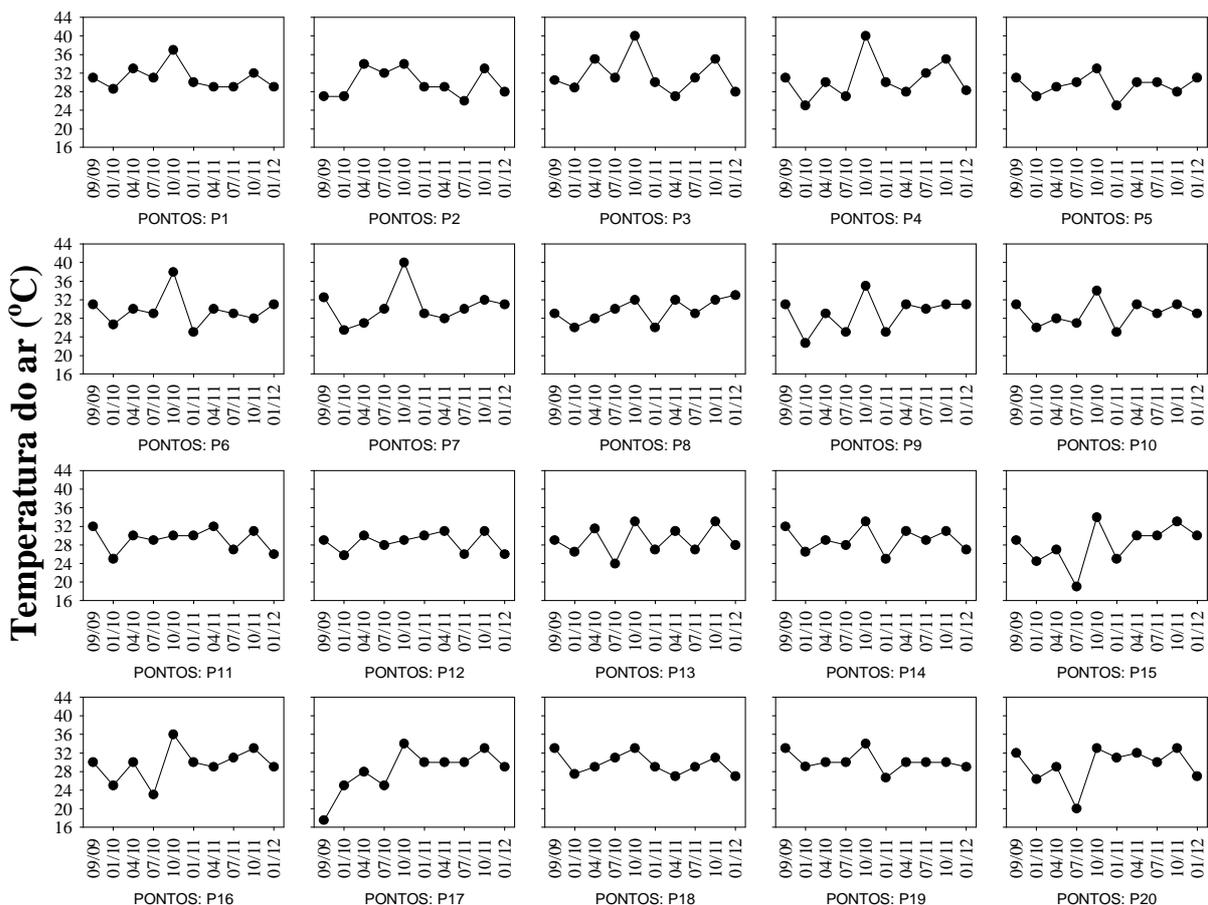
Como será demonstrado nesse relatório, essa variação nos valores de vazão influenciou conspicuamente as características limnológicas mensuradas e, principalmente, as comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas.



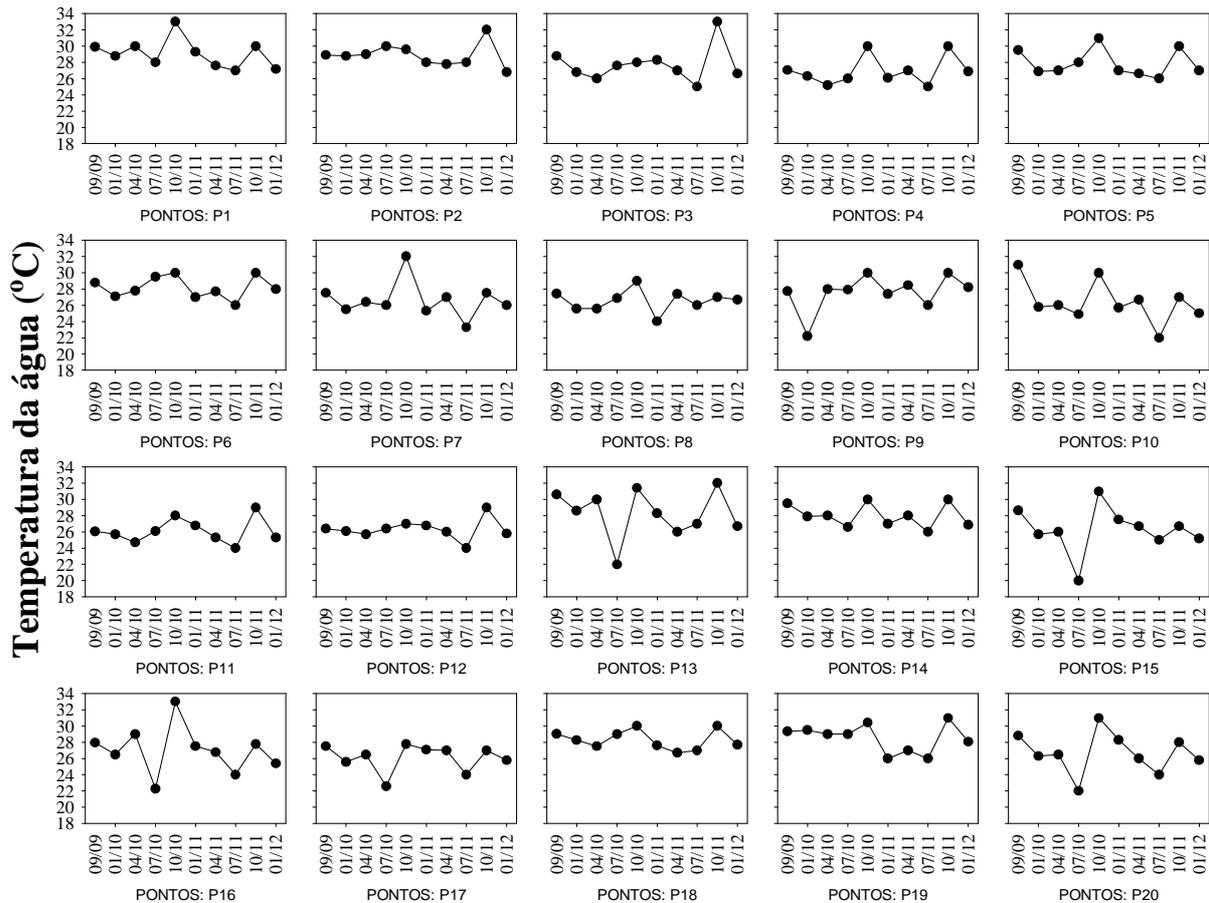
**Figura 2.** Variação temporal dos valores de vazão (a) e cota (b e c) no rio Madeira, entre outubro/2009 e fevereiro/2012. As setas na figura “a” indicam as 10 (dez) campanhas de coleta, realizadas entre setembro/outubro de 2009 e janeiro de 2012.

### Temperatura e oxigênio dissolvido

Em janeiro de 2012, a temperatura do ar durante o período de coleta foi, em média, igual a 28,9°C (**Figura 3**). Os valores da temperatura da água variaram entre 25°C e 28,2°C (**Figura 4**). Em média, os maiores valores de temperatura da água foram registrados em setembro de 2009, outubro de 2010 e outubro de 2011, enquanto que os menores foram mensurados em julho de 2010 e julho de 2011 (média igual a 28,5°C em setembro de 2009; 26,7°C em janeiro de 2010; 27,2°C em abril; 26,0°C em julho; 30,1°C em outubro; 27,05°C em janeiro de 2011; 26,9°C em abril; 25,3°C em julho; 29,3°C em outubro e 26,5°C em janeiro de 2012). Assim, nota-se um padrão de variação sazonal para os valores de temperatura. Por outro lado, como esperado, nenhum padrão de variação espacial foi observado.



**Figura 3.** Valores de temperatura do ar mensurados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.



**Figura 4.** Valores de temperatura da água mensurados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

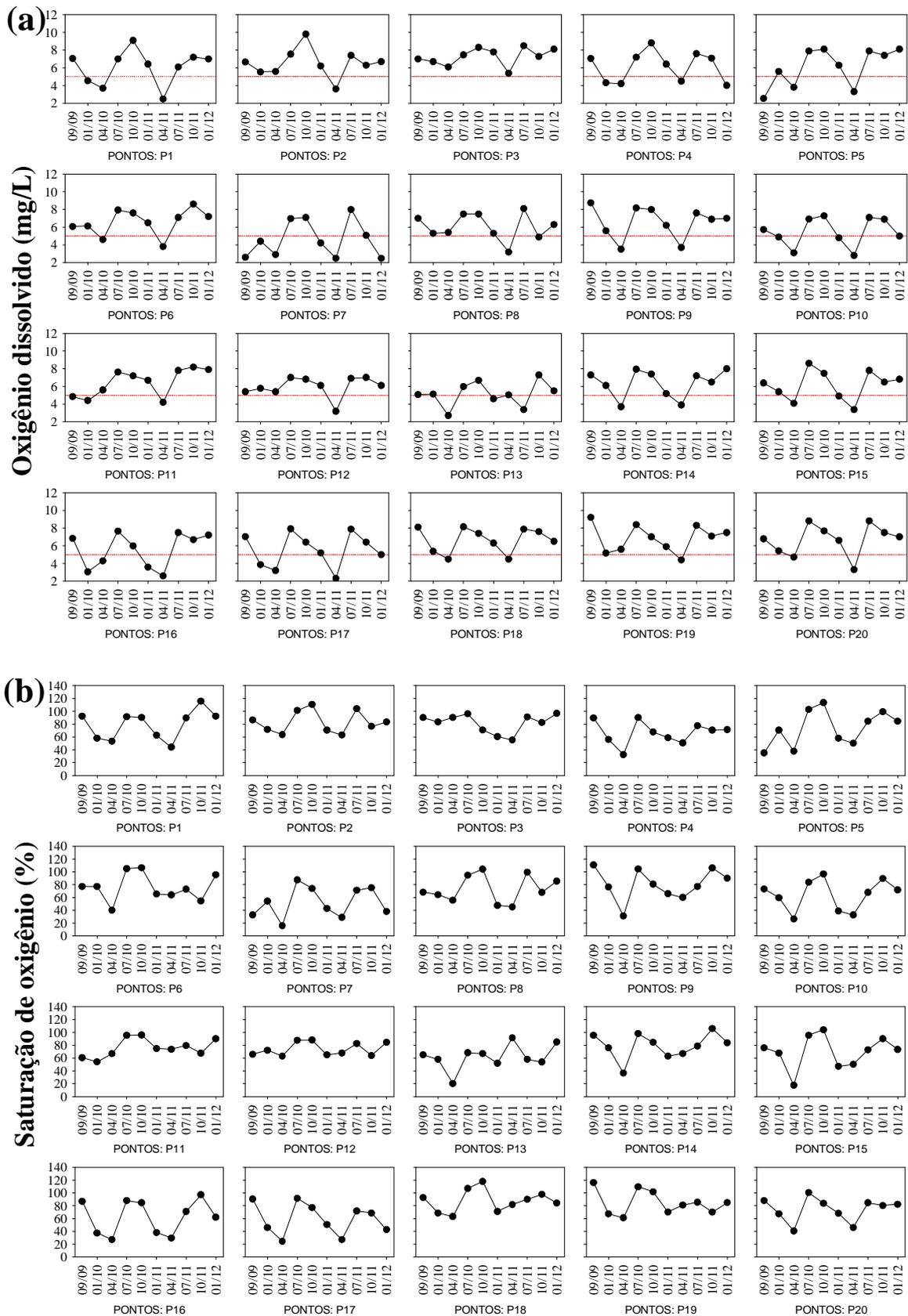
Os teores de oxigênio dissolvido são importantes indicadores do funcionamento dos ecossistemas aquáticos. De grande importância nas avaliações de qualidade da água, o teor desse gás obtido em um determinado momento quantifica o balanço entre a produção fotossintética - suprimento atmosférico e o consumo 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 janeiro de 2012, as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 2,5 mg/L (ponto P7, localizado no igarapé Simãozinho) e 8,1 mg/L (pontos P3 e P5, situados no igarapé Ribeirão e rio Abunã, respectivamente) (**Figura 5a**). Nesse mês, somente os pontos P4 e P7 (localizados no igarapé Araras e igarapé Simãozinho, respectivamente) apresentaram concentrações de oxigênio inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas da classe 2 (5,0 mg/L).

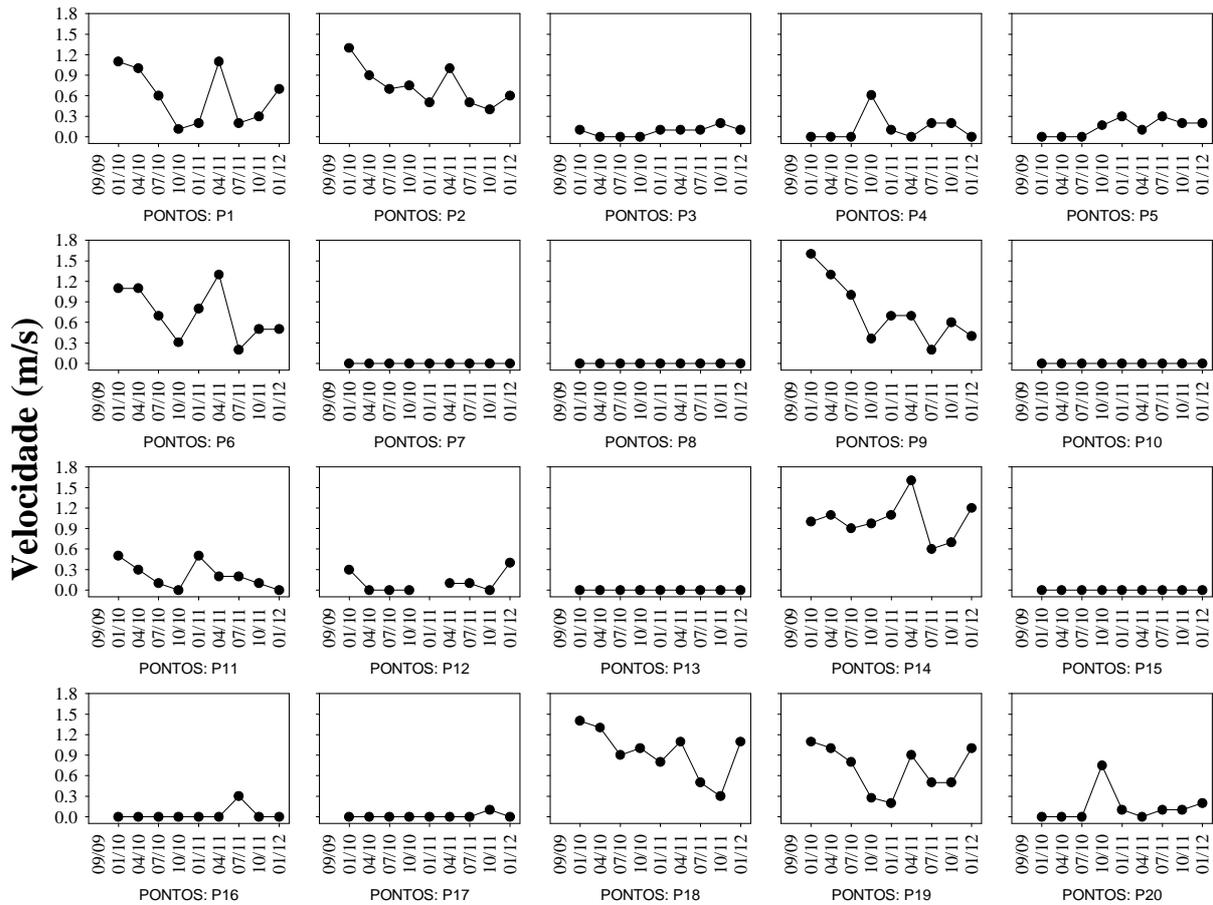
Considerando os 10 (dez) meses de coleta, em média, as maiores concentrações desse gás foram registradas em julho e outubro de 2010 e julho e outubro de 2011 (valores médios iguais a 6,38 mg/L em setembro de 2009; 5,14 mg/L em janeiro de 2010; 4,33 mg/L em abril; 7,63 mg/L em julho; 7,58 mg/L em outubro; 5,76 mg/L em janeiro de 2011; 3,6 mg/L em abril; 7,44 mg/L em julho; 6,92 mg/L em outubro e 6,47 mg/L em janeiro de 2012). Um padrão similar de variação foi obtido considerando a porcentagem de saturação de oxigênio (**Figura 5b**). 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.

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, as maiores concentrações de oxigênio foram detectadas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 6,51 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 5,9 mg/L nos tributários;  $P = 0,02$ ). 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).

Entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012, os maiores valores de velocidade da água também foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 0,78 m/s no rio Madeira/Mamoré e 0,065 m/s nos tributários) (**Figura 6**). 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.



**Figura 5.** Concentrações de oxigênio dissolvido (a) e saturações de oxigênio (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.



**Figura 6.** Velocidade da água registrada nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012. 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).

### *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 indiretamente, 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.

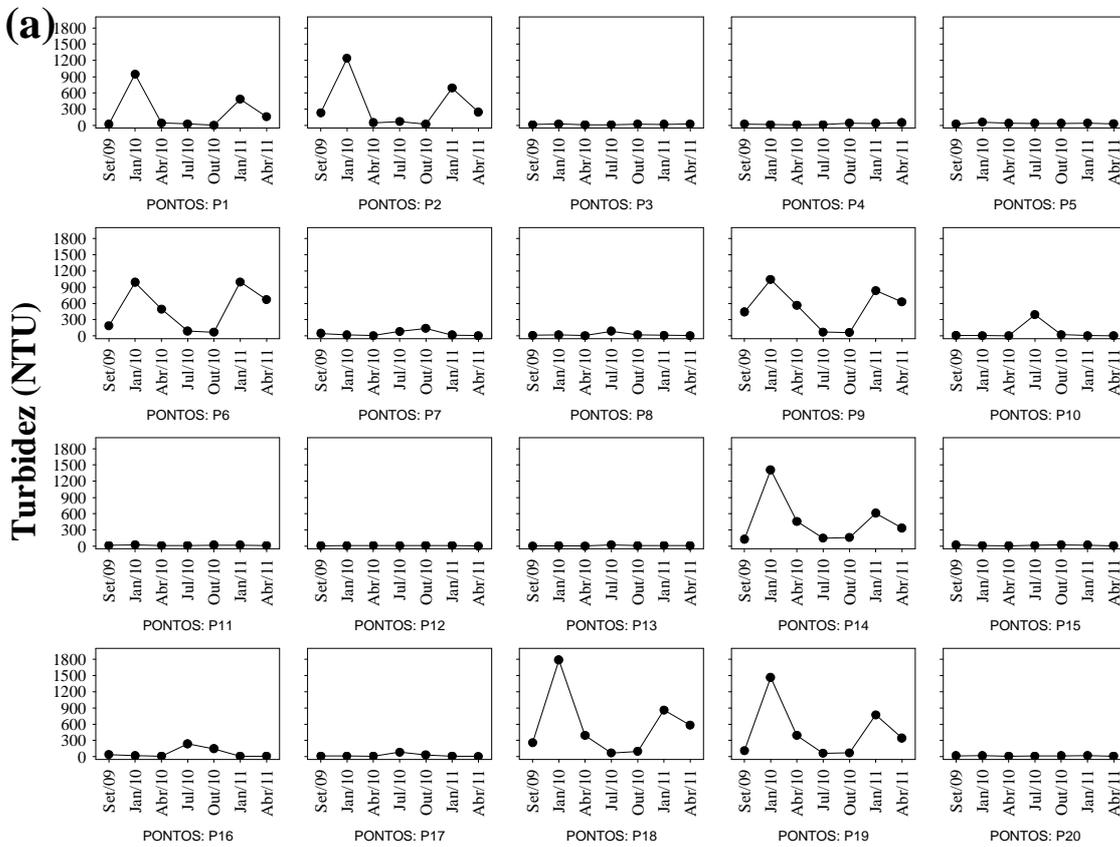
No período entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, foi possível verificar que os maiores valores de turbidez foram registrados em janeiro e abril de 2010, 2011 e janeiro de 2012 (períodos de enchente e águas altas) (valores médios iguais a 81,4 NTU em setembro de 2009; 455,9 NTU em janeiro de 2010; 127,6 NTU em abril; 78,5 NTU em julho; 51,9 NTU em outubro; 274,2 NTU em janeiro de 2011; 157,29 NTU em abril; 59,9 NTU em julho; 84,8 NTU em outubro e 253,05 NTU em janeiro de 2012) (**Figura 7a**). Em janeiro de 2012, esses valores variaram entre 6 NTU (situado na área alagada do rio Mutum Paraná) e 1278 NTU (ponto P9, localizado no rio Madeira). Assim, os pontos P1, P2, P6, P9, P14, P18 e P19 (todos localizados no rio Madeira/Mamoré) apresentaram valores de turbidez superiores ao limite indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU).

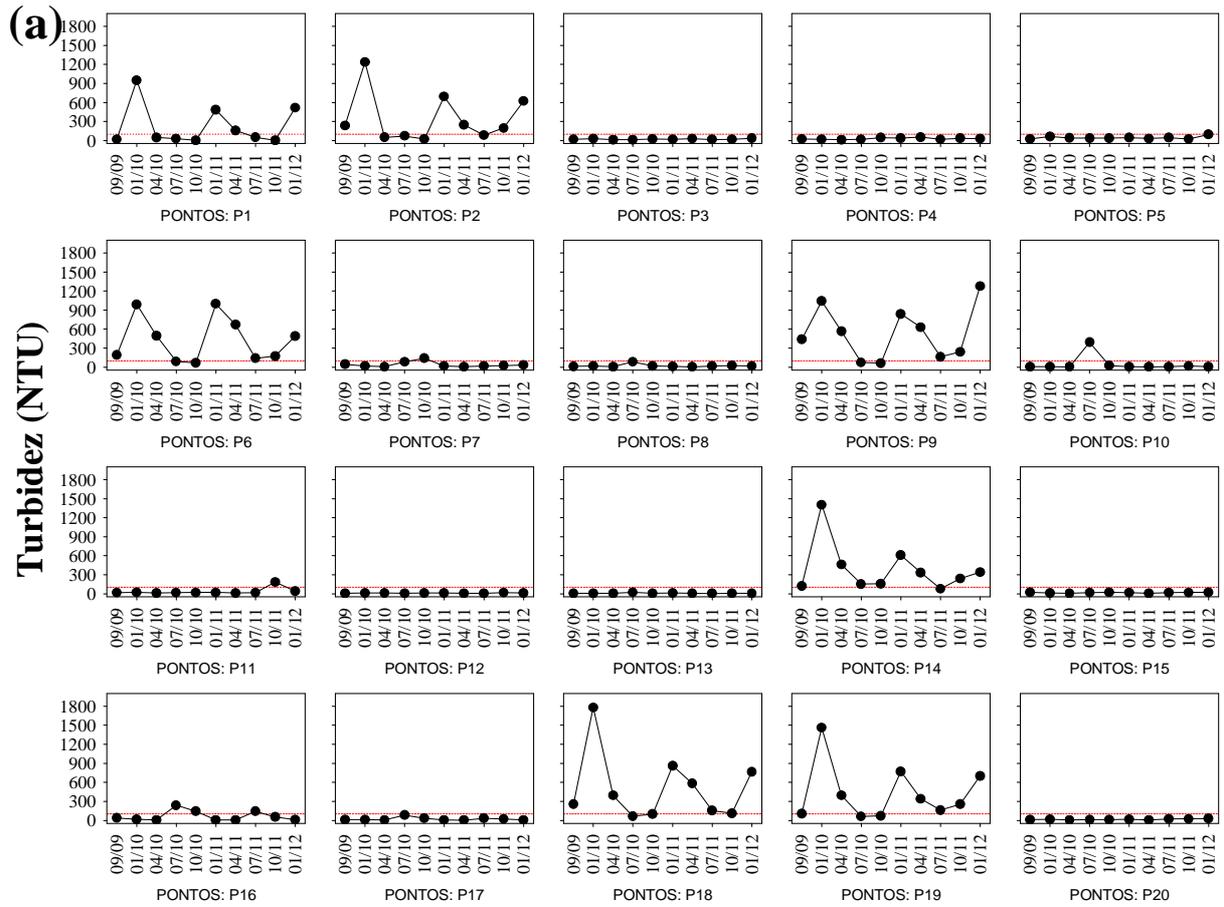
O aumento dos valores de turbidez e das concentrações de material em suspensão na água, nos meses de janeiro e abril, nos pontos localizados no rio Madeira, é resultado do aumento da precipitação pluviométrica e das taxas de escoamento superficial. É interessante notar que um padrão diferente foi observado para os tributários, durante o período de seca. 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.

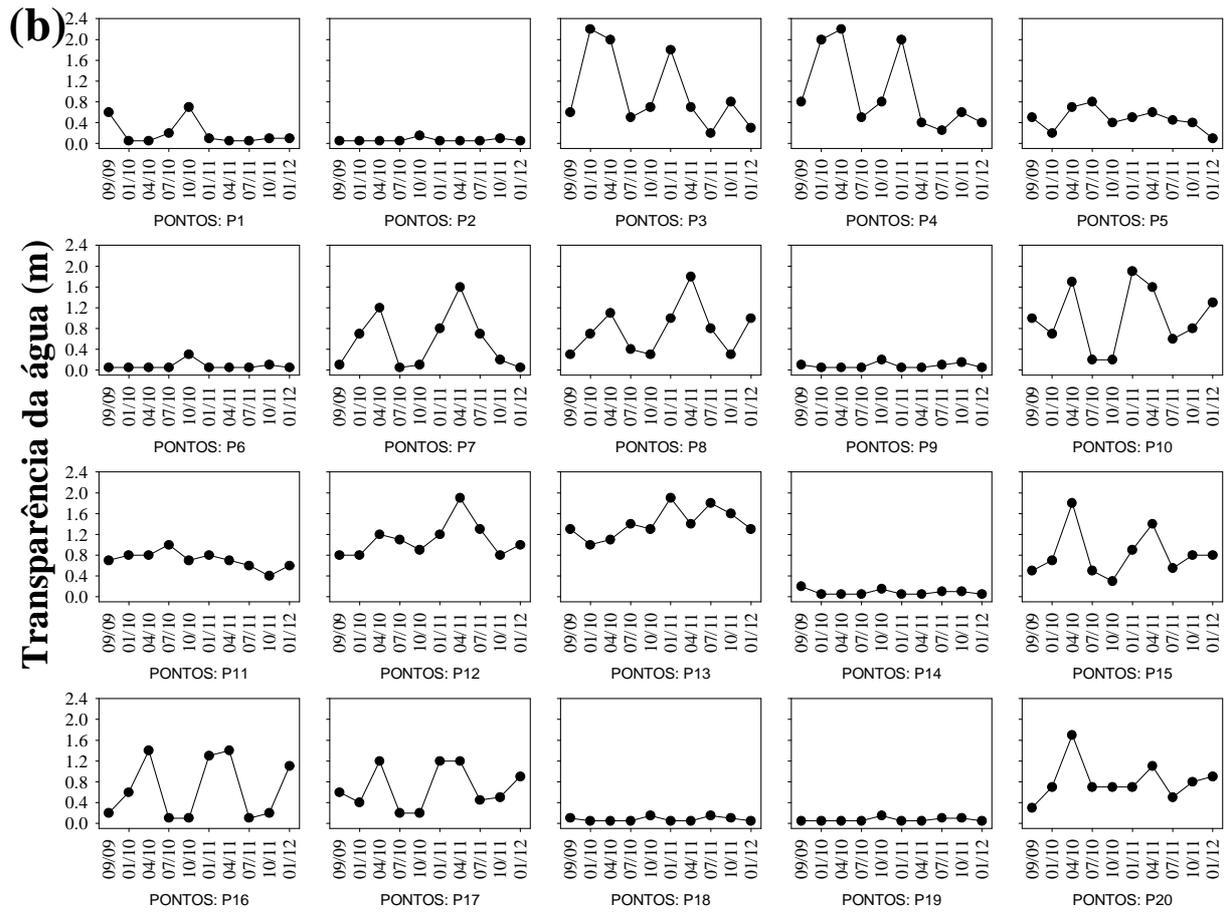
Assim como observado para os valores de turbidez, os menores valores de transparência da água foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira (< 10 cm). Em janeiro de 2012, o maior valor de transparência da água (1,3 m) foi mensurado no ponto P10 e P13, situado no igarapé Castanho e na área alagada do rio Mutum Paraná, respectivamente (**Figura 7b**).

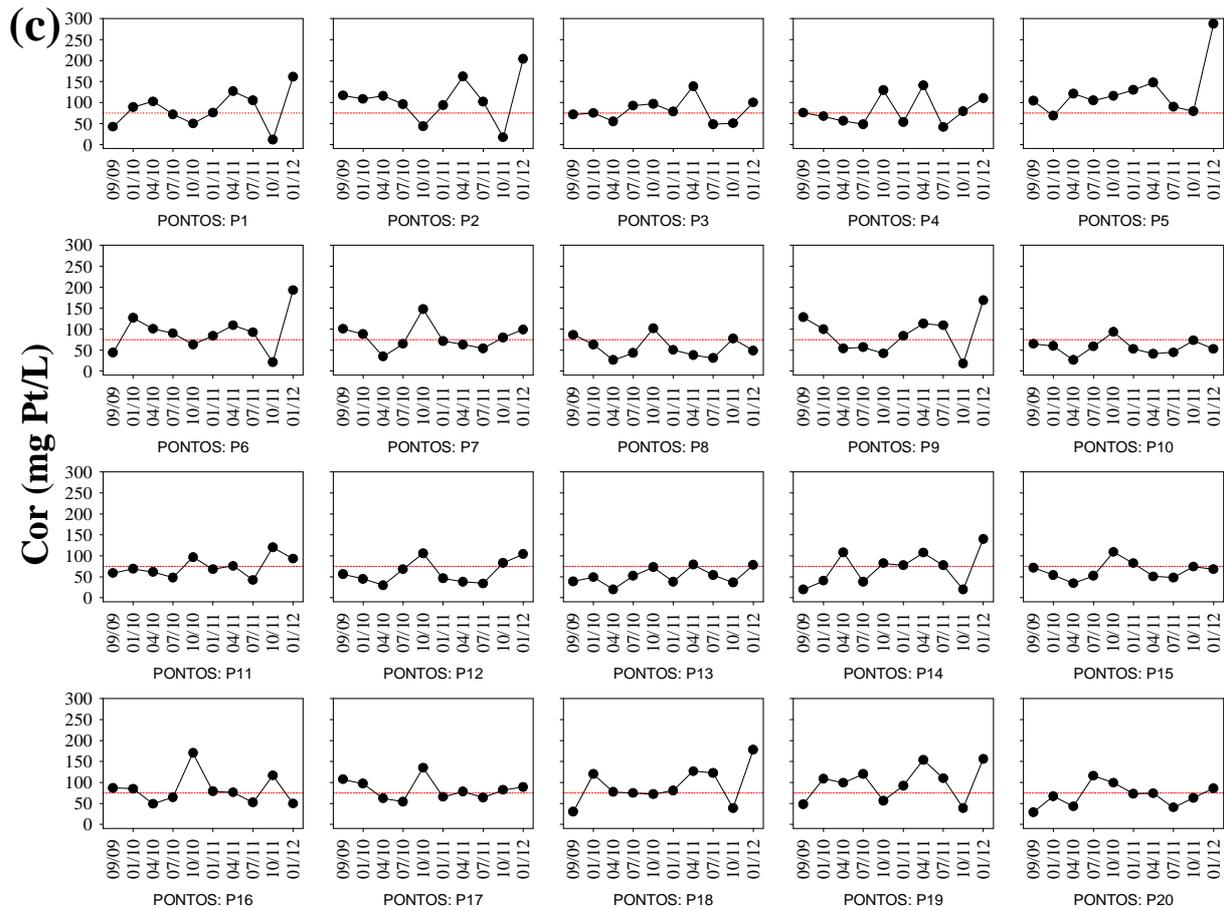
Os valores de cor verdadeira não demonstram um padrão claro de sazonalidade, tendo em vista que os maiores valores foram registrados em outubro de 2010, abril de 2011 e janeiro de 2012 (valores médios iguais a 69,05 mg Pt/L em setembro de 2009; 79 mg Pt/L em janeiro de 2010; 63,8 mg Pt/L em abril; 70,7 mg Pt/L em julho; 94,1 mg Pt/L em outubro; 73,8 mg Pt/L em janeiro de 2011; 97 mg Pt/L em abril; 68 mg Pt/L em julho; 58,9 mg Pt/L em outubro e 123,4 mg Pt/L em janeiro de 2012). Esta ausência de padrão provavelmente é resultado das características intrínsecas dos ambientes estudados, tendo em vista que alguns tributários possuem águas negras e apresentam elevados valores de cor durante o período de águas baixas ou vazante. Em janeiro de 2012, tais valores variaram entre 49 mg Pt/L (ponto P8, localizado no igarapé São Simão) e 288 mg Pt/L (ponto P5, situado no rio Abunã) (**Figura 7c**). Assim, nesse mês,

os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P11, P12, P13, P14, P17, P18, P19 e P20, apresentaram valores de cor superiores ao limite indicado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (75 mg Pt/L).





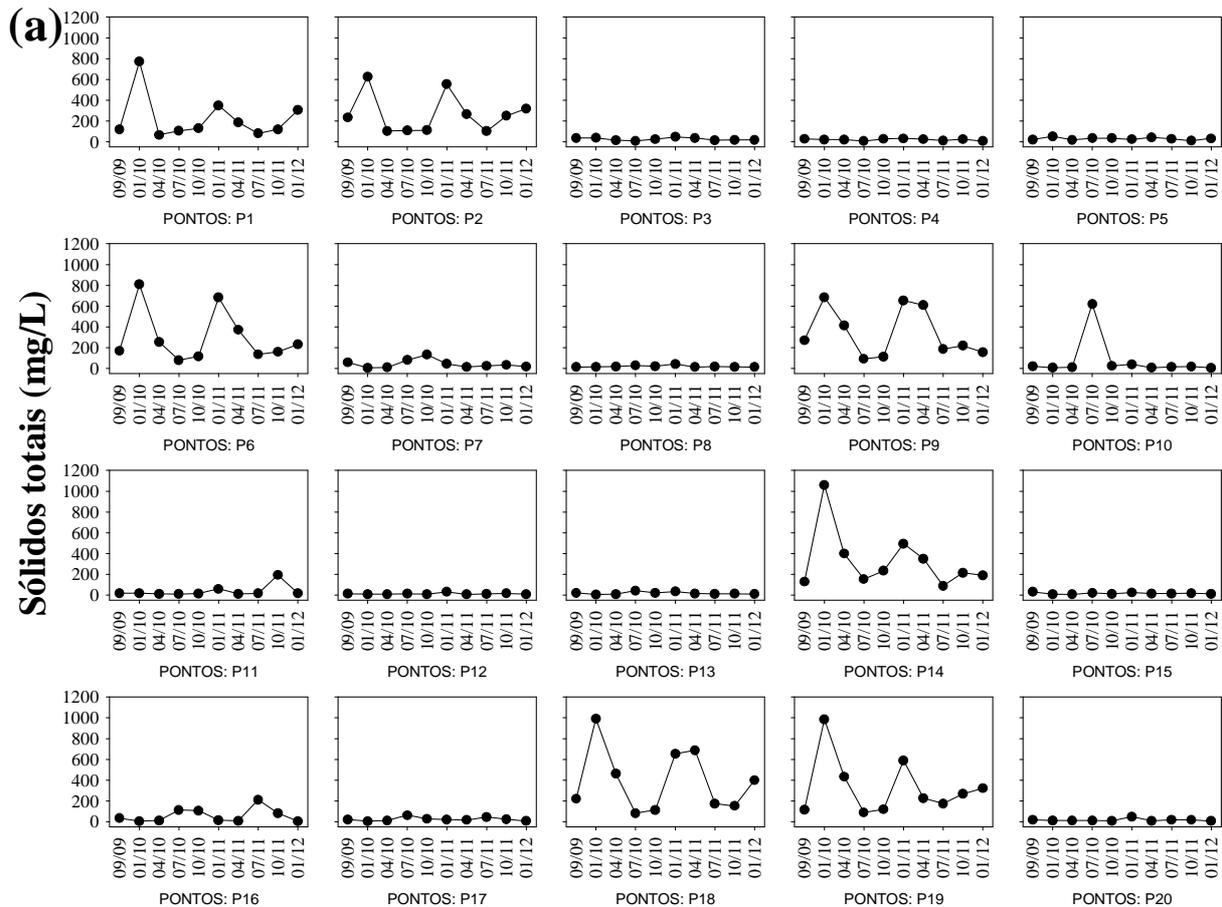


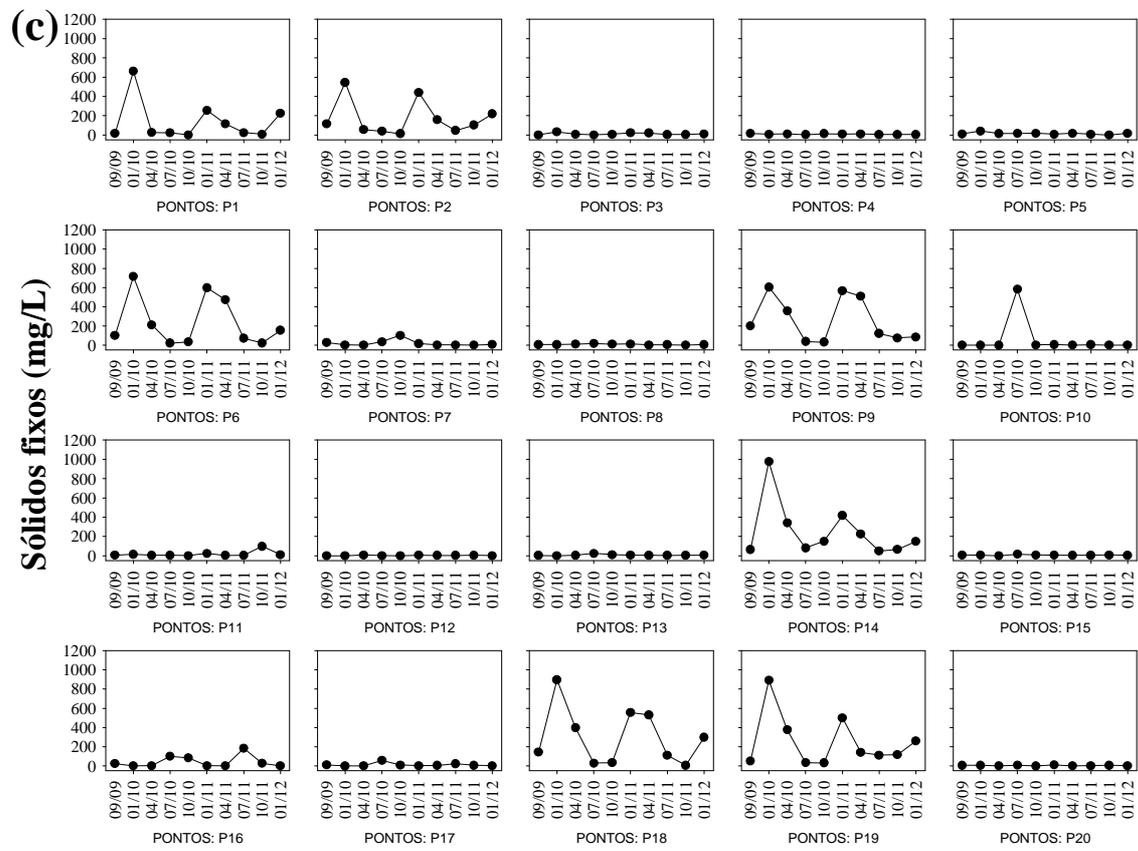
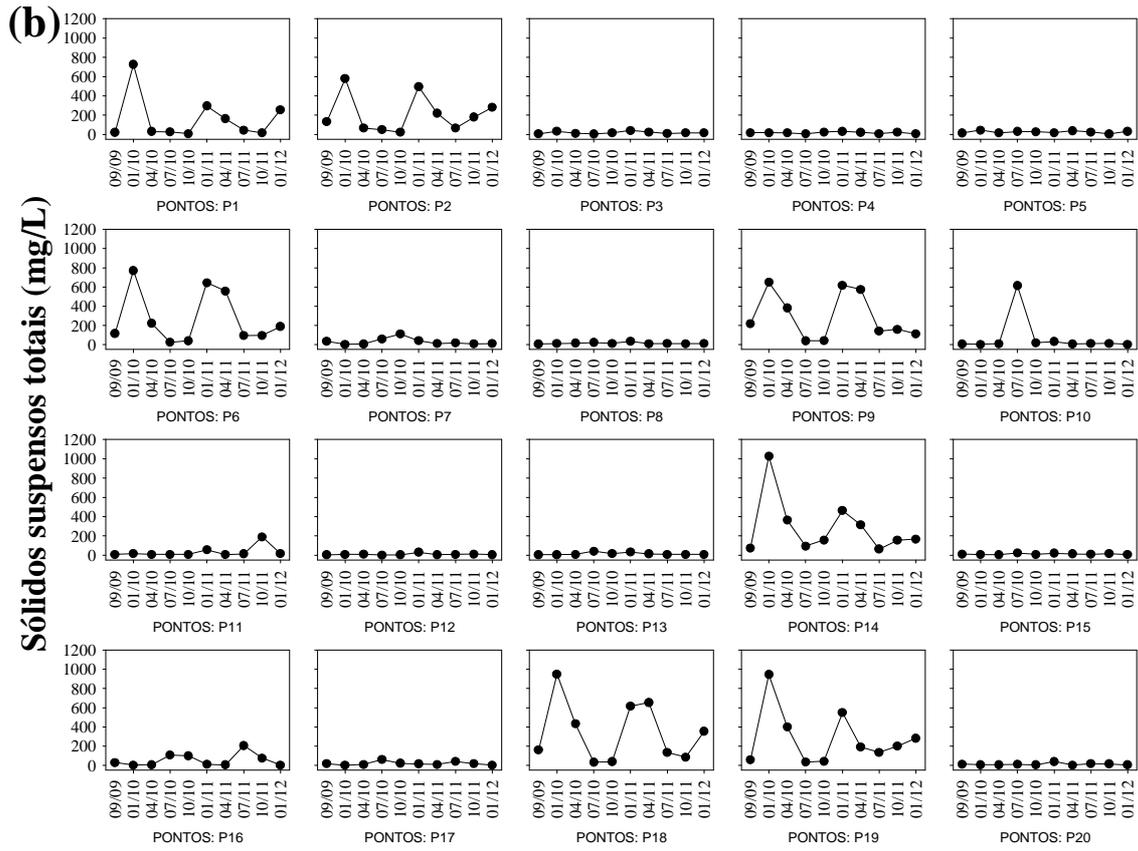


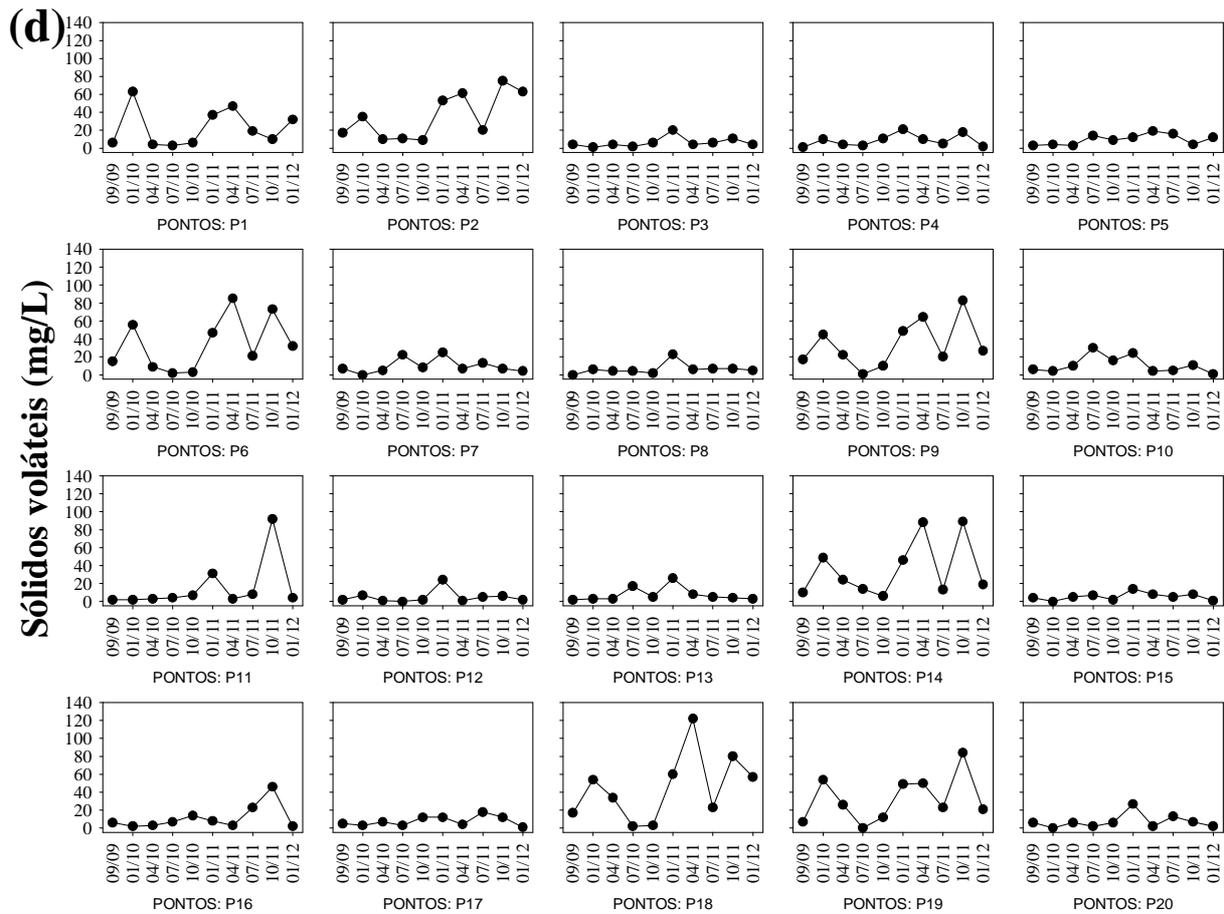
**Figura 7.** Valores de turbidez (a), transparência da água (b) e cor (c) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

Assim como observado para a turbidez, os maiores valores de sólidos totais foram registrados em janeiro e abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012 (valores médios iguais a 80,7 mg/L, em setembro de 2009; 307,0 mg/L, em janeiro de 2010; 115,8 mg/L em abril; 88,95 mg/L em julho; 70,75 mg/L em outubro; 22,5 mg/L em janeiro de 2011; 146,02 mg/L em abril; 69,95 mg/L em julho; 93,7 mg/L em outubro e 105 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 8a**). Resultado similar foi obtido para as concentrações de sólidos em suspensão (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; 36,6 mg/L em outubro; 204,5 mg/L em janeiro de 2011; 142,1 mg/L em abril; 53,65 mg/L em julho; 65,4 mg/L em outubro e 88,85 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 8b**). Além disso, considerando os 10 (dez) meses de monitoramento, a maior fração de material em suspensão foi de origem inorgânica (sólidos suspensos fixos), com exceção somente de outubro de 2011 (**Figura 8c e 8d**).

De maneira geral, os maiores valores de sólidos totais e sólidos em suspensão foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira (média de sólidos totais igual a 313,2 mg/L no rio Madeira e 31,4 mg/L nos tributários, enquanto que a média de sólidos suspensos totais foi igual a 265,3 mg/L no rio Madeira e 25,9 mg/L nos tributários) (Figura 8a e 8b).







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

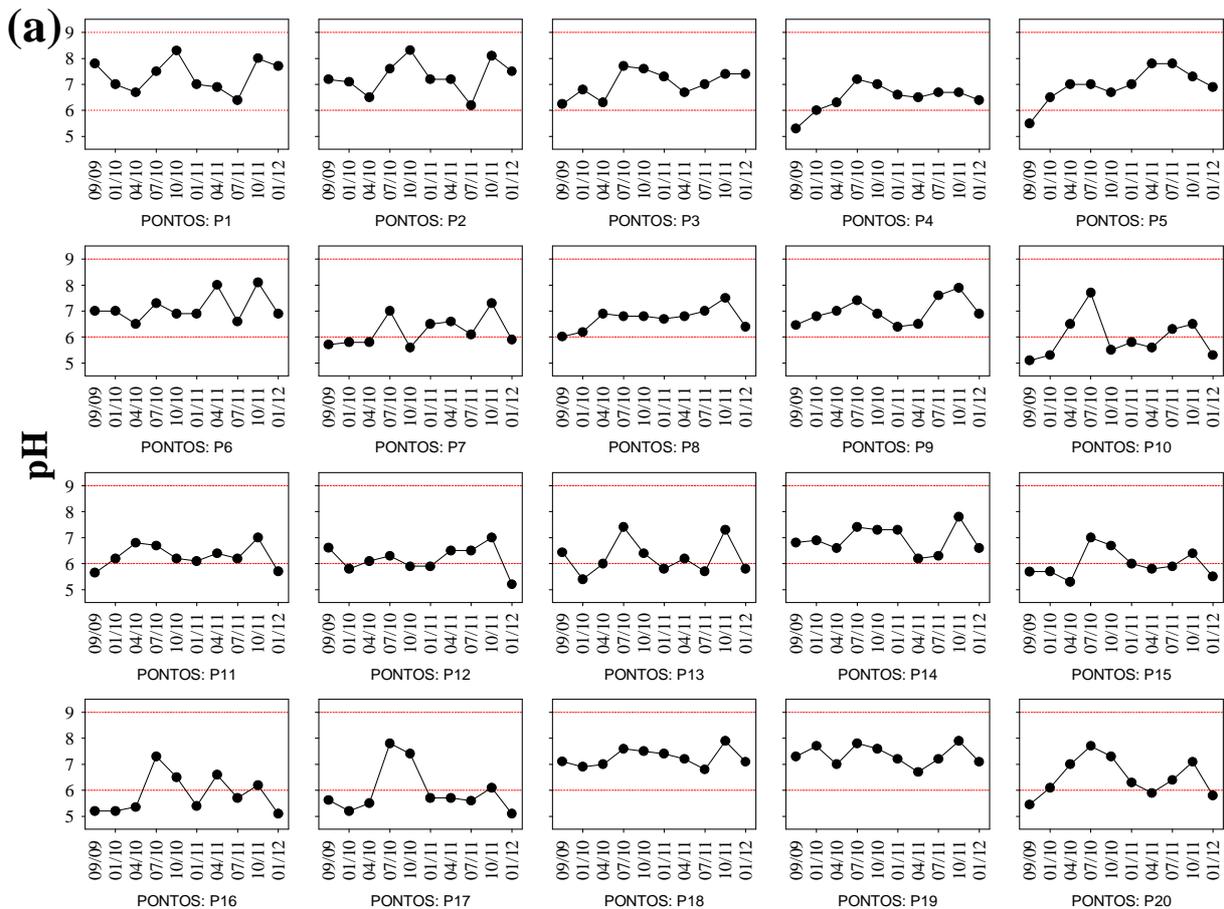
Em geral, os resultados obtidos até o momento para as variáveis turbidez, transparência da água e sólidos suspensos indicam a importância do regime hidrológico no controle da dinâmica limnológica da área investigada. Esses resultados também sugerem que o regime hidrológico atua de forma diferenciada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

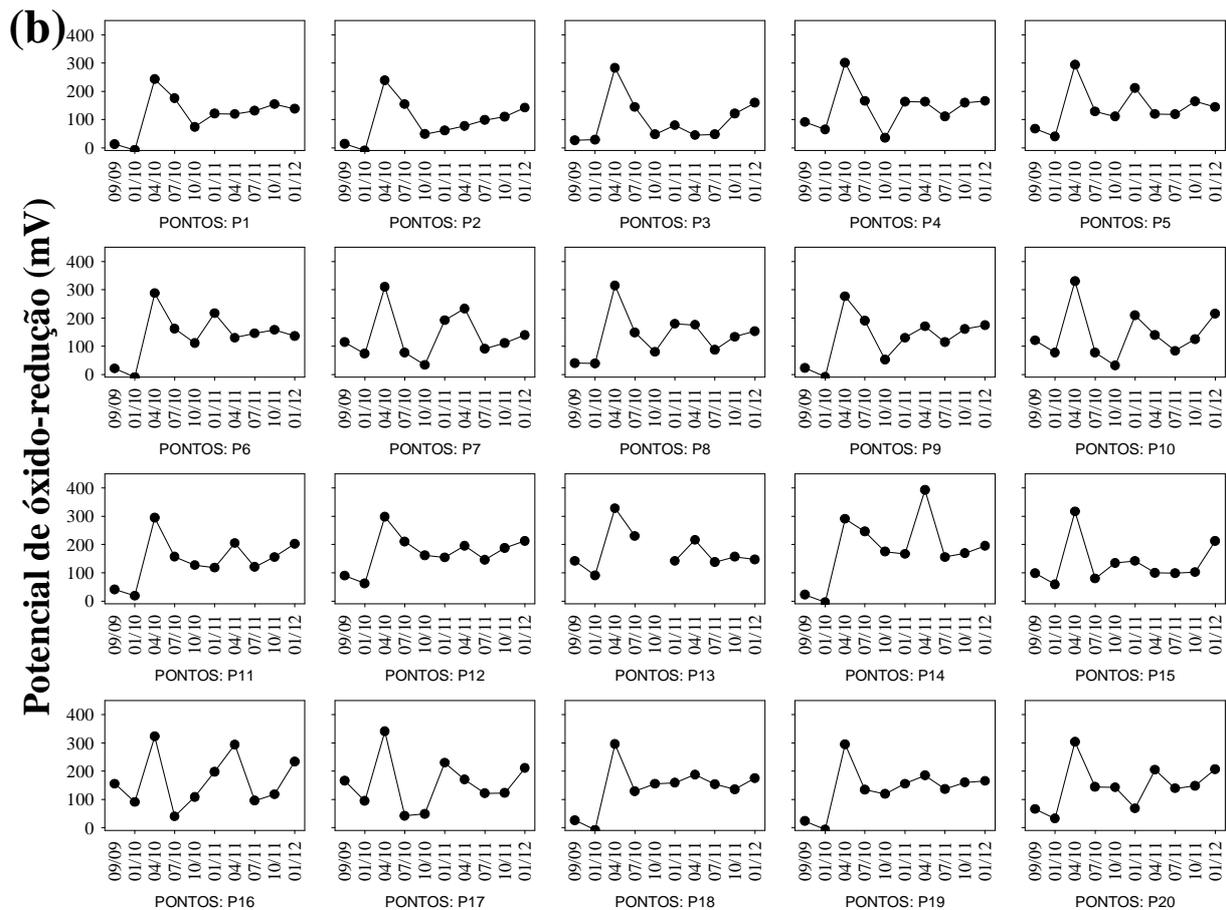
#### 4.1.3. pH, Condutividade elétrica, STD, Alcalinidade, Dureza e Carbono

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, os maiores valores de pH foram registrados em julho e outubro de 2010 e outubro de 2011, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira (**Figura 9a**), provavelmente devido as maiores taxas de produtividade primária durante o período de águas baixas. Em janeiro de 2012, os

valores do pH variaram entre 5,1 e 7,7. Assim, nesse mês, os pontos P7, P10, P11, P12, P13, P15, P16, P17 e P20 (todos localizados em tributários do rio Madeira) apresentaram valores de pH abaixo do limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (6,0-9,0). Os baixos valores de pH registrados nos tributários, nesse e em outros meses monitorados, podem ser explicados pela elevada concentração de compostos húmicos nesses ambientes de águas pretas, que são naturalmente ácido. Portanto, é necessário cautela em interpretar esses resultados como problemas de qualidade da água.

Os valores do potencial de óxido-redução foram similares entre os diferentes ambientes estudados. De maneira geral, tais valores indicaram a predominância de processos de oxidação no trecho estudado. Em janeiro de 2012, tais valores variaram entre 136 mV e 234 mV (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 9b**).





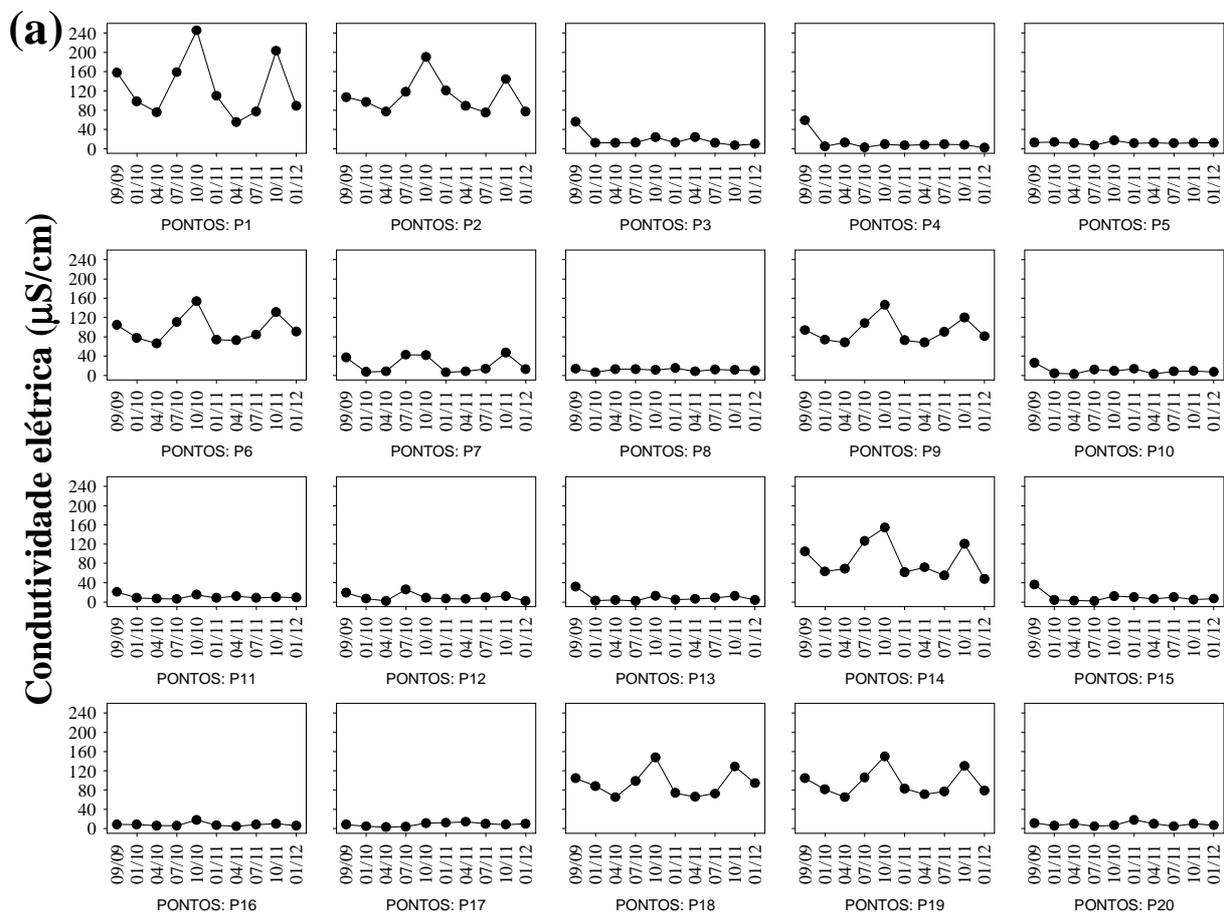
**Figura 9.** Valores de pH (a) e potencial de óxido-redução (POR) (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

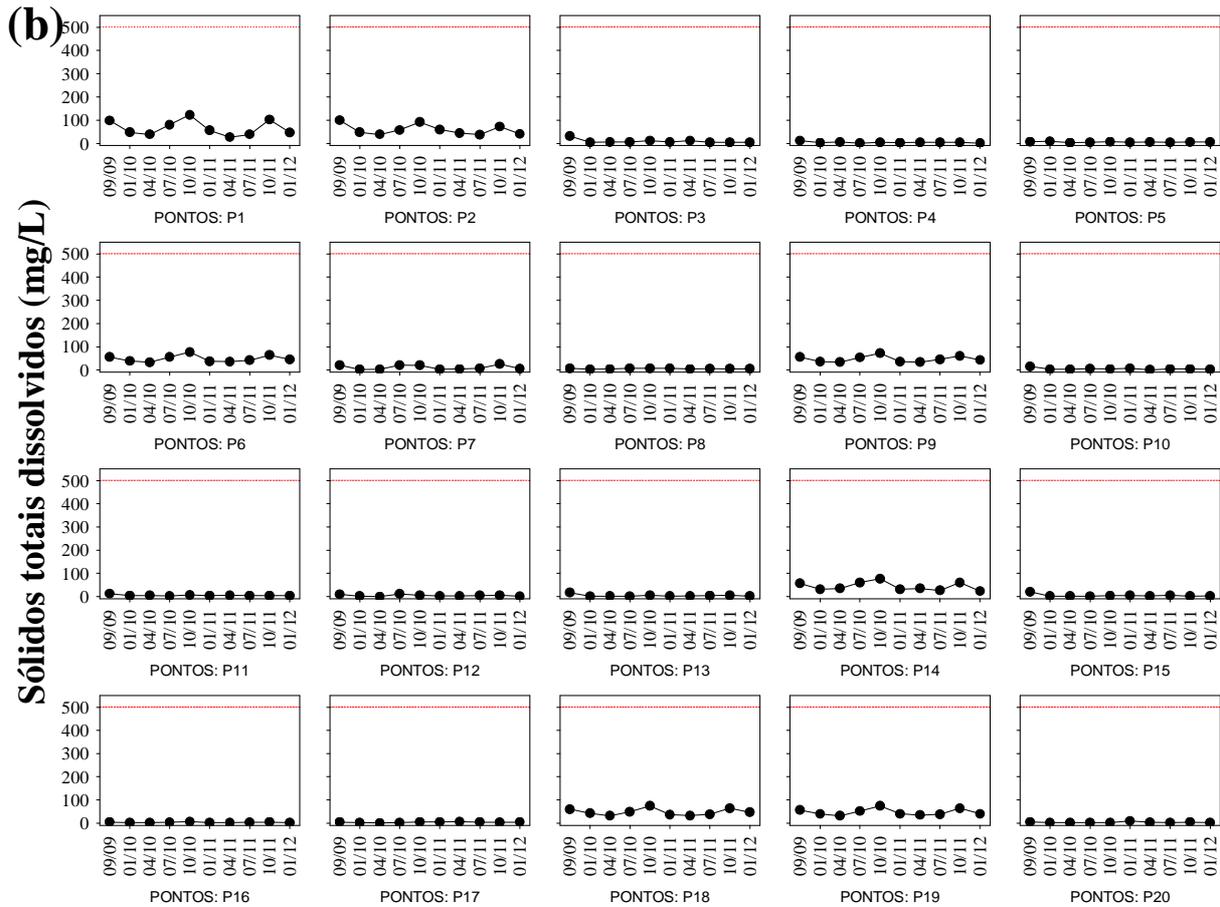
A condutividade elétrica indica a capacidade de condução da corrente elétrica de uma solução, sendo esta dependente da concentração de íons na água. Diversos trabalhos demonstram, a despeito da facilidade de mensuração, que essa medida pode fornecer importantes informações sobre os processos que ocorrem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

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados no período de vazante e águas baixas (meses de julho e outubro) (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; 69,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em outubro; 36,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em janeiro de 2011; 30,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em abril; 32,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em julho; 57  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em outubro e 32,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em janeiro de 2012). Assim, nos meses de janeiro e abril, provavelmente ocorreu um processo de diluição dos íons no trecho monitorado, tendo em vista o

aumento na vazão do rio Madeira. Além disso, os menores valores de condutividade elétrica foram mensurados nos tributários que, em geral, apresentam águas pobres em íons, o que é característico de ambientes com águas negras (média igual a 11,56  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos tributários e 100,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no rio Madeira) (**Figura 10a**).

Ao longo de todo o período monitorado, foi detectada uma forte correlação entre os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) (coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) = 0,987;  $P < 0,001$ ), indicando que os locais com maiores concentrações iônicas apresentam também as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos. Além disso, foi possível observar em todos os meses monitorados valores de STD significativamente inferiores ao limite máximo esperado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L) (**Figura 10b**).





**Figura 10.** Valores de condutividade elétrica (a) e sólidos totais dissolvidos (STD) (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

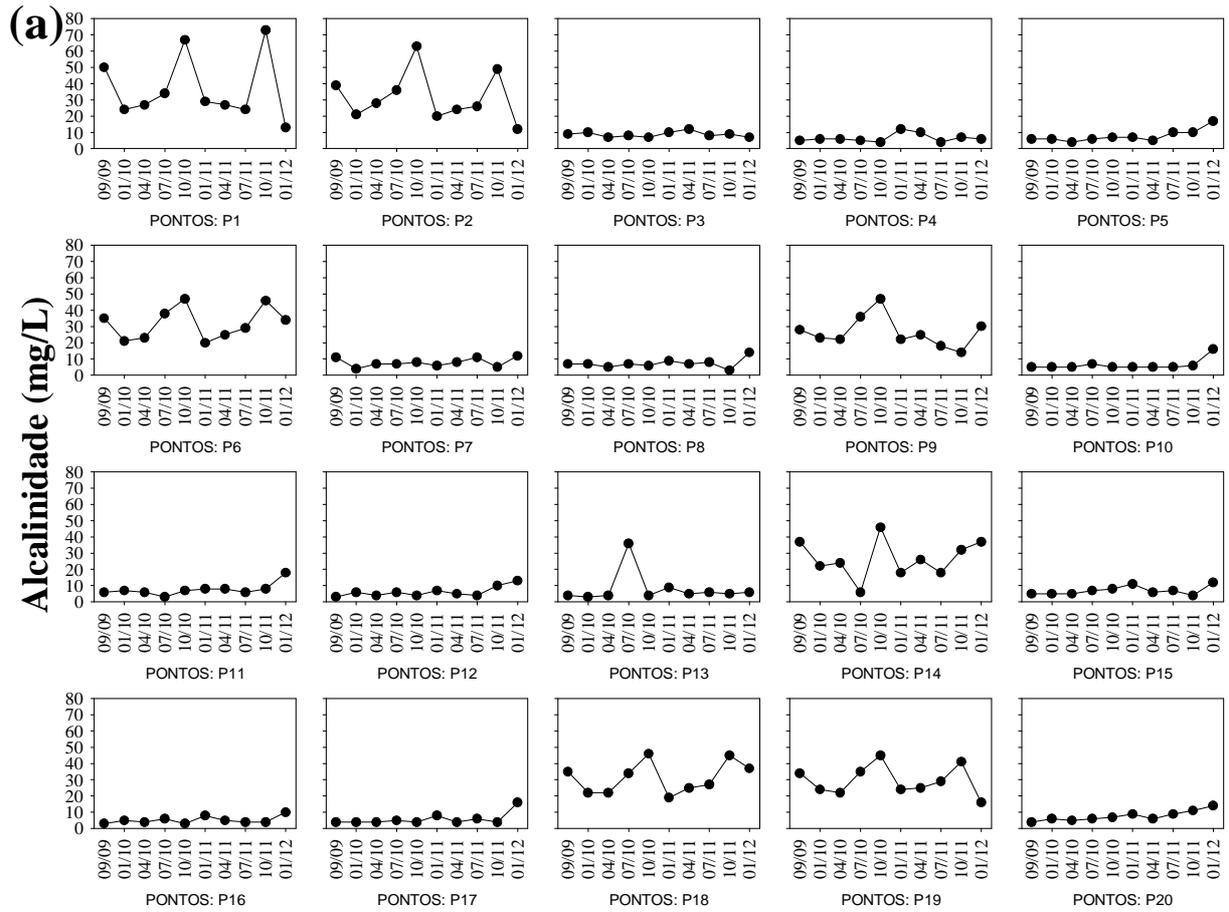
A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos em um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (ESTEVEZ, 1998). A dureza da água, por sua vez, depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem 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).

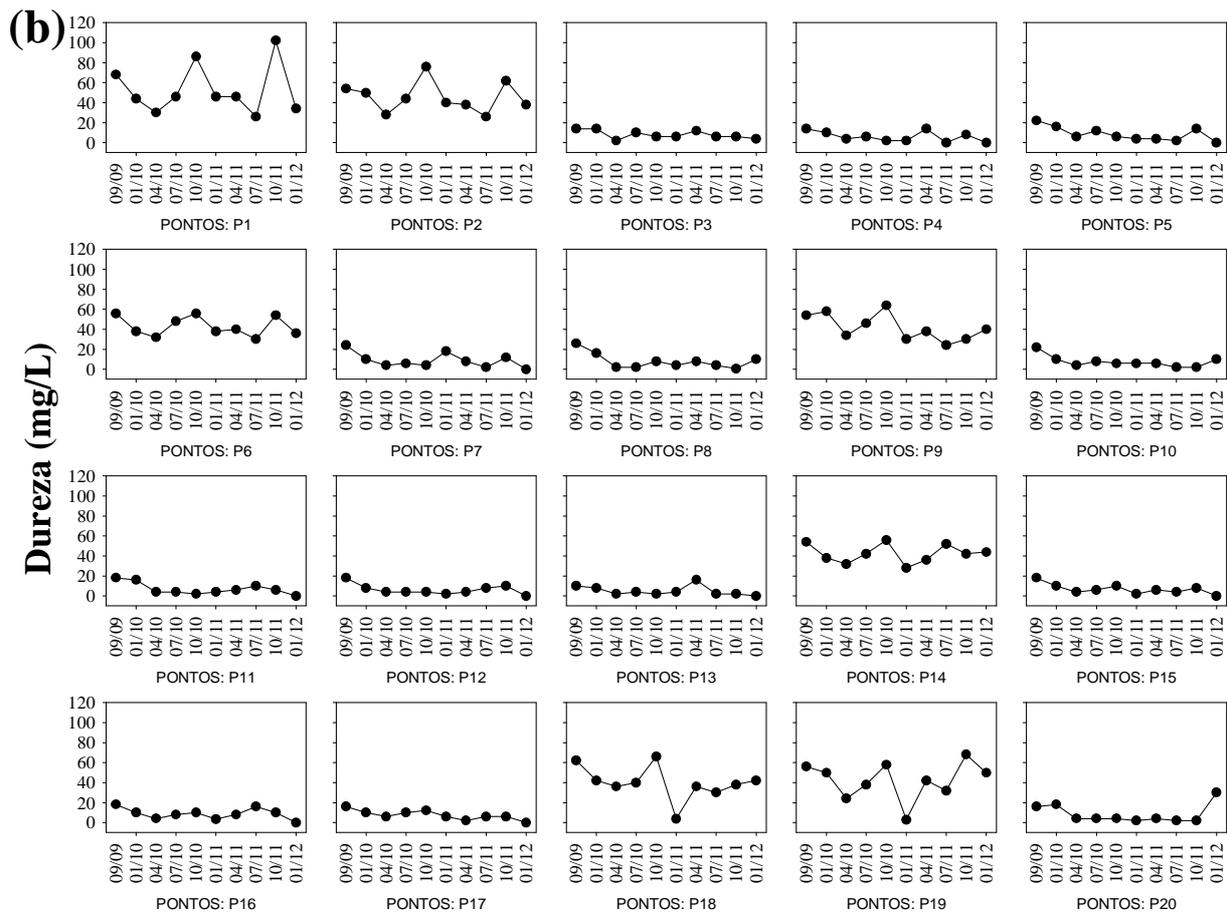
Em janeiro de 2012, os valores de alcalinidade variaram entre 6,0 mg/L (pontos P4 e P13, localizados no igarapé Araras e na área alagada do rio Mutum Paraná, respectivamente) e 37 mg/L (pontos P14 e P18, situados no rio Madeira) (**Figura 11a**).

Em média, os maiores valores foram registrados em outubro de 2010 e outubro de 2011 (período de águas baixas; média igual a 21,75 mg/L e 19,3 mg/L, respectivamente). Assim como observado para os valores de alcalinidade, os maiores valores dureza foram registrados durante o período de águas baixas, em setembro de 2009, outubro de 2010 e outubro de 2011 (média igual a 32 mg/L; 26,9 mg/L e 24,1 mg/L, respectivamente) (**Figura 11b**). Tal resultado é consequência do processo de diluição dos íons durante o período de águas altas.

De maneira similar aos valores de condutividade elétrica, os maiores valores de alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (valor médio de alcalinidade no rio Madeira igual a 30,6 mg/L e de dureza igual a 43,9 mg/L; enquanto que os valor médio de alcalinidade nos tributários foi igual a 7,12 mg/L e de dureza igual a 7,45 mg/L) (**Figura 11a e 11b**). 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 0,87. Esse resultado indica que 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.

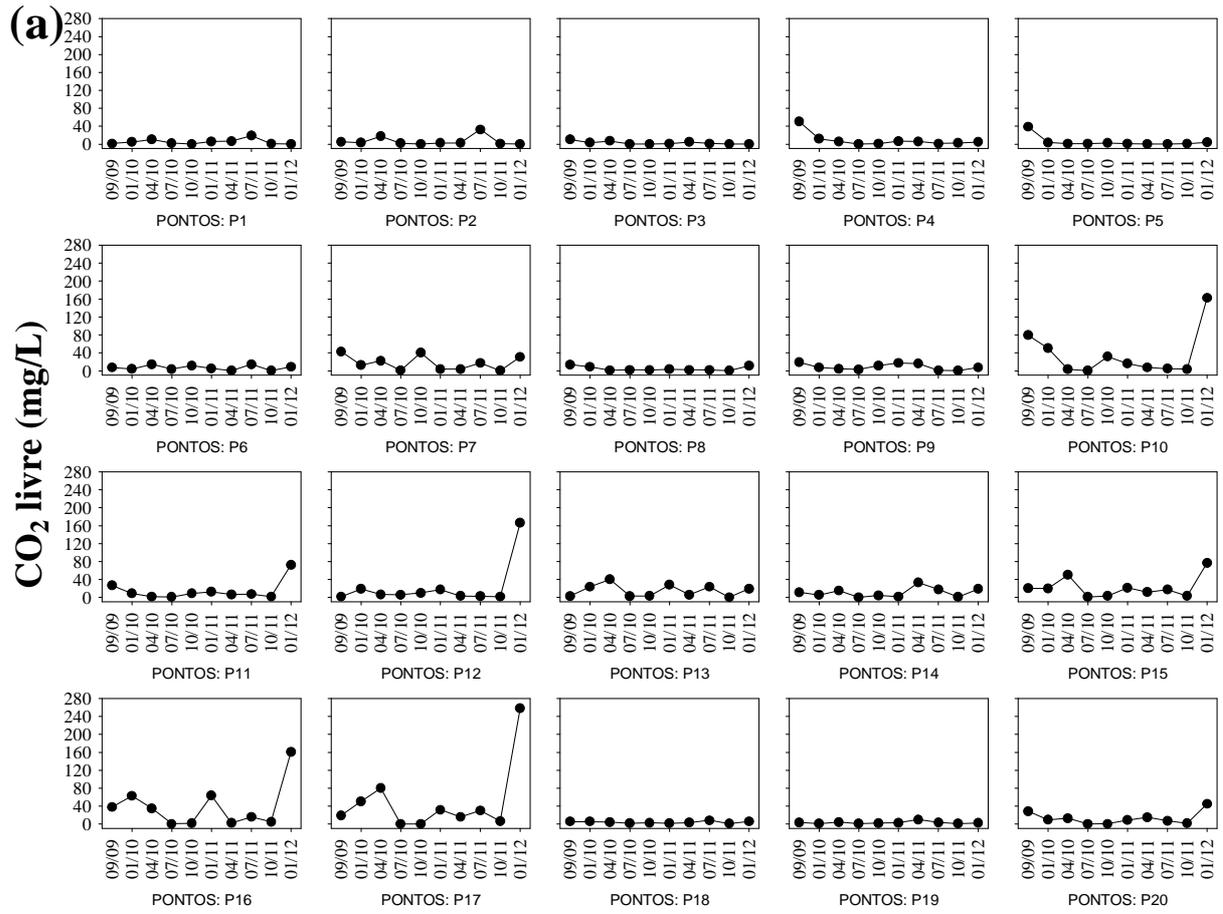


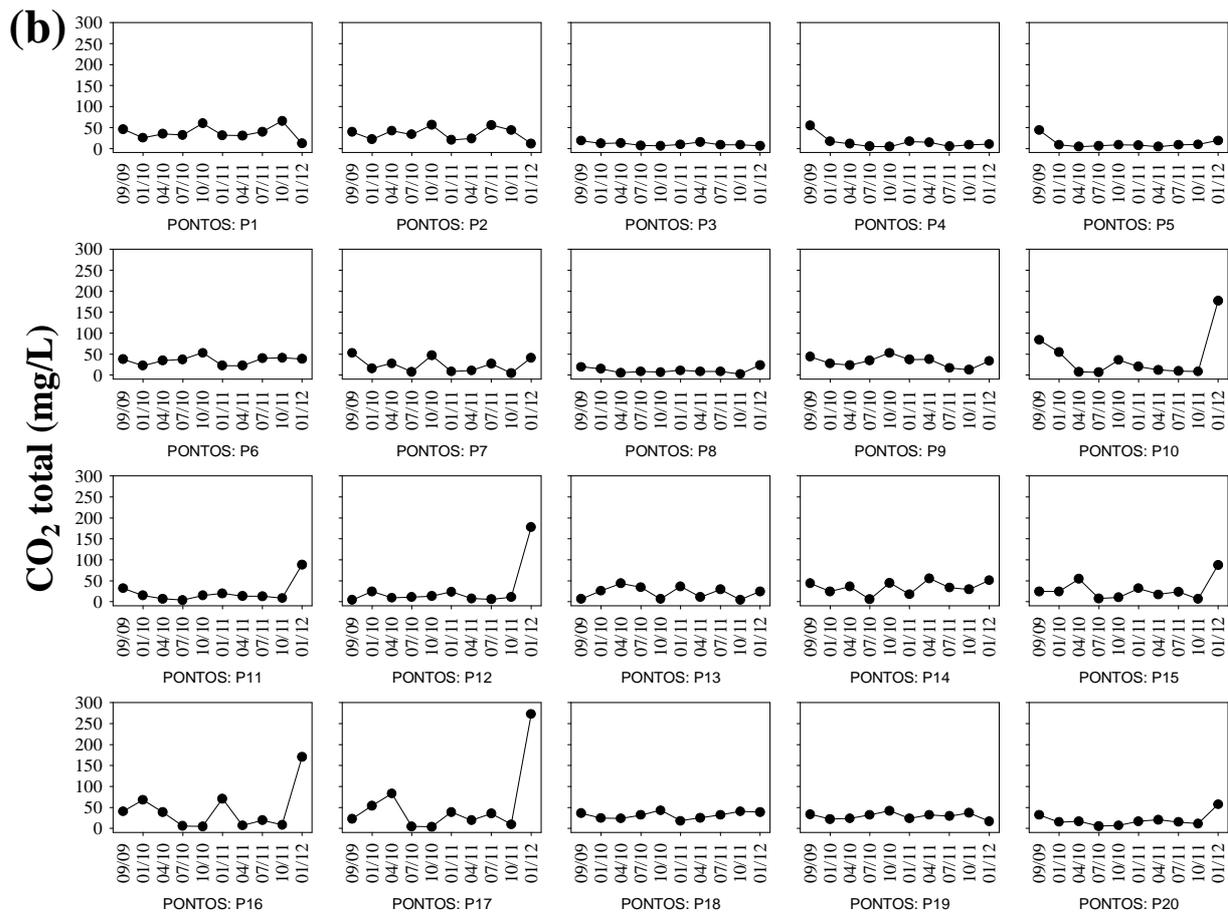


**Figura 11.** Valores de alcalinidade (a) e dureza (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

As variações das concentrações de  $\text{CO}_2$  resultantes das atividades de fotossíntese e respiração podem ser avaliadas a partir das variações de  $\text{CO}_2$  dissolvido e de  $\text{CO}_2$  total, o qual correspondente a soma de todas as formas carbonatadas dissolvidas (CARMOUZE, 1994).

Considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram as menores concentrações de  $\text{CO}_2$  livre e as maiores concentrações de  $\text{CO}_2$  total (**Figura 12a e 12b**). Tais resultados corroboram àqueles obtidos para a alcalinidade e dureza, indicando as elevadas concentrações de íons carbonato e bicarbonato (mensurados indiretamente pela concentração de  $\text{CO}_2$  total) no rio Madeira.





**Figura 12.** Concentrações de CO<sub>2</sub> livre (a) e CO<sub>2</sub> total (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

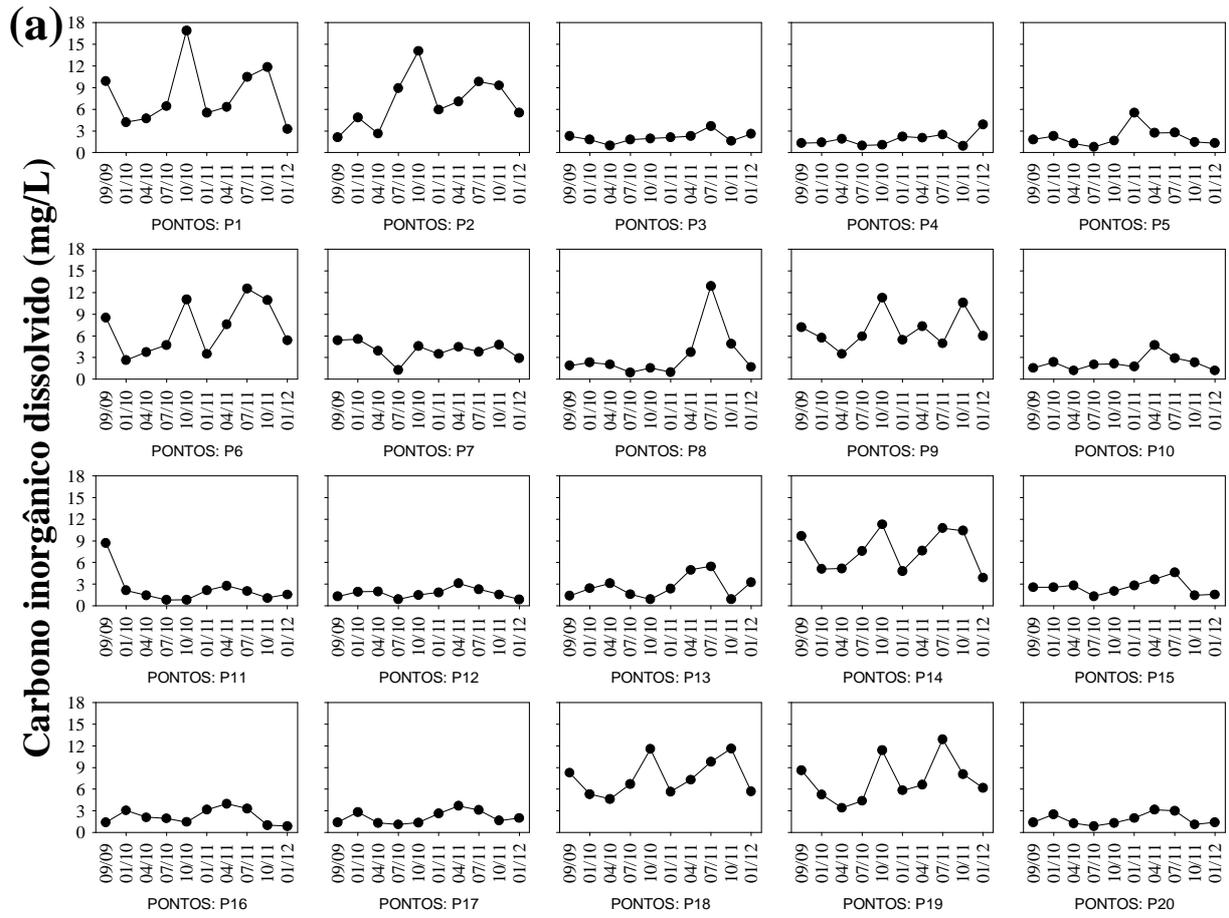
Nos ecossistemas aquáticos, a concentração de carbono pode ser diferenciada em: (i) carbono orgânico total (COT), que inclui a fração particulada (COP - bactérias, tecidos vegetais e animais) e dissolvida (COD - produto originado durante a decomposição de plantas e animais ou a partir da excreção desses organismos, como proteínas, carboidratos e compostos húmicos) e (ii) carbono inorgânico dissolvido (CID - formas dissolvidas do ácido carbônico, como CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

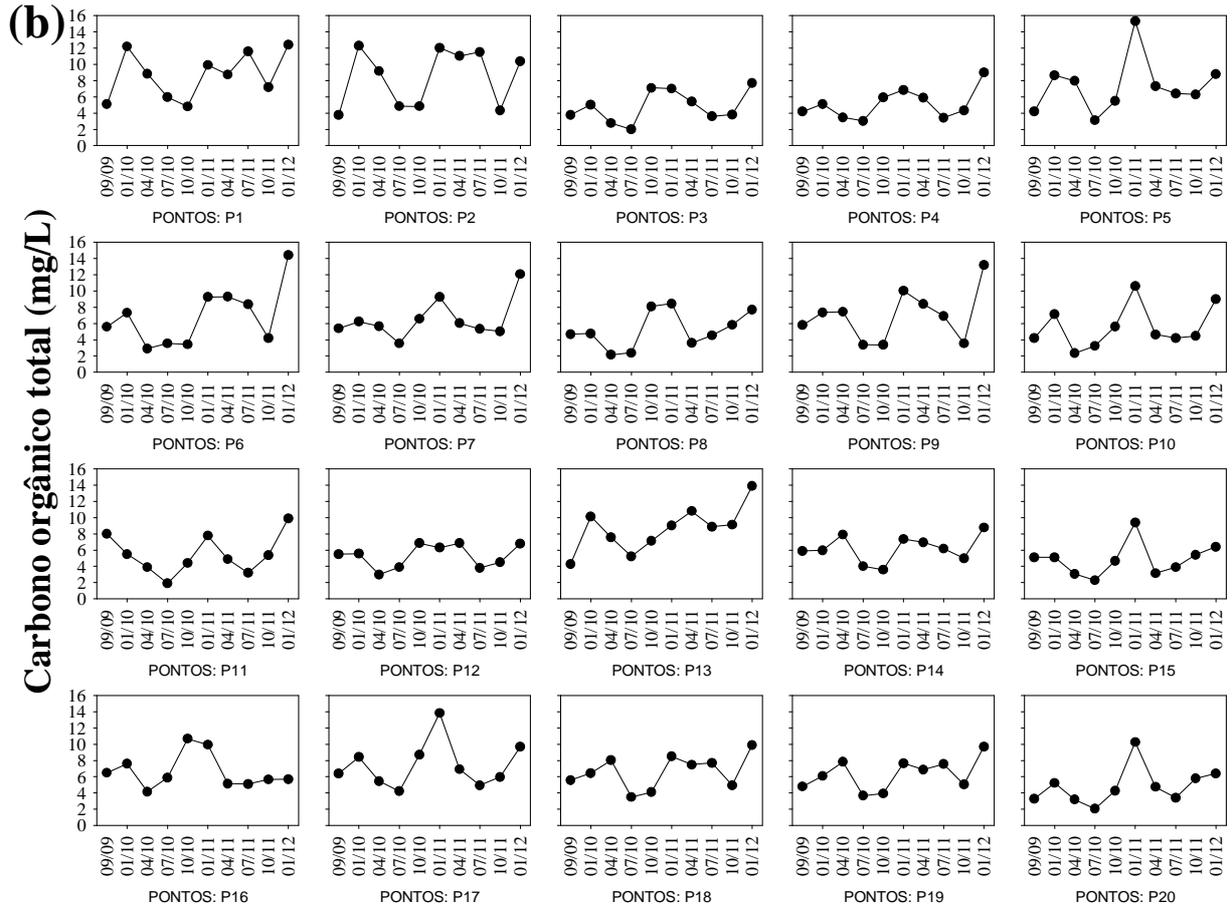
Em janeiro de 2012, as concentrações de carbono inorgânico dissolvido (CID) variaram entre 0,9 mg/L e 6,2 mg/L (ponto P19, situado no rio Madeira) (**Figura 13a**). A maior concentração de carbono orgânico total (COT) (14,4 mg/L) foi mensurada no ponto P6, localizado no rio Madeira, enquanto que as concentrações de carbono total variaram entre 6,6 mg/L e 19,8 mg/L (ponto P6, situado no rio Madeira) (**Figuras 13b e 13c**).

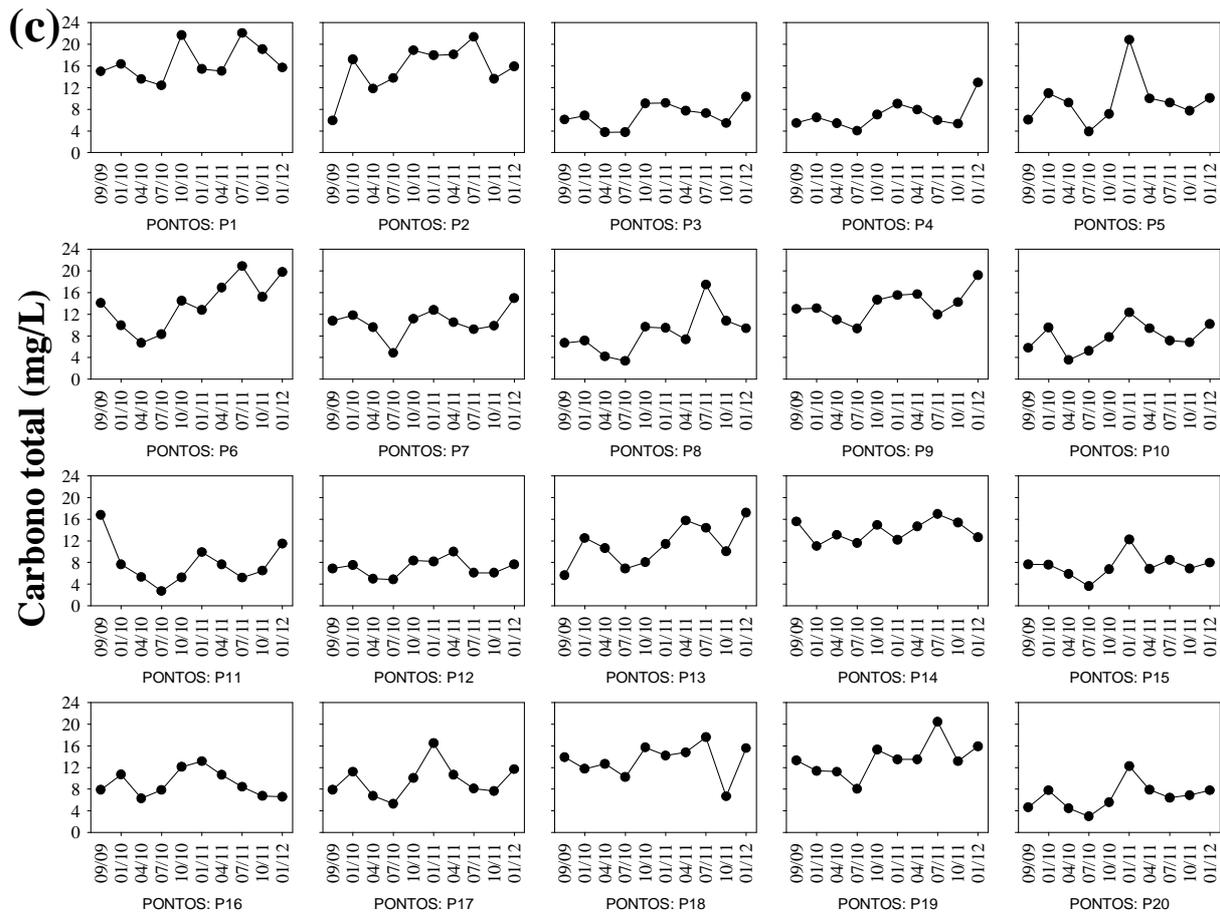
De maneira geral, as maiores concentrações de carbono inorgânico dissolvido foram registradas durante os períodos de vazante e águas baixas (meses de julho e outubro), assim como observado para as concentrações de alcalinidade, dureza, condutividade elétrica e STD. Por outro lado, as maiores concentrações de carbono orgânico total e carbono total foram mensuradas durante o período de enchente (janeiro de 2010, 2011 e 2012), provavelmente devido ao carreamento de matéria orgânica do ambiente terrestre para o sistema aquático nesse período.

Considerando a variabilidade espacial, em geral, os maiores teores de carbono inorgânico dissolvido (CID) foram registrados nos pontos de monitoramento localizados no rio Madeira (média igual a 7,35 mg/L no rio Madeira e 2,4 mg/L nos tributários;  $P < 0,01$ ), tendo em vista a elevada concentração de íons carbonato e bicarbonato nesses locais (como também foi demonstrado pelos elevados valores de alcalinidade, dureza e  $\text{CO}_2$  total) (**Figura 13a**). De fato, foi observada uma correlação positiva e significativa entre as variáveis CID e alcalinidade ( $r = 0,77$ ;  $P < 0,001$ ) e CID e dureza ( $r = 0,75$ ;  $P < 0,001$ ).

As concentrações de carbono orgânico total (COT) também foram maiores nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 7,15 mg/L no rio Madeira e 5,9 mg/L nos tributários;  $P < 0,01$ ), assim como as concentrações de carbono total (média igual a 14,36 mg/L no rio Madeira e 8,4 mg/L nos tributários;  $P < 0,01$ ) (**Figuras 13b e 13c**).







**Figura 13.** 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, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *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, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método ( $< 0,5$  mg/L) na maior parte dos pontos monitorados. Em janeiro de 2012, a maior concentração de cloreto (3,0 mg/L) foi registrada no ponto P18 (localizado no rio Madeira). Assim, ao longo dos 10 (dez) meses de estudo, todos os locais amostrados apresentaram concentrações de

cloreto condizentes com o limite máximo indicado na Resolução CONAMA n° 357/2005 (250 mg/L) (**Figura 14a**).

Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, como íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), íon sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais freqüentes. 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 (ESTEVEES, 1998).

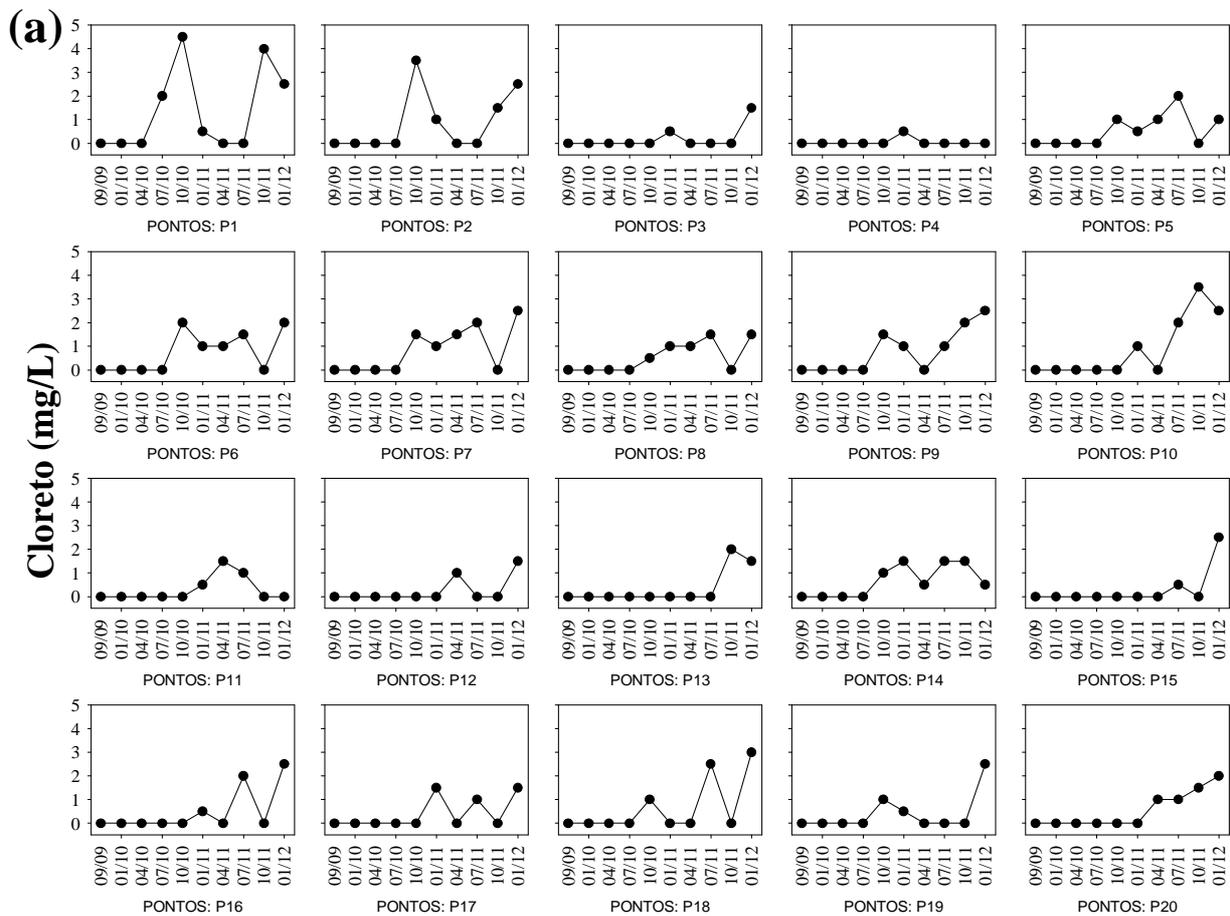
Em média, as maiores concentrações de sulfato foram registradas em outubro de 2010 e outubro de 2011 (valores médios iguais a 3,12 mg/L em setembro de 2009; 4,7 mg/L em janeiro de 2010; 2,1 mg/L em abril; 2,9 mg/L em julho; 6,2 mg/L em outubro; 3,55 mg/L em janeiro de 2011; 2,55 mg/L em abril; 1,25 mg/L em julho; 5,15 mg/L em outubro e 4,95 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 14b**). Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, todos os locais monitorados apresentaram concentrações do íon sulfato que coadunam com o limite estabelecido na Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe 2 (250 mg/L). Além disso, nos 10 (dez) meses monitorados, os teores de sulfato foram, quando comparados com aqueles registrados nos tributários, maiores nos pontos de coleta localizados no rio Madeira (média igual a 10,2 mg/L).

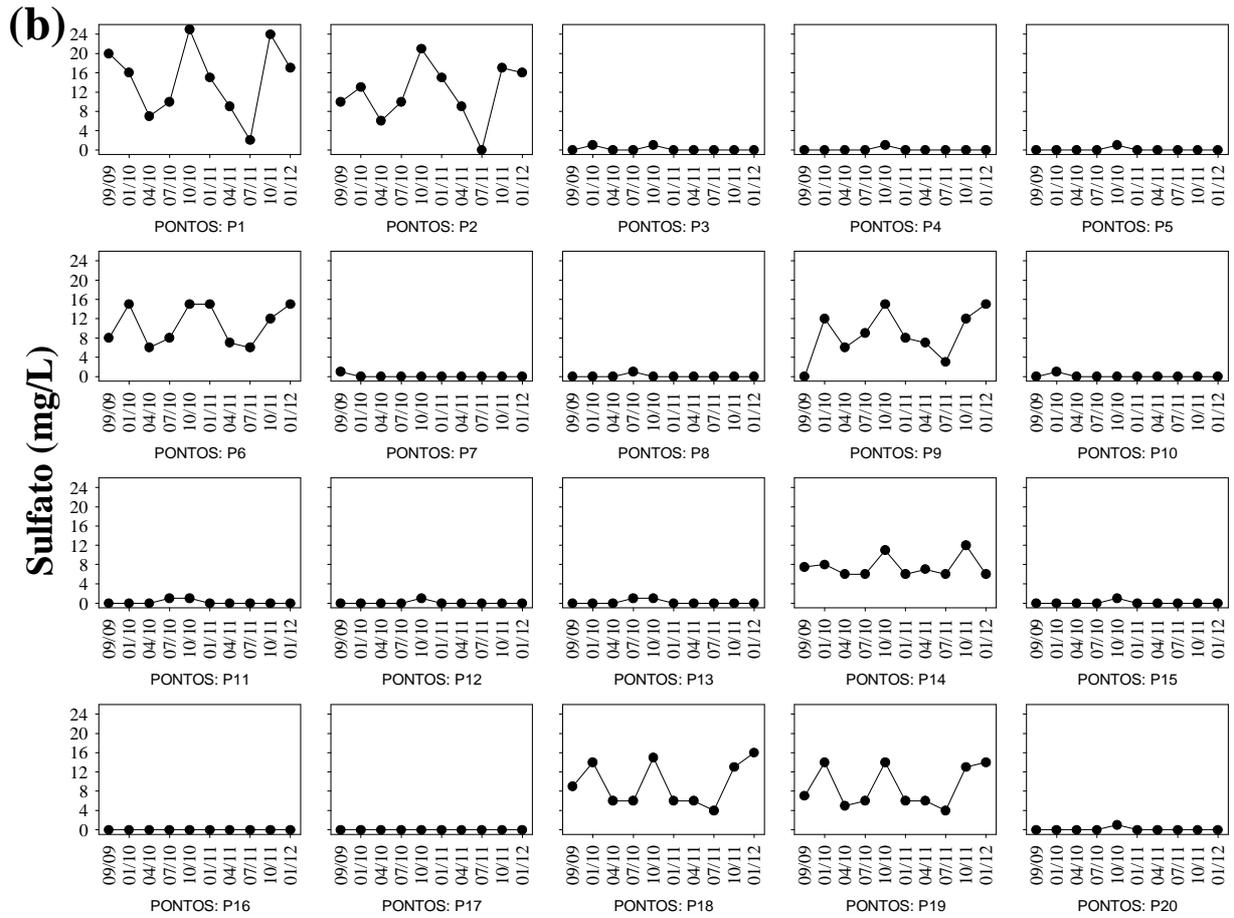
Em janeiro de 2012, as concentrações de sulfeto variaram entre 0,002 mg/L (ponto P1) e 0,052 mg/L (ponto P5, localizado no rio Abunã) (**Figura 14c**). Nesse mês, somente o ponto P1 (situado no rio Mamoré) apresentou concentração de sulfeto inferior ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (0,002 mg/L). Em média, as maiores concentrações desse íon foram registradas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 0,033 mg/L) (**Figura 14c**).

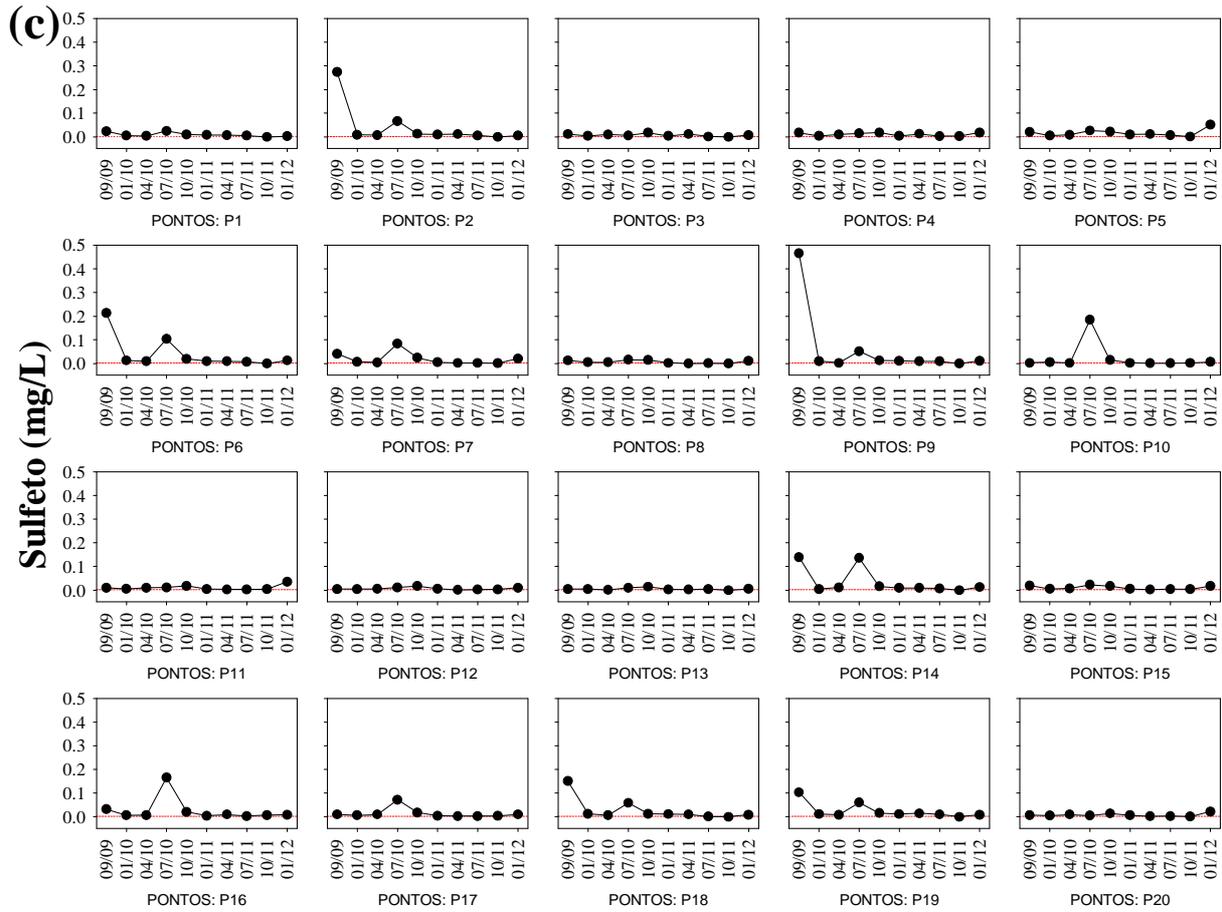
O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e apresenta clara influência sobre a precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam altas concentrações de oxigênio e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$  - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (ESTEVEES, 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 ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ).

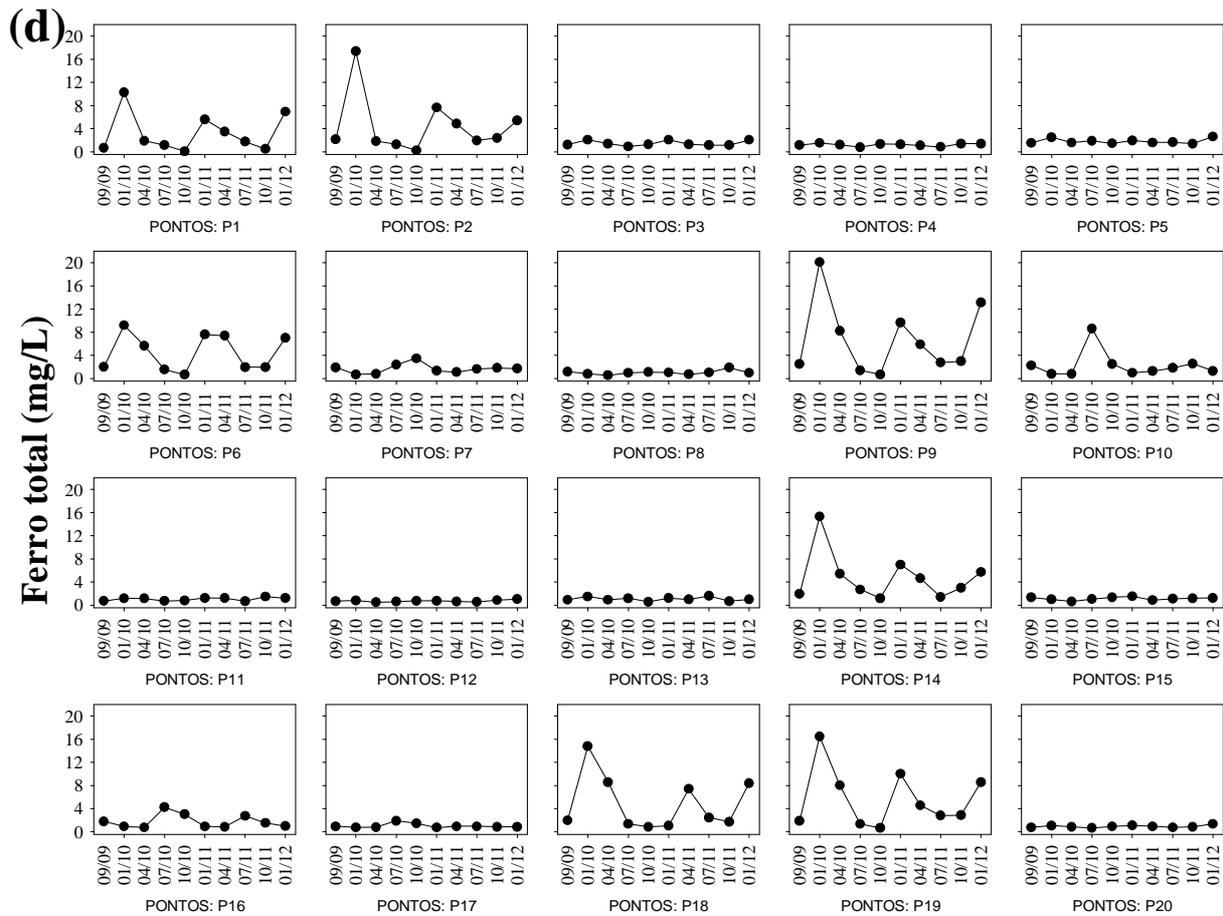
Em janeiro de 2012, as concentrações de ferro total variaram entre 0,84 mg/L (ponto P17, localizado no igarapé Jirau) e 13,15 mg/L (ponto P9, situado no rio

Madeira) (**Figura 14d**). De maneira geral, as maiores concentrações de ferro total foram mensuradas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 4,91 mg/L no rio Madeira e 1,3 mg/L nos tributários) (**Figura 14d**). Além disso, as maiores concentrações desse íon foram registradas em janeiro e abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012 (média igual a 1,47 mg/L em setembro de 2009; 5,95 mg/L em janeiro de 2010; 2,57 mg/L em abril; 1,83 mg/L em julho; 1,21 mg/L em outubro; 3,23 mg/L em janeiro de 2011; 2,58 mg/L em abril; 1,57 mg/L em julho; 1,64 mg/L em outubro e 3,63 mg/L em janeiro de 2012).









**Figura 14.** Concentrações de cloreto (a), sulfato (b), sulfeto (c) e ferro total (d) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *Nutrientes Fosfatados e Nitrogenados*

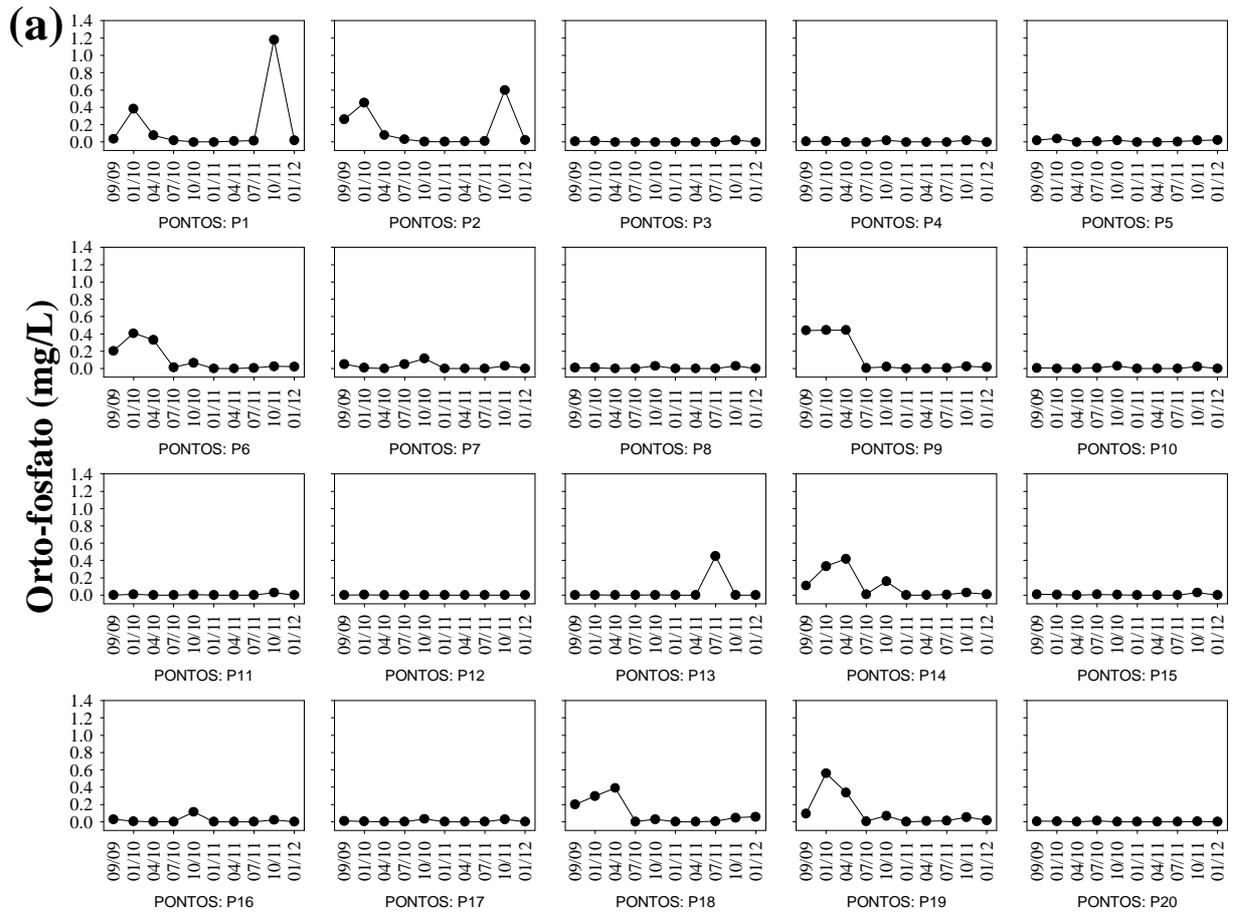
Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (aumento da disponibilidade e da taxa de utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). 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

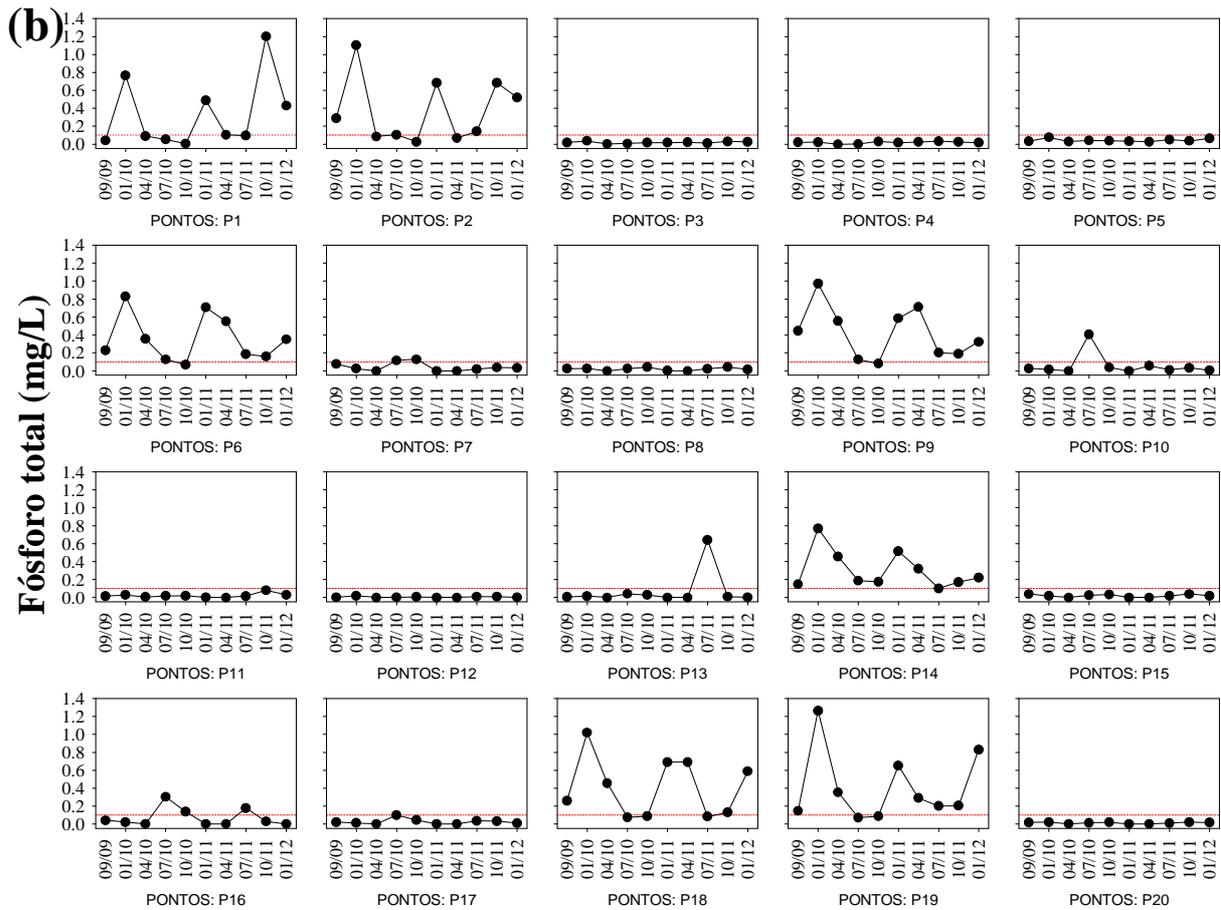
pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Em janeiro de 2012, 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 0,059 mg/L (ponto P18, localizado no rio Madeira) (**Figura 15a**). As concentrações de fósforo total, por sua vez, variaram entre 0,001 mg/L e 0,83 mg/L (ponto P19, localizado no rio Madeira) (**Figura 15b**). Nesse mês, os pontos P1, P2, P6, P9, P14, P18 e P19, localizados no rio Madeira/Mamoré, apresentaram teores de fósforo total superiores ao limite máximo indicado na Resolução CONAMA n° 357/2005 (0,1 mg/L para ambientes lóticos).

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, foi possível observar que as maiores concentrações de orto-fosfato e fósforo total foram registradas durante o período de enchente e águas altas (meses de janeiro e abril, respectivamente) (**Figura 15a e 15b**). 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; 0,055 mg/L em outubro; 0,219 mg/L em janeiro de 2011; 0,143 mg/L em abril; 0,103 mg/L em julho; 0,159 mg/L em outubro e 0,175 mg/L em janeiro de 2012). Além disso, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, os pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira apresentaram as maiores concentrações de fósforo total (média igual 0,371 mg/L no rio Madeira/Mamoré e 0,033 mg/L nos tributários) (**Figura 15b**).

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 (durante o período de chuvas). Padrões similares foram detectados para as variáveis turbidez e sólidos em suspensão (correlações de Pearson entre fósforo total e turbidez = 0,87 e entre fósforo total e sólidos em suspensão = 0,86;  $P < 0,001$ ).





**Figura 16.** Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) total registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

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 (ESTEVES, 1998).

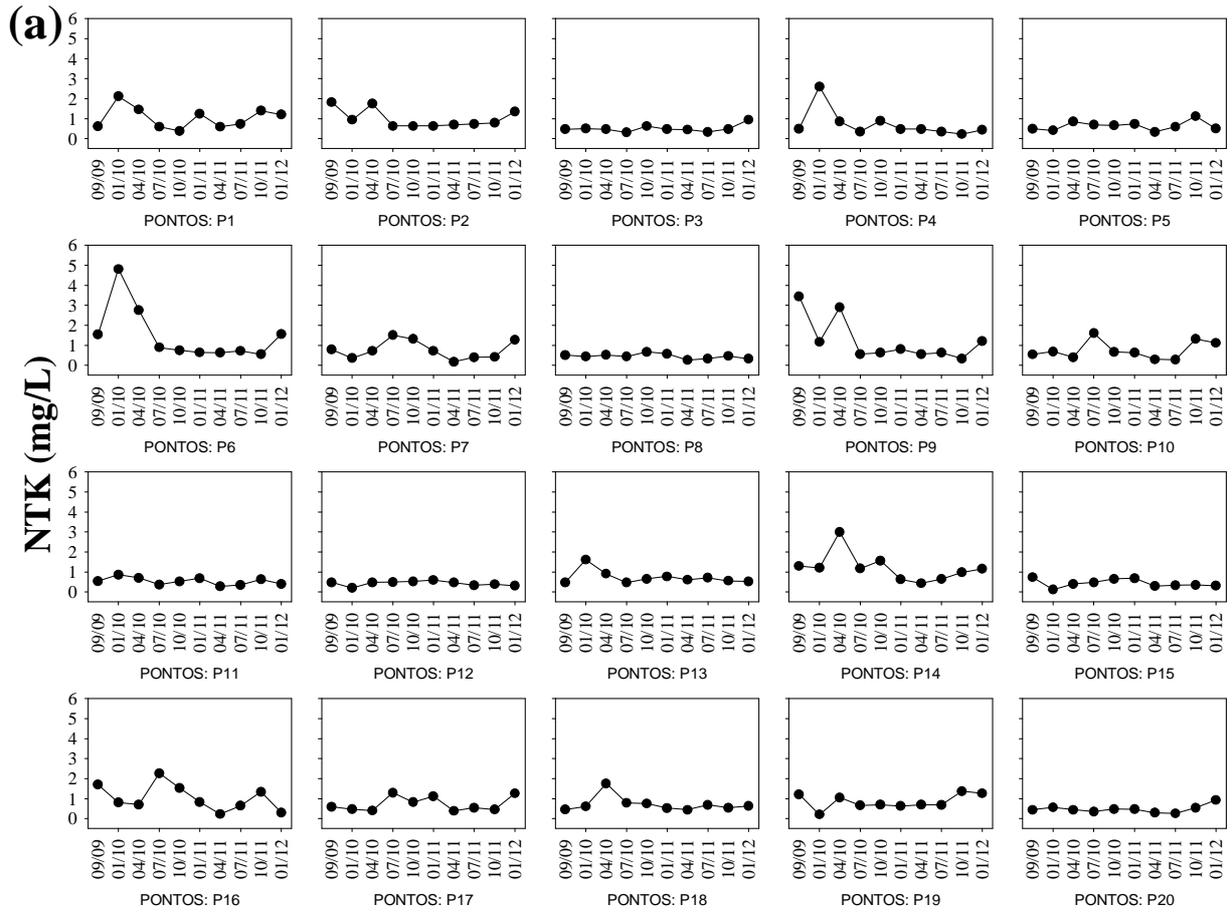
As concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK), em janeiro de 2012, variaram entre 0,30 mg/L (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 1,55 mg/L (ponto P6, localizado no rio Madeira) (**Figura 16a**). As maiores concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) foram registradas em janeiro e abril de 2010 (valores médios iguais a 0,93 mg/L em setembro de 2009; 1,03 mg/L em janeiro de 2010; 1,12

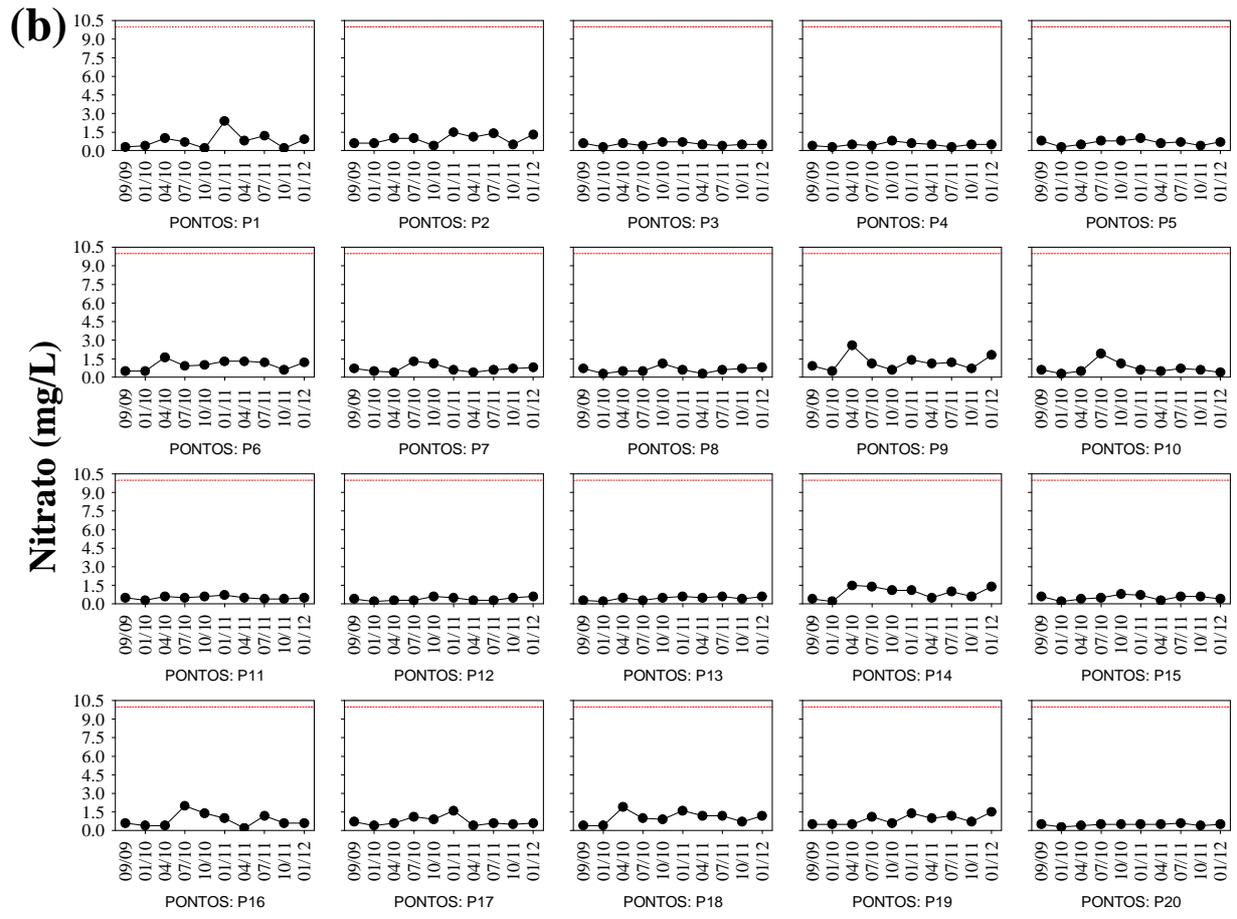
mg/L em abril; 0,79 mg/L em julho; 0,77 mg/L em outubro; 0,69 mg/L em janeiro de 2011; 0,43 mg/L em abril; 0,51 mg/L em julho; 0,71 mg/L em outubro e 0,85 mg/L em janeiro de 2012). Além disso, houve uma clara diferença entre as concentrações mensuradas no rio Madeira e aquelas obtidas nos tributários, principalmente durante o período de chuvas (média igual a 1,07 mg/L no rio Madeira e 0,63 mg/L nos tributários) (**Figura 16a**).

As concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) variaram entre 0,4 mg/L (ponto P10, localizado no igarapé Castanho) e 1,8 mg/L (ponto P9, situado no rio Madeira) (**Figura 16b**). As concentrações de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) variaram entre 0,001 mg/L e 0,004 mg/L (pontos P2, localizados no rio Madeira) (**Figura 16c**), enquanto que as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre 0,2 mg/L (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 1,35 mg/L (ponto P6, situado no rio Madeira) (**Figura 16d**).

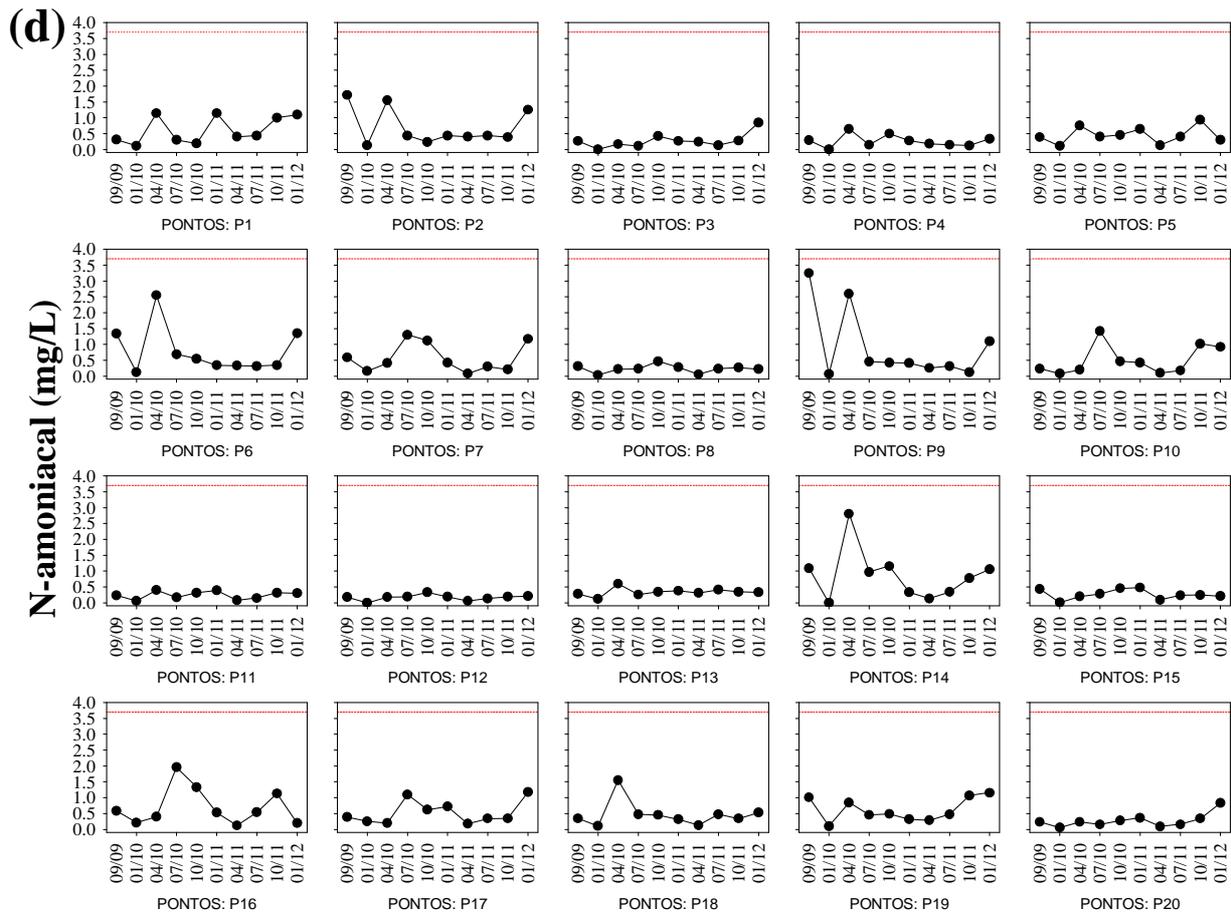
Ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível observar que as maiores concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal foram registradas nos pontos localizados no rio Madeira/Mamoré (média de nitrato igual a 0,97 mg/L no rio Madeira e 0,58 mg/L nos tributários; e média de nitrogênio amoniacal igual a 0,71 mg/L no rio Madeira e 0,37 mg/L nos tributários). Não houve diferença significativa nas concentrações de nitrito mensuradas nos diferentes ambientes estudados (**Figura 16b, 16c, 16d**).

De maneira geral, 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 também apresentou concentrações de N-amoniacal inferiores ao limite indicado pela resolução.





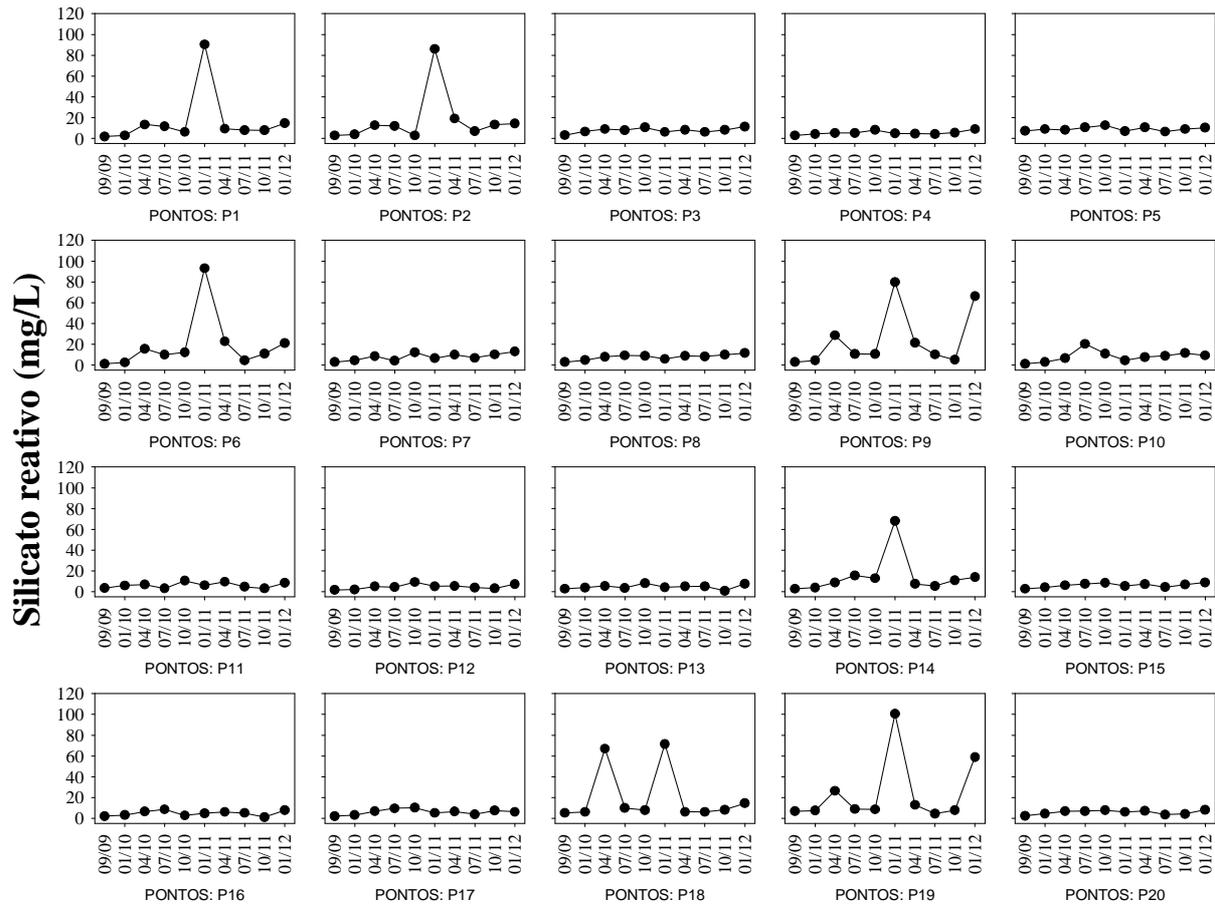




**Figura 16.** Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (a), nitrato (b), nitrito (c) e nitrogênio amoniacoal (d) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *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 janeiro de 2012, as concentrações sílica variaram entre 6,4 mg/L e 66,5 mg/L (ponto P9, situado no rio Madeira) (**Figura 17**). Durante os 10 (dez) meses de monitoramento, as maiores concentrações de sílica foram mensuradas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 19,6 mg/L no rio Madeira e 6,6 mg/L nos tributários).



**Figura 17.** Concentrações de silicato reativo registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

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

Em janeiro de 2012, as concentrações de clorofila-*a* variaram entre 1,09  $\mu\text{g/L}$  (ponto P5, localizado no rio Abunã) e 6,55  $\mu\text{g/L}$  (ponto P16, situado no igarapé Caiçara) (**Figura 18**). De maneira geral, as maiores concentrações de clorofila-*a* foram detectadas durante o período de águas baixas, em julho e outubro de 2010 e em outubro de 2011 (valores médios iguais a 1,35  $\mu\text{g/L}$  em setembro de 2009; 2,74  $\mu\text{g/L}$  em janeiro de 2010; 4,18  $\mu\text{g/L}$  em abril; 5,77  $\mu\text{g/L}$  em julho; 8,66  $\mu\text{g/L}$  em outubro; 1,01  $\mu\text{g/L}$  em janeiro de 2011; 1,21  $\mu\text{g/L}$  em abril; 1,86  $\mu\text{g/L}$  em julho; 8,55  $\mu\text{g/L}$  em outubro e 2,64  $\mu\text{g/L}$  em janeiro de 2012). Provavelmente, esse resultado está relacionado com os menores valores de vazão, turbidez e sólidos suspensos registrados nos meses de julho e outubro de 2010 (**Figura 18**).

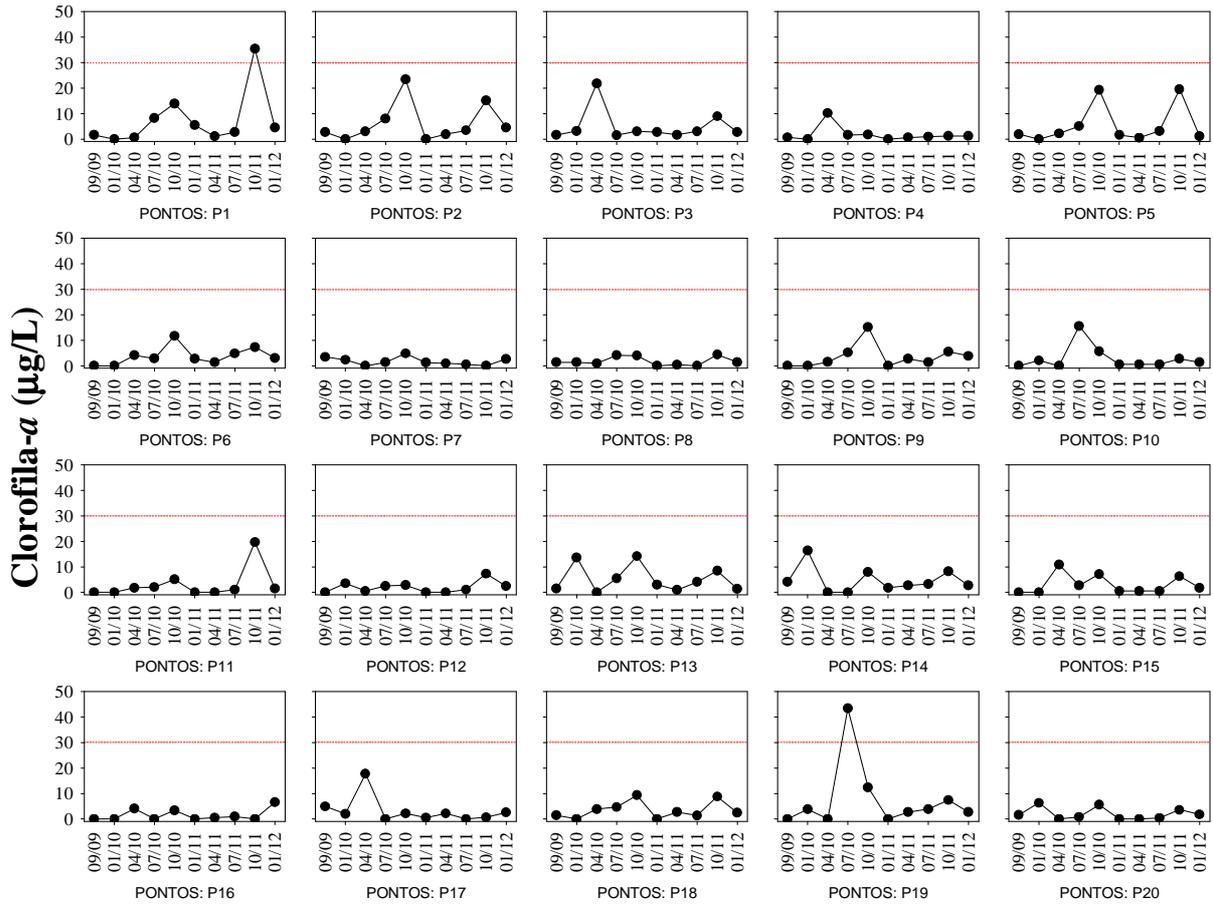
Além disso, ressalta-se que a maior parte dos pontos monitorados apresentaram concentrações de clorofila-*a* inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (30 µg/L) em todos os meses de coleta, com exceção somente do ponto P19 (situado no rio Madeira, MAD6) em julho de 2010 (43,36 µg/L).

### ***DBO<sub>5</sub> e DQO***

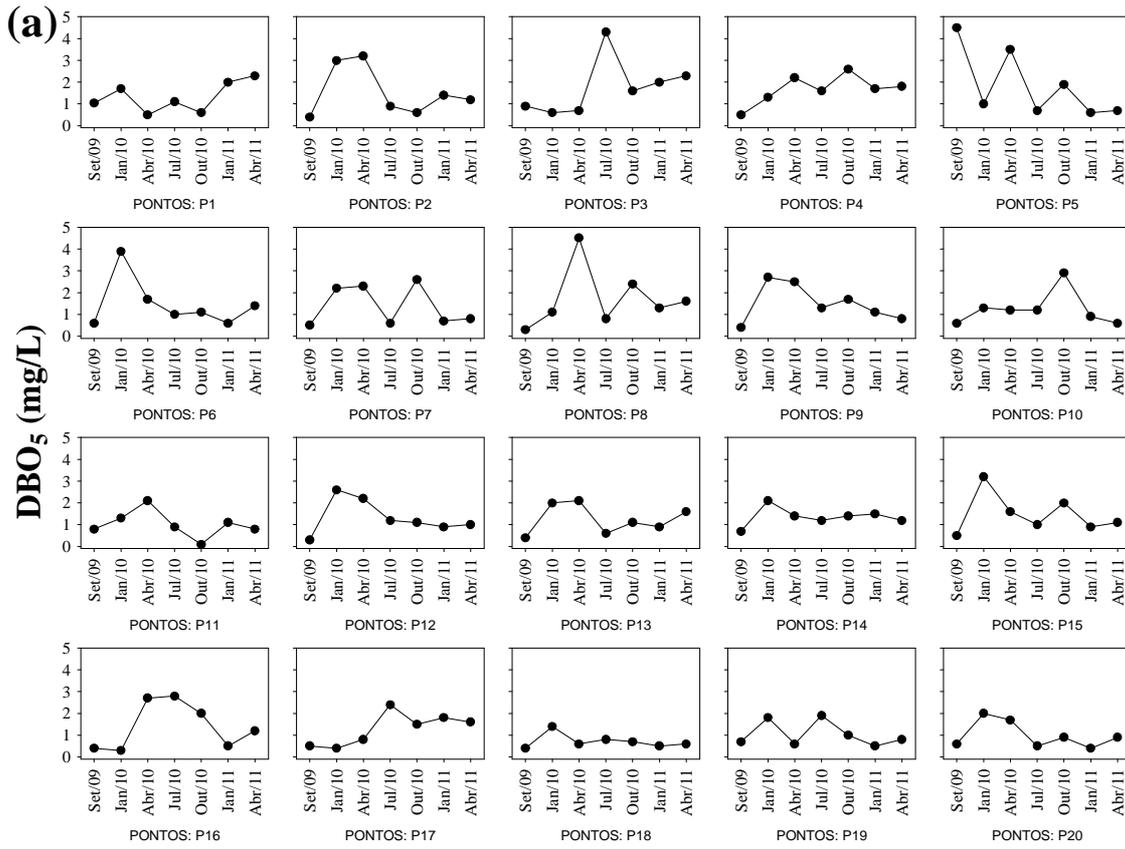
A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é definida como a quantidade de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (KALFF, 2002). Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade 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).

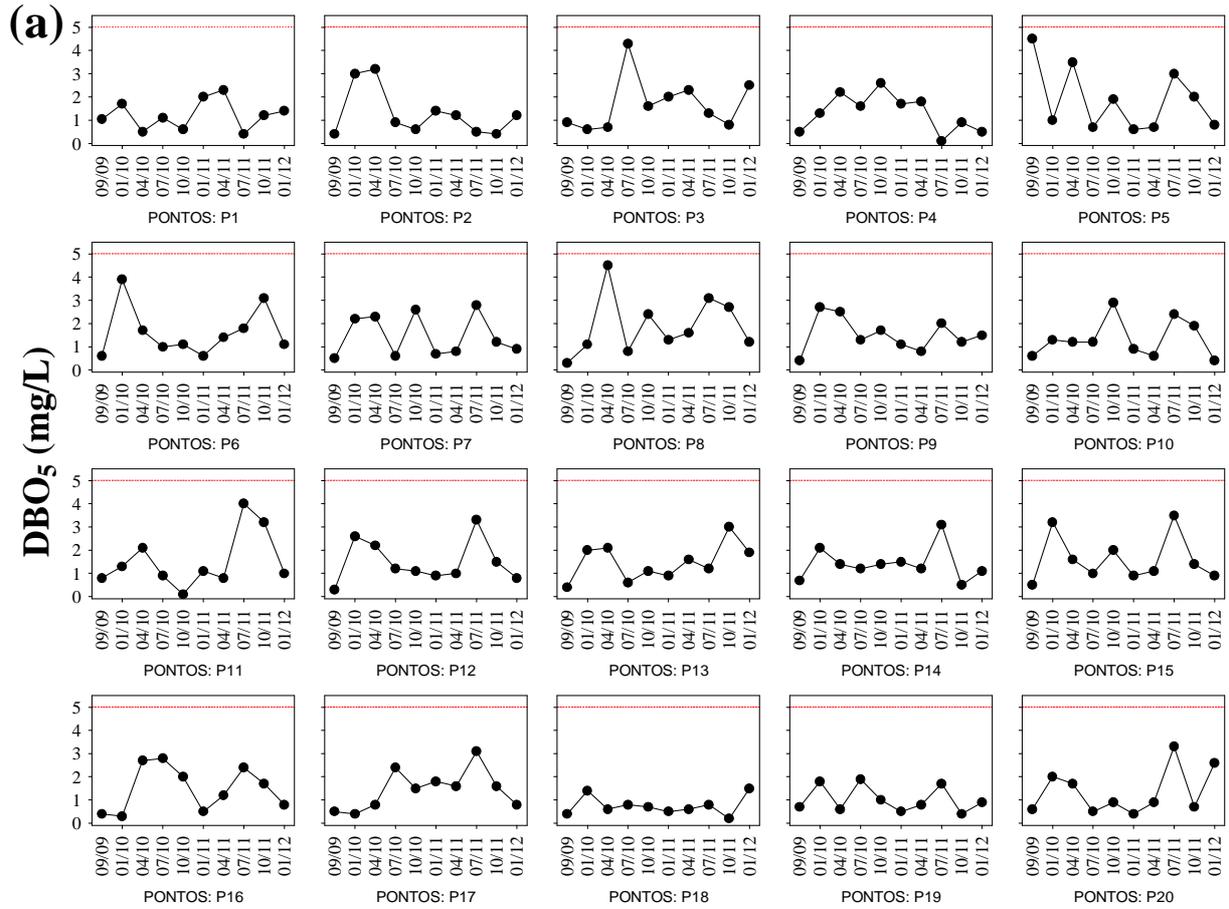
Durante os 10 (dez) meses de monitoramento, todos os locais apresentaram valores de DBO<sub>5</sub> abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L). De maneira geral, houve similaridade nos valores de DBO<sub>5</sub> entre os meses de coleta (valores médios iguais a 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; 1,49 mg/L em outubro; 1,06 mg/L em janeiro de 2011; 1,21 mg/L em abril; 2,19 mg/L em julho; 1,48 mg/L em outubro e 1,19 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 19a**). Também não foi observada diferença significativa entre os diferentes ambientes estudados (rio Madeira e tributários).

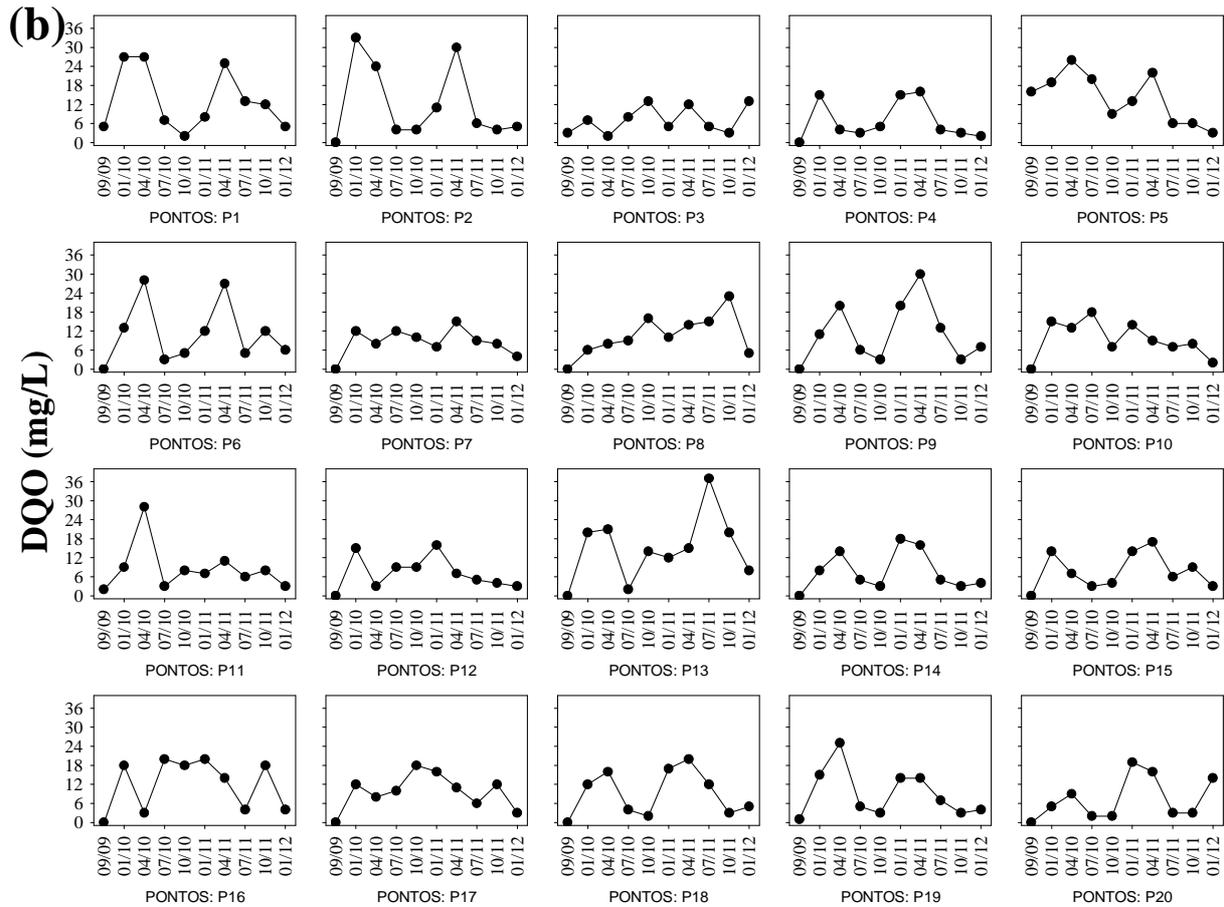
Por outro lado, os maiores valores de DQO foram registrados em janeiro e abril de 2010 e janeiro e abril de 2011, provavelmente, devido ao aumento das taxas de escoamento superficial para os sistemas aquáticos monitorados (valores médios iguais a 1,35 mg/L em setembro de 2009; 14,3 mg/L em janeiro de 2010; 14,7 mg/L em abril; 7,65 mg/L em julho; 7,75 mg/L em outubro; 13,4 mg/L em janeiro de 2011; 17,05 mg/L em abril; 8,7 mg/L em julho; 8,25 mg/L em outubro e 5,15 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 19b**).



**Figura 18.** Concentrações de clorofila-*a* registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.







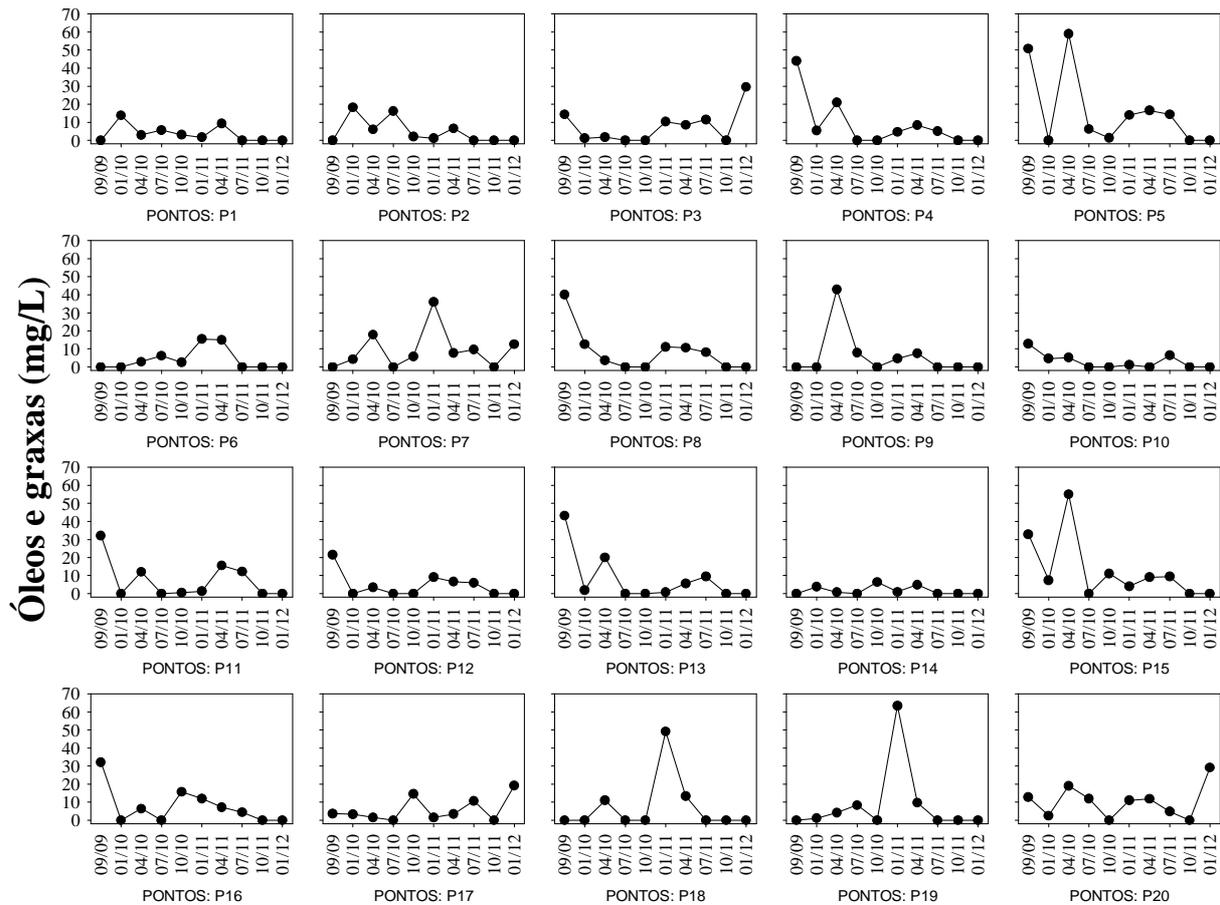
**Figura 19.** Valores de DBO<sub>5</sub> (a) e DQO (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

### 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 janeiro de 2012, os pontos P3, P7, P17 e P20 (igarapés Ribeirão, Simãozinho, Jirau e foz do rio Mutum Paraná, respectivamente) apresentaram concentrações detectáveis de óleos e graxas. Assim, tais locais não estavam de acordo com a Resolução CONAMA, que estabelece que as concentrações de óleos e graxas

devem ser virtualmente ausentes (V.A.). Em média, as menores concentrações de óleos e graxas foram detectadas em julho e outubro de 2010 e outubro de 2011 (período de águas baixas). Além disso, ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível observar que os tributários freqüentemente apresentaram concentrações detectáveis de óleos e graxas (média igual a 8,5 mg/L), provavelmente óleo de origem vegetal, originado do processo de decomposição da vegetação (**Figura 20**).



**Figura 20.** Concentrações de óleos e graxas registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

## 5.2. Variáveis Bacteriológicas

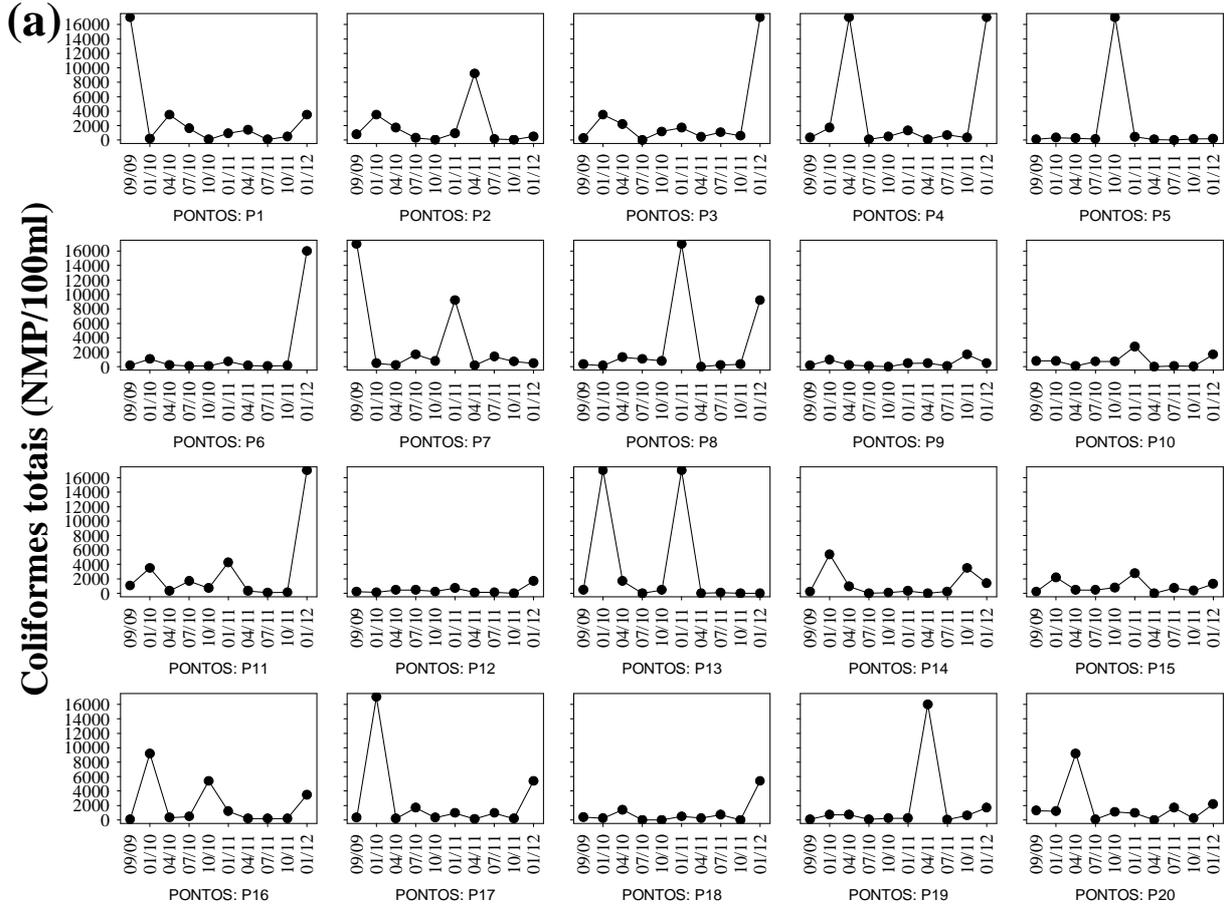
A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos

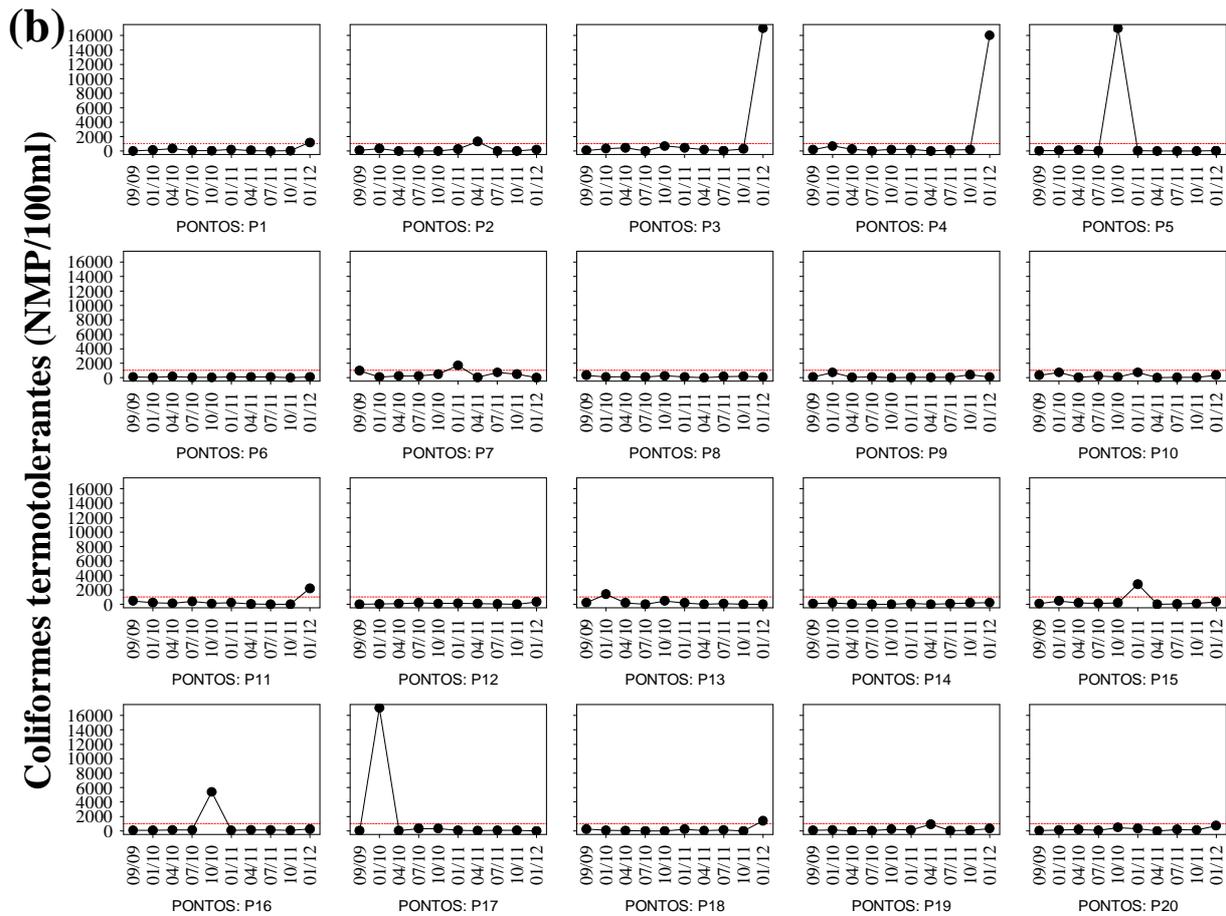
de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais (termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ( $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).

Em janeiro de 2012, a densidade de coliformes totais variou entre valores ausentes e  $>16.000$  NMP/100 ml (pontos P3, P4 e P11, localizados nos igarapés Ribeirão, Araras e no rio Mutum Paraná) (**Figura 21a**). A densidade de coliformes termotolerantes (fecais) variou entre valores ausentes e  $>16.000$  NMP/100 ml (ponto P3, localizado no igarapé Ribeirão) (**Figura 21b**). Desta forma, considerando o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 357/2005 para águas de classe 2 (1.000 NMP/100 ml), no mês de janeiro de 2012, os pontos P1, P3, P4, P11 e P18 apresentaram valores de densidade superiores ao referido limite.

Ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível verificar que as maiores densidades de coliformes totais e termotolerantes (fecais) foram registradas nos pontos localizados nos tributários (**Figura 21**). Durante todo o período monitorado, ocorreram poucas transgressões ao limite preconizado pela Resolução CONAMA (P13 e P17 em janeiro de 2010; P5 e P16 em outubro de 2010; P7 e P15 em janeiro de 2011; P2 em abril e P1, P3, P4, P11 e P18 em janeiro de 2012). Assim, não foi observado um padrão de sempre ocorrer maiores densidades de coliformes termotolerantes nos mesmo locais. Destaca-se somente que, na maioria das vezes, isso ocorre em tributários do rio Madeira.

Além disso, os menores valores de densidade de coliformes termotolerantes foram registrados em julho de 2010 e julho de 2011 (média de coliformes termotolerantes igual a 105,8 NMP/100ml e 101,2 NMP/100ml, respectivamente).





**Figura 21.** Densidades de coliformes totais (a) e fecais (termotolerantes) (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

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

Em janeiro de 2012, os valores de IQA variaram entre 44,223 (aceitável; ponto P4, localizado no igarapé Araras) e 67,038 (Boa; ponto P8, situado no igarapé São Simão) (Tabela 4 e Figura 22). Em média, considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, os maiores valores de IQA foram registrados no período de vazante e águas baixas (meses de julho e outubro) (valores médios iguais 60,4 em setembro de 2009; 53,11 em janeiro de 2010; 55,27 em abril; 68,43 em julho; 64,96 em outubro; 56,61 em janeiro de 2011; 54,35 em abril; 63,14 em julho; 66,91 em outubro e 55,47 em janeiro de 2012) (Tabela 4 e Figura 22).

De maneira geral, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”, em todos os meses de coleta. Além disso, os

maiores valores de IQA foram obtidos nos pontos localizados nos tributários (média igual a 60,95 nos tributários e 57,8 no rio Madeira (**Figura 22**)).

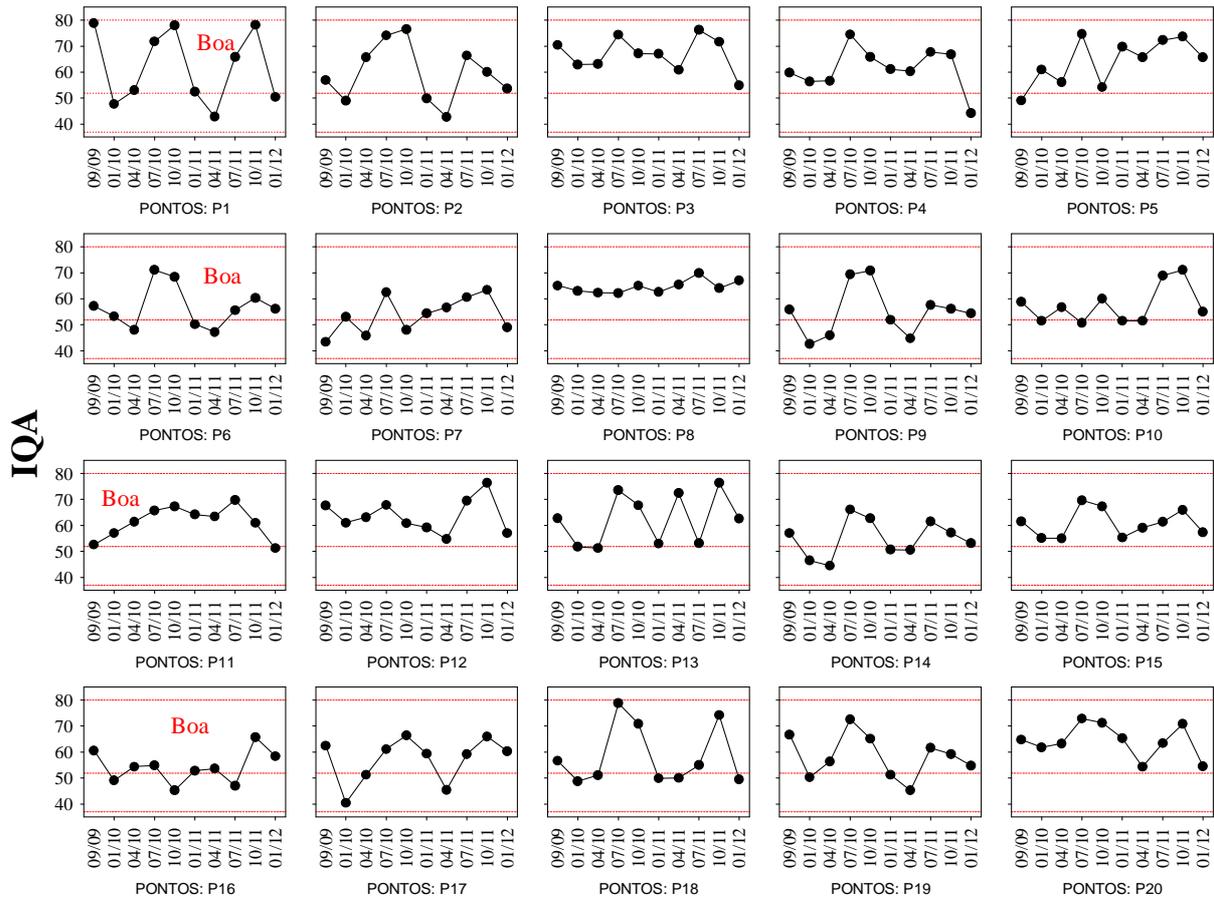
De maneira geral, os menores valores de IQA registrados em janeiro e abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012, resultam, principalmente, dos maiores valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total no trecho monitorado do AHE Jirau, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira. Os baixos valores de IQA que, esporadicamente, ocorrem em alguns igarapés (classificados como “aceitáveis”), se devem a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, baixos valores de pH e/ou elevadas densidades de coliformes termotolerantes, que tendem a ocorrer, principalmente, durante o período de chuvas na região (águas altas).

De acordo com o Índice do Estado Trófico (IET), em janeiro de 2012, a maior parte dos pontos monitorados apresentou águas classificadas como mesotróficas, seguido por oligotróficas (**Tabela 5 e Figura 23**). Nesse mês, o maior valor de IET (67,818) foi obtido no ponto P2 (localizado no rio Madeira) tendo em vista a elevada concentração de fósforo total (0,52 mg/L) registrada nesse local.

De maneira geral, os maiores valores do Índice do Estado Trófico (IET) foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 57,6), tendo em vista as maiores concentrações de fósforo total nesses ambientes (**Tabela 5 e Figura 23**). No entanto, ressalta-se que tais resultados devem ser vistos com cautela, tendo em vista que isso não indica problemas de qualidade da água no rio Madeira, considerando que esse é um rio que naturalmente apresenta elevadas concentrações de sólidos suspenso e, conseqüentemente, elevadas concentrações de fósforo total. A ausência de florações de algas nesse rio (e, freqüentemente, baixas concentrações de clorofila-*a*), indicam também que esse ambiente não está sofrendo problemas com eutrofização.

**Tabela 4.** Índice de Qualidade da Água (IQA) por ponto de coleta, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012. Class.=classificação dos pontos.

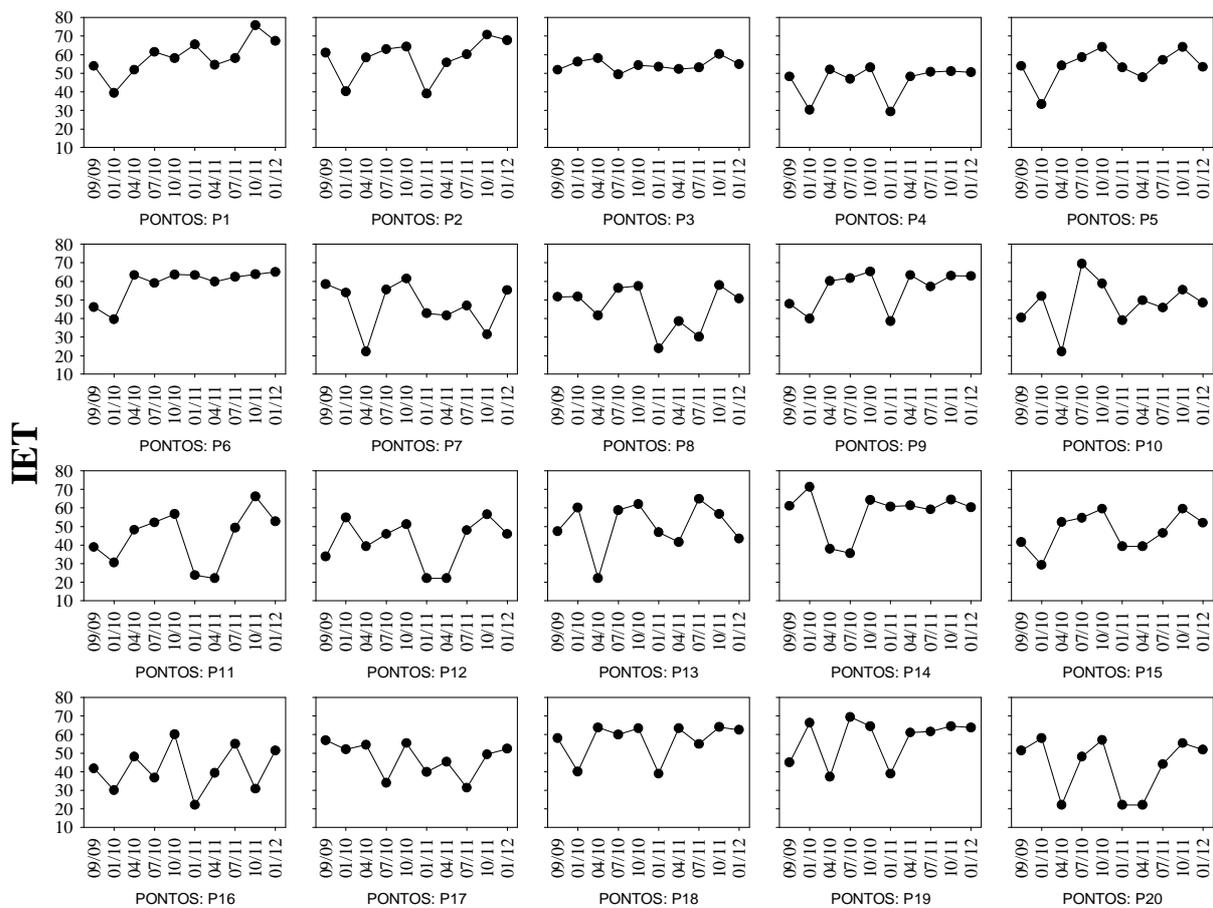
| Pontos | Set/2009 |           | Jan/2010 |           | Abr/2010 |           | Jul/2010 |           | Out/2010 |           | Jan/2011 |           | Abr/2011 |           | Jul/2011 |           | Out/2011 |        | Jan/2012 |           |
|--------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|--------|----------|-----------|
|        | IQA      | Class.    | IQA      | Class. | IQA      | Class.    |
| P1     | 78,886   | Boa       | 47,721   | Aceitável | 52,992   | Boa       | 71,813   | Boa       | 78,027   | Boa       | 52,525   | Boa       | 42,852   | Aceitável | 65,908   | Boa       | 78,196   | Boa    | 50,471   | Aceitável |
| P2     | 56,939   | Boa       | 49,000   | Aceitável | 65,681   | Boa       | 74,147   | Boa       | 76,592   | Boa       | 49,965   | Aceitável | 42,801   | Aceitável | 66,44    | Boa       | 60,102   | Boa    | 53,684   | Boa       |
| P3     | 70,386   | Boa       | 62,924   | Boa       | 63,114   | Boa       | 74,362   | Boa       | 67,161   | Boa       | 66,998   | Boa       | 60,882   | Boa       | 76,226   | Boa       | 71,684   | Boa    | 54,938   | Boa       |
| P4     | 59,758   | Boa       | 56,413   | Boa       | 56,671   | Boa       | 74,441   | Boa       | 65,889   | Boa       | 61,155   | Boa       | 60,354   | Boa       | 67,738   | Boa       | 66,818   | Boa    | 44,226   | Aceitável |
| P5     | 49,142   | Aceitável | 60,901   | Boa       | 56,079   | Boa       | 74,674   | Boa       | 54,263   | Boa       | 69,699   | Boa       | 65,696   | Boa       | 72,305   | Boa       | 73,678   | Boa    | 65,669   | Boa       |
| P6     | 57,174   | Boa       | 53,248   | Boa       | 48,046   | Aceitável | 71,082   | Boa       | 68,457   | Boa       | 50,252   | Aceitável | 47,209   | Aceitável | 55,51    | Boa       | 60,351   | Boa    | 56,166   | Boa       |
| P7     | 43,356   | Aceitável | 53,067   | Boa       | 45,774   | Aceitável | 62,450   | Boa       | 48,052   | Aceitável | 54,423   | Boa       | 56,704   | Boa       | 60,588   | Boa       | 63,409   | Boa    | 48,915   | Aceitável |
| P8     | 65,116   | Boa       | 63,024   | Boa       | 62,361   | Boa       | 62,226   | Boa       | 65,021   | Boa       | 62,619   | Boa       | 65,474   | Boa       | 69,912   | Boa       | 64,003   | Boa    | 67,038   | Boa       |
| P9     | 55,881   | Boa       | 42,578   | Aceitável | 45,939   | Aceitável | 69,341   | Boa       | 70,823   | Boa       | 51,852   | Aceitável | 44,752   | Aceitável | 57,669   | Boa       | 56,122   | Boa    | 54,364   | Boa       |
| P10    | 58,786   | Boa       | 51,530   | Aceitável | 56,837   | Boa       | 50,677   | Aceitável | 59,957   | Boa       | 51,51    | Aceitável | 51,547   | Aceitável | 68,905   | Boa       | 71,079   | Boa    | 55,00    | Boa       |
| P11    | 52,593   | Boa       | 57,051   | Boa       | 61,413   | Boa       | 65,791   | Boa       | 67,316   | Boa       | 64,202   | Boa       | 63,382   | Boa       | 69,755   | Boa       | 60,918   | Boa    | 51,179   | Aceitável |
| P12    | 67,631   | Boa       | 61,061   | Boa       | 63,167   | Boa       | 67,866   | Boa       | 60,807   | Boa       | 59,21    | Boa       | 54,736   | Boa       | 69,507   | Boa       | 76,418   | Boa    | 57,044   | Boa       |
| P13    | 62,779   | Boa       | 51,781   | Aceitável | 51,257   | Aceitável | 73,568   | Boa       | 67,810   | Boa       | 53,028   | Boa       | 72,422   | Boa       | 53,128   | Boa       | 76,361   | Boa    | 62,582   | Boa       |
| P14    | 57,081   | Boa       | 46,464   | Aceitável | 44,561   | Aceitável | 66,193   | Boa       | 62,701   | Boa       | 50,687   | Aceitável | 50,549   | Aceitável | 61,543   | Boa       | 57,152   | Boa    | 53,133   | Boa       |
| P15    | 61,576   | Boa       | 55,152   | Boa       | 55,012   | Boa       | 69,639   | Boa       | 67,330   | Boa       | 55,326   | Boa       | 59,07    | Boa       | 61,386   | Boa       | 65,98    | Boa    | 57,383   | Boa       |
| P16    | 60,551   | Boa       | 49,026   | Aceitável | 54,388   | Boa       | 54,854   | Boa       | 45,300   | Aceitável | 52,901   | Boa       | 53,59    | Boa       | 47,028   | Aceitável | 65,727   | Boa    | 58,448   | Boa       |
| P17    | 62,411   | Boa       | 40,512   | Aceitável | 51,194   | Aceitável | 61,150   | Boa       | 66,392   | Boa       | 59,429   | Boa       | 45,465   | Aceitável | 59,216   | Boa       | 65,943   | Boa    | 60,321   | Boa       |
| P18    | 56,627   | Boa       | 48,751   | Aceitável | 51,128   | Aceitável | 78,795   | Boa       | 70,826   | Boa       | 49,893   | Aceitável | 50,076   | Aceitável | 54,962   | Boa       | 74,223   | Boa    | 49,50    | Aceitável |
| P19    | 66,685   | Boa       | 50,233   | Aceitável | 56,434   | Boa       | 72,612   | Boa       | 65,211   | Boa       | 51,284   | Aceitável | 45,262   | Aceitável | 61,616   | Boa       | 59,183   | Boa    | 54,77    | Boa       |
| P20    | 64,716   | Boa       | 61,800   | Boa       | 63,311   | Boa       | 72,921   | Boa       | 71,237   | Boa       | 65,319   | Boa       | 54,291   | Boa       | 63,468   | Boa       | 70,766   | Boa    | 54,524   | Boa       |



**Figura 22.** Valores de IQA registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

**Tabela 5.** Índice do Estado Trófico (IET) por ponto de coleta, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012. Ultraoligot=Ultraoligotrófico; Oligot=Oligotrófico; Mesot=Mesotrófico; Eut=Eutrófico; Supereut=Supereutrófico e Hipereut=Hipereutrófico.

| Pontos   | Set/2009 |             | Jan/2010 |             | Abr/2010 |             | Jul/2010 |             | Out/2010 |          | Jan/2011 |             | Abr/2011 |             | Jul/2011 |             | Out/2011 |             | IET    | Class.      |
|----------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|-------------|
|          | IET      | Class.      | IET      | Class.      | IET      | Class.      | IET      | Class.      | IET      | Class.   | IET      | Class.      | IET      | Class.      | IET      | Class.      | IET      | Class.      |        |             |
| P1-MAM   | 53,923   | Mesot       | 39,331   | Ultraoligot | 51,812   | Oligot      | 61,432   | Eut         | 58,090   | Mesot    | 65,453   | Supereut    | 54,462   | Mesot       | 58,220   | Mesot       | 75,887   | Hipereut    | 67,325 | Hipereut    |
| P2-MAD1  | 61,082   | Eut         | 40,280   | Ultraoligot | 58,420   | Mesot       | 63,122   | Supereut    | 64,319   | Supereut | 39,033   | Ultraoligot | 55,943   | Mesot       | 60,202   | Eut         | 70,741   | Hipereut    | 67,818 | Hipereut    |
| P3-RIB   | 51,936   | Oligot      | 56,332   | Mesot       | 58,220   | Mesot       | 49,386   | Oligot      | 54,329   | Mesot    | 53,567   | Mesot       | 52,239   | Mesot       | 53,172   | Mesot       | 60,416   | Eut         | 54,926 | Mesot       |
| P4-ARA   | 48,273   | Oligot      | 30,192   | Ultraoligot | 52,088   | Oligot      | 46,923   | Ultraoligot | 53,261   | Mesot    | 29,288   | Ultraoligot | 48,265   | Oligot      | 50,692   | Oligot      | 51,078   | Oligot      | 50,460 | Oligot      |
| P5-ABU   | 53,989   | Mesot       | 33,289   | Ultraoligot | 54,146   | Mesot       | 58,731   | Mesot       | 64,217   | Supereut | 53,156   | Mesot       | 47,960   | Oligot      | 57,245   | Mesot       | 64,199   | Supereut    | 53,281 | Mesot       |
| P6-MAD2  | 46,176   | Ultraoligot | 39,547   | Ultraoligot | 63,378   | Eut         | 59,127   | Eut         | 63,623   | Supereut | 63,409   | Supereut    | 59,753   | Eut         | 62,387   | Eut         | 63,775   | Eut         | 65,035 | Supereut    |
| P7-SIZ   | 58,545   | Mesot       | 54,045   | Mesot       | 22,088   | Ultraoligot | 55,689   | Mesot       | 61,457   | Eut      | 42,857   | Ultraoligot | 41,612   | Ultraoligot | 47,047   | Ultraoligot | 31,465   | Ultraoligot | 55,225 | Mesot       |
| P8-SIM   | 51,620   | Oligot      | 51,880   | Oligot      | 41,759   | Ultraoligot | 56,481   | Mesot       | 57,594   | Mesot    | 23,888   | Ultraoligot | 38,612   | Ultraoligot | 30,115   | Ultraoligot | 57,981   | Mesot       | 50,621 | Oligot      |
| P9-MAD3  | 47,896   | Oligot      | 39,962   | Ultraoligot | 60,232   | Eut         | 61,777   | Eut         | 65,201   | Supereut | 38,630   | Ultraoligot | 63,416   | Supereut    | 57,126   | Mesot       | 62,979   | Eut         | 62,922 | Eut         |
| P10-CAS  | 40,515   | Ultraoligot | 51,986   | Oligot      | 22,088   | Ultraoligot | 69,508   | Hipereut    | 58,850   | Mesot    | 38,989   | Ultraoligot | 49,808   | Oligot      | 45,854   | Ultraoligot | 55,447   | Oligot      | 48,420 | Oligot      |
| P11-MTP1 | 39,086   | Ultraoligot | 30,708   | Ultraoligot | 48,212   | Oligot      | 52,322   | Mesot       | 56,709   | Mesot    | 23,888   | Ultraoligot | 22,088   | Ultraoligot | 49,434   | Oligot      | 66,336   | Supereut    | 52,862 | Mesot       |
| P12-COT  | 33,854   | Ultraoligot | 54,988   | Mesot       | 39,401   | Ultraoligot | 46,088   | Ultraoligot | 51,275   | Oligot   | 22,088   | Ultraoligot | 22,088   | Ultraoligot | 48,101   | Oligot      | 56,618   | Mesot       | 45,954 | Ultraoligot |
| P13-MUT1 | 47,545   | Oligot      | 60,149   | Eut         | 22,088   | Ultraoligot | 58,946   | Mesot       | 62,170   | Eut      | 46,823   | Ultraoligot | 41,612   | Ultraoligot | 64,909   | Supereut    | 56,679   | Mesot       | 43,589 | Ultraoligot |
| P14-MAD4 | 61,081   | Eut         | 71,383   | Hipereut    | 37,987   | Ultraoligot | 35,686   | Ultraoligot | 64,412   | Supereut | 60,832   | Eut         | 61,346   | Eut         | 59,115   | Eut         | 64,474   | Supereut    | 60,373 | Eut         |
| P15-LOU  | 41,568   | Ultraoligot | 29,379   | Ultraoligot | 52,367   | Mesot       | 54,726   | Mesot       | 59,635   | Eut      | 39,401   | Ultraoligot | 39,401   | Ultraoligot | 46,601   | Ultraoligot | 59,548   | Mesot       | 52,118 | Mesot       |
| P16-CAI  | 41,821   | Ultraoligot | 30,061   | Ultraoligot | 48,122   | Oligot      | 36,943   | Ultraoligot | 60,109   | Eut      | 22,088   | Ultraoligot | 39,401   | Ultraoligot | 55,097   | Mesot       | 30,921   | Ultraoligot | 51,401 | Oligot      |
| P17-JIR  | 57,041   | Mesot       | 51,941   | Oligot      | 54,468   | Mesot       | 34,073   | Ultraoligot | 55,344   | Mesot    | 39,857   | Ultraoligot | 45,401   | Ultraoligot | 31,394   | Ultraoligot | 49,447   | Oligot      | 52,383 | Mesot       |
| P18-MAD5 | 58,029   | Mesot       | 40,077   | Ultraoligot | 63,810   | Eut         | 60,005   | Eut         | 63,327   | Supereut | 39,071   | Ultraoligot | 63,342   | Supereut    | 54,904   | Mesot       | 64,119   | Supereut    | 62,523 | Eut         |
| P19-MAD6 | 45,048   | Ultraoligot | 66,334   | Supereut    | 37,330   | Ultraoligot | 69,441   | Hipereut    | 64,518   | Supereut | 38,916   | Ultraoligot | 61,091   | Eut         | 61,670   | Eut         | 64,520   | Supereut    | 63,822 | Supereut    |
| P20-MTP2 | 51,514   | Oligot      | 58,073   | Mesot       | 22,088   | Ultraoligot | 48,053   | Oligot      | 57,086   | Mesot    | 22,088   | Ultraoligot | 22,088   | Ultraoligot | 44,172   | Ultraoligot | 55,518   | Mesot       | 51,812 | Oligot      |



**Figura 23.** Valores de IET registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

#### 5.4. Comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005

Os dados ambientais obtidos em programas de monitoramento podem ser comparados com dados obtidos em locais de referência (com características desejáveis) e com limites estabelecidos em resoluções. No Brasil, a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, estabelece limites e condições para diferentes classes de águas que variam em função dos seus usos preponderantes.

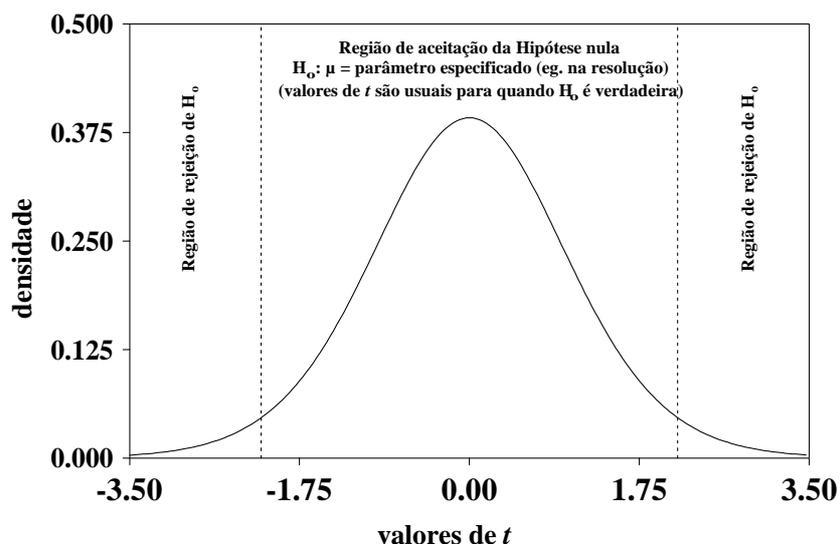
Neste relatório, os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Limnológico no trecho do AHE Jirau foram contrastados com as condições estabelecidas para águas da classe 2, de acordo com a resolução acima citada. Para tanto, testes de significância estatística foram aplicados com o objetivo de resumir o

conjunto de dados que foi obtido entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, e avaliar se, estatisticamente, as condições limnológicas dos rios monitorados atendem os requerimentos estabelecidos na resolução.

A distribuição  $t$  de Student foi utilizada para avaliar se as médias das variáveis limnológicas, mensuradas ao longo do rio Madeira e tributários, diferiram estatisticamente dos valores preconizados pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. O detalhamento deste teste estatístico consta nos Relatórios Técnicos anteriores.

Resumidamente, os dados obtidos ao longo das estações de coleta ( $n = 20$ ) foram utilizados para as estimativas de médias,  $\bar{Y}$  (com o erro padrão associado), que denotam as medidas de tendência central.

Os valores de  $\mu$  utilizados foram aqueles descritos na resolução CONAMA nº 357/2005, para águas da classe 2.



**Figura 24.** Distribuição  $t$  para 19 graus de liberdade (20 observações – 1). As regiões de aceitação e rejeição da hipótese nula (igualdade entre o valor médio que foi estimado com base nos dados dos vinte pontos de coleta e o parâmetro especificado na resolução) são apresentadas.

Os resultados do teste  $t$  indicaram que, durante todo o período monitorado (entre setembro de 2009 e janeiro de 2012), as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), clorofila- $a$ , nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal,  $DBO_5$ , cloreto e sulfato foram significativamente inferiores aos limites preconizados pela Resolução CONAMA em todos os meses de coleta (**Tabela 6**). Os valores de pH também foram significativamente inferiores a 9,0 (limite superior máximo permitido) durante todo o período de estudo.

Os pontos localizados no rio Madeira apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido significativamente inferiores a 5,0 mg/L somente em abril de 2011 (período de águas altas). De maneira similar, nos tributários, baixas concentrações desse gás foram detectadas em abril de 2010 e abril de 2011. Nos demais meses monitorados, elevadas concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas.

Os valores de turbidez e as concentrações de fósforo total foram significativamente superiores aos referidos limites (100 NTU e 0,1 mg/L, respectivamente) nos pontos localizados no rio Madeira, em janeiro de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012. Por outro lado, nos tributários, baixos valores de turbidez e fósforo total foram obtidos ao longo de todo o período monitorado.

As densidades de coliformes termotolerantes (fecais) foram significativamente inferiores a 1000 NMP/100ml nos pontos localizados no rio Madeira em todos os meses de coleta. Em setembro de 2009, abril e julho de 2010 e abril, julho e outubro de 2011 também foram detectadas concentrações significativamente inferiores a 1000 NMP/100ml nos pontos localizados nos tributários. Nos demais meses, tais diferenças não foram significativas.

**Tabela 6.** Valores de *t* obtidos através da comparação entre os resultados obtidos no Programa de Monitoramento Limnológico e os limites preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Valores em negrito correspondem aos valores significativamente diferentes daqueles preconizados pela referida resolução.

| RIO MADEIRA         |                    |                |                |                 |                 |                |                |                |                |                |               |
|---------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Variáveis           | CONAMA n° 357/2005 | Set/09         | Jan/10         | Abr/10          | Jul/10          | Out/10         | Jan/11         | Abr/11         | Jul/11         | Out/11         | Jan/12        |
| pH                  | 6,0                | <b>7,01</b>    | <b>9,35</b>    | <b>8,45</b>     | <b>23,90</b>    | <b>6,97</b>    | <b>8,32</b>    | <b>4,32</b>    | <b>3,76</b>    | <b>45,67</b>   | <b>7,84</b>   |
| pH                  | 9,0                | <b>-12,16</b>  | <b>-17,18</b>  | <b>-25,03</b>   | <b>-23,45</b>   | <b>-6,55</b>   | <b>-15,3</b>   | <b>-9,23</b>   | <b>-11,7</b>   | <b>-24,3</b>   | <b>-13,26</b> |
| STD                 | 500                | <b>-55,28</b>  | <b>-193,93</b> | <b>-478,63</b>  | <b>-115,14</b>  | <b>-60,65</b>  | <b>-114,9</b>  | <b>-233,0</b>  | <b>-206,2</b>  | <b>-76,7</b>   | <b>-152,2</b> |
| OD                  | 5,0                | <b>6,09</b>    | 2,42           | -1,62           | <b>16,46</b>    | <b>7,85</b>    | <b>6,62</b>    | <b>-4,94</b>   | <b>9,0</b>     | <b>7,51</b>    | <b>11,21</b>  |
| Turbidez            | 100                | 1,91           | <b>10,15</b>   | 3,07            | -1,62           | -1,59          | <b>10,04</b>   | <b>4,24</b>    | 1,05           | 2,20           | <b>5,01</b>   |
| Cor                 | 75                 | -0,85          | 2,20           | 2,36            | 0,32            | -2,95          | <b>3,51</b>    | <b>6,47</b>    | <b>4,98</b>    | <b>-12,3</b>   | <b>11,6</b>   |
| Clorofila- <i>a</i> | 30                 | <b>-47,88</b>  | <b>-11,73</b>  | <b>-41,76</b>   | <b>-3,50</b>    | <b>-8,68</b>   | <b>-36,12</b>  | <b>-102,2</b>  | <b>-56,4</b>   | <b>-4,37</b>   | <b>-78,88</b> |
| Fósforo total       | 0,1                | 2,54           | <b>12,28</b>   | 3,42            | 0,39            | -1,17          | <b>15,51</b>   | <b>2,91</b>    | 2,28           | 1,89           | <b>4,78</b>   |
| Nitrato             | 10                 | <b>-128,58</b> | <b>-198,72</b> | <b>-32,81</b>   | <b>-111,02</b>  | <b>-74,95</b>  | <b>-53,9</b>   | <b>-87,93</b>  | <b>-201,6</b>  | <b>-138,6</b>  | <b>-81,6</b>  |
| Nitrito             | 1,0                | <b>-2286,7</b> | <b>-5409,7</b> | <b>-1625,97</b> | <b>-5420,63</b> | <b>-820,36</b> | <b>-6985</b>   | <b>-2777,9</b> | <b>-5412,8</b> | <b>-5404,3</b> | <b>-3354</b>  |
| N-amoniacal         | 3,7                | <b>-6,37</b>   | <b>-203,61</b> | <b>-6,25</b>    | <b>-37,91</b>   | <b>-26,56</b>  | <b>-28,24</b>  | <b>-83,18</b>  | <b>-118,81</b> | <b>-22,52</b>  | <b>-26,4</b>  |
| N-amoniacal         | 2,0                | -1,86          | <b>-107,61</b> | -0,46           | <b>-17,50</b>   | <b>-12,44</b>  | <b>-13,36</b>  | <b>-41,83</b>  | <b>-101,64</b> | <b>-10,25</b>  | <b>-9,31</b>  |
| DBO <sub>5</sub>    | 5,0                | <b>-49,32</b>  | <b>-7,91</b>   | <b>-8,86</b>    | <b>-27,84</b>   | <b>-24,99</b>  | <b>-17,82</b>  | <b>-17,8</b>   | <b>-9,63</b>   | <b>-10,49</b>  | <b>-43,2</b>  |
| Sulfato             | 250                | <b>-107,89</b> | <b>-240,15</b> | <b>-1118,15</b> | <b>-343,61</b>  | <b>-129,86</b> | <b>-138,0</b>  | <b>-512,2</b>  | <b>-303,36</b> | <b>-139,53</b> | <b>-167,9</b> |
| Sulfeto             | 0,002              | 3,59           | <b>5,37</b>    | <b>4,60</b>     | <b>5,02</b>     | <b>10,21</b>   | <b>18,33</b>   | <b>8,41</b>    | <b>4,10</b>    | -              | <b>4,36</b>   |
| Cloreto             | 250                | -              | -              | -               | <b>-874,00</b>  | <b>-469,45</b> | <b>-1351,3</b> | <b>-1679,9</b> | <b>-675,2</b>  | <b>-448,2</b>  | <b>-810,1</b> |

| RIO MADEIRA                |                          |         |          |          |          |         |         |         |         |         |         |
|----------------------------|--------------------------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Variáveis                  | CONAMA<br>n°<br>357/2005 | Set/09  | Jan/10   | Abr/10   | Jul/10   | Out/10  | Jan/11  | Abr/11  | Jul/11  | Out/11  | Jan/12  |
| Coliformes termotolerantes | 1000                     | -30,30  | -9,00    | -21,58   | -78,74   | -30,39  | -29,05  | -3,24   | -78,56  | -16,67  | -2,37   |
| pH                         | 6,0                      | -2,07   | -0,99    | 1,30     | 9,48     | 3,18    | 1,55    | 2,42    | 2,15    | 6,86    | -0,583  |
| pH                         | 9,0                      | -25,14  | -22,52   | -16,46   | -14,22   | -13,16  | -17,95  | -16,10  | -14,98  | -15,82  | -15,75  |
| STD                        | 500                      | -222,38 | -880,32  | -1010,78 | -317,18  | -397,6  | -860,2  | -640,91 | -1427,9 | -308,5  | -1046,8 |
| OD                         | 5,0                      | 1,61    | -0,22    | -2,36    | 12,16    | 10,83   | 1,76    | -5,45   | 6,75    | 7,0     | 2,39    |
| Turbidez                   | 100                      | -24,48  | -20,32   | -36,08   | -0,66    | -4,59   | -27,31  | -21,19  | -7,22   | -4,97   | -11,07  |
| Cor                        | 75                       | -0,25   | -1,61    | -3,77    | -1,29    | 5,32    | -1,03   | 0,48    | -6,11   | 0,48    | 1,33    |
| Clorofila- <i>a</i>        | 30                       | -68,90  | -25,90   | -11,94   | -23,58   | -16,92  | -98,85  | -164,8  | -78,34  | -12,82  | -70,3   |
| Fósforo total              | 0,1                      | -14,17  | -16,68   | -43,87   | -0,44    | -4,94   | -34,33  | -18,87  | -0,38   | -13,67  | -16,47  |
| Nitrato                    | 10                       | -236,68 | -405,26  | -370,47  | -56,23   | -121,24 | -110,59 | -296,2  | -147,3  | -312,9  | -261,1  |
| Nitrito                    | 1,0                      | -5535,5 | -7488,23 | -2766,71 | -1237,84 | -1348,8 | -9599,6 | -3771,8 | -6931,1 | -3743,8 | -6232,5 |
| N-amoniacoal               | 3,7                      | -92,08  | -156,95  | -60,39   | -17,98   | -35,90  | -78,5   | -167,7  | -96,36  | -34,43  | -29,6   |
| N-amoniacoal               | 2,0                      | -45,46  | -83,12   | -29,69   | -8,14    | -16,54  | -37,9   | -87,73  | -48,73  | -16,45  | -13,7   |
| DBO <sub>5</sub>           | 5,0                      | -13,47  | -14,57   | -9,96    | -11,58   | -14,63  | -28,03  | -26,7   | -7,97   | -14,5   | -19,39  |
| Sulfato                    | 250                      | -3249,0 | -2398,81 | -        | -2053,58 | -1775,7 | -       | -       | -       | -       | -       |
| Sulfeto                    | 0,002                    | 4,03    | 11,63    | 5,52     | 2,71     | 18,24   | 5,14    | 2,06    | 2,14    | 0,21    | 4,09    |
| Cloreto                    | 250                      | -       | -        | -        | -        | -1861,7 | -1885,5 | -1432,5 | -1066,7 | -811,8  | -1038   |
| Coliformes termotolerantes | 1000                     | -10,94  | 0,50     | -27,54   | -25,70   | 0,75    | -2,03   | -68,4   | -17,37  | -22,85  | 1,1     |

### 5.5. Síntese dos parâmetros limnológicos

Os resultados do monitoramento limnológico realizado em janeiro de 2012, e os valores médios, desvio padrão, valores máximos e mínimos obtidos ao longo das 10 (dez) campanhas de monitoramento, estão sintetizados no **Anexo III**.

As diferentes variáveis físicas, químicas e biológicas obtidas em monitoramentos não representam processos ecológicos independentes e distintos. Assim, é possível salientar duas características gerais dos dados obtidos em monitoramentos ambientais: (i) obtenção simultânea de diferentes variáveis ambientais e (ii) a existência de grupos de variáveis fortemente correlacionadas. Técnicas matemáticas e estatísticas denominadas, análises multivariadas ou multidimensionais, são especialmente adequadas para a interpretação e síntese de dados com essas características.

Do ponto de vista limnológico, as técnicas de ordenação buscam resumir o conjunto de dados produzindo um número menor de variáveis que expressa parte da variabilidade contida nas variáveis originais. Quanto mais forte for a estrutura de

correlação entre essas variáveis, maior será o poder de síntese das novas variáveis. Essas, que podem ser consideradas índices, são então utilizadas para ordenar, através de um gráfico uni, bi ou tridimensional, os pontos de monitoramento. Desta forma, os padrões de similaridade entre os pontos são avaliados considerando um número reduzido de variáveis.

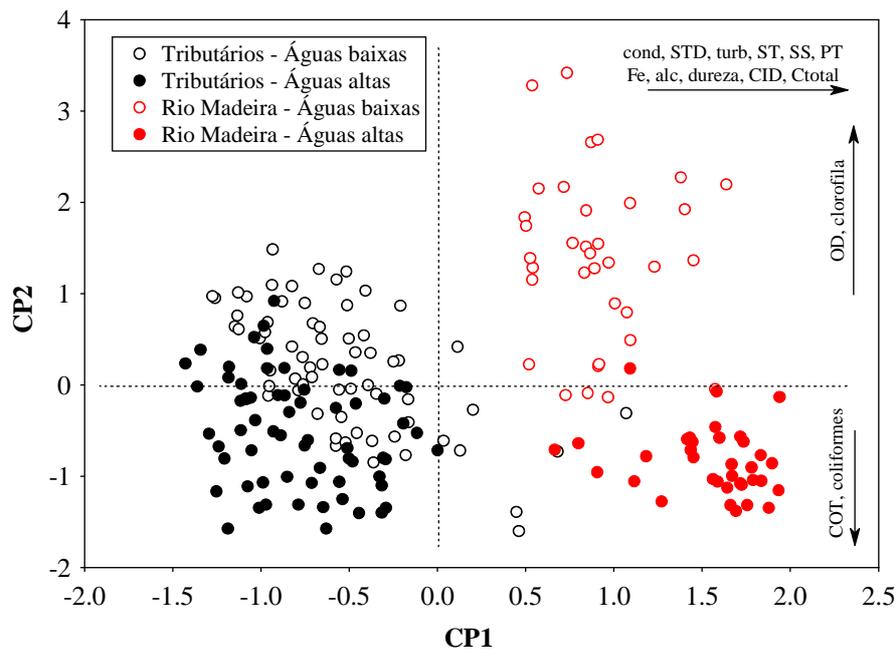
A Análise de Componentes Principais ("Principal Component Analysis" - PCA) é uma técnica de ordenação com uso freqüente em estudos limnológicos. Desta maneira, para realizar a redução da dimensionalidade dos dados (síntese dos dados) uma análise de componentes principais (PCA, ver BINI, 2004) foi realizada para os dados obtidos. Primeiramente, os valores das variáveis físicas e químicas foram transformados em logaritmos (com exceção dos valores de pH).

Os dois primeiros componentes principais explicaram aproximadamente 61% do total da variabilidade dos dados, no entanto, os principais padrões de variação foram sintetizados pelo primeiro eixo de ordenação. Especificamente, o primeiro componente principal foi positivamente correlacionado com a maioria das variáveis analisadas. Todos os pontos monitorados no rio Madeira apresentaram escores positivos e, portanto, apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, alcalinidade, dureza, ferro total, carbono inorgânico dissolvido, carbono total e fósforo total (**Figura 25**).

Por outro lado, os pontos de monitoramento localizados nos tributários apresentaram escores negativos e, desta forma, menores valores das variáveis listadas acima, relacionadas com luminosidade subaquática, nutrientes e íons (**Figura 25**). O resultado da análise de ordenação foram consistentes com as descrições univariadas discutidas anteriormente.

O segundo componente (CP 2) indicou, principalmente, diferenças entre os meses de coleta. Assim, de maneira geral, nos pontos localizados no rio Madeira, os meses de janeiro e abril (período de águas altas) foram mais similares entre si, comparando com os demais meses de estudo, que caracterizam o período de águas baixas. Por outro lado, os tributários apresentaram características limnológicas similares entre os meses de coleta. Destacam-se somente as maiores concentrações de oxigênio dissolvido e clorofila-a durante o período de águas baixas, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira, enquanto que no período de águas altas foram mensuradas as maiores concentrações de carbono orgânico total e coliformes.

Assim, quando o objetivo é diferenciar os pontos de monitoramento e avaliar a variabilidade das características físicas e químicas, os resultados também demonstram que a PCA é uma estratégia mais eficiente do que outros índices que também tentam reduzir a dimensionalidade dos dados, mas com um objetivo específico (por exemplo, o IQA que tem como objetivo verificar a pertinência da água para fins de abastecimento público).



**Figura 25.** Escores dos 20 pontos de monitoramento obtidos com o uso de uma análise de componentes principais. As variáveis apresentadas são aquelas com maiores correlações com o primeiro eixo de ordenação e a direção da seta indica se essas variáveis estão positivamente ou negativamente correlacionadas com esse eixo. Cond=condutividade elétrica; STD=sólidos totais dissolvidos; turb=turbidez; ST=sólidos totais; SS=sólidos suspensos totais; PT=fósforo total; Fe=ferro total, alc=alcalinidade; CID=carbono inorgânico dissolvido; Ctotal=carbono total; OD=oxigênio dissolvido e COT=carbono orgânico total.

## 5.6. 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 frequentemente 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 zooplanctônicas em rios (BASU e PICK, 1996; THORP e CLASPER, 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).

### **5.6.1. Fitoplâncton**

#### **Composição**

A comunidade fitoplanctônica amostrada durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012 na área de influência do AHE Jirau mostrou alta diversidade gama (**Tabela 7**). Considerando todas as amostragens realizadas durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012 foram registrados 469 táxons, os quais estiveram distribuídos entre 12 grupos taxonômicos: Bacillariophyceae (18%), Cyanobacteria (14%), Chlorophyceae (24%), Chrysophyceae (3%), Euglenophyceae (9%), Cryptophyceae (2%), Zygnemaphyceae (26%), Dinophyceae (2%), Oedogoniophyceae (0,2%), Xanthophyceae (2%), Rodophyceae (0,21%) e Raphidophyceae (0,2%).

Um total de 315 táxons foi registrado considerando somente as amostragens no rio Madeira (sem considerar os ciclos nictemerais do ponto P18), e 409 táxons foram obtidos nos tributários. Considerando os períodos de águas altas e baixas, para o rio Madeira maior número de táxons foi verificado no período de águas baixas e para os tributários não houve variação, sendo registrado o mesmo número (65 táxons) em

ambos os períodos. A maior riqueza de espécies nos tributários pode ser atribuída às condições ambientais mais favoráveis nos mesmos e à maior complexidade de habitats.

Em janeiro de 2012 foram inventariados 149 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Seguindo os resultados obtidos nos meses anteriores de estudo, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os grupos mais especiosos (**Tabela 8**).

**Tabela 7.** Composição fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

| Grupos            | Setembro/09 | Janeiro/10 | Abril/10   | Julho/10   | Outubro/10 | Janeiro/11 | Abril/11   | Julho/11   | Outubro/11 | Janeiro/12 |
|-------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Bacillariophyceae | 46          | 34         | 35         | 35         | 44         | 45         | 42         | 43         | 52         | 41         |
| Cyanobacteria     | 19          | 17         | 23         | 18         | 29         | 30         | 41         | 23         | 37         | 25         |
| Chlorophyceae     | 58          | 26         | 23         | 41         | 51         | 36         | 24         | 41         | 72         | 27         |
| Chrysophyceae     | 3           | 5          | 5          | 4          | 4          | 6          | 8          | 6          | 5          | 6          |
| Euglenophyceae    | 11          | 13         | 10         | 7          | 10         | 10         | 10         | 9          | 14         | 18         |
| Cryptophyceae     | 4           | 6          | 5          | 3          | 5          | 6          | 5          | 5          | 6          | 4          |
| Zygnemaphyceae    | 38          | 42         | 12         | 18         | 32         | 55         | 39         | 26         | 63         | 24         |
| Dinophyceae       | 2           | 3          | 2          | 1          | 2          | 7          | 4          | 2          | 3          | 3          |
| Oedogoniophyceae  | 1           | 1          | 1          |            | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |            |
| Xanthophyceae     | 3           |            |            | 4          | 1          |            |            |            | 3          |            |
| Rhodophyceae      | 1           |            |            |            |            |            |            | 1          |            |            |
| Raphidophyceae    | 1           |            |            |            |            | 1          | 1          |            | 1          | 1          |
| <b>Total</b>      | <b>187</b>  | <b>147</b> | <b>116</b> | <b>131</b> | <b>179</b> | <b>197</b> | <b>175</b> | <b>157</b> | <b>257</b> | <b>149</b> |

### Índice de Frequência das Espécies e Espécies Dominantes

De acordo com o índice de frequência de Dajoz (1973), aplicado para a comunidade fitoplanctônica para os pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012, incluindo período de águas baixa (setembro, julho e outubro) e águas altas (janeiro e abril) foi verificado alta contribuição de espécies raras ou acidentais (<25% de frequência) tanto nos pontos situados no rio Madeira, quanto nos tributários, sendo superior a 95% do total. Maior contribuição de espécies raras ocorreu no período de águas altas. A alta variabilidade ambiental entre os tributários e as condições lóxicas favoreceram a alta ocorrência de espécies raras.

Espécies constantes (> 50% de frequência) ocorreram somente no período de águas baixas tanto no rio Madeira, quanto nos tributários, sendo maior (6%) nos pontos situados no rio Madeira-Mamoré sendo todas bacilariofíceas (**Tabela 9**), principalmente *Aulacoseira* spp. a qual ocorreu em mais de 60% das amostras no período de águas baixas. Nos tributários, somente *Cryptomonas marssonii* apresentou mais de 50% de

ocorrência. Espécies acessórias também apresentaram maior contribuição no período de águas baixas.

A variabilidade sazonal e espacial foi determinante para a dominância e abundância das espécies fitoplanctônicas. O rio Madeira apresentou maior número de táxons abundantes durante o período de águas baixas (**Tabela 9**), o que pode estar relacionado às condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa durante esse período.

O período de águas altas foi caracterizado por apresentar maior número de táxons abundantes nos tributários, o que pode estar associado a maior influência de ambientes adjacentes quanto à entrada de inóculos fitoplanctônicos. Para as espécies dominantes ocorreu um padrão inverso, com maior número no rio Madeira no período de águas altas e nos tributários durante o período de águas baixas.

As cianobactérias *Lemmermaniella flexa* e *Synechocystis aquatilis* foram dominantes nos tributários, no período de águas altas e *Snowella atomus* em ambos os períodos (**Tabela 9**). A dominância destas espécies pode ser atribuída ao fato de estas apresentarem alta taxa de crescimento, abundância numérica, adaptação à rápida aquisição de recursos e alta razão superfície volume, o que diminui as perdas por sedimentação (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; KRUK et al., 2010).

*Oocystis lacustris*, tolerante a baixas concentrações de nutrientes e alta turbidez foi dominante nos tributários em ambos os períodos do ciclo hidrológico. As espécies mixotróficas *Dinobryon* spp. e *Strombomonas scabra* foram dominantes nos tributários nos períodos de águas altas e águas baixas (**Tabela 9**) e foram provavelmente favorecidas pela maior disponibilidade de matéria orgânica registrada nos mesmos.

Espécies de bacilariofíceas as quais são componentes comuns do plâncton de rios e lagos rasos e adaptadas a condições de instabilidade da coluna de água e baixa disponibilidade luminosa (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009) foram dominantes no rio Madeira e nos tributários, em ambos períodos do ciclo hidrológico (**Tabela 9**).

A dominância de *Closteriopsis* sp., *Monoraphidium contortum*, *Closterium* sp., *Cosmarium punctulatum*, *Staurastrum psedotetracerum* e *Staurodesmus* sp., no rio Madeira e nos tributários, pode ser atribuída à influência de ambientes adjacentes quanto ao transporte de inóculos.

As criptofíceas *Cryptomonas* spp. foram dominantes no rio Madeira e nos tributários em ambos os períodos do ciclo hidrológico. A dominância destes táxons

pode ser atribuída às características oportunistas dos mesmos, os quais podem se adaptar à turbulência, possuem alta razão superfície: volume, alta taxa de crescimento e eficiência fotossintética e baixa taxa de sedimentação (REYNOLDS, et al., 2002).

**Tabela 8.** Ocorrência dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

| Taxons   | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <b>BACILLARIOPHYCEAE</b>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Amphora</i> sp.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | X   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow  |    |    | X  |    | X  | X  |    |    |    | X   |     |     |     |     |     |     | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> fa. <i>spiralis</i> (Grunow) Sim.     | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.                         |    |    |    |    |    | 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   |     |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim. fa. <i>curvata</i> |    | X  |    |    | X  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.  |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | X         |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira muzzanensiis</i> (Meister) Krammer                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | X         |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira</i> sp.   |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee                           | X  | X  | X  |    |    | X  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           | X         |     | X   |
| <i>Cocconeis</i> sp.   |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.   |    |    |    |    |    | X  |    |    |    |     |     |     | X   |     |     |     |     | X         | X         |           |     | X   |
| <i>Cymbella microcephala</i> Grunow  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.   |    |    |    |    | X  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Eunotia</i> sp.   |    |    | X  | X  |    |    |    |    |    | X   |     | X   |     | X   |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Eunotia</i> sp1   |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Fragilaria capuccina</i> Desm.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | X   |
| <i>Fragilaria</i> sp.  | X  |    |    |    | X  |    |    |    |    |     | X   | X   | X   |     |     |     | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Frustulia</i> sp.   |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gyrosigma</i> sp.   | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gomphonema angustatum</i> (E. T. Kützing) G. L. Rabenhors.                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | X   | X   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.   |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

Tabela 8. Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Gomphonema</i> sp.                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Melosira varians</i> Agard.                    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Navicula</i> sp.                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | x   |           |           |           |     |     |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith           |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         | x         |           | x   |     |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoide</i>              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Nitzschia tubicola</i> Grunow                  |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Pinnularia</i> sp.                             |    | x  |    |    | x  | x  |    | x  |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Smith     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         |           |           |     |     |
| <i>Surirella</i> sp1                              |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Surirella</i> sp.                              | x  | x  |    |    | x  |    |    | x  |    | x   | x   | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Surirela</i> sp2                               |    |    | x  |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Surirela</i> sp3                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.              |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |     |     | x         |           |           |     |     |
| Pennales não identificada                         |    |    | x  |    | x  | x  | x  | x  | x  | x   | x   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Pennales não identificada 1                       |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CYANOBACTERIA</b>                              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Borzia</i> sp.                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     | x   |     |           | x         |           |     | x   |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nägeli         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Chroococcus</i> sp.                            |    |    | x  |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Epigloeosphaera</i> sp.                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Geitlerinema</i> sp.                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | x   |     |     |     |     | x   | x   |           |           |           |     |     |
| <i>Gloeocapsa fusco-lutea</i> Kirchner            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gloeocapsa</i> sp.                             |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Jaaginema</i> sp                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Komvophoron</i> sp.                            |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Lemmermanniella flexa</i> Hindák               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | x   | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Oscillatoria</i> sp.                           |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Phormidium</i> sp.                             |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           | x         |           |     |     |

Tabela 8. Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnost. & Komárek |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     | x   |     | x   |           |           |           | x   | x   |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.                                 |    |    |    |    |    |    |    | x  |    | x   |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Rabdogloea</i> sp.                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Romeria gracilis</i> Koczw.                            |    |    | x  |    |    |    |    | x  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Romeria</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | x   |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Kom. & Hindák          |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | x   |     |     |           |           |           |     | x   |
| Oscillatoriales não identificada                          | x  |    |    |    |    |    |    |    |    | x   | x   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Phormidiaceae não identificada                            |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.                                  |    |    |    |    |    |    | x  | x  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Coelastrum microporum</i> Nägeli                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.               |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm.                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.         | x  | x  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. Hegew.            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | x   |           |           |           |     |     |
| <i>Desmodesmus maximus</i> (West & G.S. West) E. Hegew.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Eudorina elegans</i> C. G. Ehrenb.                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárk. - Legn.    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárk. - Legn.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | x   |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárk.- Legn.    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard                   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium</i> sp.                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Oocystis lacustris</i> Chodat                          | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

Tabela 8. Continuação.

| Taxons   | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Pandorina morum</i> (F. Muller) Bory                                  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen   | x  |    |    |    |    | x  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat                           |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat                              |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |     |     | x   | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         |           |           |     |     |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | x   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Sphaerellopsis</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.                                |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     | x   |     |     |           |           |           |     | x   |
| Chlorococcales não identificada 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Chlorococcales não identificada 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Bitrichia</i> sp.   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Dinobryon sertularia</i> C. G. Ehrenb.                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Kephyrion littorale</i> Pascher                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | x   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Mallomonas</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Synura</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| Chrysophyceae perititica   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Euglena</i> sp.   | x  |    |    |    |    |    |    | x  |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.                               |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Lepocinclis</i> sp.   |    | x  |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Phacus orbicularis</i> Hübn.  |    |    |    | x  | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Phacus longicauda</i> var. <i>longicauda</i> (Ehrenb.) Dujard.        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Phacus</i> sp.  | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Strombomonas</i> sp.  |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenb.) Stein var. <i>steinii</i> Lemmerm. | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Trachelomonas lacustris</i> Dezepolski                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Trachelomonas sydneyensis</i> Playf.                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                                   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |

Tabela 8. Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.                          |    |    |    |    |    |    | x  |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp.  | x  |    | x  |    |    |    | x  |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp3  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CRYPTOPHYCEAE</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                |    |    |    | x  | x  |    | x  | x  |    | x   |     | x   | x   |     |     | x   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas</i> sp.  |    |    |    |    |    |    | x  |    |    |     |     |     | x   |     | x   | x   | x   |           |           |           |     | x   |
| <b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Actinotaenium cucurbita</i> (Bréb. ex Ralfs) Teil.             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         |           |           |     |     |
| <i>Actinotaenium</i> sp1  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Bambusina brebissonii</i> Kützing                              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | x         |           |           |     |     |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehrenb. ex Ralfs                       | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Closterium setaceum</i> Ehrenb. ex Ralfs                       | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Closterium</i> sp.   |    | x  |    |    | x  |    |    |    |    |     |     | x   |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Cosmarium candianum</i> Delponte                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Cosmarium</i> sp.  |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Desmidium grevillei</i> (Ralfs) De Bary                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | x   | x   |           |           |           |     |     |
| <i>Euastrum</i> sp.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Mougeotia</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Penium</i> sp.   |    |    | x  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Pleurotaenium</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | x   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Spyrogira</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | x   | x   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Staurastrum columbetoides</i> West & G.S West                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | x   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Staurastrum margaritaceum</i> (Ehrenb.) Breb.                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordsted.) West & G. S. West |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |
| <i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb.                            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | x   |     |
| <i>Staurastrum</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | x   |

Tabela 8. Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var.<br><i>tetracerum</i> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | X   | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Staurodesmus</i> sp.   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | X   |     |     |     |     |     |           |           |           |     | X   |
| <i>Xanthidium antilopaeum</i> Turner                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | X   |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Xanthidium regulare</i> Nordsied.                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | X   |
| <b>DINOPHYCEAE</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Peridinium</i> sp.   |    |    | X  | X  |    |    | X  |    |    | X   |     |     | X   |     | X   | X   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Peridinium</i> sp 1  |    |    |    |    |    |    | X  |    |    |     |     |     |     |     |     | X   | X   |           |           |           |     |     |
| <i>Peridinium</i> sp2   |    |    |    |    |    |    | X  |    |    |     | X   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>RAPHYDOPHYCEAE</b>   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gonyostomum</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

**Tabela 9.** Frequência de ocorrência (%) e dominância (%) dos táxons fitoplanctônicos na área de influência do AHE Jirau, no período de águas baixas e águas altas, no rio Madeira-Mamoré e tributários.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

| Táxons   | Frequência  |              |             |              | Dominância  |              |             |              |
|--|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|  | Madeira     |              | Tributários |              | Madeira     |              | Tributários |              |
|  | Águas altas | Águas baixas |
| <i>Acanthoceras magdeburgensis</i> Hongimann                           |             | 3            |             |              |             |              |             |              |
| <i>Achnantes exigua</i> Grun.  |             |              | 3           |              |             |              |             |              |
| <i>Achnanthes</i> sp.  |             |              |             | 6            |             |              |             |              |
| <i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.                       |             | 14           | 2           | 8            |             |              |             |              |
| <i>Achnantidium</i> sp.  |             |              |             | 3            |             |              |             |              |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow                                  | 3           | 3            | 5           | 18           |             |              |             |              |
| <i>Amphora</i> sp.   |             |              |             | 2            |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                              | 19          | 51           |             | 5            |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | 13          | 63           | 3           | 3            |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.      | 42          | 83           | 3           | 9            |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> f. <i>curvata</i>   | 3           |              |             |              |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.                            | 6           | 31           |             | 5            |             |              |             |              |
| <i>Aulacoseira</i> sp.   |             |              |             |              |             |              |             |              |
| <i>Cocconeis</i> sp.   |             | 11           | 2           | 3            |             |              |             |              |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                   | 10          | 46           | 6           | 2            |             |              |             |              |
| <i>Cyclotella</i> sp.  | 3           | 6            | 8           | 2            |             |              |             |              |
| <i>Cymbella affinis</i> Kütz.  |             | 3            |             | 5            |             |              |             |              |
| <i>Cymbella microcephala</i> Grunow                                    |             | 6            | 3           | 14           |             |              |             |              |
| <i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.                                 |             |              | 6           | 8            |             |              |             |              |
| <i>Cymbella</i> sp.  |             |              | 6           | 12           |             |              |             |              |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee             | 23          | 54           | 8           | 20           |             |              |             |              |
| <i>Encyonema</i> sp.   |             |              |             | 3            |             |              |             |              |
| <i>Eunotia didyma</i> Hustedt ex Zimmerman                             |             |              | 2           | 3            |             |              |             |              |
| <i>Eunotia faba</i> (Ehrenb.) Grunow                                   | 10          | 6            | 18          | 11           |             |              |             |              |
| <i>Eunotia</i> sp.   |             | 3            | 2           | 2            |             |              |             |              |
| <i>Eunotia</i> sp1   |             | 11           |             | 5            |             |              |             |              |
| <i>Fragilaria capuccina</i> Desm.                                      | 6           | 54           | 20          | 25           |             |              |             |              |
| <i>Fragilaria</i> sp.  |             |              | 3           |              |             |              |             |              |
| <i>Frustulia</i> sp.   | 3           | 17           |             | 2            |             |              |             |              |
| <i>Gyrosigma</i> sp.   |             | 31           | 2           | 3            |             |              |             |              |
| <i>Gyrosigma</i> sp1   | 3           | 3            | 2           |              |             |              |             |              |
| <i>Gomphonema angustatum</i> (E. T. Kützing) G. L. Rabenhors.          | 3           | 3            |             | 3            |             |              |             |              |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.  | 3           | 3            | 9           | 14           |             |              |             |              |

|  |    |    |    |    |  |  |  |  |
|--|----|----|----|----|--|--|--|--|
| <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.                              | 3  | 14 | 8  | 20 |  |  |  |  |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.                       |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Gomphonema</i> sp.  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Melosira varians</i> Agard.                                 |    | 9  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.                            |    | 3  | 5  | 9  |  |  |  |  |
| <i>Navicula schroeterii</i> Meist.                             | 3  | 9  | 5  | 22 |  |  |  |  |
| <i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.                       | 3  | 20 | 22 | 15 |  |  |  |  |
| <i>Navicula</i> sp.  | 6  | 20 | 9  | 25 |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smth                    |    | 6  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>gracilis</i> Hantz.                    | 3  | 14 | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith                        | 16 | 63 | 8  | 32 |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoide</i>                           | 3  |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia tubicola</i> Grunow                               |    | 20 | 2  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Nitzschia</i> sp.   | 10 | 34 | 2  | 11 |  |  |  |  |
| <i>Orthoseira</i> sp.  |    | 9  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenb.) Ehrenb.                      |    |    | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve                 |    |    | 5  | 11 |  |  |  |  |
| <i>Pinnularia</i> sp.  | 6  | 9  | 8  | 26 |  |  |  |  |
| <i>Synedra goulardii</i> Bréb.                                 |    | 11 |    |    |  |  |  |  |
| <i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Smith                  |    | 3  |    | 5  |  |  |  |  |
| <i>Surirella</i> sp.   |    | 6  | 2  | 15 |  |  |  |  |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.                           | 3  | 34 | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw.              |    |    |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e<br>Craw.        |    | 9  |    | 5  |  |  |  |  |
| <i>Pleurosira laevis</i> Ehrenb.                               | 3  |    |    |    |  |  |  |  |
| Pennales não identificada 1                                    | 10 | 11 | 28 | 35 |  |  |  |  |
| Pennales não identificada 2                                    |    | 9  | 6  | 9  |  |  |  |  |
| Pennales não identificada 3                                    |    |    | 3  | 3  |  |  |  |  |
| Pennales não identificada 4                                    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| Pennales em cadeia   |    |    | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Anabaena ambigua</i> Rao                                    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.                          |    | 11 |    |    |  |  |  |  |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.                                       |    | 6  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek                 | 3  | 9  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West              |    | 14 | 12 | 5  |  |  |  |  |
| <i>Aphanocapsa elachista</i> W. e G. S. West                   |    | 3  | 5  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemmerm.) Cronberg<br>e Komárek  |    | 6  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström                            |    |    | 6  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Borzia</i> sp.  |    | 3  | 6  |    |  |  |  |  |
| <i>Chroococcus distans</i> (G. M. Smith) Komárek<br>– Legn.    |    | 3  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Chroococcus limneticus</i> Lemmerm.                         |    | 6  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.                  |    | 3  | 18 | 3  |  |  |  |  |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nägeli                      |    | 3  | 6  |    |  |  |  |  |
| <i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres e<br>Komárek          |    | 6  | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Cyanodiction</i> cf. <i>imperfectum</i> Cronberg e<br>Weib. |    | 9  | 5  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Cyanodiction</i> sp.  |    | 0  | 6  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Cyanogranis ferruginea</i> (Waw.) Hindák                    |    | 3  | 2  | 5  |  |  |  |  |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.)                | 3  | 17 | 2  |    |  |  |  |  |

|  |    |    |    |    |  |  |  |  |
|--|----|----|----|----|--|--|--|--|
| Seenayya & Subba Raju  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Cylindrospermopsis</i> sp.  |    | 3  | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnth.) Wacklin et al.           |    | 6  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Dolichospermum solitarium</i> (Kleb.) Wacklin et al.                |    | 6  | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebahn) Wacklin et al.               |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Geitlerinema</i> sp.  | 16 | 29 | 12 | 9  |  |  |  |  |
| <i>Gloeocapsa</i> sp.  |    |    | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Jaaginema</i> sp.   |    | 6  | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Komvophoron</i> sp.   |    | 20 | 5  | 9  |  |  |  |  |
| <i>Lemmermanniella flexa</i> Hindák                                    |    |    | 6  |    |  |  |  |  |
| <i>Lyngbya</i> sp.   | 3  | 3  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.                                | 3  | 20 | 5  | 9  |  |  |  |  |
| <i>Microcystis</i> sp.   |    | 3  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Oscillatoria</i> sp.  |    | 9  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Phormidium</i> sp.  | 3  |    | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek-Legn. e Cronberg    | 3  | 3  | 3  | 8  |  |  |  |  |
| <i>Planktolyngbya</i> sp.  |    | 6  | 2  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnost. & Komárek              | 10 | 17 | 3  | 5  |  |  |  |  |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek                      | 19 | 14 | 32 | 9  |  |  |  |  |
| <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. e W. Naumann) Bourr.         |    |    | 9  |    |  |  |  |  |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.  | 10 | 6  | 14 | 14 |  |  |  |  |
| <i>Romeria gracilis</i> Koczw.   | 6  |    | 17 |    |  |  |  |  |
| <i>Romeria</i> sp.   |    |    | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák                                |    | 9  | 17 | 5  |  |  |  |  |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Kom. & Hindák                       |    |    | 5  |    |  |  |  |  |
| <i>Snowella</i> sp.  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.                                   |    |    | 11 |    |  |  |  |  |
| Cyanobacteria não identificada   |    |    |    |    |  |  |  |  |
| Oscillatoriales não identificada                                       |    |    |    |    |  |  |  |  |
| Phormidiaceae não identificada   | 3  |    | 2  |    |  |  |  |  |
| Pseudabaenaceae não identificada                                       |    |    | 3  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Actinastrum aciculare</i> Playf.                                    |    | 23 | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.                                  | 3  | 9  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Ankyra ancora</i> (G.W. Smith) Fott                                 |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott                                 |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.   |    | 9  | 12 | 20 |  |  |  |  |
| <i>Chlorella</i> sp.   |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmerm.) Lemmerm.                    |    | 6  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Closteriopsis</i> sp.   |    | 9  | 5  | 15 |  |  |  |  |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.                            |    |    | 2  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Coelastrum</i> sp.  | 3  |    | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm.                             |    | 3  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West                   |    | 6  | 5  | 15 |  |  |  |  |
| <i>Crucigeniella pulchra</i> (West. Et G. S. West.) Komárek            | 3  | 9  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Crucigeniella rectangularis</i> (Nägeli) Komárek                    |    | 6  | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. Hegew. |    |    |    | 5  |  |  |  |  |

|   |   |    |    |    |  |  |  |  |
|---|---|----|----|----|--|--|--|--|
| <i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew.                       | 3 | 20 |    | 11 |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) An, T. Friedl, E. Hegew.      |   | 9  | 2  | 12 |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) E. Hegew.                          |   | 3  | 8  | 9  |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) E. Hegew. |   | 23 |    | 9  |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.                       |   | 14 |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch e Ritch) E. Hegew.              |   | 6  |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli                            |   | 9  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.                                   |   | 9  | 2  | 6  |  |  |  |  |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood                                  |   | 9  | 2  | 8  |  |  |  |  |
| <i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz                             |   | 17 |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Dictyosphaerium</i> sp.  |   |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák                        |   |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Elakatothrix</i> sp.   |   |    | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Eudorina elegans</i> C. G. Ehrenb.                                   |   | 6  |    | 5  |  |  |  |  |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek               |   | 14 | 12 | 8  |  |  |  |  |
| <i>Eutetramorus</i> sp.   |   | 3  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Fusola</i> sp.   |   | 6  |    | 8  |  |  |  |  |
| <i>Kirchneriella roselata</i> Hindák                                    |   |    | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Micractinium pusillum</i> Fres.                                      |   |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák                        |   | 9  | 3  | 18 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium circinale</i> (Nygaard) Nygaard                        |   | 3  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárek. - Legn.                 | 6 | 20 | 15 | 26 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárek. - Legn.                | 3 | 9  | 8  | 18 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárek. - Legn.                | 3 | 6  | 15 | 12 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárek. - Legn.          |   | 9  | 8  | 14 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard                                 | 6 | 23 | 11 | 14 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárek. - Legn.                 | 3 | 3  | 8  | 12 |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárek. - Legn.          | 6 | 6  | 11 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Monoraphidium</i> sp.  |   | 3  | 3  | 6  |  |  |  |  |
| <i>Oocystis borgei</i> Snow   |   | 6  |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Oocystis lacustris</i> Chodat  |   | 9  | 5  | 15 |  |  |  |  |
| <i>Oocystis</i> sp.   | 3 |    | 5  |    |  |  |  |  |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen  | 3 | 11 |    |    |  |  |  |  |
| <i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>                      | 3 | 11 |    |    |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat                          |   | 20 | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus acunae</i> Com.  |   | 3  | 3  | 8  |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus alternans</i> Reins.                                     |   |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat                             | 3 | 11 | 12 | 22 |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat                                    |   | 9  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus linearis</i> Komárek                                     |   |    | 6  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus ovalternus</i> Chodat                                    | 3 | 3  |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Scenedesmus</i> sp.  | 3 | 9  | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Schroederia antillarum</i> Komareki                                  |   |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.                          |   | 11 | 2  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Spermatozopsis exultans</i> Korshikov                                |   | 6  |    | 5  |  |  |  |  |

|  |    |    |    |    |  |  |  |  |
|--|----|----|----|----|--|--|--|--|
| <i>Sphaerellopsis</i> sp   |    |    | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordstedt.) Chodat                |    | 3  |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák                                 |    | 9  | 6  | 6  |  |  |  |  |
| <i>Treubaria triappendiculata</i> Bern.                            |    | 9  |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Ulotrix</i> sp.   |    | 6  |    |    |  |  |  |  |
| Chlorococcales não identificada                                    |    | 3  | 6  | 3  |  |  |  |  |
| Chlorophyceae não identificada                                     |    |    | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Bicosoeca</i> sp.   |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof                             |    |    | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Dinobryon sertularia</i> C. G. Ehrenb.                          |    | 3  | 11 | 6  |  |  |  |  |
| <i>Eppypixis</i> sp.   | 3  |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Kephyrion littorale</i> Pascher                                 |    | 3  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Kephyrion</i> sp.   | 3  |    | 5  |    |  |  |  |  |
| <i>Mallomonas</i> sp.  | 3  | 6  | 11 | 11 |  |  |  |  |
| Chrysophyceae perifítica   | 3  |    | 9  | 2  |  |  |  |  |
| Chrysophyceae não identificada                                     | 3  | 3  |    | 5  |  |  |  |  |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  | 3  | 3  | 2  | 6  |  |  |  |  |
| <i>Euglena</i> sp.   | 3  | 23 | 6  | 18 |  |  |  |  |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.                         |    | 3  | 11 | 6  |  |  |  |  |
| <i>Monomorphina pyrum</i>  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Monomorphina</i> sp.  |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Deflandre                    |    | 9  |    | 3  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes                              |    |    | 8  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas cylindrica</i> Ehrenb.                            |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas curta</i> Cunha                                   |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein                         |    |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas megalantha</i> Da Cunha                           |    | 3  |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.                              | 3  | 3  | 5  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas rugulosa</i>                                      |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas scabra</i> Playfair                               |    |    | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas similis</i> Stokes var. <i>spinosa</i> Hub.-Pest. | 3  |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                             |    | 3  | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko                        | 10 | 17 | 15 | 9  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas sculpta</i> Balech                                |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas woycickii</i> Koczw.                              |    |    |    |    |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas</i> sp.   | 3  | 3  | 8  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas</i> sp1   |    |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Trachelomonas</i> sp2   |    |    |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm.                                     |    | 9  | 8  | 17 |  |  |  |  |
| <i>Chroomonas</i> sp.  |    |    | 2  | 2  |  |  |  |  |
| <i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenb.                                   |    | 3  | 2  | 5  |  |  |  |  |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.                |    | 6  | 11 | 14 |  |  |  |  |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.                     | 3  | 3  | 9  | 8  |  |  |  |  |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                 | 26 | 40 | 49 | 52 |  |  |  |  |
| <i>Cryptomonas</i> sp.   | 3  | 29 | 40 | 43 |  |  |  |  |
| <i>Actinotaenium cucurbita</i> (Bréb. ex Ralfs) Teil.              |    | 3  | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Actinotaenium perminutum</i> ( G.S. West ) Teil.                |    |    | 5  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Actinotaenium</i> sp.   |    |    | 2  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Bambusina</i> sp.   |    |    | 2  | 2  |  |  |  |  |

|  |   |    |   |    |  |  |  |  |
|--|---|----|---|----|--|--|--|--|
| <i>Closterium acutum</i> L. A. Bréb. ex Ralfs                      |   | 11 | 5 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehrenb. ex Ralfs                        |   | 3  |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Closterium setaceum</i> Ehrenb. ex Ralfs                        | 3 |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Closterium toxon</i> W. West.                                   |   |    |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Closterium</i> sp.  | 3 | 11 | 8 | 8  |  |  |  |  |
| <i>Closterium</i> sp1  |   |    | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium baileyi</i> Wolle                                     |   |    |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium bioculatum</i> Bréb. ex Ralfs                         |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium candianum</i> Delponte                                |   |    | 3 | 3  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium contractum</i> Kirch.                                 |   |    | 6 | 5  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium denticulatum</i> Borge                                |   |    |   | 3  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium margaritatum</i> (Lund.) Roy & Bisset                 |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium pseudoconatum</i> Nordstedt                           |   |    |   | 3  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.                                 |   |    | 3 | 15 |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium regnesi</i> Reins.                                    |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium spagnicolum</i> West e West                           |   |    | 2 | 3  |  |  |  |  |
| <i>Cosmarium</i> sp.   |   |    | 5 | 5  |  |  |  |  |
| <i>Desmidium schwartzii</i> C. Agardh                              |   | 3  |   |    |  |  |  |  |
| <i>Euastrum abruptum</i> Nordsted.                                 |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Euastrum elegans</i> (Bréb.) Kütz.                              |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Euastrum rectangulare</i> Fritsch e Rich                        |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Euastrum</i> sp.  |   |    |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Gonatozygon aculeatum</i> Hastings                              |   |    | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.                       |   | 14 | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Hyalotheca mucosa</i> Ralfs                                     |   |    | 3 |    |  |  |  |  |
| <i>Mougeotia</i> sp.   |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Spondylosium planum</i> (Wol.) West & G. S. West                |   |    | 3 | 3  |  |  |  |  |
| <i>Spyrogira</i> sp.   |   | 6  | 3 | 6  |  |  |  |  |
| <i>Spyrogira</i> sp1   |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum brachiatum</i> Ralfs ex Ralfs                       |   | 6  |   |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum columbetoides</i> West & G.S West                   |   |    | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum gracile</i> Ralfs                                   |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum leptocladum</i> Nordsted.                           |   | 6  |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum margaritaceum</i> (Ehrenb.) Breb.                   |   |    | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum muticum</i> (Bréb.) e Ralfs                         |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordsted.) West & G. S. West  |   | 9  | 5 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum punctulatum</i> Bréb. ex Ralfs                      |   | 3  | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb.                             |   |    |   |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum setigerum</i> Cleve                                 |   |    | 2 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum</i> cf. <i>stelliferum</i> Borge                    |   |    |   | 3  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>  |   |    | 3 | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>tetracerum</i> |   | 6  | 3 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum trifidum</i> Nordsted.                              |   |    | 2 | 5  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum volans</i> West. e G. S. West                       |   |    | 2 |    |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum</i> sp.   |   | 3  | 2 | 3  |  |  |  |  |
| <i>Staurastrum</i> sp1   |   |    |   | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus curvatus</i> Förster                               |   |    | 3 |    |  |  |  |  |

|  |  |   |    |    |  |  |  |  |
|--|--|---|----|----|--|--|--|--|
| <i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Breb.) Teil.                     |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil.                       |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus lobatus</i> (Boerg.) Bourrelly                   |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teil.                 |  |   | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus validus</i> (West e West) Thomas.                |  |   |    | 2  |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus wandae</i> var. <i>longissimus</i> (Borge) Teil. |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Staurodesmus</i> sp.  |  |   | 3  |    |  |  |  |  |
| <i>Zygnema</i> sp.   |  |   | 3  |    |  |  |  |  |
| Zygnemaphyceae filamentosa não identificada                      |  | 6 |    |    |  |  |  |  |
| <i>Gimmodinium</i> sp.   |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Peridinium umbonatum</i> F. Stein                             |  |   | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Peridinium</i> sp.  |  | 9 | 18 | 12 |  |  |  |  |
| <i>Peridinium</i> sp 1   |  | 9 | 14 | 11 |  |  |  |  |
| <i>Peridinium</i> sp2  |  |   |    |    |  |  |  |  |
| <i>Peridinium</i> sp3  |  |   | 2  |    |  |  |  |  |
| Dinophyceae não identificada                                     |  |   | 2  |    |  |  |  |  |
| <i>Oedogonium</i> sp.  |  | 3 | 3  | 3  |  |  |  |  |
| <i>Gonyostomum</i> sp.   |  | 3 | 6  | 3  |  |  |  |  |

### Diversidade alfa (número de táxons por amostra)

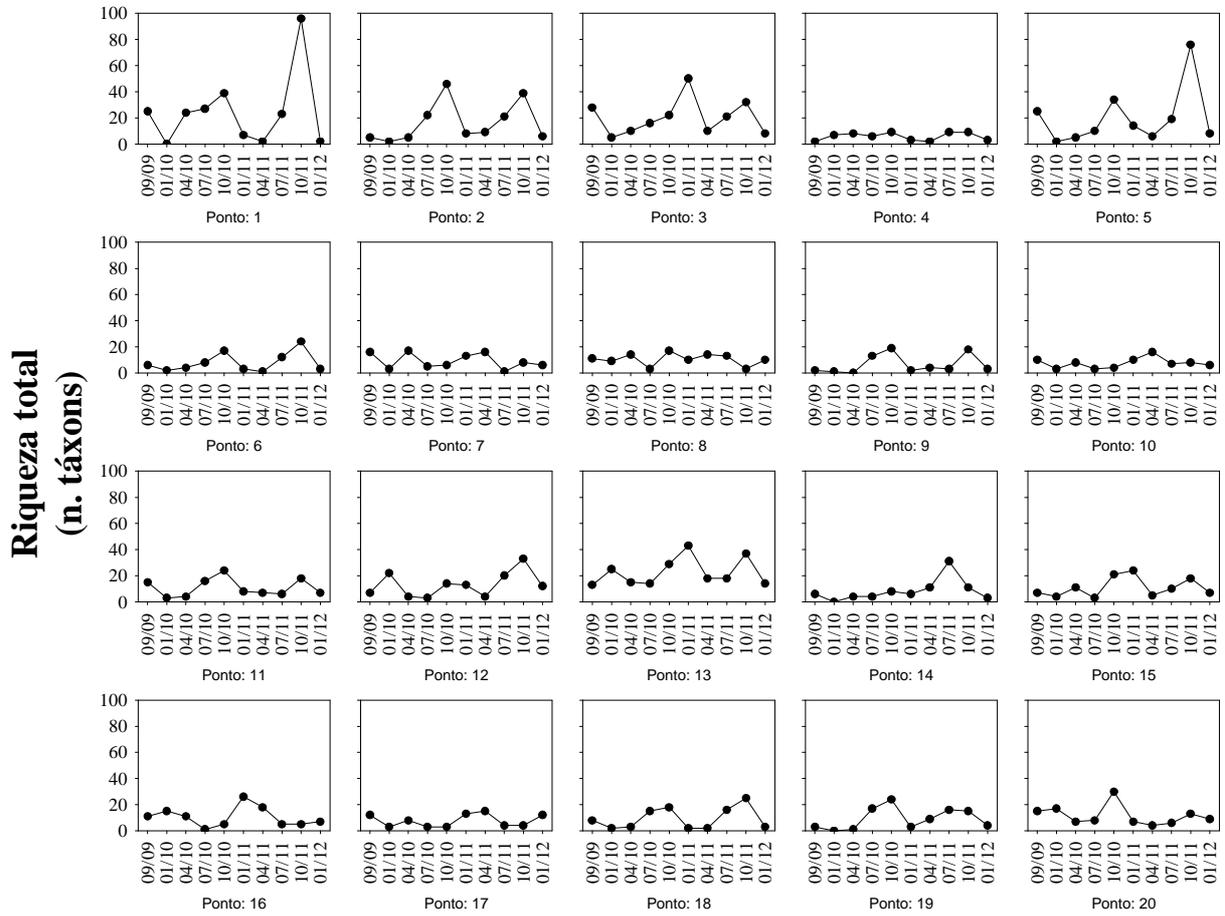
Foram registrados baixos valores de diversidade alfa na área de influência da futura AHE Jirau (**Figura 26**). Maiores valores médios foram verificados no período de águas baixas tanto para os pontos situados no rio Madeira quanto nos tributários. Maior variabilidade espacial ocorreu no período de águas baixas tanto entre os pontos amostrados nos tributários quanto nos tributários (**Figura 26**).

Foi registrada baixa diversidade alfa nos pontos situados no rio Madeira em janeiro de 2012, variando de 2 no rio Mamoré a 6 no ponto P2 (**Figura 26, Tabela 8**), com média de 4 táxons por amostra. Os maiores valores médios de riqueza de espécies foram verificados em julho e outubro de 2010 e 2011.

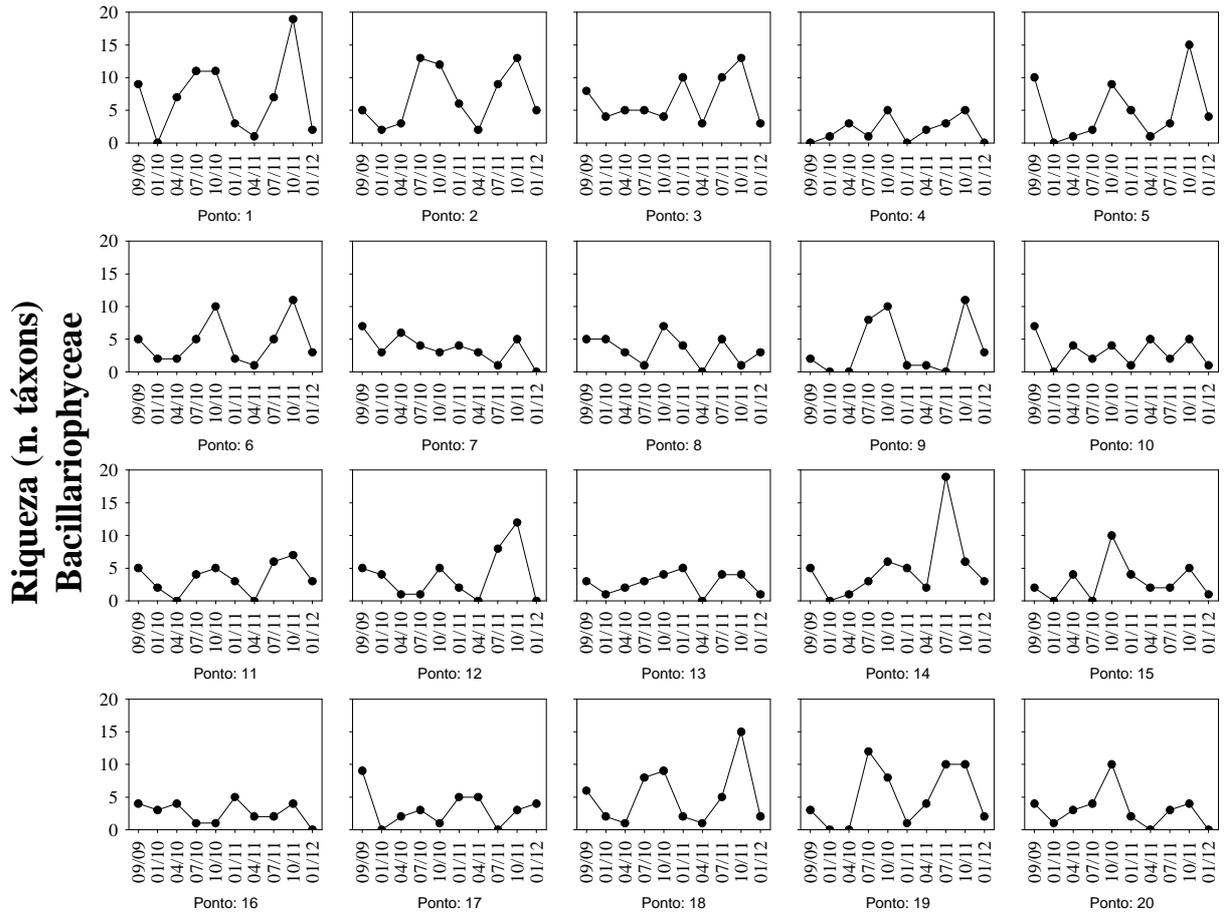
A hidrodinâmica de sistemas lóticos, caracterizada por alto fluxo e alta turbidez, condições intensificadas no período de águas altas, limita o estabelecimento das populações tipicamente planctônicas, sendo comum o registro de baixos valores de riqueza nestes sistemas.

Diferente do observado em outubro de 2011, a média de táxons registrada para o rio Madeira em janeiro de 2012 foi menor que a verificada para os tributários (8 táxons), nos quais a riqueza variou de 3 táxons no ponto P4 a 14 táxons no ponto P13 (**Figura 26**).

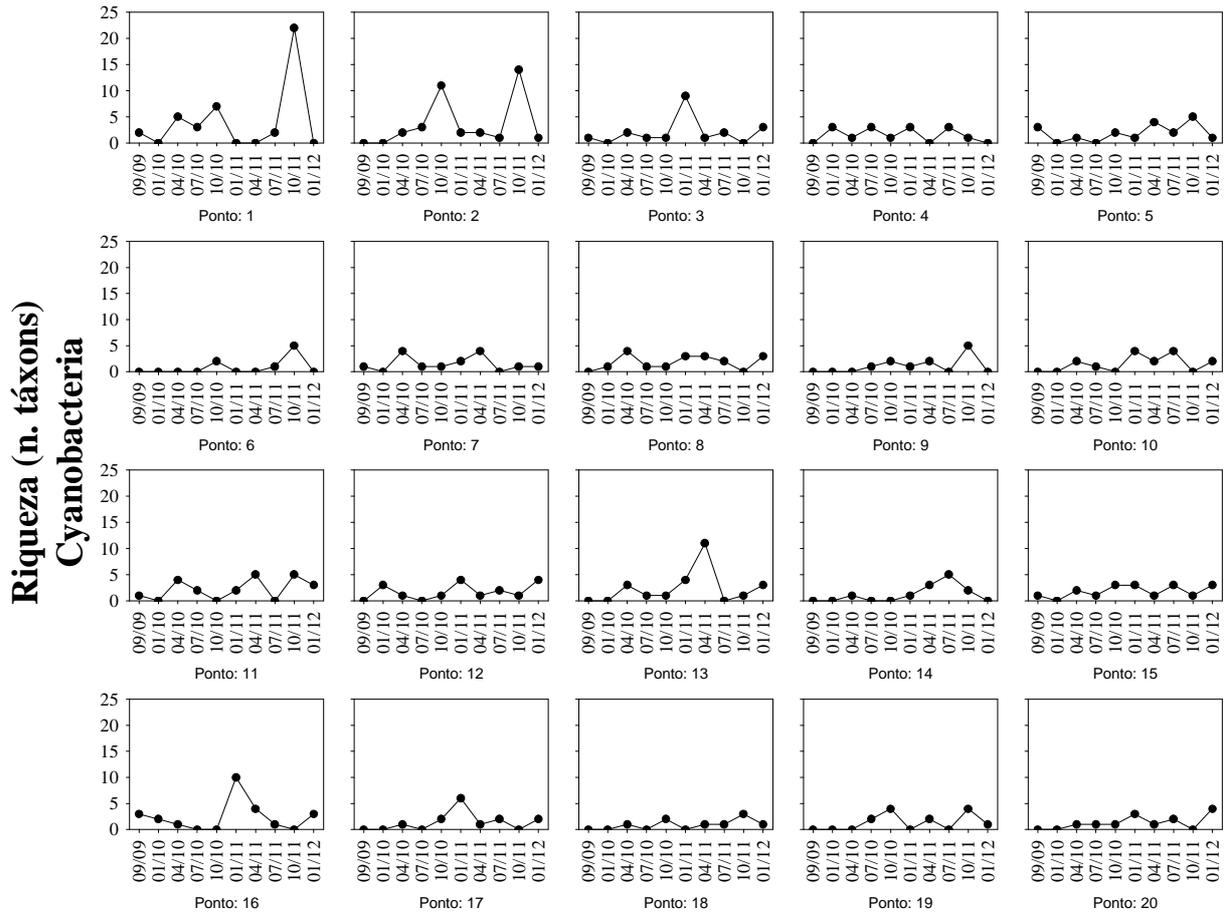
Os grupos fitoplancônicos com maior contribuição a riqueza de espécies foram Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae (**Figuras 27-30**).



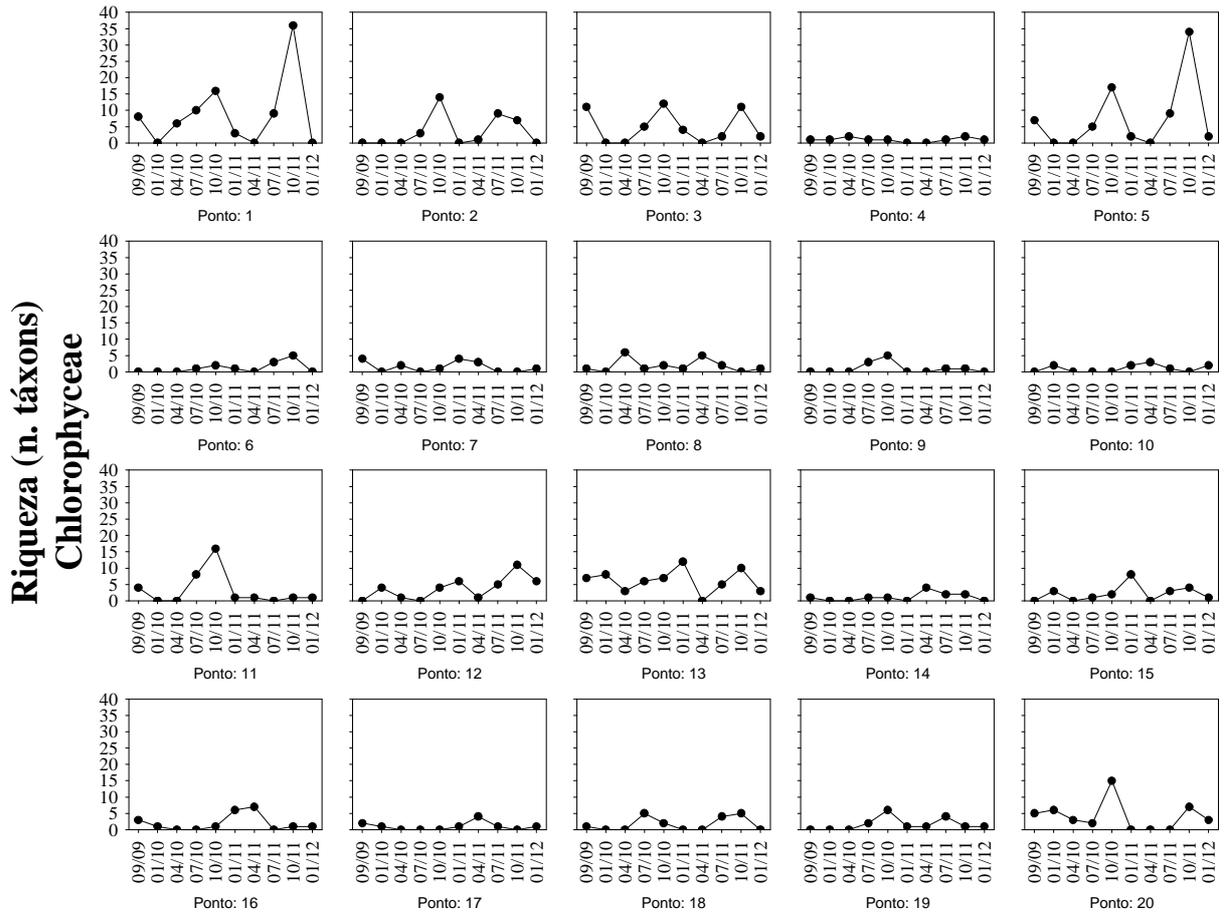
**Figura 26.** Variação temporal e espacial da riqueza total de espécies fitoplancônicas na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.



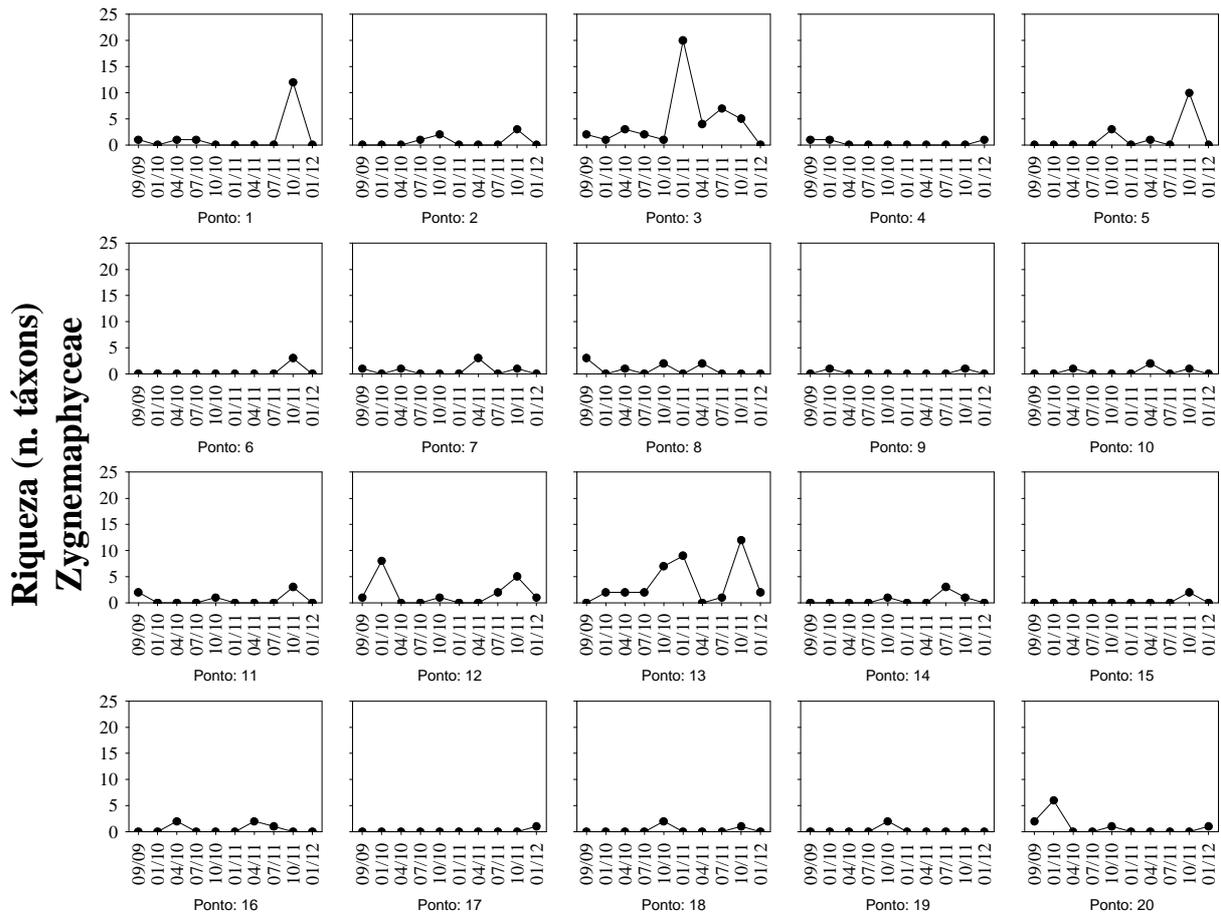
**Figura 27.** Variação temporal e espacial da riqueza de Bacillariophyceae na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.



**Figura 28.** Variação temporal e espacial da riqueza de Cyanobacteria na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.



**Figura 29.** Variação temporal e espacial da riqueza de Chlorophyceae na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.



**Figura 30.** Variação temporal e espacial da riqueza de Zygnemaphyceae na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

### Análise de rarefação

A análise de rarefação realizada para comparar a riqueza de espécies entre os ambientes, considerando um mesmo valor de densidade, evidenciou maiores valores de riqueza nos tributários.

Estes resultados corroboram com os resultados obtidos para os valores de riqueza de espécies e densidade, pois nestes ambientes (tributários) ocorreram os mais altos valores destes atributos da comunidade (**Figura 26-30**). Não se observou uma influência da densidade nos padrões de riqueza, provavelmente em função da baixa variação da densidade observada, em geral, para toda a área de estudo. Ou seja, em geral, para uma mesma densidade, são esperados maiores valores de riqueza de espécies nos tributários, especialmente no período de águas baixas (**Figura 31, 32**).

**Figura 31.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, nos meses correspondentes ao período de águas baixas.

**Figura 32.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, nos meses correspondentes ao período de águas altas.

### **Diversidade Beta**

A composição da comunidade fitoplanctônica foi similar entre os sistemas amostrados tanto no período de águas altas quanto nas águas baixas, sendo verificados baixos valores de diversidade beta (**Tabela 10**).

Para o rio Madeira a composição fitoplanctônica foi mais heterogênea no período de águas altas, em janeiro de 2010, janeiro, abril de 2011 e janeiro de 2012 e mais similar no período de águas baixas, em setembro de 2009 e outubro de 2011. Para os tributários, os maiores valores de diversidade beta foram registrados em abril de 2010, abril e julho de 2011 e janeiro de 2012, e os menores em janeiro e outubro de 2011 (**Tabela 10**).

A menor conectividade entre os ambientes no período seco, período no qual provavelmente ocorre menor dispersão de inóculos entre os pontos situados no rio Madeira e tributários, pode ter influenciado a baixa porcentagem de alteração na composição de espécies ao longo do gradiente ambiental no período de baixos níveis fluviométricos. Por outro lado no período de águas altas, os ambientes apresentaram composição homogênea. De fato, a heterogeneidade dos sistemas e a diferença de nichos entre espécies (isto é, requerimento de cada espécie) podem influenciar na similaridade dos sistemas conectados, possibilitando um incremento da diversidade beta (TOCKNER *et al.*, 1999).

**Tabela 10.** Valores (%) de diversidade beta temporal para os pontos amostrados no rio Madeira e tributários.

|                         | Madeira | Tributários |
|-------------------------|---------|-------------|
| <b>Setembro de 2009</b> | 5       | 19          |
| <b>Janeiro de 2010</b>  | 42      | 17          |
| <b>Abril de 2010</b>    | 6       | 24          |
| <b>Julho de 2010</b>    | 18      | 18          |
| <b>Outubro de 2010</b>  | 13      | 17          |
| <b>Janeiro de 2011</b>  | 29      | 13          |
| <b>Abril de 2011</b>    | 29      | 29          |
| <b>Julho de 2011</b>    | 26      | 23          |
| <b>Outubro de 2011</b>  | 4       | 7           |
| <b>Janeiro de 2012</b>  | 28      | 33          |
| <b>Águas altas</b>      | 7       | 5           |
| <b>Águas baixas</b>     | 3       | 3           |

### Densidade e biomassa fitoplanctônica

Os valores de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos amostrados na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo foram baixos, sendo inferiores a  $500 \text{ ind.mL}^{-1}$  e a  $1,0 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$  (**Figura 33**), na maioria das amostras. Os maiores valores médios foram verificados em julho e outubro de 2011, correspondentes

ao período seco, enquanto que os menores valores foram registrados em janeiro e abril de 2010, período chuvoso. Os pontos P1 e P14 apresentaram os maiores valores médios e os menores foram verificados nos pontos P4, P10 e P17.

Assim como registrado em outubro de 2011, o ponto P1 apresentou o maior valor de densidade no rio Madeira em janeiro de 2012 ( $193 \text{ ind.mL}^{-1}$ ). O maior valor de biomassa registrado neste mês no rio Madeira também foi registrado no ponto P1 ( $0,61 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), no entanto o mesmo apresentou um decréscimo acentuado da densidade e biomassa relação ao período anterior ( $3305 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $4,03 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ ), o que pode ser atribuído a maior velocidade de fluxo e menor disponibilidade luminosa durante o período chuvoso. Os menores valores de biomassa no rio Madeira em janeiro de 2012 foram registrados no ponto P6 ( $11 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,01 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ ) (**Figura 33**) e os valores médios de densidade e biomassa foram de  $86 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,19 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ , respectivamente.

Os valores de densidade e biomassa fitoplanctônica foram mais altos nos tributários em janeiro de 2012, quando comparado ao rio Madeira. Os valores de densidade variaram de  $13 \text{ ind.mL}^{-1}$  no ponto P15 a  $1887 \text{ ind.mL}^{-1}$  no ponto P4, com valor médio de  $695 \text{ ind.mL}^{-1}$ . Os valores de biomassa variaram de  $0,003 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$  no ponto P16 a  $7,06 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$  no ponto P4 (**Figura 33**), com valor médio de  $2,53 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$  por amostra.

Os baixos valores de densidade e biomassa verificados na maioria dos pontos são geralmente verificados em sistemas lóticos, devido ao fato da comunidade fitoplanctônica ser 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).

A variabilidade sazonal observada para os atributos fitoplanctônicos no rio Madeira e tributários, podem ser atribuídas às flutuações do nível fluviométrico do rio Madeira em função do regime de chuvas, que refletiram diretamente na vazão e no tempo de residência da água deste rio e, conseqüentemente, na hidrodinâmica dos tributários.

Os maiores valores de densidade e biomassa, durante o período seco, foram registrados nos rios Madeira, devido provavelmente a menor vazão e maior disponibilidade luminosa durante esse período. Durante o período chuvoso, os maiores valores foram registrados nos tributários (**Figura 33**) e podem ser atribuídos a entrada

de inóculos devido a maior influência das margens e maior efeito de confluência com ambientes adjacentes (BENDA et al., 2004).

Os grupos fitoplanctônicos também responderam à variabilidade sazonal e espacial e apresentaram maiores valores de densidade e biomassa de acordo com seus respectivos requisitos ecológicos. As bacilariofíceas, as quais são tolerantes a baixa intensidade luminosa e velocidade de fluxo, apresentaram maiores valores de densidade e biomassa no rio Madeira em ambos os períodos do ciclo hidrológico (**Figura 34**).

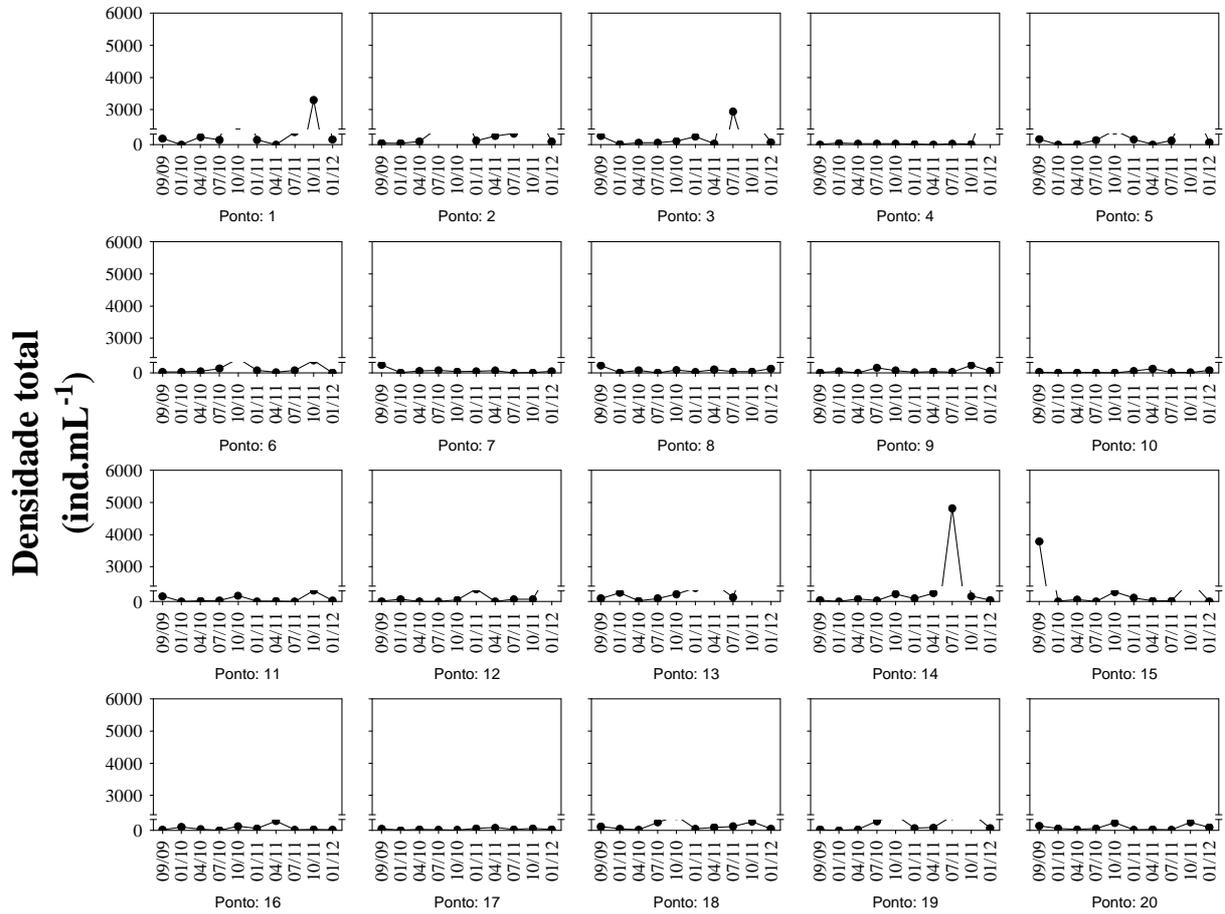
As cianobactérias, as quais são tolerantes a baixa intensidade luminosa, mas são sensíveis à elevada vazão, apresentaram maiores valores de densidade e biomassa no rio Madeira no período de águas baixas e nos tributários nos período de águas altas. As clorofíceas e zignemafíceas, as quais são sensíveis a baixa intensidade luminosa, apresentaram maiores valores de densidade e biomassa nos tributários em ambos os períodos do ciclo hidrológico.

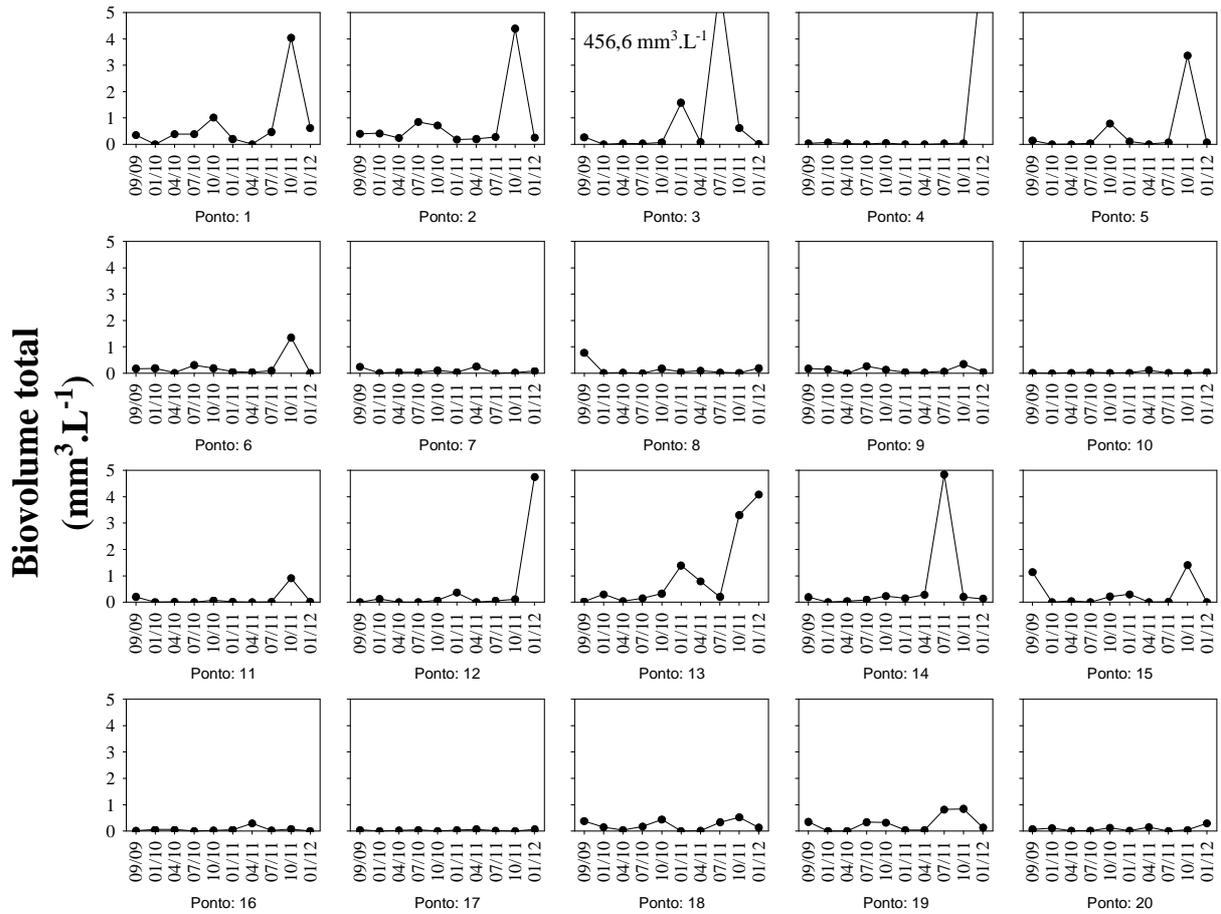
As espécies mixotróficas pertencentes aos grupos Chrysophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae e Dinophyceae apresentaram maiores valores de densidade e biomassa nos tributários, durante o período de águas baixas, devido provavelmente a maior disponibilidade de matéria orgânica registrada nos mesmos. Durante o período de águas altas foram registrados maiores valores de biomassa de Euglenophyceae e Cryptophyceae no rio Madeira, os quais podem ser atribuídos ao transporte de biomassa algal e matéria orgânica para o canal principal, provenientes dos ambientes adjacentes.

Zygnemaphyceae, Cyanobacteria e Bacillariophyceae apresentaram maior contribuição à densidade e biomassa fitoplanctônica em janeiro de 2012 (**Tabela 11**). Zygnemaphyceae apresentou maior contribuição à densidade e biomassa nos pontos P4, P12 e P20 e aos valores de biomassa no ponto P13.

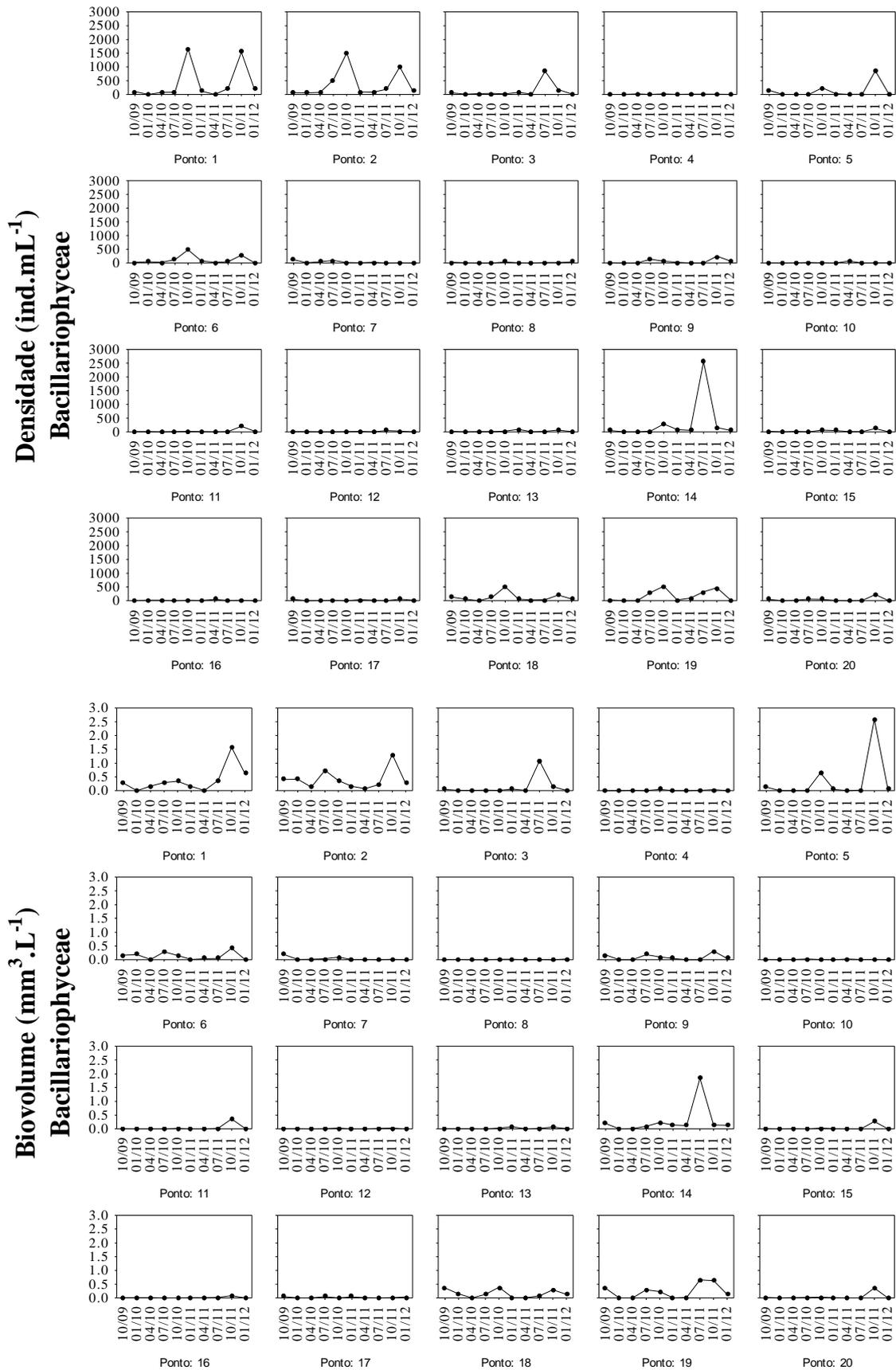
A maior vazão destes ambientes durante o período chuvoso, juntamente com a maior influência das margens quanto ao transporte de inóculos, podem ter sido os fatores responsáveis pelo incremento de Zygnemaphyceae. A dominância de espécies deste grupo, sensíveis a estratificação da coluna e tolerantes a deficiência de nutrientes (REYNOLDS et al., 2002) pode explicar os altos valores de densidade e biomassa, em condições de baixas concentrações de nutrientes, os quais provavelmente foram diluídos.

As bacilariofíceas, as quais possuem adaptações para se desenvolverem em sistemas lóticos e turvos, apresentaram maior contribuição aos valores de densidade e biomassa em todos os pontos do rio Madeira e nos tributários P5, P11 e P17.





**Figura 33.** Variação temporal e espacial da densidade e biomassa fitoplânctônica total na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.



**Figura 34.** Variação temporal e espacial da densidade e biomassa de Bacillariophyceae na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

**Tabela 11.** Densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) dos táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

| Taxons   | P1  | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <b>BACILLARIOPHYCEAE</b>   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow  |     |    |    |    |    | 1  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 3   |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.  |     |    |    |    |    |    |    |    | 27 |     |     |     |     | 1   |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var.<br><i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.                  |     |    |    |    |    |    |    |    | 27 |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var.<br><i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.                       | 138 |    |    |    | 9  |    |    |    |    |     |     |     |     | 28  |     |     |     | 29        | 29        | 1         | 29  |     |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var.<br><i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim. fa.<br><i>curvata</i> |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 55  |           |           |           |     |     |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.)<br>Sim.   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 1   |           |           |           |     |     |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e<br>Grunow) Holk e Klee                              | 55  | 28 |    |    |    | 1  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | 3   |     |
| <i>Cocconeis</i> sp.   |     |    |    |    |    |    |    | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           | 1         |           |     | 3   |
| <i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.   |     |    |    |    | 9  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Eumotia</i> sp.   |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     | 28  |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Fragilaria</i> sp.  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 9   |     | 9   |     |     |     |     |           |           |           | 3   |     |
| <i>Frustulia</i> sp.   |     |    |    |    |    |    |    | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gyrosigma</i> sp.   |     | 28 |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gomphonema angustatum</i> (E. T.<br>Kützing) G. L. Rabenhors.                           |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | 3   |     |
| <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 9   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.)<br>Kütz.  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           | 1         |     |     |
| <i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | 3   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Navicula</i> sp.  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           | 3   |     |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith  |     |    |    |    | 1  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 29        | 3         |           | 1   |     |
| <i>Pinnularia</i> sp.  |     | 1  |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Pennales não identificada  |     |    | 18 |    | 9  | 9  |    | 18 | 27 | 9   | 9   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Pennales não identificada 1  |     |    | 1  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

**Tabela 11.** Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <b>CYANOBACTERIA</b>                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West         |    |    |    |    |    |    |    | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           | 1         |     |     |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 18  |     |     | 3   |     |           | 1         |           |     | 3   |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nägeli                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 1   |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Geitlerinema</i> sp.                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 1   |     |     |     |     | 3   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Jaaginema</i> sp.                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 3   |           |           |           |     |     |
| <i>Lemmermanniella flexa</i> Hindák                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   | 775 |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 9   | 27  |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Phormidium</i> sp.                                     |    |    |    |    |    |    | 9  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 1         |           |           |     |     |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnost. & Komárek |    | 1  |    |    | 9  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 18  |     | 1   |     | 3   |           |           |           | 29  | 6   |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.                                 |    |    |    |    |    |    |    | 18 |    |     |     | 9   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Rabdogloea</i> sp.                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 9   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Romeria gracilis</i> Koczw.                            |    |    | 18 |    |    |    |    | 45 |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Romeria</i> sp.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | 3   |     |           |           |           |     | 3   |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Kom. & Hindák          |    |    | 9  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | 3   |     |     |           |           |           |     | 6   |
| Oscillatoriales não identificada                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1   | 1   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Phormidiaceae não identificada                            |    |    | 18 |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>                                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.                                  |    |    |    |    |    |    | 9  | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.               |    |    | 9  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm.                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | 6   |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | 3   |

**Tabela 11.** Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <i>Desmodemus hystrix</i> (Lagerh.) E. Hegew.           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 3   |           |           |           |     |     |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák)                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 45  |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Komárek sensu Komárek                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárek - Legn.  |    |    |    |    | 18 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárek - Legn. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 1   |     |     |     |     |     |     |           |           |           | 29  |     |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárek.-Legn.  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 9   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard                 |    |    |    | 18 |    |    |    |    |    |     |     |     | 9   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Monoraphidium</i> sp.                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   |     |     |     |     | 3   |           |           |           |     |     |
| <i>Oocystis lacustris</i> Chodat                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat          |    |    |    |    | 9  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   | 36  |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 9   |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Sphaerellopsis</i> sp.                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 9   |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.               |    |    |    | 9  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 18  |     |     | 1   |     |     |           |           |           |     | 3   |
| Chlorococcales não identificada 1                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 9   |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| Chlorococcales não identificada 2                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 18  |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>                                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Kephyrion littorale</i> Pascher                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 1   |           |           |           |     |     |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Euglena</i> sp.                                      |    |    |    |    |    |    |    | 9  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     | 3   |           |           |           |     |     |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |           |           |           |     | 3   |
| <i>Trachelomonas</i> sp.                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 18  |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

Tabela 11. Continuação.

| Taxons  | P1 | P2 | P3 | P4   | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13  | P14 | P15 | P16 | P17 | P18-<br>S | P18-<br>M | P18-<br>F | P19 | P20 |
|---|----|----|----|------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----|-----|
| <b>CRYPTOPHYCEAE</b>  |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.               |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     | 1   |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.                    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     | 9    |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                |    |    |    | 27   | 18 |    | 9  | 27 |    | 27  |     | 9   | 270  |     |     | 3   |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cryptomonas</i> sp.  |    |    |    |      |    |    | 18 |    |    |     |     |     | 81   |     | 3   | 3   | 9   |           |           |           |     | 3   |
| <b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>   |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Cosmarium candianum</i> Delponte                               |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     | 3   |
| <i>Mougeotia</i> sp.  |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     | 9    |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Staurastrum columbetoides</i> West & G.S West                  |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     | 18   |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordsted.) West & G. S. West |    |    |    | 1851 |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Stauroidesmus</i> sp.  |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     | 1181 |     |     |     |     |           |           |           |     | 72  |
| <b>DINOPHYCEAE</b>  |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Peridinium</i> sp.   |    |    |    |      |    |    | 9  |    |    |     |     |     | 27   |     | 1   |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Peridinium</i> sp 1  |    |    |    |      |    |    | 9  |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     | 1   |
| <b>RAPHYDOPHYCEAE</b>   |    |    |    |      |    |    |    |    |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |
| <i>Gonyostomum</i> sp.  |    |    |    |      |    |    |    | 9  |    |     |     |     |      |     |     |     |     |           |           |           |     |     |

## Cianobactérias na área de influência do AHE Jirau

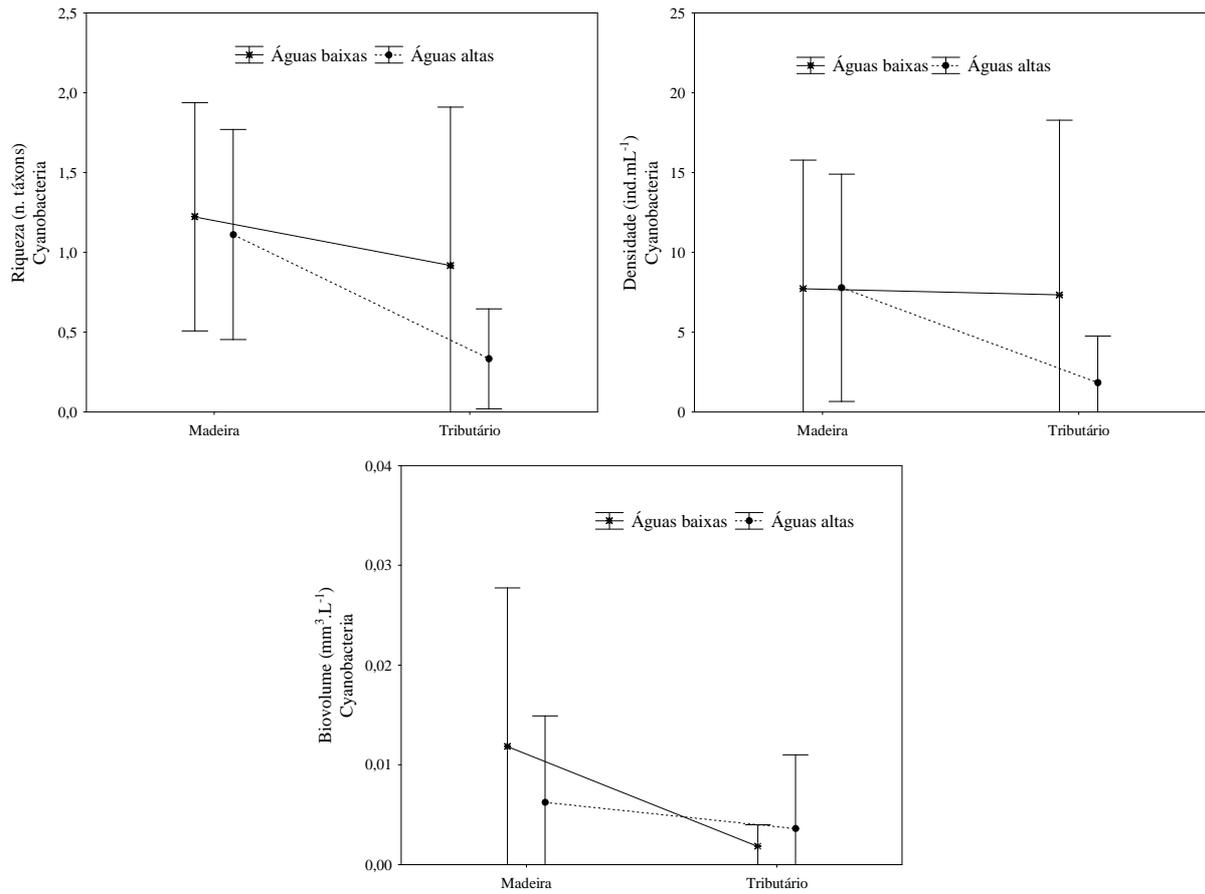
As cianobactérias apresentaram baixa contribuição aos valores de riqueza, densidade e biomassa durante todo o período de estudo. Valores mais altos de riqueza e densidade de Cyanobacteria foram verificados no período de águas baixas nos tributários e no período de águas altas no rio Madeira. Já os valores de biovolume foram maiores no rio Madeira, em ambos os períodos do ciclo hidrológico (**Figura 35**).

Cyanobacteria apresentou maior contribuição à densidade nos tributários P3, P8, P13, P15 e P16 e aos valores de biomassa no tributário P16, em janeiro de 2012. Este grupo foi representado principalmente por espécies que apresentam alta taxa de crescimento, abundância numérica, adaptação à rápida aquisição de recursos e com alta razão superfície volume, o que diminui as perdas por sedimentação (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; KRUK et al., 2010).

Foram registrados táxons planctônicos e potencialmente toxigênicos, os quais são característicos de ambientes eutróficos, como *Aphanocapsa*, *Aphanizomenon*, *Chroococcus*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena* e *Snowella*.

O número de células e o biovolume registrado em janeiro de 2012 foi baixo (**Tabela 12**), sendo inferiores a  $5000 \text{ células.mL}^{-1}$  e  $1,0 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ , 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 nº 357/2005, as quais podem ser destinadas aos usos previstos para esta classe de água.

A despeito das cianobactérias apresentarem muitas vantagens adaptativas, podendo dominar em uma gama de variabilidade ambiental, estas requerem certa constância ambiental para seu desenvolvimento (REYNOLDS et al., 2002) o que explica seu baixo desenvolvimento no sistema estudado.



**Figura 35.** Variação temporal da riqueza, densidade e biomassa de Cyanobacteria, durante o período de estudo.

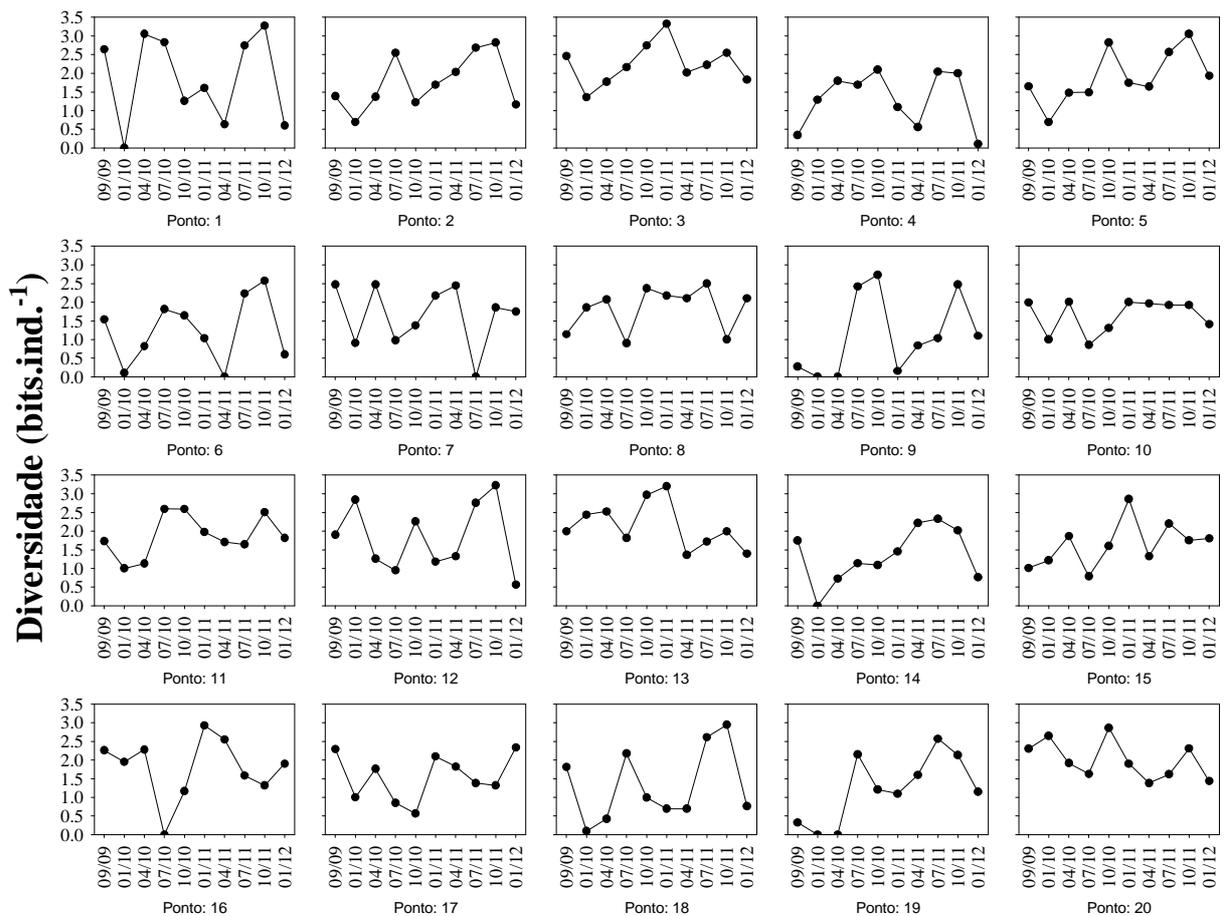
**Tabela 12.** Densidade (células.mL<sup>-1</sup>) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

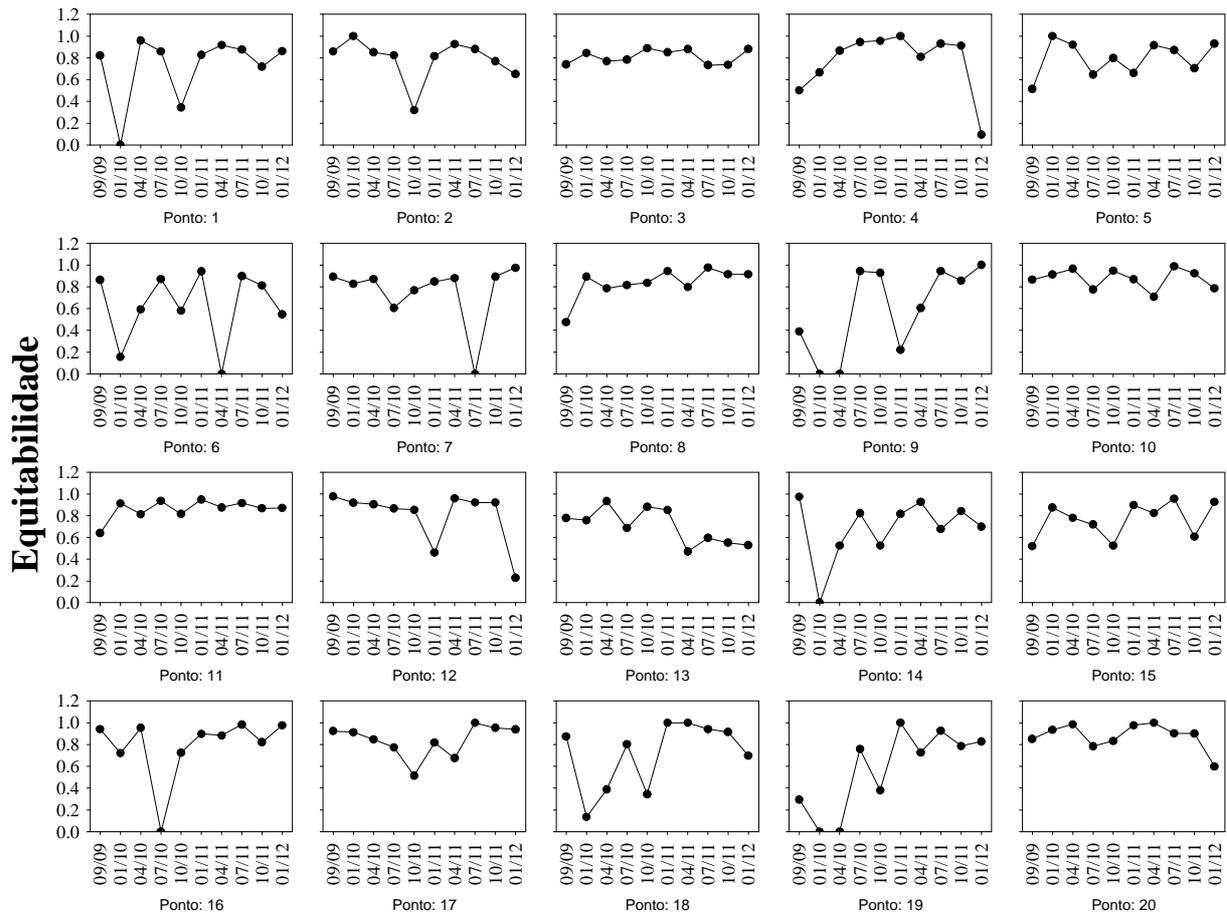
| Taxons  | P1         | P2         | P3         | P4        | P5         | P6        | P7         | P8        | P9        | P10        | P11         | P12       | P13       | P14       | P15       | P16       | P17       | P18-S     | P18-M      | P18-F | P19 | P20 |
|---|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|-----|-----|
| <b>CYANOBACTERIA</b>                                      |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West         |            |            |            |           |            |           |            | 360       |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            | 20    |     |     |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.             |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           | 144       |           |           | 24        |           |           | 15         |       |     | 24  |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nägeli                 |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           | 20        |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Geitlerinema</i> sp.                                   |            |            |            |           |            |           |            |           |           | 10         |             |           |           |           |           | 30        |           |           |            |       |     |     |
| <i>Jaaginema</i> sp.                                      |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            | 30    |     |     |
| <i>Lemmermanniella flexa</i> Hindák                       |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             | 45        | 3875      |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.                   |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            | 72          | 216       |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Phormidium</i> sp.                                     |            |            |            |           |            |           | 90         |           |           |            |             |           |           |           |           |           |           | 10        |            |       |     |     |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnost. & Komárek |            | 100        |            |           | 900        |           |            |           |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek         |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           | 54        |           | 3         |           | 12        |           |            |       | 87  | 24  |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.                                 |            |            |            |           |            |           |            | 54        |           |            |             | 32        |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Rabdogloea</i> sp.                                     |            |            |            |           |            |           |            |           |           | 18         |             |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Romeria gracilis</i> Koczw.                            |            |            | 72         |           |            |           |            | 135       |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Romeria</i> sp.  |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             | 32        |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <i>Snowella atomus</i> Komárek e Hindák                   |            |            |            |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           |           | 36        |           |           |            |       |     | 36  |
| <i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Kom. & Hindák          |            |            | 94         |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           | 34        |           |           |           |            |       |     | 36  |
| Oscillatoriales não identificada                          |            |            |            |           |            |           |            |           |           | 10         | 10          |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| Phormidiaceae não identificada                            |            |            | 180        |           |            |           |            |           |           |            |             |           |           |           |           |           |           |           |            |       |     |     |
| <b>Total</b>  | <b>100</b> | <b>346</b> | <b>900</b> | <b>90</b> | <b>549</b> | <b>90</b> | <b>549</b> | <b>28</b> | <b>92</b> | <b>325</b> | <b>4073</b> | <b>57</b> | <b>90</b> | <b>42</b> | <b>10</b> | <b>15</b> | <b>20</b> | <b>87</b> | <b>120</b> |       |     |     |

## Diversidade de espécies e equitabilidade

Os valores do índice de diversidade de Shannon aplicado para a comunidade fitoplancônica foram baixos na maioria dos pontos (**Figura 36**), sendo os valores médios inferiores a 2,5 bits.ind.<sup>-1</sup> em todos os pontos no período de águas altas. Altos valores ocorreram principalmente no período de águas baixas, nos pontos situados nos tributários e no rio Mamoré.

Os valores de equitabilidade foram altos na maioria dos pontos devido a alta proporção de espécies raras, o que é comum em sistemas lóticos. Maiores valores médios foram verificados nos tributários, no período de águas altas. No rio Madeira ocorreram menores valores no período de águas altas. Os baixos valores de diversidade de espécies no sistema estudado podem ser atribuídos aos baixos valores de riqueza de espécies na maioria dos pontos.





**Figura 36.** Variação espacial da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

### Espécies indicadoras (IndVAL)

Considerando o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012 foram registradas 39 espécies fitoplanctônicas com valores indicadores (IV) significativos, destas 29 foram indicadoras das condições ambientais no rio Madeira e 10 foram indicadoras nos tributários. Não foram registrados valores indicadores significativos no período de águas altas no rio Madeira.

Para os tributários foram registradas 07 (sete) espécies significativamente indicadoras no período de águas baixas e 03 (três) espécies no período de águas altas. O maior número de espécies indicadoras nos tributários, e a contribuição de espécies epífitas, epipélicas e mixotróficas ressaltaram as maiores concentrações de matéria orgânica, maior transparência da água e maior influência das margens no transporte de inóculos nestes ambientes.

Não foram registrados valores indicadores significativos no período de águas altas no rio Madeira, o que pode ser atribuído a alta contribuição de espécies raras no mesmo (Tabela 13).

**Tabela 13.** Espécies fitoplanctônicas indicadoras das estações amostradas no rio Madeira e nos tributários, nos períodos de águas altas (AA) e águas baixas (AB). (A = abundância, F = frequência, IV = valor indicador - %). (Altos valores indicadores estão em negrito).

| Táxons  | Madeira |    |           |    |    |           | Tributários |    |           |    |     |           | p     |
|---|---------|----|-----------|----|----|-----------|-------------|----|-----------|----|-----|-----------|-------|
|   | AB      |    |           | AA |    |           | AB          |    |           | AA |     |           |       |
|   | A       | F  | IV        | A  | F  | IV        | A           | F  | IV        | A  | F   | IV        |       |
| <i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.                        | 79      | 14 | <b>11</b> | 0  | 0  | 0         | 19          | 8  | 1         | 2  | 2   | 0         | 0,01  |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow                                   | 20      | 3  | 1         | 4  | 3  | 0         | 67          | 18 | <b>12</b> | 5  | 9   | 0         | 0,01  |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                               | 69      | 51 | <b>35</b> | 28 | 19 | 5         | 3           | 5  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,001 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.  | 80      | 63 | <b>50</b> | 15 | 13 | 2         | 4           | 3  | 0         | 3  | 1   | 0         | 0,001 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.       | 58      | 83 | <b>48</b> | 30 | 41 | <b>12</b> | 11          | 9  | 1         | 3  | 1   | 0         | 0,001 |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.                             | 74      | 31 | <b>23</b> | 7  | 6  | 0         | 19          | 5  | 1         | 0  | 0   | 0         | 0,001 |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee              | 57      | 54 | <b>31</b> | 25 | 22 | 6         | 14          | 20 | 3         | 8  | 4   | 0         | 0,001 |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                    | 91      | 46 | <b>41</b> | 6  | 9  | 1         | 2           | 2  | 0         | 6  | 2   | 0         | 0,001 |
| <i>Fragilaria</i> sp.   | 79      | 54 | <b>43</b> | 1  | 6  | 0         | 12          | 25 | 3         | 20 | 8   | 2         | 0,001 |
| <i>Gyrosigma</i> sp.  | 79      | 17 | <b>14</b> | 18 | 3  | 1         | 3           | 2  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,001 |
| <i>Gyrosigma</i> sp1  | 91      | 31 | <b>29</b> | 0  | 0  | 0         | 6           | 3  | 0         | 2  | 3   | 0         | 0,001 |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith                                 | 62      | 63 | <b>39</b> | 16 | 16 | 2         | 20          | 32 | 6         | 8  | 3   | 0         | 0,001 |
| <i>Nitzschia tubicola</i> Grunow  | 84      | 20 | <b>17</b> | 0  | 0  | 0         | 6           | 3  | 0         | 2  | 10  | 0         | 0,001 |
| <i>Nitzschia</i> sp.  | 69      | 34 | <b>24</b> | 14 | 9  | 1         | 15          | 11 | 2         | 2  | 1   | 0         | 0,001 |
| <i>Synedra goulardii</i> Bréb.  | 100     | 11 | <b>11</b> | 0  | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,002 |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.                                    | 79      | 34 | <b>27</b> | 17 | 3  | 1         | 0           | 0  | 0         | 3  | 4   | 0         | 0,001 |
| <i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.                                   | 100     | 11 | <b>11</b> | 0  | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,001 |
| <i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmerm.                           | 15      | 3  | 0         | 0  | 0  | 0         | 7           | 3  | 0         | 19 | 78  | <b>15</b> | 0,001 |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seenayya & Subba Raju   | 84      | 17 | <b>14</b> | 15 | 3  | 0         | 0           | 0  | 0         | 2  | 2   | 0         | 0,001 |
| <i>Geitlerinema</i> sp.   | 55      | 29 | <b>16</b> | 25 | 16 | 4         | 9           | 9  | 1         | 13 | 10  | 1         | 0,01  |
| <i>Komvophoron</i> sp.  | 81      | 20 | <b>16</b> | 0  | 0  | 0         | 15          | 9  | 1         | 5  | 4   | 0         | 0,004 |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.                                 | 70      | 20 | <b>14</b> | 11 | 3  | 0         | 9           | 9  | 1         | 5  | 10  | 0         | 0,014 |
| <i>Romeria gracilis</i> Koczw.  | 0       | 0  | 0         | 34 | 6  | 2         | 0           | 0  | 0         | 17 | 66  | <b>11</b> | 0,007 |
| <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.                                    | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 11 | 100 | <b>11</b> | 0,008 |
| <i>Actinastrum aciculare</i> Playf.                                     | 92      | 23 | <b>21</b> | 0  | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 2  | 8   | 0         | 0,001 |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West                    | 17      | 6  | 1         | 0  | 0  | 0         | 69          | 15 | <b>11</b> | 5  | 13  | 1         | 0,018 |
| <i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew.                       | 54      | 20 | <b>11</b> | 16 | 3  | 1         | 29          | 11 | 3         | 0  | 0   | 0         | 0,019 |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (Richter) E. Hegew.                       | 79      | 14 | <b>11</b> | 0  | 0  | 0         | 21          | 3  | 1         | 0  | 0   | 0         | 0,005 |
| <i>Desmodesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Roll) E. Hegew. | 71      | 23 | <b>16</b> | 0  | 0  | 0         | 29          | 9  | 3         | 0  | 0   | 0         | 0,003 |
| <i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz                             | 93      | 17 | <b>16</b> | 0  | 0  | 0         | 7           | 2  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,001 |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák                        | 17      | 9  | 1         | 0  | 0  | 0         | 76          | 18 | <b>14</b> | 3  | 7   | 0         | 0,004 |
| <i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárk. - Legn.                 | 17      | 9  | 1         | 13 | 3  | 0         | 59          | 18 | <b>11</b> | 8  | 11  | 1         | 0,04  |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen  | 88      | 11 | <b>10</b> | 12 | 3  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0  | 0   | 0         | 0,005 |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat                          | 75      | 20 | <b>15</b> | 0  | 0  | 0         | 12          | 3  | 0         | 3  | 13  | 0         | 0,002 |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.                          | 83      | 11 | <b>10</b> | 0  | 0  | 0         | 8           | 3  | 0         | 2  | 9   | 0         | 0,004 |
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm.  | 17      | 9  | 1         | 0  | 0  | 0         | 63          | 17 | <b>11</b> | 8  | 20  | 2         | 0,028 |
| <i>Cryptomonas</i> sp.  | 19      | 29 | 5         | 4  | 3  | 0         | 47          | 43 | <b>20</b> | 41 | 31  | <b>13</b> | 0,041 |
| <i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.                                      | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0         | 85          | 15 | <b>13</b> | 3  | 15  | 0         | 0,004 |
| <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.                            | 82      | 14 | <b>12</b> | 0  | 0  | 0         | 8           | 2  | 0         | 2  | 10  | 0         | 0,003 |

As bacilariofíceas cêntricas *Aulacoseira* spp., *Cyclotella meneghiniana* e *Discostella stelligera* e as bacilariofíceas penadas *Nitzschia*, *Fragilaria*, *Gyrosigma* dentre outras, foram exclusivamente indicadoras das condições ambientais registradas

no período de águas baixas no rio Madeira. Estes resultados ressaltam as vantagens adaptativas das bacilariofíceas em condições de alta turbulência e turbidez, por estas apresentarem altas taxas de sedimentação e necessitarem da mistura para se manterem em suspensão na camada fótica.

Cianobactérias filamentosas como *Geitlerinema*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Planktothrix* e *Oscillatoria* e clorofíceas coloniais também foram indicadoras das condições ambientais do rio Madeira, os quais são típicos de ambientes lóticos (REYNOLDS et al., 2002).

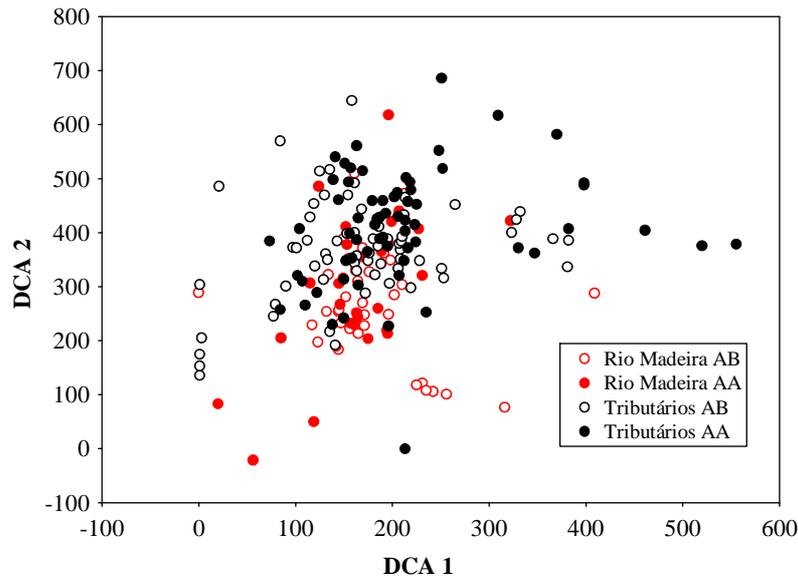
Os táxons com altos valores indicadores significativos para os tributários foram cianobactérias unicelulares e coloniais de pequenas dimensões, criptofíceas e zignemafíceas (**Tabela 13**). A baixa frequência de ocorrência e a alta densidade de algumas espécies resultaram em valores significativamente indicadores, porém baixos (%). Isto se deve à baixa frequência de ocorrência das espécies considerando todos os pontos e reflete a alta variabilidade espacial e temporal das condições limnológicas nos tributários.

#### **Estrutura da Comunidade: Análise de Correspondência (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)**

Os escores obtidos por meio da DCA para os meses e pontos de coleta e densidade dos táxons fitoplanctônicos (**Figura 37**), foram interpretados utilizando-se os dois primeiros eixos, os quais apresentaram os maiores autovalores, eixo 1 (0,91) e eixo 2 (0,67).

O diagrama da DCA evidenciou homogeneidade temporal na composição fitoplanctônica do rio Madeira, com baixa dispersão dos escores no período de águas baixas e águas altas corroborando os resultados obtidos para a diversidade beta.

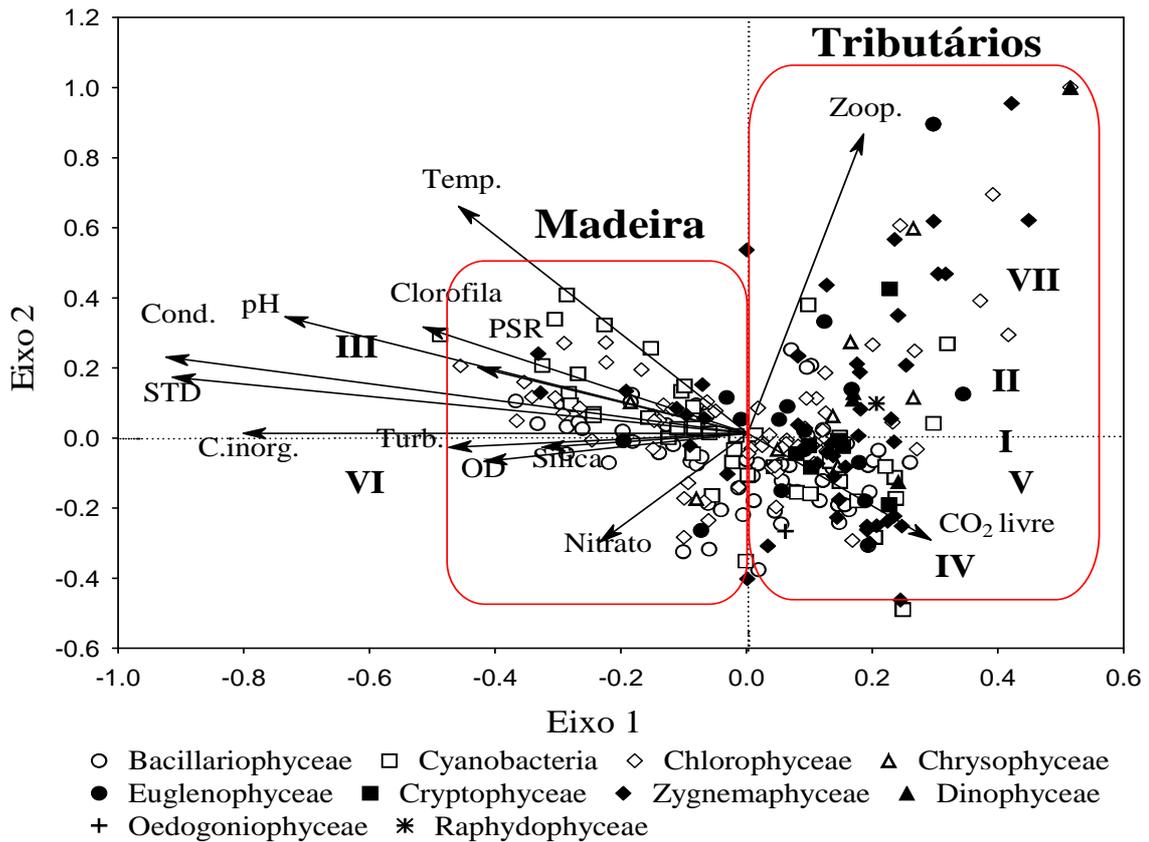
Marcante variação espacial foi verificada com a discriminação dos pontos situados no rio Madeira dos demais. Verificou-se alta variação temporal para os pontos situados nos tributários, mostrada por alta dispersão dos escores, e discriminação dos períodos de águas baixas e águas altas.



**Figura 37.** Dispersão dos escores dos pontos e meses de coleta no rio Madeira (preto) e tributários (cinza), ao longo dos dois primeiros eixos da DCA.

A CCA mostrou os dois primeiros eixos canônicos significativos de acordo com o teste de Monte Carlo ( $p < 0,05$ ). A variabilidade espacial da composição fitoplanctônica foi bastante evidente, sendo influenciada pela dominância de bacilariofíceas, cianobactérias e clorofíceas nos pontos situados no rio Madeira e por maior complexidade taxonômica nos tributários (**Figura 38**).

Esta segregação espacial se deve aos maiores valores de densidade de diatomáceas, cianobactérias e clorofíceas no rio Madeira, a esquerda do diagrama, associadas ao pH, condutividade (Cond.), sólidos totais dissolvidos (STD), OD, clorofila, sílica, turbidez, carbono inorgânico, fósforo solúvel reativo (PSR) e nitrato. As espécies pertencentes aos demais grupos fitoplanctônicos estiveram posicionadas a direita no diagrama, indicando correlação direta com o  $\text{CO}_2$  livre e maior densidade zooplanctônica. Os grupos morfológicos **III**, os quais representam cianobactérias filamentosas com aerótopos e **VI**, que representam exclusivamente as bacilariofíceas estiveram melhor representados no rio Madeira. Os grupos **I** (pequenos organismos com alta relação superfície/volume), **II** (crisofíceas), **IV** (clorofíceas, zignemafíceas, xantofíceas, cianobactérias), **V** (euglenofíceas, dinofíceas, criptofíceas) e **VII** (grandes colônias mucilaginosas) foram melhor representados nos tributários (**Figura 38**).



**Figura 38.** Dispersão dos escores dos táxons fitoplanctônicos e das variáveis ambientais, ao longo dos dois primeiros eixos da CCA.

### 5.6.2. Zooplâncton

#### Composição

Ao longo de todo o monitoramento foi identificado um total de 308 espécies, com destaque para os rotíferos, representados por 129 espécies, e protozoários testáceos por 103. Entre os cladóceros foram registradas 50 espécies e 26 táxons de copépodes.

Entre os diferentes meses de amostragem, o número de espécies registrado variou entre 202, em abril de 2010, e 79 espécies, registrada no último período de amostragem, janeiro de 2012 (**Tabela 14**), com média aproximada de 137 espécies por período de amostragem. Os elevados números de espécies registrados em abril de 2010 e abril de 2011 estão, certamente, associados ao maior esforço amostral empregado neste período, quando foram obtidas amostras nas camadas intermediárias e do fundo da coluna de água também nos diferentes tributários. Destaca-se, mais uma vez, o reduzido

número de espécies registrado no último período de amostragem, janeiro de 2012, quando foram registradas apenas 78 espécies.

Este baixo número de espécies em janeiro não era um resultado esperado, tendo em vista que, em geral, um menor número de espécies tem sido registrado nos períodos de águas baixas (julho e setembro), enquanto que no período de águas altas (janeiro e abril) têm sido registrados maiores números de espécies (**Tabela 14**).

**Tabela 14.** Número de espécies do zooplâncton e de seus grupos constituintes registrados nos diferentes períodos de amostragem do programa de monitoramento do AHE Jirau.

| Grupos/Períodos          | Set/09     | Jan/10     | Abr/10     | Jul/10     | Set/10     | Jan/11     | Abr/11     | Jul/11     | Set/11     | Jan/12    |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| <b>Testáceos</b>         | 57         | 70         | 92         | 63         | 47         | 47         | 43         | 51         | 52         | 38        |
| <b>Rotíferos</b>         | 46         | 43         | 67         | 52         | 56         | 67         | 70         | 48         | 49         | 30        |
| <b>Cladóceros</b>        | 16         | 21         | 30         | 13         | 17         | 20         | 33         | 18         | 15         | 8         |
| <b>Copépodes</b>         | 6          | 6          | 13         | 8          | 5          | 10         | 17         | 7          | 9          | 3         |
| <b>Zooplâncton Total</b> | <b>135</b> | <b>140</b> | <b>202</b> | <b>136</b> | <b>125</b> | <b>144</b> | <b>163</b> | <b>124</b> | <b>125</b> | <b>79</b> |

Em relação à contribuição dos diferentes grupos para a composição do zooplâncton, protozoários testáceos e rotíferos tem se alternado como grupo mais especioso ao longo de todo o monitoramento. Nenhum padrão sazonal, de forma que testáceos predominaram no primeiros meses de amostragem, até julho de 2010, rotíferos foram mais especiosos entre setembro de 2010 e abril de 2011, e os testáceos voltaram a ser mais representativos nos últimos dois períodos de amostragem.

Como já amplamente discutido em relatórios anteriores, em geral, os rotíferos têm sido mais especiosos para o zooplâncton de ambientes lênticos, como lagos e reservatórios (LANSAC-TÔHA et al., 1999; 2004; 2005; NOGUEIRA, 2001; SAMPAIO *et al.*, 2002; VELHO et al, 2005; VIEIRA et al., 2007), mas constituem também, em vários estudos, o grupo mais diverso do zooplâncton em ambientes lóticos (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI et al., 1997, 1998; MWEBASA-NDAWULA et al., 2005). No entanto, espécies ticoplanctônicas como as de protozoários testáceos tendem a ter uma maior participação no potamoplâncton (LANSAC-TÔHA et al., 2005; VELHO et al, 2005). Uma maior representatividade de protozoários testáceos está frequentemente associada a um incremento na velocidade de corrente, limitando ainda mais a ocorrência de grupos planctônicos, como rotíferos e microcrustáceos, e propiciando uma maior ocorrência de espécies litorâneas nas amostras de plâncton, decorrente da lavagem da vegetação litorânea e do sedimento.

Em relação à composição dos diferentes grupos, entre os protozoários testáceos tem se observado ao longo de todo o período de estudo o predomínio das famílias Diffugiidae, Arcellidae e Centropyxidae (**Tabela 15**). Tal resultado corrobora o padrão frequentemente registrado para diferentes ambientes dulcícolas (VELHO et al. 1999; LANSAC-TÔHA et al., 2007; VIEIRA et al., 2007).

Da mesma forma, entre os rotíferos, o predomínio das famílias Lecanidae e Brachionidae (**Tabela 15**), reforça um padrão recorrente para o plâncton de ambientes dulcícolas tropicais (LANSAC-TÔHA et al. 2004).

Para os microcrustáceos, tem sido registrado o predomínio de famílias litorâneas nas amostras do zooplâncton, a família Chydoridae entre os cladóceros, e os Cyclopidae, entre os copépodes, sendo este resultado, novamente, registrado em janeiro de 2012 (**Tabela 15**). Esse predomínio de organismos litorâneos na coluna de água sugere uma grande influência de condições lóxicas na área de estudo, evidenciando a importância da velocidade de corrente na organização da comunidade zooplanctônica.

**Tabela 15.** Inventário de espécies zooplanctônicas identificadas e suas respectivas densidades (indivíduos/m<sup>3</sup>) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012. (S=superfície; M= meio; F= fundo).

| Grupo                | Família                 | Espécie / Ponto de amostragem | P1                  | P2                 | P3  | P4  | P5  | P6  | P7 | P8  | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P18 | P18 | P19 | P20 |    |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|                      |                         |                               |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     | S   | M   | F   |     |     |    |
| Testáceos            | Arcellidae              | <i>Arcella arenaria</i>       |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 80  |     |    |
|                      |                         | <i>A. brasiliensis</i>        |                     | 1                  |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. vulgaris</i>            | 40                  |                    |     |     | 1   |     | 40 |     |    | 1   | 40  |     | 40  | 40  | 1   | 120 |     |     |     |     |     | 40  |    |
|                      |                         | <i>A. megastoma</i>           | 1                   |                    |     |     |     | 80  |    |     |    | 1   |     |     | 2   |     | 1   |     |     | 1   | 80  | 40  |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. discoides</i>           | 40                  | 40                 | 120 |     | 1   | 40  |    | 1   | 80 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  | 160 |    |
|                      |                         | <i>A. cf. catinus</i>         |                     |                    |     |     |     |     | 1  |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. conica</i>              |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    | 40  |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. costata</i>             |                     | 40                 |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. crenulata</i>           | 40                  |                    |     |     |     | 40  |    |     |    |     | 40  | 1   |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     | 40  |    |
|                      |                         | <i>A. gibbosa</i>             |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. hemisphaerica</i>       | 80                  |                    |     |     |     |     |    |     |    |     | 1   | 80  | 80  |     |     | 80  |     | 1   | 40  | 1   |     |     |    |
|                      |                         | <i>A. mitrata</i>             |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     | 80  | 40  |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | Centropxyidae                 | <i>C. aerophyla</i> |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     | 80  |     |     |     |     |     |     |     | 40 |
|                      |                         |                               |                     | <i>C. aculeata</i> |     | 120 |     |     | 1  | 360 |    | 80  | 1   | 120 | 40  |     | 1   | 40  |     |     |     | 40  | 1   | 40  |    |
| <i>C. ecornis</i>    | 1                       |                               |                     | 440                | 40  |     |     | 180 |    | 200 |    | 80  | 1   |     | 40  | 40  |     |     |     |     |     |     | 40  | 40  |    |
| <i>C. constricta</i> |                         |                               |                     | 120                |     |     |     | 120 |    | 1   | 40 |     |     |     | 40  |     |     |     |     | 80  | 80  | 1   |     |     |    |
| <i>C. hirsuta</i>    |                         |                               |                     | 40                 |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Trigonopyxidae       | <i>Cyclopyxis kahli</i> |                               | 1                   |                    |     |     | 120 |     |    | 40  |    | 40  | 80  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |    |
|                      |                         | <i>Cucurbitella dentata</i>   |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     | 40  |     |    |
| Diffugiidae          | <i>Diffugia corona</i>  |                               |                     | 40                 |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |    |
|                      |                         | <i>D. cf. lebes</i>           |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>D. litophyla</i>           |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>D. oblonga</i>             |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 1   |    |
|                      |                         | <i>D. cf. parva</i>           |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                      |                         | <i>D. schurmanni</i>          |                     |                    |     |     |     |     |    |     |    |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |    |

Tabela 15. Continuação.

| Grupo           | Família         | Espécie / Ponto de amostragem          | 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 |
|-----------------|-----------------|--|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|
|                 |                 | <i>Hoongeradia</i> sp.                 |     | 40  |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       | 40    |       |     |     |
|                 |                 | <i>Pontigulasia compressa</i>          |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 | Euglyphidae     | <i>Euglypha acantophora</i>            |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 40  | 1   |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>Euglypha</i> sp.                    |     |     |     |     |    | 40  |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       | 1     |     |     |
|                 | Hyalosphaenidae | <i>Heleopera petricola</i>             |     | 40  |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     | 1   |
|                 |                 | <i>Heleopera</i> sp.                   |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       | 40  | 40  |
|                 |                 | <i>Nebella</i> sp.                     |     |     |     |     |    | 40  |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       | 40  |     |
|                 | Lesquereusidae  | <i>Lesquereusia modesta</i>            |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 160 | 1   |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>Lesquereusia spiralis</i>           |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 | Plagiopyxidae   | <i>Plagiopyxis callida</i>             |     | 40  |     |     |    |     |     |    | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 | Trinematidae    | <i>Trinema enchelys</i>                |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>Trinema</i> sp.                     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
| TOTAL TECAMEBAS |                 |  | 203 | 961 | 160 |     | 43 | 981 | 40  | 1  | 481 | 123 | 845 | 284 |     | 244 | 200 | 82  | 121 | 241   | 203   | 202   | 400 | 322 |
| Rotíferos       | Brachionidae    | <i>Brachionus calyciflorus</i>         |     |     |     |     |    | 40  |     |    | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>B. quadridentatus</i>               |     |     |     |     |    |     | 1   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>B. zahnenseri</i>                   |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     | 120 |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>Keratella americana</i>             | 360 |     |     |     |    | 160 |     |    | 240 |     |     |     |     | 160 |     |     |     | 160   | 80    | 1     | 40  |     |
|                 |                 | <i>K. lenzi</i>                        |     |     | 40  |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>K. tropica</i>                      |     |     |     |     |    | 40  |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>Plathyonus patulus macracanthus</i> |     | 40  |     |     |    | 1   | 40  |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 120 |       |       |       | 2   |     |
|                 |                 | <i>Plathyas quadricornis</i>           |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40    | 40    | 80    |     |     |
|                 | Conochilidae    | <i>Conochilus coenobasis</i>           |     |     |     | 40  |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 | Euclhanidae     | <i>Euclhanis dilatata</i>              |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>E. incisa</i>                       |     |     |     |     |    |     |     | 1  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |
|                 | Filinidae       | <i>Filinia longiseta</i>               |     |     |     | 1   | 40 |     | 960 |    |     |     |     |     | 40  |     | 160 |     |     |       |       |       |     |     |
|                 |                 | <i>F. terminalis</i>                   |     |     |     | 120 | 1  |     | 40  |    |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |       |       |       | 1   |     |
|                 | Floscularidae   | <i>Ptygura</i> sp.                     |     |     |     |     |    |     |     |    |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |       |       |       |     |     |

Tabela 15. Continuação.

| Grupo                  | Família                 | Espécie / Ponto de amostragem         | P1                       | P2 | P3 | P4  | P5 | P6  | P7   | P8  | P9  | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P18 | P18 | P19 | P20 |    |  |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----|----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--|
|                        |                         |                                       |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | S   | M   | F   |     |     |    |  |
| Lecanidae              |                         | <i>Lecane bulla</i>                   |                          |    |    |     |    |     |      |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     | 40  |     | 1   |     | 1   | 40  |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>L. leontina</i>                    |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |    |  |
|                        |                         | <i>L. ludwigi</i>                     |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>L. luna</i>                        |                          |    |    |     |    |     |      |     | 40  |     | 40  | 1   |     |     | 80  |     |     |     | 1   |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>L. lunaris</i>                     |                          |    |    |     |    |     |      |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   |     | 40  |     | 40  |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>L. proiecta</i>                    |                          | 40 |    |     |    |     |      | 120 |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     | 40  | 80  | 80  |    |  |
|                        |                         | <i>L. quadridentata</i>               |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |    |  |
| Lepadellidae           |                         | <i>Lepadella</i> sp.                  |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     | 40  |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| Mytillinidae           |                         | <i>Mytillina</i> cf. <i>ventralis</i> | 1                        |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |    |  |
| Philodinidae           |                         | Bdeloidea                             | 120                      | 1  |    | 40  | 1  | 80  |      | 40  | 40  |     |     | 6   | 40  | 200 | 40  | 1   | 160 | 40  | 40  | 40  | 40  | 120 |    |  |
| Notomatidae            |                         | <i>Cephalodella</i> sp.               |                          |    | 1  |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     | 1   |    |  |
|                        |                         | <i>Monommata</i> sp.                  |                          |    |    | 40  |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>Testudinella patina</i>            |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     | 40  | 1   |     |     |     |     |    |  |
| Trichocercidae         |                         | <i>T. cf. similis</i>                 |                          |    |    |     |    |     |      |     | 40  |     |     | 1   |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
| Gastropodidae          |                         | <i>Gastropus</i> sp.                  |                          |    |    |     |    |     |      |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | rotífero não identificado             |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |    |  |
| <b>TOTAL ROTÍFEROS</b> |                         |                                       | 521                      | 41 | 41 | 241 | 42 | 441 | 1082 | 43  | 361 | 84  | 1   | 50  | 201 | 521 | 400 | 41  | 443 | 280 | 241 | 281 | 84  | 121 |    |  |
| Cladóceros             | Bosminidae              | <i>Bosmina hagemanni</i>              |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     | 40  |    |  |
|                        |                         | <i>B. tubincen</i>                    |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     | 1   | 40  |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>Bosminopsis deitersi</i>           |                          |    |    | 1   |    |     |      | 80  |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |    |  |
|                        | Chydoridae              | <i>Alona affinis</i>                  |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 80  |     |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>Alona</i> sp.                      |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |    |  |
|                        |                         | <i>Alonella dadayi</i>                |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     | 1   |     |     | 1   | 40  | 40  |     |     |     |     | 1  |  |
|                        |                         | <i>Chydorus</i> sp.                   |                          |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40 |  |
|                        | Macrothricidae          |                                       | <i>Macrotrix elegans</i> |    |    |     |    |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |    |  |
|                        | <b>TOTAL CLADÓCEROS</b> |                                       |                          |    |    |     | 1  |     |      | 80  |     |     | 1   |     | 2   | 81  |     | 2   | 120 | 42  |     |     |     |     | 81 |  |

**Tabela 15.** Continuação.

| Grupo                  | Família     | Espécie / Ponto de amostragem | P1  | P2 | P3 | P4  | P5  | P6  | P7   | P8 | P9  | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P18 | P18 | P19 | P20 |    |
|------------------------|-------------|-------------------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|                        |             |                               |     |    |    |     |     |     |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | S   | M   | F   |     |     |    |
| Copépodes              | Cyclopidae  | Microcyclops sp.              |     |    |    |     |     |     |      |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |    |
|                        |             | <i>T. decipiens</i>           |     |    |    |     |     |     | 40   |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     |     |    |
|                        |             | Nauplio de Cyclopoida         | 40  |    |    | 200 |     | 40  | 80   | 1  | 80  |     |     |     | 40  | 400 | 1   | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 80  | 40 |
|                        | Diaptomidae | Copepodito de Cyclopoida      | 200 | 40 |    | 1   | 2   | 80  | 240  | 40 | 40  | 1   | 1   |     | 40  | 80  |     |     | 1   | 120 | 160 | 80  | 80  | 80  | 40 |
|                        |             | Nauplio de Calanoida          |     |    |    | 40  | 360 |     |      | 80 |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|                        |             | Copepodito de Calanoida       |     |    |    | 40  |     |     | 560  | 1  | 40  |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     | 1  |
| <b>TOTAL COPÉPODES</b> |             |                               | 240 | 40 | 40 | 601 | 2   | 120 | 1000 | 42 | 160 | 1   | 1   | 40  | 481 | 81  | 1   | 2   | 120 | 162 | 82  | 81  | 162 | 80  |    |

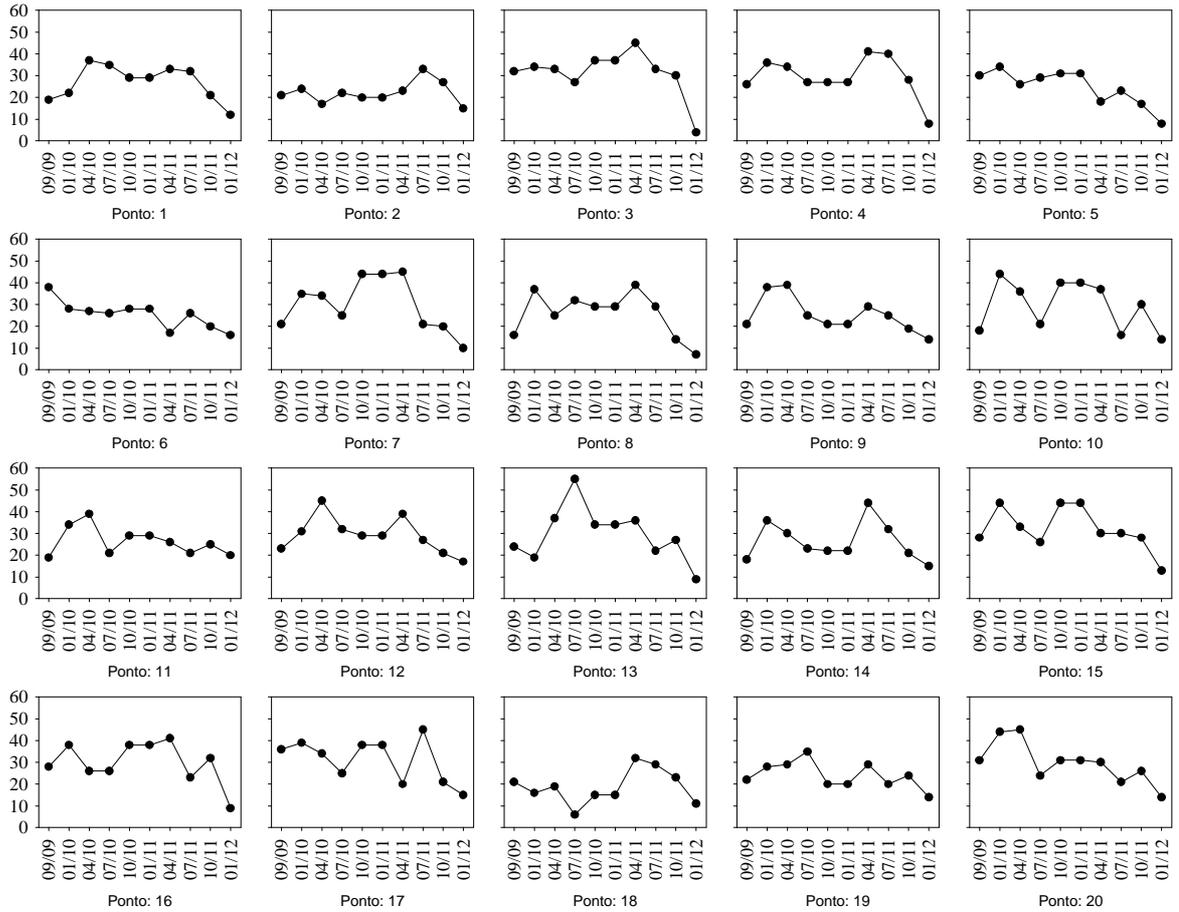
### **Riqueza de espécies (Diversidade alfa)**

Assim como descrito para a composição, também para a riqueza de espécies tem-se observado o predomínio de rotíferos e protozoários testáceos. Além disso, uma tendência recorrente tem sido a de um predomínio de protozoários testáceos nos tributários, enquanto que os rotíferos têm sido especialmente representados nas amostras do rio Madeira (**Figura 39**).

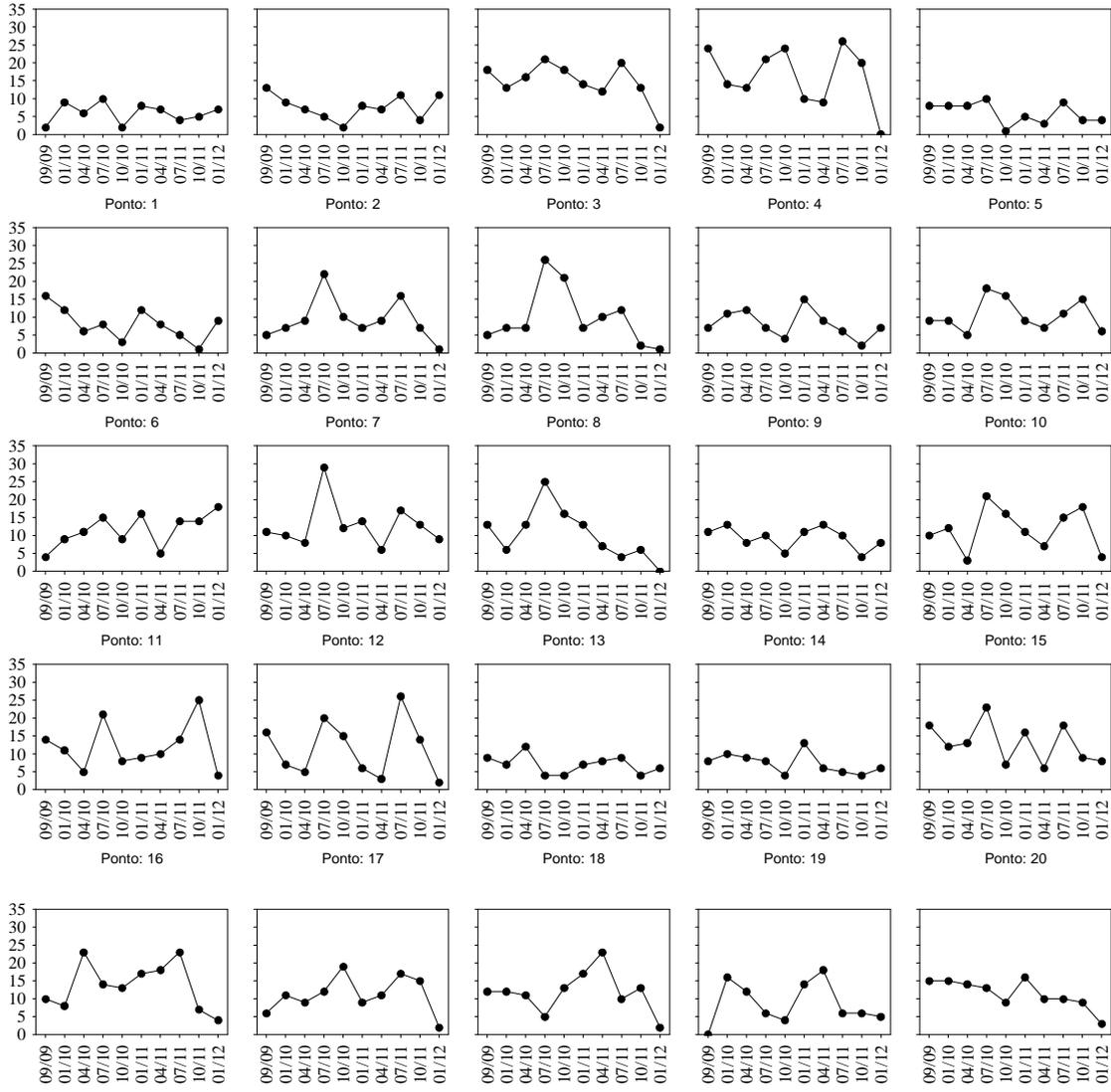
Temporalmente, os valores médios de riqueza de espécies têm variado entre 24 e 36 espécies, com maiores valores observados, apesar de diferenças não muito expressivas, nos meses de chuva (Janeiro e abril, riqueza média entre 29 e 36 espécies), e os menores, na águas baixas (Julho e outubro, com riqueza média entre 24 e 27 espécie). Tal padrão se repete, em geral, para os valores brutos de riqueza, ou seja, nos diferentes pontos de cada período de amostragem, apesar de alguns picos de riqueza serem também registrados em meses de julho e outubro (**Figura 39**). Exceção a este padrão foi registrada no último mês de amostragem, janeiro de 2012, quando os menores valores de riqueza de espécies de todo monitoramento foram observados (12 espécies).

Assim como em vários períodos de amostragem, também em janeiro de 2012, os maiores e menores valores de riqueza foram registrados nos tributários, enquanto que valores médios desse atributo têm sido observados para as amostras do rio Madeira (**Figura 39**). Em janeiro último, maiores valores de riqueza de espécies foram registrados nos pontos P12 e P13, sendo este último ponto localizado na região alagada do rio Mutum, e onde frequentemente tem-se observado os maiores valores de riqueza e abundância do zooplâncton.

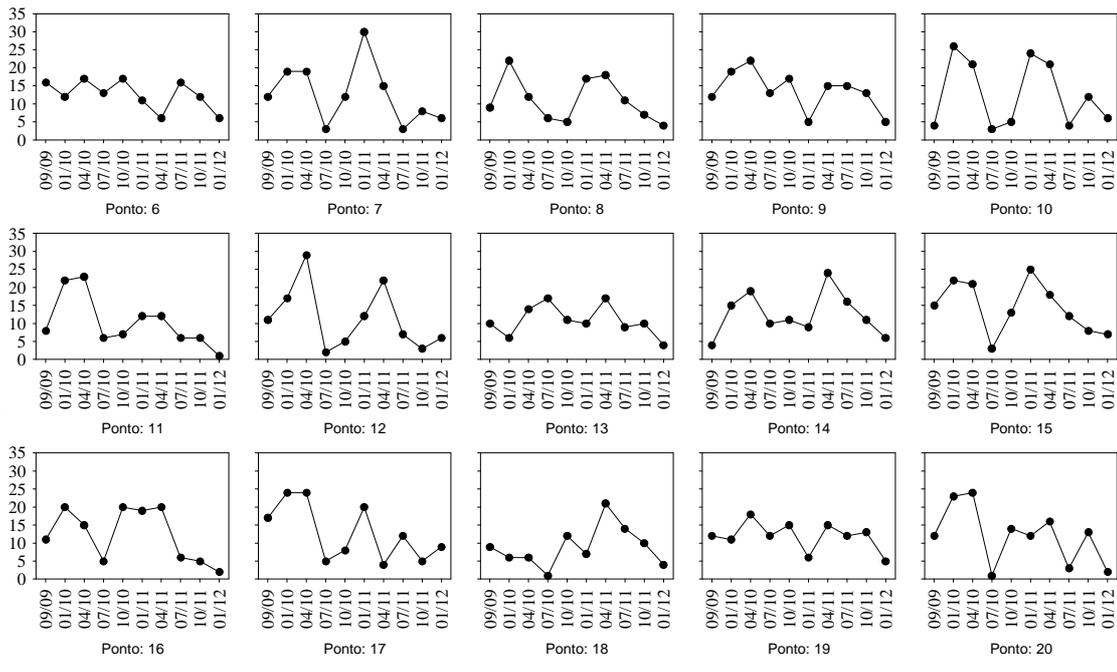
**Riqueza de espécies do Zooplâncton**

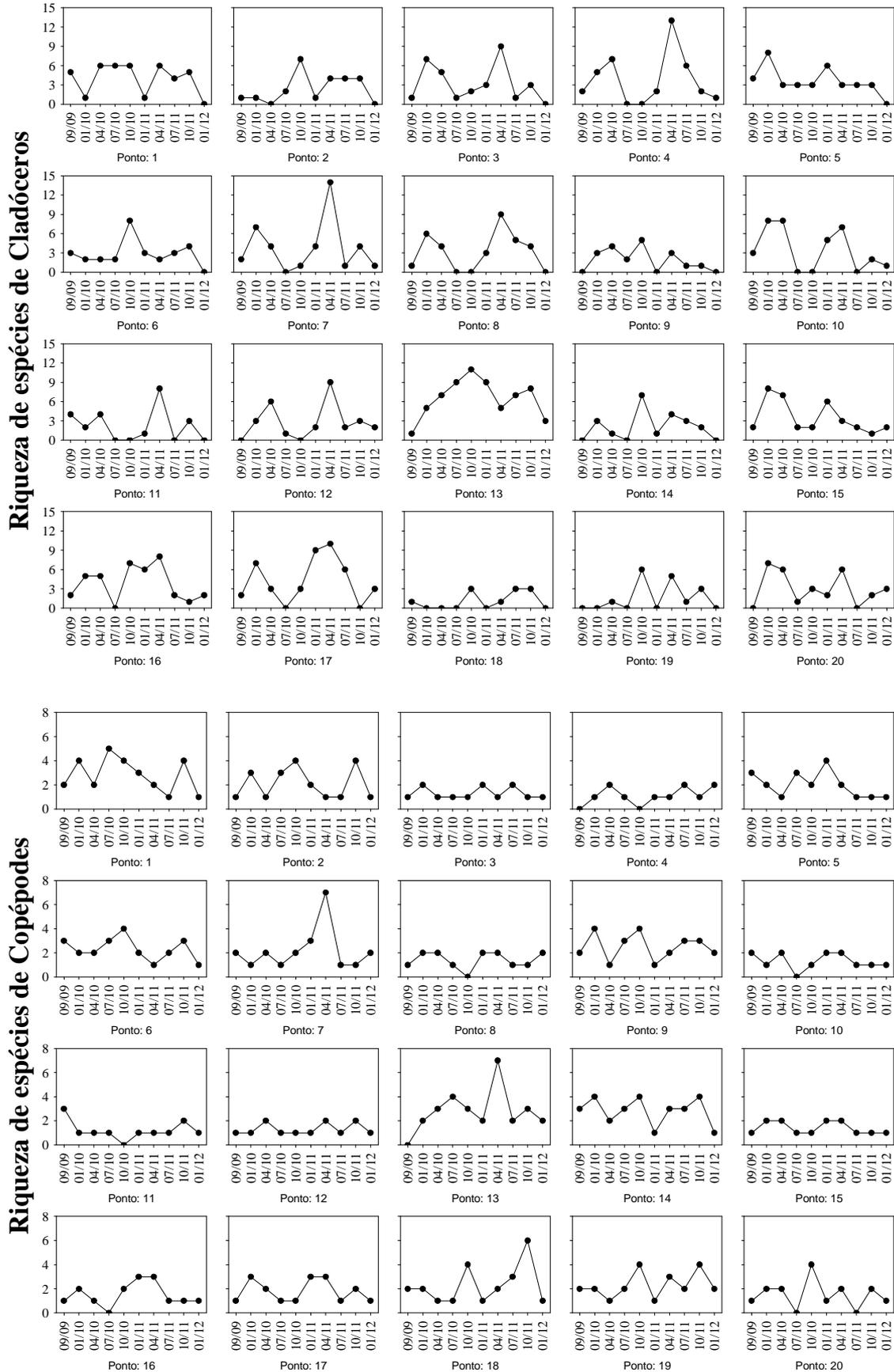


### Riqueza de espécies de Testáceos



### Riqueza de espécies de Rotíferos





**Figura 39.** Distribuição espacial e temporal da riqueza de espécies do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau.

## Frequência de ocorrência e dominância das espécies

Considerando-se a frequência de ocorrência das espécies do zooplâncton, dentre os 308 táxons registrados ao longo de todo o monitoramento, a grande maioria delas foi considerada rara (255 espécies – cerca de 83%). As demais, 53 espécies, apresentaram elevada frequência de ocorrência (ocorreram em mais de 25% das amostras). Destas, 27 espécies foram acessórias no período de águas baixas, e 30 no período de águas altas (**Tabela 16**). Um número ainda menor de espécies foi constantes na área de estudo, apenas 12, dentre as quais apenas 7 espécies foram constantes no período de águas baixas, e 10 espécies apresentaram ocorrência superior a 50%, ou seja, ocorreram em mais de 50% das amostras analisadas no período de águas altas (**Tabela 16**).

Dentre estas, a maioria é de protozoários testáceos (6 espécies), destacando-se *Arcella discoides*, *A. hemisphaerica*, *A. megastoma*, *Cyclopyxis kahli*, *Centropyxis ecornis* e *C. aculeata*. Destacaram-se ainda, como constantes, os rotíferos *Plathyas quadricornis*, *Lecane bula*, *Testudinella patina*, e ainda os bdelóideos (**Tabela 16**).

Entre os microcrustáceos, apenas o cladóceros *Alonella dadayi* e o copépode *Thermocyclops minutus* foram constantes nas amostras tomadas na área de influência do AHE Jirau (**Tabela 16**).

**Tabela 16.** Frequência de ocorrência (%) e dominância (%) dos táxons zooplancônicos na área de influência do AHE Jirau, no período de águas baixas e águas altas, no rio Madeira-Mamoré e tributários.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%).

| Frequência (%)              |              |             |
|-----------------------------|--------------|-------------|
| Táxons                      | Águas baixas | Águas altas |
| <i>Arcella artocrea</i>     | 46           | 36          |
| <i>A. brasiliensis</i>      | 32           | 28          |
| <i>A. vulgaris</i>          | 48           | 49          |
| <i>A. vulgaris undulata</i> | 28           | 14          |
| <i>A. megastoma</i>         | 49           | 57          |
| <i>A. discoides</i>         | 98           | 81          |
| <i>A. costata</i>           | 34           | 28          |
| <i>A. hemisphaerica</i>     | 49           | 53          |
| <i>Centropyxis aculeata</i> | 98           | 89          |
| <i>C. ecornis</i>           | 86           | 74          |

|                                |    |    |
|--------------------------------|----|----|
| <i>C. constricta</i>           | 39 | 24 |
| <i>Cyclopyxis kahli</i>        | 59 | 40 |
| <i>Diffugia corona</i>         | 17 | 27 |
| <i>D. gramem</i>               | 29 | 18 |
| <i>Lesquereusia modesta</i>    | 32 | 10 |
| <i>Plagiopyxis sp</i>          | 31 | 25 |
| <i>Brachionus caudatus</i>     | 38 | 10 |
| <i>B. falcatus</i>             | 28 | 4  |
| <i>B. quadridentatus</i>       | 30 | 12 |
| <i>B. zahnenseri</i>           | 35 | 36 |
| <i>Keratella tropica</i>       | 36 | 6  |
| <i>Plathyas quadricornis</i>   | 31 | 53 |
| <i>Conochilus coenobasis</i>   | 15 | 42 |
| <i>Euchlanis dilatata</i>      | 16 | 27 |
| <i>Dipleuchlanis propatula</i> | 27 | 35 |
| <i>Filinia longiseta</i>       | 30 | 33 |
| <i>F. cf. terminalis</i>       | 1  | 37 |
| <i>Lecane bulla</i>            | 56 | 75 |
| <i>L. cornuta</i>              | 12 | 29 |
| <i>L. curvicornis</i>          | 17 | 49 |
| <i>L. leontina</i>             | 3  | 29 |
| <i>L ludwigi</i>               | 9  | 35 |
| <i>L. lunaris</i>              | 28 | 33 |
| <i>L. papuana</i>              | 34 | 11 |
| <i>L. proiecta</i>             | 35 | 10 |
| <i>L. benjamini</i>            | 11 | 26 |
| Bdeloidea                      | 99 | 93 |
| <i>Mytilinea ventralis</i>     | 6  | 28 |
| <i>Cephalodella sp.</i>        | 35 | 49 |
| <i>Testudinella ohlei</i>      | 16 | 38 |
| <i>T. patina</i>               | 23 | 61 |
| <i>Trichocerca similis</i>     | 7  | 25 |
| <i>Trichotria tetractis</i>    | 19 | 36 |
| <i>Bosmina hagemanni</i>       | 51 | 21 |
| <i>Bosminopsis deitersi</i>    | 25 | 46 |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i>    | 23 | 36 |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i> | 21 | 32 |
| <i>Alonella dadayi</i>         | 21 | 61 |
| <i>Chydorus eurynotus</i>      | 5  | 27 |
| <i>Moina minuta</i>            | 31 | 14 |
| <i>Thermocyclops minutus</i>   | 90 | 81 |
| <i>T. decipiens</i>            | 31 | 12 |
| <i>Notodiptomus sp.</i>        | 34 | 42 |

Em termos de dominância, nenhuma das espécies registradas foi considerada dominante, ou seja, nenhuma delas apresentou densidade superior a 50% da densidade total do zooplâncton. No entanto, das 308 espécies registradas, 46 foram consideradas abundantes, 25 espécies de rotíferos, 9 de testáceos, 8 de cladóceros e 3 espécies de copépodes (**Tabela 17**).

Dentre estas, 30 espécies foram abundantes no período de águas baixas, e 31 delas foram abundantes no período de águas altas. No período de águas baixas, destacaram-se como mais abundantes os rotíferos *Brachionus zahnenseri*, *Keratella tropica*, *Polyarthra vulgaris*, os cladóceros, *B. deitersi* e *B. hagmanni*, e ainda o testáceo *Centropyxis aculeata* (**Tabela 17**).

No período de águas altas destacaram-se especialmente *Brachionus zahnenseri* e *Polyarthra vulgaris*, espécies que juntas representaram cerca de 50% da abundância do zooplâncton neste período (**Tabela 17**).

**Tabela 17.** Abundância e dominância das espécies do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, ao longo de todo o monitoramento.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

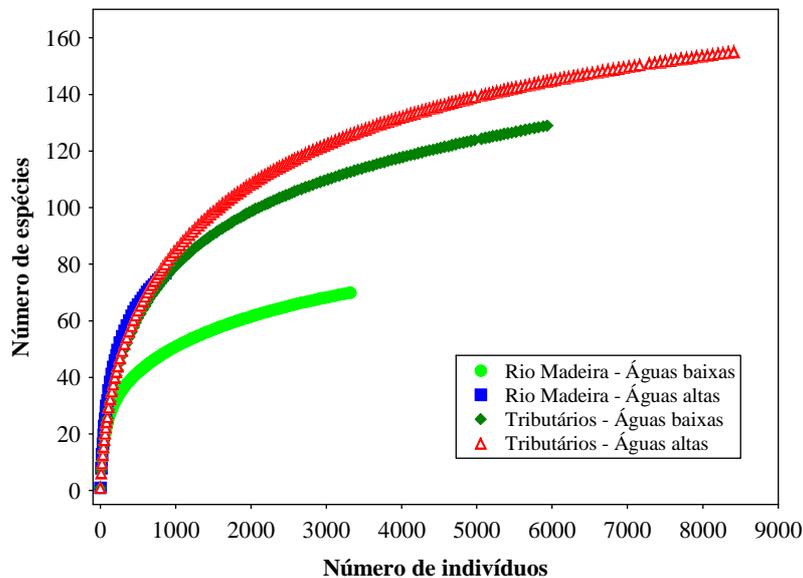
| Dominância (%)                    | Águas baixas | Águas altas |
|-----------------------------------|--------------|-------------|
| <b>Táxons</b>                     |              |             |
| <i>Arcella artocrea</i>           | 0,447        | 0,298       |
| <i>A. brasiliensis</i>            | 0,197        | 1,175       |
| <i>A. vulgaris</i>                | 0,799        | 0,488       |
| <i>A. discoides</i>               | 1,247        | 1,805       |
| <i>A. costata</i>                 | 0,646        | 0,501       |
| <i>A. hemisphaerica</i>           | 0,413        | 0,765       |
| <i>Centropyxis aculeata</i>       | 3,214        | 3,422       |
| <i>C. ecornis</i>                 | 1,192        | 1,309       |
| <i>Cyclopyxis kahli</i>           | 0,707        | 0,703       |
| <i>Brachionus calyciflorus</i>    | 2,678        | 0,030       |
| <i>B. caudatus</i>                | 1,591        | 0,114       |
| <i>B. zahnenseri</i>              | 18,267       | 27,666      |
| <i>Keratella tropica</i>          | 9,505        | 0,036       |
| <i>Plathyonus patulus patulus</i> | 2,115        | 0,118       |
| <i>Plathyas quadricornis</i>      | 2,952        | 0,367       |
| <i>Conochilus coenobasis</i>      | 0,240        | 1,596       |

|                                       |        |        |
|---------------------------------------|--------|--------|
| <i>Filinia longiseta</i>              | 1,773  | 2,765  |
| <i>F. cf. terminalis</i>              | 0,005  | 1,344  |
| Floscularidae não identificado        | 0,065  | 0,357  |
| <i>Lecane bulla</i>                   | 0,388  | 1,132  |
| <i>L. curvicornis</i>                 | 0,057  | 0,629  |
| <i>L. papuana</i>                     | 0,575  | 0,097  |
| <i>L. proiecta</i>                    | 4,635  | 0,289  |
| Bdeloidea                             | 2,714  | 3,526  |
| <i>Cephalodella</i> sp.               | 0,444  | 0,386  |
| <i>Polyarthra vulgaris</i>            | 10,223 | 24,550 |
| <i>Synchaeta</i> sp.                  | 0,002  | 0,567  |
| <i>Testudinella ohlei</i>             | 0,091  | 0,477  |
| <i>Testudinella patina</i>            | 0,204  | 0,899  |
| <i>T. chatoni</i>                     | 0,663  | 0,028  |
| <i>T. iernis</i>                      | 0,786  | 0,099  |
| <i>T. similis</i>                     | 0,014  | 0,426  |
| <i>Ploesoma truncatum</i>             | 0,662  | 0,134  |
| <i>Horaella</i> cf. <i>thomassoni</i> | 0,000  | 2,504  |
| <i>Bosmina hagmanni</i>               | 4,142  | 0,410  |
| <i>B. tubincen</i>                    | 0,199  | 2,035  |
| <i>Bosminopsis brandorffi</i>         | 0,000  | 1,120  |
| <i>Bosminopsis deitersi</i>           | 6,067  | 1,608  |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i>           | 3,443  | 0,782  |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i>        | 1,139  | 0,632  |
| <i>Alonella dadayi</i>                | 0,347  | 1,030  |
| <i>Moina minuta</i>                   | 1,621  | 0,160  |
| <i>Tropocyclops prasinus</i>          | 1,112  | 0,013  |
| <i>Metacyclops mendocinus</i>         | 1,306  | 0,038  |
| <i>Notodiaptomus</i> sp.              | 0,734  | 0,022  |

### Análise de rarefação

Com o objetivo de eliminar o efeito da densidade sobre os padrões de riqueza de espécies, foram plotadas curvas de rarefação de espécies, e os resultados evidenciaram que, em geral, para uma mesma densidade, são esperados maiores valores de riqueza de espécies nos tributários, especialmente no período de águas altas. Sazonalmente, também para o rio Madeira, maiores valores de riqueza são esperados para o período de águas altas (**Figura 40**). Nesse sentido, para a área de estudo, os resultados obtidos para a riqueza de espécies através das curvas de rarefação corroboram aqueles descritos para os dados brutos, evidenciando uma reduzida influência da abundância do zooplâncton

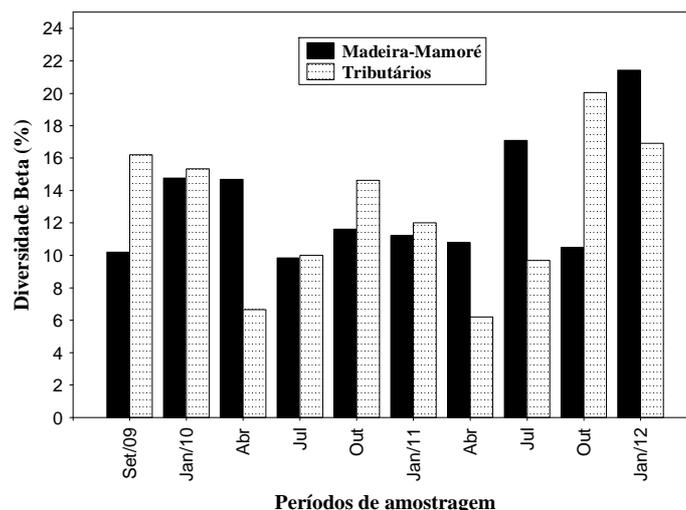
sobre os padrões de riqueza, provavelmente porque no rio Madeira têm sido registradas densidades intermediárias àquelas observadas nos tributários.



**Figura 40.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, para as amostras dos rios Madeira e Mamoré, e para os tributários, nos períodos de águas altas (janeiro e abril) e águas baixas (julho e outubro).

### Diversidade Beta

Os resultados de diversidade Beta têm, em geral, evidenciado uma reduzida variação espacial na composição de espécies, tanto no rio Madeira, como nos tributários. Neste sentido, ao longo do estudo, os valores de Beta variaram entre 6,2 nos tributários, em abril/11, e 21,4 no rio Madeira, em janeiro de 2012 (**Figura 41**). Em geral, maiores valores de diversidade Beta, ou seja, maiores alterações na composição de espécies, ao longo do período de estudo, têm sido observados para os tributários, apesar do maior valor de Beta ter sido registrado para o rio Madeira (**Figura 41**). Esse seria o padrão esperado considerando a maior heterogeneidade espacial observada entre os distintos tributários, se comparados aos pontos distribuídos no rio Madeira, e também no rio Mamoré.



**Figura 41.** Variação espacial da diversidade Beta2, calculada entre os pontos de amostragem, do rio Madeira e de seus tributários, para cada período de coleta, na área de influência do AHE Jirau.

#### Densidade zooplanctônica (abundância)

Os resultados de abundância numérica obtidos para o zooplâncton ao longo desta primeira fase do monitoramento da área de influência do AHE Jirau, tem evidenciado valores relativamente baixos, com exceção do ponto localizado na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13) onde, em geral, predominam condições mais lânticas e onde a abundância do zooplâncton tem atingido seus maiores valores (**Figura 42**).

As densidades do zooplâncton em ambientes lânticos, especialmente em reservatórios hipereutróficos podem atingir valores extremamente elevados. Lansac-Tôha et al (2005), estudando reservatórios do estado do Paraná, registraram, em um reservatório eutrófico, densidades do zooplâncton próximas à  $1.000.000 \text{ ind.m}^{-3}$ .

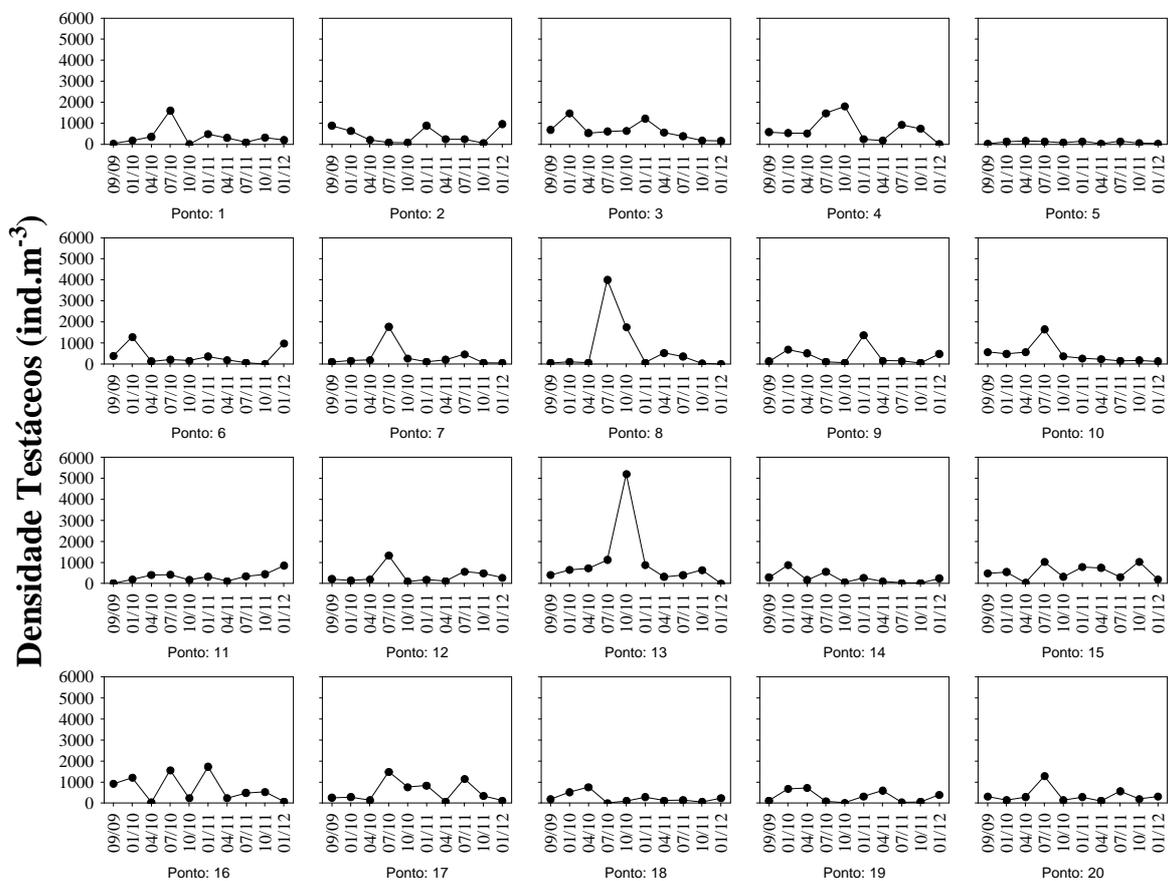
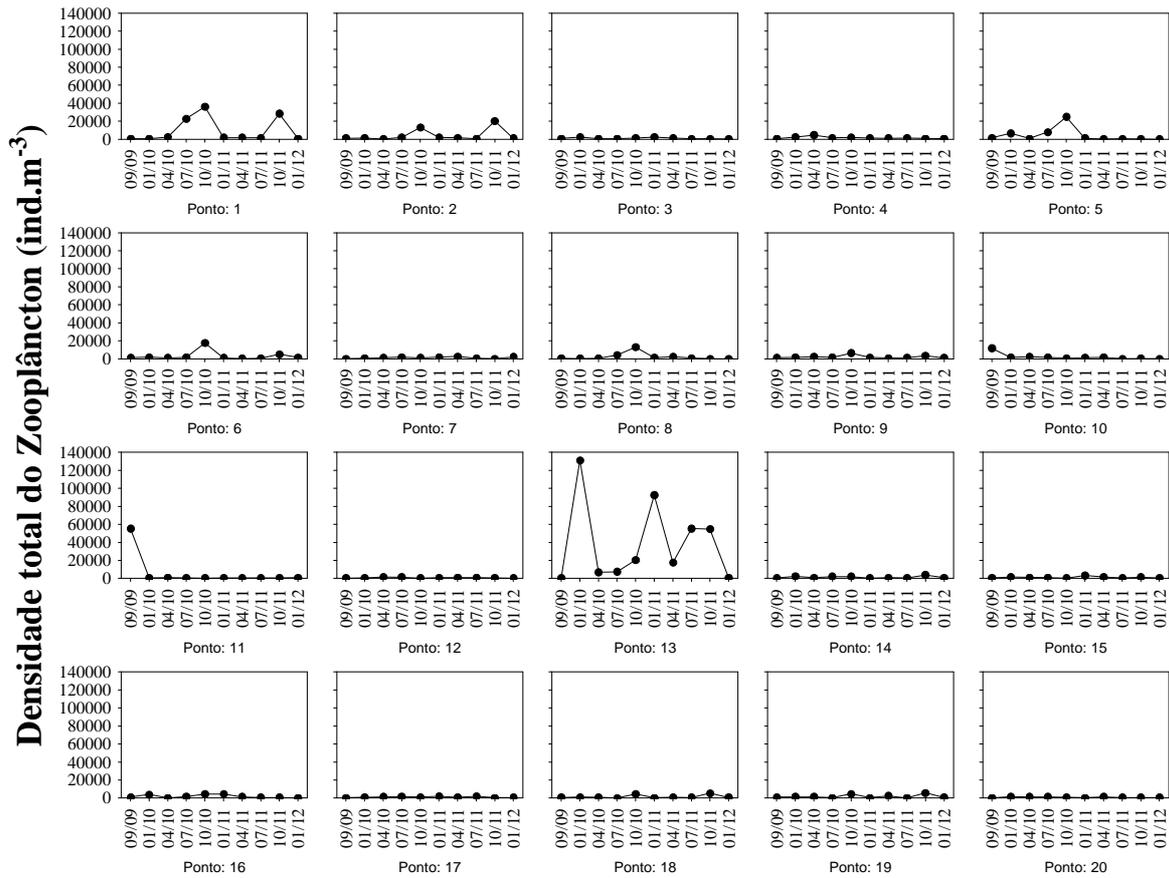
Por outro lado, como já amplamente discutido em relatórios anteriores, reduzidos valores de abundância do zooplâncton constituem uma característica de ambientes lóticos (KOBAYASHI et al., 1997, 1998; POURRIOT et al, 1997; BURGER et al., 2002; MWEBASA-NDAWULA et al., 2005), tendo em vista que populações verdadeiramente planctônicas tem seu desenvolvimento fortemente limitado pela velocidade de corrente (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI et al., 1998), sendo a comunidade zooplanctônica representada, em grande parte, por organismos oriundos dos compartimentos bentônico e litorâneo.

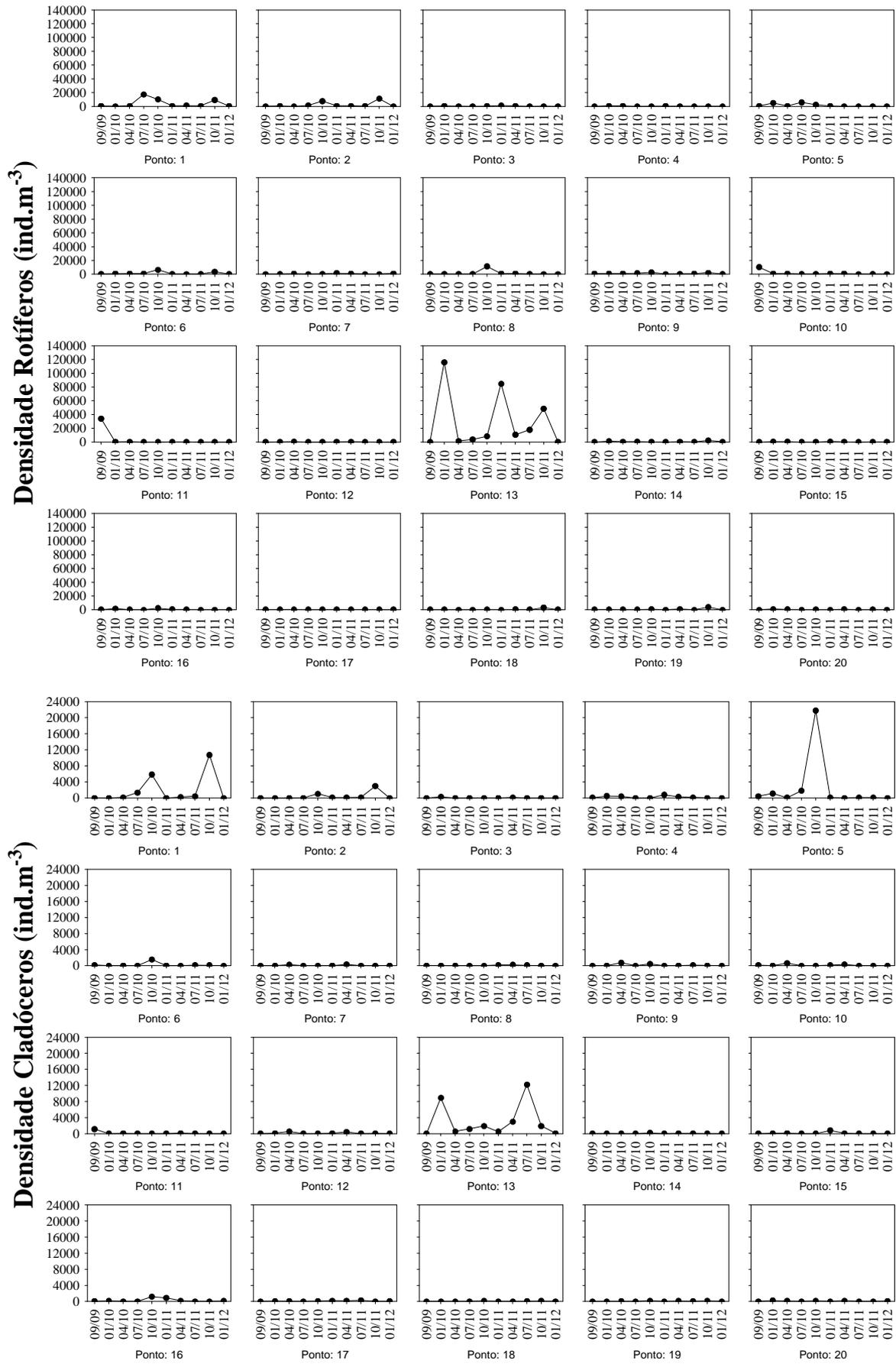
Assim, ao longo do monitoramento, os valores de densidade média do zooplâncton tem variado entre  $728 \text{ ind. m}^{-3}$ , registrado em janeiro de 2012, e  $7.761$

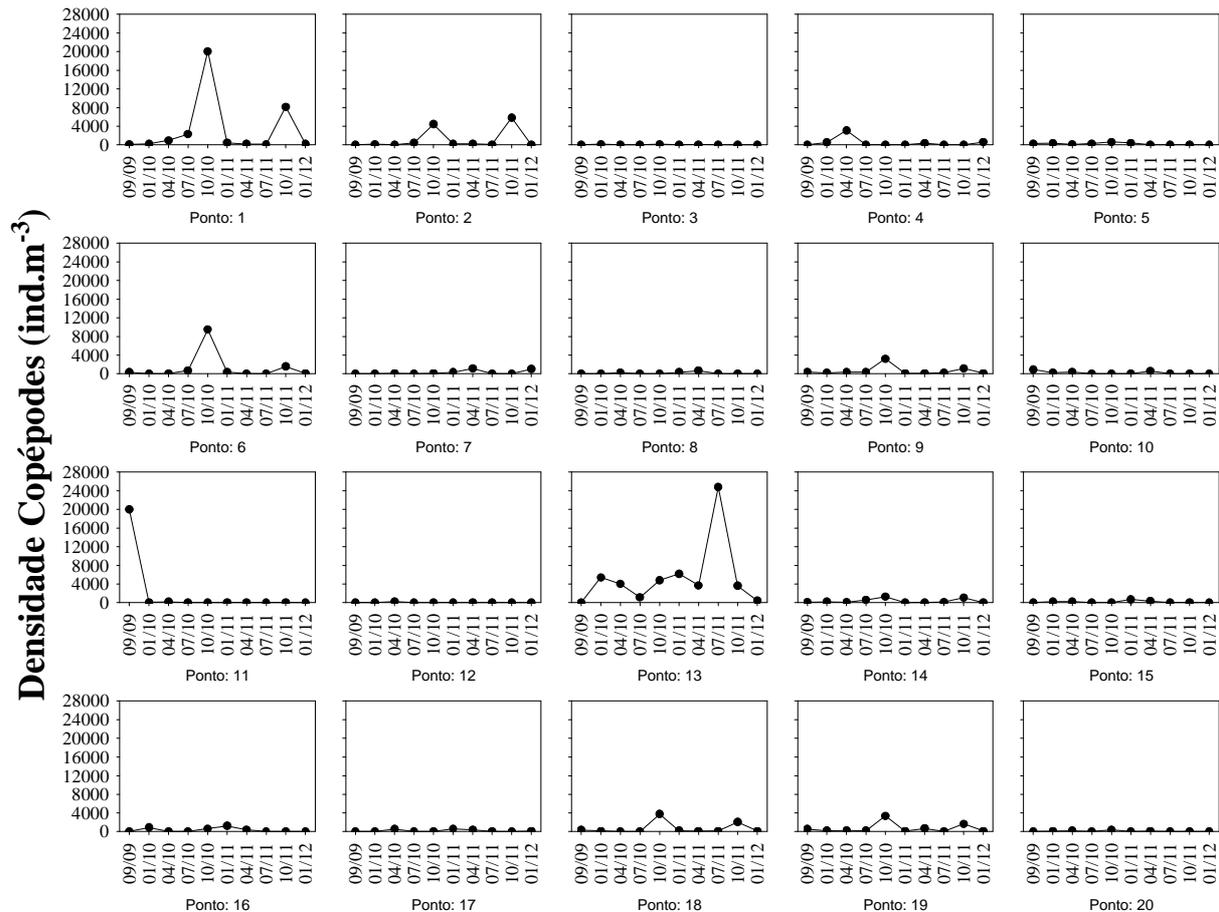
ind.m<sup>-3</sup>, registrado em outubro de 2010. Em geral, tendo em vista o efeito limitante da vazão sobre o zooplâncton, maiores valores de densidade têm sido registrados nos meses de águas baixas (julho e outubro) e nos menores durante as águas altas (especialmente abril). Em janeiro de 2010 e 2011, no entanto, elevadas densidades do zooplâncton foram observadas.

Especialmente, maiores valores de abundância do zooplâncton têm sido registrados no rio Madeira, a montante da área de estudo (em geral nos pontos P1, P2, P4 e P6), mas especialmente, como descrito anteriormente, na região alagada do rio Mutum Paraná, um tributário, onde as elevadas densidades registradas neste ponto determinam as grandes densidades médias observadas para o zooplâncton. Por outro lado, os menores valores de abundância do zooplâncton têm sido observados também em tributários (**Figura 42**).

Em relação à participação dos diferentes grupos na abundância numérica do zooplâncton, os rotíferos tem se constituído no grupo mais abundante, especialmente nas amostras do rio Madeira. Cladóceros e copépodes, apesar de menos representativos em termos de densidade, apresentam suas maiores densidades também no rio Madeira. Para os tributários, os testáceos têm se destacado com elevadas densidades, muitas vezes codominando junto aos rotíferos (**Figura 42**).







**Figura 42.** Distribuição espacial e temporal da densidade do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau.

### Biomassa

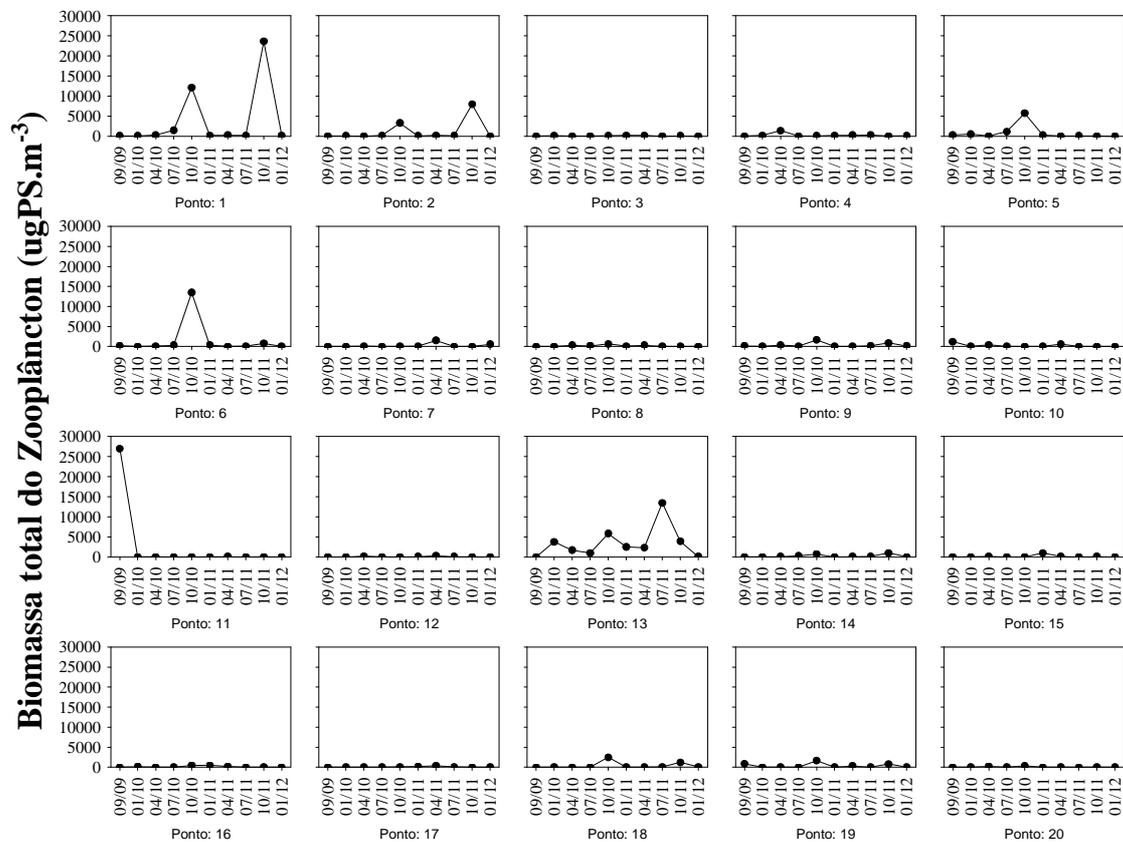
Para a biomassa, os resultados obtidos ao longo de todo o monitoramento da área de influência do AHE Jirau têm também evidenciado reduzidos valores deste atributo (**Figura 43** e **Tabela 18**), se comparados a ambientes lênticos previamente estudados. Poucos estudos têm investigado os padrões de distribuição da biomassa do zooplâncton no Brasil. Dentre estes, destacam-se os desenvolvidos recentemente por Sendacz et al. (2006) em reservatórios de diferentes níveis tróficos do estado de São Paulo, que encontraram valores de biomassa variando entre 11.500 e 357.000  $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ , e o trabalho de Leitão e Rocha (2000), que observaram valores de biomassa do zooplâncton variando entre aproximadamente 4000 e 62000  $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ .

Assim, ao longo do monitoramento, os valores médios de biomassa do zooplâncton variaram entre 83 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ , também em janeiro de 2012, e 2483 $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ , em outubro de 2010, assim como observado para a densidade. Nesse sentido, de

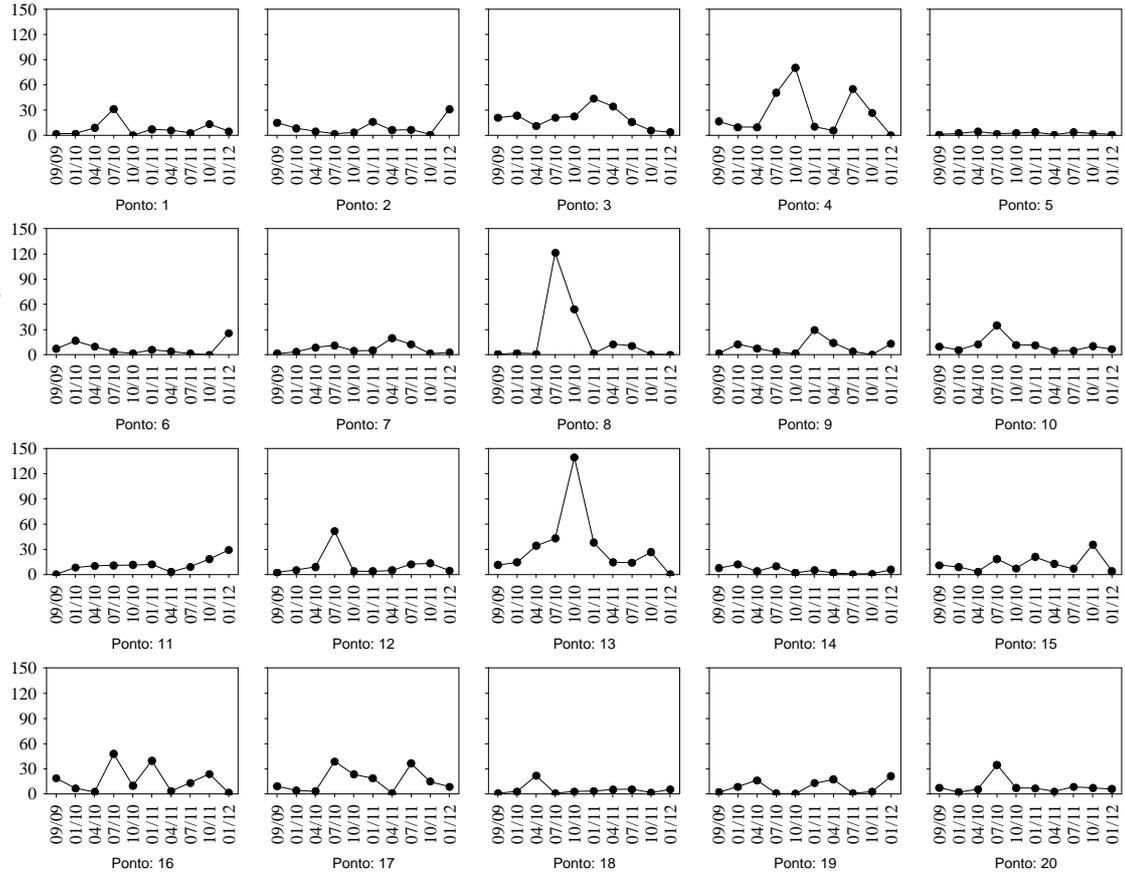
maneira geral, tanto em uma escala temporal como espacial, os resultados de biomassa têm se sobreposto àqueles descritos para a densidade, de forma que nas regiões e períodos onde se registram os maiores valores de densidade são também registrados os maiores valores de biomassa (**Figura 43**).

Assim, espacialmente, os resultados obtidos para a biomassa total do zooplâncton têm evidenciado, em geral, maiores valores de biomassa no rio Madeira, especialmente nas regiões a montante da área de estudo, e ainda na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13), e os menores, em geral, observados nos tributários (**Figura 43**).

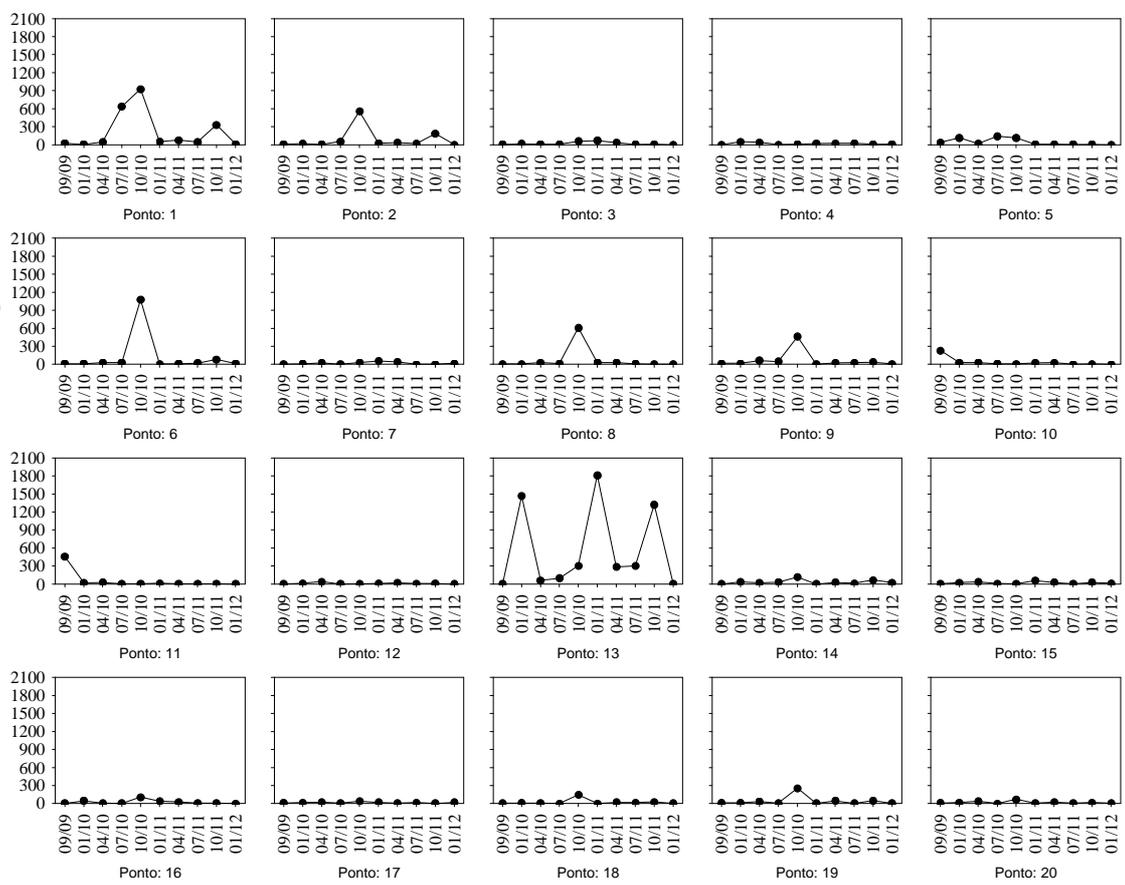
Como já discutido em relatórios anteriores, a principal diferença nos padrões observados para densidade e biomassa é em relação à contribuição dos diferentes grupos para o zooplâncton total. Desta forma, copépodes e cladóceros têm se constituído nos grupos predominantes, na maioria dos períodos e pontos de amostragem, mas especialmente nas amostras do rio Madeira, onde maiores valores de biomassa têm sido registrados. Por outro lado, em alguns poucos tributários, observou-se o predomínio de protozoários testáceos e rotíferos também em termos de biomassa, mas onde, em geral, são registrados valores extremamente reduzidos deste atributo (**Figura 43**).

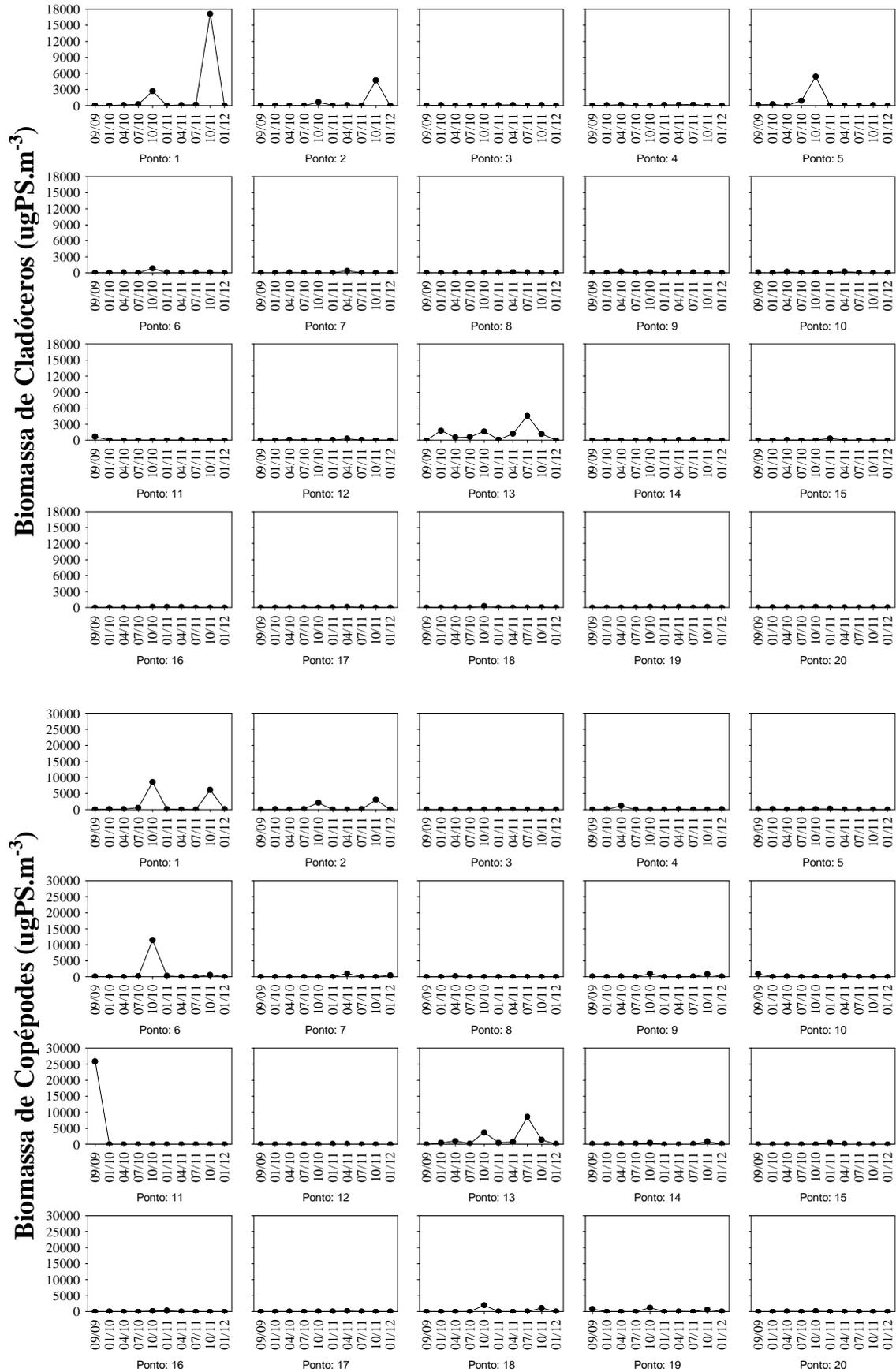


**Biomassa de Testáceos (ugPS.m<sup>-3</sup>)**



**Biomassa de Rotíferos (ugPS.m<sup>-3</sup>)**





**Figura 43.** Distribuição espacial e temporal da biomassa do zooplâncton e seus grupos constituintes, nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau.

**Tabela 18.** Inventário de espécies zooplanctônicas identificadas e suas respectivas biomassas (ug PS/m<sup>3</sup>) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012. (S=superfície; M= meio; F= fundo).

| Grupo                | Família    | Espécie / Ponto               | P1   | P2                  | P3   | P4 | P5   | P6   | P7   | P8   | P9   | P10  | P11  | P12  | P13  | P14  | P15  | P16  | P17  | P18S | P18M | P18F  | P19  | P20   |      |      |
|----------------------|------------|-------------------------------|------|---------------------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|
| Testáceos            | Arcellidae | <i>Arcella arenaria</i>       |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      | 12.88 |      |      |
|                      |            | <i>A. brasiliensis</i>        |      | 0.01                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. vulgaris</i>            | 2.01 |                     |      |    | 0.08 |      | 3.00 |      |      |      | 0.06 | 1.61 |      |      | 2.01 | 1.61 | 0.06 | 9.01 |      |       |      |       | 2.47 |      |
|                      |            | <i>A. megastoma</i>           | 0.16 |                     |      |    |      |      | 8.92 |      |      |      |      | 0.16 |      |      | 0.17 |      | 0.11 |      | 0.14 | 11.20 | 5.73 |       |      |      |
|                      |            | <i>A. discoides</i>           | 0.63 | 0.63                | 2.42 |    | 0.02 | 1.01 |      | 0.03 | 1.61 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0.81 | 3.22  |      |      |
|                      |            | <i>A. cf. catinus</i>         |      |                     |      |    |      | 0.02 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. conica</i>              |      |                     |      |    |      |      |      |      | 1.01 |      |      | 0.81 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. costata</i>             |      | 1.27                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 1.61 |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. crenulata</i>           | 1.27 |                     |      |    | 0.98 |      |      |      |      |      | 1.27 | 0.03 |      |      |      |      | 0.63 |      |      |       |      |       | 0.98 |      |
|                      |            | <i>A. gibbosa</i>             |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      | 0.81 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. hemisphaerica</i>       | 0.75 |                     |      |    |      |      |      |      |      |      | 0.01 | 0.75 | 0.75 |      |      | 0.75 |      | 0.01 | 0.38 | 0.01  |      |       |      |      |
|                      |            | <i>A. mitrata</i>             |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      | 3.22 | 1.61 |      |      |      | 0.63 |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | Centropxyidae                 |      | <i>C. aerophyla</i> |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.80 |      |      |      |       |      |       |      | 0.40 |
| <i>C. aculeata</i>   |            |                               |      | 2.23                |      |    | 0.01 | 5.82 |      |      | 1.72 | 0.02 | 2.40 | 0.86 |      | 0.02 | 0.74 |      |      | 0.92 | 0.02 | 0.92  |      | 2.59  |      |      |
| <i>C. ecornis</i>    | 0.04       |                               |      | 13.61               | 1.41 |    |      | 4.45 |      |      | 7.94 |      | 2.47 | 0.02 |      | 0.65 | 0.99 |      |      |      |      |       | 1.41 | 0.86  |      |      |
| <i>C. constricta</i> |            |                               |      | 1.90                |      |    |      | 3.71 |      |      | 0.04 | 1.67 |      |      |      | 0.63 |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
| <i>C. hirsuta</i>    |            |                               |      | 0.53                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1.29 |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
| Trigonopyxidae       |            | <i>Cyclopyxis kahli</i>       | 0.01 |                     |      |    |      | 1.07 |      |      | 0.53 |      | 0.36 | 0.89 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       | 0.55 |      |
|                      |            | <i>Cucurbitella dentata</i>   |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2.23 |      | 2.23  |      |       |      |      |
| Difflogiidae         |            | <i>Difflogia corona</i>       |      | 6.06                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>D. cf. lebes</i>           |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.01 |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>D. litophyla</i>           |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      | 3.17 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>D. oblonga</i>             |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      | 5.42 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       | 0.06 |      |
|                      |            | <i>D. cf. parva</i>           |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.02 |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>D. schurmanni</i>          |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      | 3.77 |      |      |      |      |      |      |      | 1.89 |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>Hoongeradia</i> sp.        |      | 3.32                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>Pontigulasia compressa</i> |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 0.15 |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
| Euglyphidae          |            | <i>Euglypha acantophora</i>   |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      | 0.56 | 0.01 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
|                      |            | <i>Euglypha</i> sp.           |      |                     |      |    |      | 0.36 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |
| Hyalosphaenidae      |            | <i>Heleopera petricola</i>    |      | 0.90                |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      | 0.03  |      |      |
|                      |            | <i>Heleopera</i> sp.          |      |                     |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       | 0.52 |      |

Tabela 18. Continuação.

| Grupo           | Família        | Espécie / Ponto                        | P1   | P2    | P3   | P4   | P5   | P6    | P7    | P8   | P9    | P10  | P11   | P12  | P13  | P14   | P15  | P16  | P17  | P18S | P18M  | P18F  | P19   | P20  |
|-----------------|----------------|--|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
|                 |                | <i>Nebella</i> sp.                     |      |       |      |      |      | 0.73  |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       | 1.30 |
|                 | Lesquereusidae | <i>Lesquereusia modesta</i>            |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      | 5.71  | 0.03 |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>Lesquereusia spiralis</i>           |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      | 0.03  |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Plagiopyxidae  | <i>Plagiopyxis callida</i>             |      | 0.48  |      |      |      |       |       |      | 0.38  |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Trinematidae   | <i>Trinema enchelys</i>                |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      | 0.02  |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>Trinema</i> sp.                     |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       | 0.61 |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
| TOTAL TECAMEBAS |                |  | 4.87 | 30.93 | 3.82 |      | 1.08 | 26.08 | 3.00  | 0.03 | 13.23 | 6.80 | 29.29 | 4.80 |      | 5.59  | 4.09 | 1.44 | 9.02 | 5.56 | 11.23 | 13.01 | 21.29 | 5.98 |
| Rotíferos       | Brachionidae   | <i>Brachionus calyciflorus</i>         |      |       |      |      |      | 4.82  |       |      | 2.62  |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>B. quadridentatus</i>               |      |       |      |      |      |       | 0.07  |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>B. zahnenseri</i>                   |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      | 1.89 |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>Keratella americana</i>             | 2.75 |       |      |      |      | 1.35  |       |      | 2.02  |      |       |      |      | 1.22  |      |      |      | 1.35 | 0.65  | 0.01  | 0.34  |      |
|                 |                | <i>K. lenzi</i>                        |      |       | 0.61 |      |      |       |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>K. tropica</i>                      |      |       |      |      |      | 0.31  |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>Plathyonus patulus macracanthus</i> |      | 2.82  |      |      |      | 0.07  | 2.67  |      |       |      |       |      |      |       |      |      | 9.68 |      |       |       | 0.13  |      |
|                 |                | <i>Plathyas quadricornis</i>           |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 1.47 | 1.47  | 2.94  |       |      |
|                 | Conochilidae   | <i>Conochilus coenobasis</i>           |      |       |      | 2.05 |      |       |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Euclhanidae    | <i>Euclhanis dilatata</i>              |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       | 0.12 |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>E. incisa</i>                       |      |       |      |      |      |       |       | 0.27 |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Filiniidae     | <i>Filinia longiseta</i>               |      |       |      | 0.02 | 0.59 |       | 12.10 |      |       |      |       |      | 0.73 | 3.93  |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>F. terminalis</i>                   |      |       |      | 1.57 | 0.02 |       | 0.71  |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 0.86 |       |       | 0.02  |      |
|                 | Floscularidae  | <i>Ptygura</i> sp.                     |      |       |      |      |      |       |       |      |       | 0.61 |       |      |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Lecanidae      | <i>Lecane bulla</i>                    |      |       |      |      |      |       |       |      |       | 0.02 | 0.02  |      |      | 1.19  |      |      | 0.02 |      | 0.02  | 0.84  |       |      |
|                 |                | <i>L. leontina</i>                     |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       | 0.06 |      |       |      |      |      |      |       |       | 0.05  |      |
|                 |                | <i>L. ludwigi</i>                      |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      |      | 0.82  |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>L. luna</i>                         |      |       |      |      |      | 0.98  |       | 1.16 | 0.01  |      |       |      | 1.96 |       |      |      | 0.02 |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>L. lunaris</i>                      |      |       |      |      |      | 0.02  | 0.02  | 0.02 |       |      |       |      | 0.02 | 0.66  |      |      | 1.22 |      |       |       |       |      |
|                 |                | <i>L. proiecta</i>                     | 1.40 |       |      |      |      | 3.12  |       |      |       |      |       |      |      | 0.91  |      |      |      | 1.25 | 2.50  | 2.50  |       |      |
|                 |                | <i>L. quadridentata</i>                |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      | 1.09 |      |       |       |       |      |
|                 | Lepadellidae   | <i>Lepadella</i> sp.                   |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       | 0.54 |      |       |      |      |      |      |       |       |       |      |
|                 | Mytillinidae   | <i>Mytillina</i> cf. <i>ventralis</i>  | 0.05 |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |       | 2.28  |       |      |
|                 | Philodinidae   | Bdeloidea                              | 9.12 | 0.03  |      | 2.20 | 0.06 | 3.85  |       | 2.73 | 1.99  |      |       | 0.28 | 3.23 | 19.04 | 2.28 | 0.06 | 7.21 | 2.04 | 2.04  | 2.04  | 2.94  | 7.55 |
|                 | Notomatidae    | <i>Cephalodella</i> sp.                |      |       | 0.03 |      |      |       |       | 0.06 |       |      |       |      |      |       |      |      | 1.76 |      |       |       |       | 0.03 |

**Tabela 18.** Continuação.

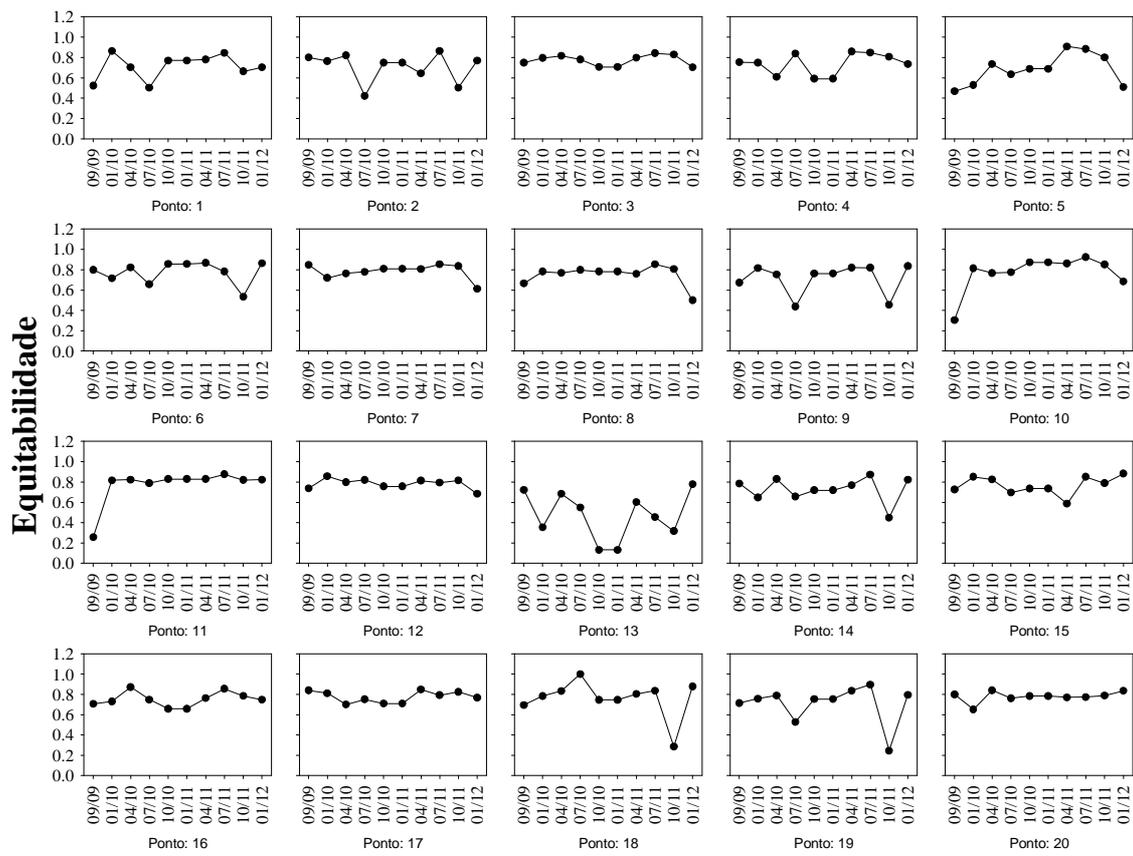
| Grupo      | Família        | Espécie / Ponto             | P1     | P2    | P3   | P4     | P5   | P6    | P7     | P8    | P9     | P10  | P11  | P12  | P13   | P14   | P15   | P16  | P17   | P18S  | P18M  | P18F  | P19   | P20   |
|------------|----------------|-----------------------------|--------|-------|------|--------|------|-------|--------|-------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |                | <i>Monommata</i> sp.        |        |       |      | 1.18   |      |       |        |       |        |      |      |      |       | 0.92  |       |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | <i>Testudinella patina</i>  |        |       |      |        |      |       |        |       |        | 0.05 |      |      |       |       | 1.99  | 0.05 |       |       |       |       |       |       |
|            | Trichocercidae | <i>T. cf. similis</i>       |        |       |      |        |      |       |        |       |        | 1.13 |      | 0.04 |       |       | 1.38  |      |       |       |       |       |       |       |
|            | Gastropodidae  | <i>Gastropus</i> sp.        |        |       |      |        |      |       |        |       |        | 0.06 |      |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | rotífero não identificado   |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      |       |       | 3.14  |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | <b>TOTAL ROTÍFEROS</b>      | 13.33  | 2.86  | 0.64 | 7.02   | 0.66 | 13.52 | 16.55  | 3.08  | 7.81   | 1.88 | 0.02 | 1.04 | 5.86  | 24.05 | 13.40 | 2.05 | 21.92 | 6.10  | 6.68  | 10.60 | 3.46  | 7.58  |
| Cladóceros | Bosminidae     | <i>Bosmina hagmanni</i>     |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      | 0.55  |       |       |      |       |       |       |       |       | 21.88 |
|            |                | <i>B. tubincen</i>          |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      | 0.20 | 7.45  |       |       |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | <i>Bosminopsis deitersi</i> |        |       |      | 0.17   |      |       | 29.98  |       |        |      |      |      | 9.91  |       |       |      |       |       |       |       |       |       |
|            | Chydoridae     | <i>Alona affinis</i>        |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      |       |       | 5.21  |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | <i>Alona</i> sp.            |        |       |      |        |      |       |        |       |        | 0.11 |      |      |       |       | 0.28  |      | 0.10  |       |       |       |       |       |
|            |                | <i>Alonella dadayi</i>      |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      | 0.11 |       |       | 0.15  | 3.14 | 2.82  |       |       |       |       | 0.08  |
|            |                | <i>Chydorus</i> sp.         |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       | 3.47  |
|            | Macrothricidae | <i>Macrotrix elegans</i>    |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       | 0.17  |
|            |                | <b>TOTAL CLADÓCEROS</b>     |        |       |      | 0.17   |      |       | 29.98  |       |        | 0.11 |      | 0.31 | 17.91 |       | 0.43  | 8.35 | 3.09  |       |       |       |       | 25.42 |
| Copépodes  | Cyclopidae     | <i>Microcyclops</i> sp.     |        |       |      |        |      |       |        |       |        |      |      |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       | 0.51  |
|            |                | <i>T. decipiens</i>         |        |       |      |        |      |       | 107.73 |       |        |      |      |      |       |       |       |      |       | 2.70  | 2.70  |       |       |       |
|            |                | Nauplio de Cyclopoida       | 3.14   |       |      | 11.14  |      | 1.29  | 2.20   | 0.06  | 2.75   |      |      | 2.38 | 31.45 | 0.05  | 0.09  | 0.07 |       | 0.08  | 0.07  | 0.08  | 4.61  | 1.90  |
|            |                | Copepodito de Cyclopoida    | 122.00 | 15.72 |      | 0.59   |      | 31.45 | 94.35  | 20.79 | 19.98  | 0.26 | 0.26 |      | 27.22 | 35.75 |       | 0.49 | 51.09 | 90.89 | 41.04 | 38.16 | 27.82 | 20.94 |
|            | Diaptomidae    | Nauplio de Calanoida        |        |       | 6.09 | 71.55  |      |       | 12.30  |       |        |      |      |      | 6.88  |       |       |      |       |       |       |       |       |       |
|            |                | Copepodito de Calanoida     |        |       |      | 32.45  |      |       | 287.66 | 2.65  | 105.97 |      |      |      | 1.41  |       |       |      |       |       |       |       |       | 2.17  |
|            |                | <b>TOTAL COPÉPODES</b>      | 125.14 | 15.72 | 6.09 | 115.72 | 0.00 | 32.74 | 504.24 | 23.50 | 128.69 | 0.26 | 0.26 | 2.38 | 66.95 | 35.80 | 0.09  | 0.56 | 51.09 | 93.66 | 43.81 | 38.24 | 35.13 | 22.84 |

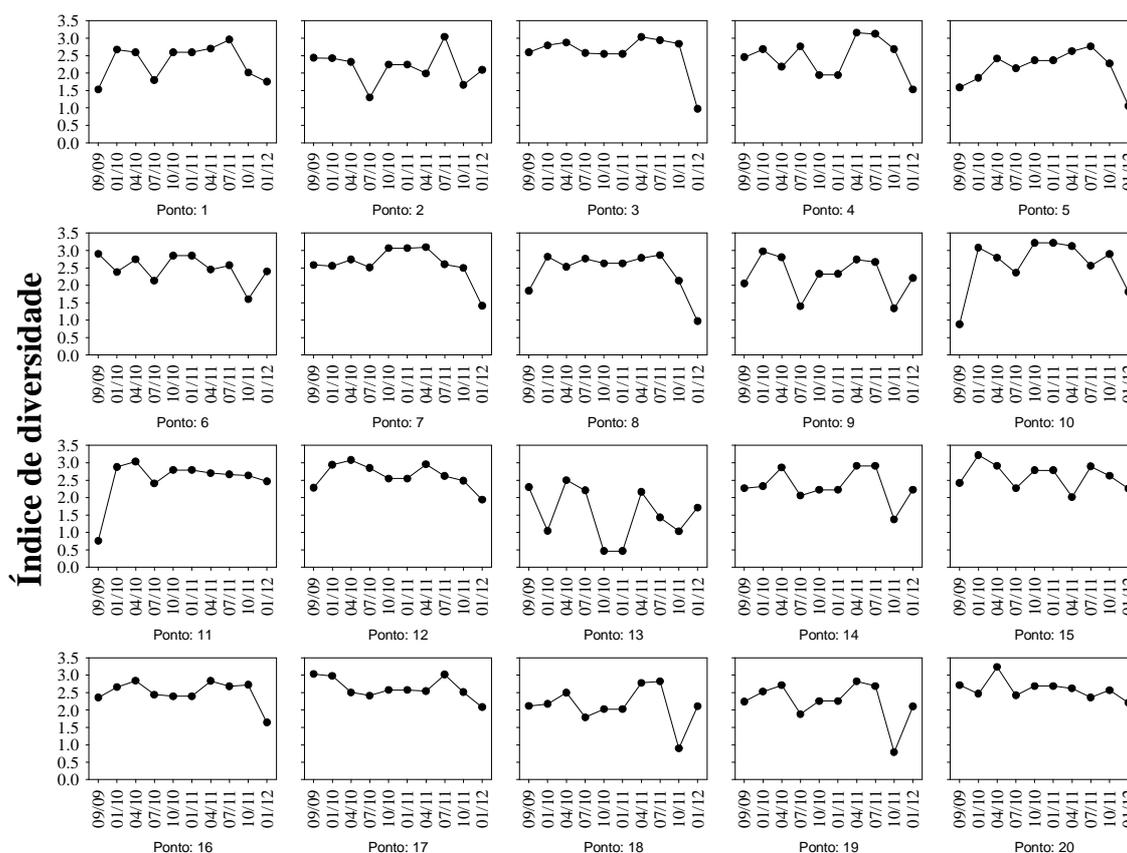
## Índice de diversidade e equitabilidade

Em relação ao índice de diversidade, os valores observados ao longo do monitoramento têm sido bem variáveis, fluando entre 0,79, no rio Madeira a jusante da área de estudo, a valores superiores a 3,0, no mesmo rio Madeira, no entanto nas regiões a montante da área de estudo (**Figura 44**).

Espacialmente, tem sido observado que, em geral, ao contrário do registrado para a abundância e biomassa, maiores valores de índice de diversidade ocorrem nos tributários, e os menores nos pontos localizados nos rios Madeira, especialmente nos pontos P18 e P19, e ainda, na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13) (**Figura 44**).

Resultados semelhantes têm sido observados para a equitabilidade, os quais tem apresentado padrão de distribuição espacial similar àqueles observados para o índice de diversidade. Nesse sentido, os mais baixos valores de equitabilidade têm sido registrados no rio Madeira, enquanto que nos tributários estes foram, em geral, mais elevados (**Figura 44**). Temporalmente, destacam-se os valores mais variáveis nos pontos de amostragem do rio Madeira, enquanto que, os tributários, uma reduzida variação da equitabilidade tem sido observada, com exceção do ponto localizado na área alagada do rio Mutum Paraná, onde os valores deste atributo têm flutuado marcadamente (**Figura 44**).





**Figura 44.** Distribuição espacial e temporal da equitabilidade e índice de diversidade do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau.

### Espécies indicadoras (IndVal)

Os resultados de uma Análise de Valor Indicador (**INDVAL**), realizada com o objetivo de identificar potenciais espécies indicadoras das condições ambientais características do rio Madeira e de seus tributários, para os períodos de águas altas e águas baixas, revelaram um grande número de espécies com potencial indicador.

Assim, considerando os 10 períodos de amostragem (entre setembro de 2009 e janeiro de 2012), um total de 86 espécies foi considerado potencialmente indicadora, sendo 48 espécies indicadoras dos tributários, 29 táxons para o período de águas altas, e 19 táxons para o período de águas baixas. Para o rio Madeira, apenas 28 táxons foram considerados indicadores das condições vigentes neste rio, sendo 20 para o período de águas baixas e 8 para o período de águas altas (**Tabela 19**).

Entre os grupos zooplanctônicos, os rotíferos apresentaram o maior número de espécies indicadoras (45 espécies) seguidos por protozoários testáceos (25 espécies), Cladóceros (10 espécies) e copépodes (5 espécies) (**Tabela 19**).

Reforçando os resultados obtidos anteriormente, os protozoários testáceos foram, em geral, indicadores das condições ambientais que prevalecem nos tributários, no período de águas baixas (**Tabela 19**). Parte das espécies de rotíferos caracterizaram, em geral, os tributários no período de águas altas, e varias espécies de rotíferos foram também indicadoras do rio Madeira, no período de águas baixas (**Tabela 19**).

Para os microcrustáceos, a maioria dos cladóceros selecionados com potencial indicador foi também indicador dos tributários no período de águas altas, e as demais espécies foram indicadoras do rio Madeira, no período de águas baixas. Já os copépodes foram, quase que exclusivamente, indicadores das condições vigentes no rio Madeira, durante o período de águas baixas.

**Tabela 19.** Relação das espécies zooplancônicas indicadoras do Rio Madeira e de seus tributários, durante os períodos de águas altas e águas baixas, derivadas de uma análise de Individual, baseada nos dados de ocorrência e densidade das espécies, obtidos ao longo de todo monitoramento da área de influência do AHE Jirau. (AB= abundância relativa; FR= frequência relativa; IV= valor indicador;  $p$ = significância -  $< 0,05$ ; valores em negrito indicam o grupo que o IV da espécie foi significativo).

|                             | Rio Madeira<br>águas<br>altas |    |           | Rio Madera<br>águas<br>baixas |    |    | Tributários<br>águas altas |    |           | Tributários<br>águas baixas |    |           | $p$    |
|-----------------------------|-------------------------------|----|-----------|-------------------------------|----|----|----------------------------|----|-----------|-----------------------------|----|-----------|--------|
|                             | AB                            | FR | IV        | AB                            | FR | IV | AB                         | FR | IV        | AB                          | FR | IV        |        |
| <i>Arcella artocrea</i>     | 3                             | 14 | 0         | 5                             | 20 | 1  | 23                         | 25 | 6         | 69                          | 58 | <b>40</b> | 0.0010 |
| <i>A. brasiliensis</i>      | 1                             | 9  | 0         | 1                             | 6  | 0  | 82                         | 31 | <b>25</b> | 16                          | 46 | 7         | 0.0150 |
| <i>A. vulgaris</i>          | 13                            | 34 | 4         | 8                             | 20 | 2  | 20                         | 51 | 10        | 60                          | 60 | <b>36</b> | 0.0070 |
| <i>A. vulgaris undulata</i> | 2                             | 6  | 0         | 12                            | 14 | 2  | 16                         | 12 | 2         | 70                          | 34 | <b>24</b> | 0.0020 |
| <i>A. megastoma</i>         | 22                            | 51 | 11        | 4                             | 11 | 1  | 21                         | 57 | 12        | 53                          | 66 | <b>35</b> | 0.0010 |
| <i>A. discoides</i>         | 26                            | 80 | 21        | 9                             | 83 | 8  | 28                         | 74 | 21        | 36                          | 97 | <b>35</b> | 0.0090 |
| <i>A. crenulata</i>         | 6                             | 6  | 0         | 0                             | 3  | 0  | 74                         | 31 | <b>23</b> | 20                          | 17 | 3         | 0.0050 |
| <i>Centropyxis aculeata</i> | 35                            | 91 | 32        | 14                            | 89 | 13 | 13                         | 82 | 10        | 38                          | 95 | <b>37</b> | 0.0070 |
| <i>C. cf. cassis</i>        | 33                            | 17 | 6         | 11                            | 9  | 1  | 1                          | 2  | 0         | 54                          | 35 | <b>19</b> | 0.0040 |
| <i>C. ecomis</i>            | 44                            | 91 | <b>41</b> | 18                            | 74 | 14 | 8                          | 63 | 5         | 29                          | 78 | 23        | 0.0010 |
| <i>C. constricta</i>        | 42                            | 31 | 13        | 3                             | 17 | 1  | 7                          | 11 | 1         | 47                          | 46 | <b>22</b> | 0.0090 |
| <i>C. cf spinosa</i>        | 14                            | 6  | 1         | 0                             | 0  | 0  | 16                         | 9  | 1         | 70                          | 15 | <b>11</b> | 0.0480 |
| <i>C. discoides</i>         | 80                            | 23 | <b>18</b> | 7                             | 3  | 0  | 1                          | 6  | 0         | 12                          | 5  | 1         | 0.0010 |
| <i>C. marsupiformis</i>     | 12                            | 3  | 0         | 12                            | 3  | 0  | 0                          | 2  | 0         | 76                          | 26 | <b>20</b> | 0.0030 |
| <i>Cyclopyxis kahli</i>     | 48                            | 74 | <b>36</b> | 18                            | 49 | 9  | 5                          | 23 | 1         | 28                          | 58 | 17        | 0.0010 |
| <i>Diffugia acuminata</i>   | 13                            | 6  | 1         | 1                             | 6  | 0  | 1                          | 3  | 0         | 85                          | 29 | <b>25</b> | 0.0020 |
| <i>D. gramem</i>            | 8                             | 9  | 1         | 0                             | 9  | 0  | 12                         | 9  | 1         | 80                          | 38 | <b>31</b> | 0.0010 |
| <i>D. lanceolata</i>        | 1                             | 3  | 0         | 7                             | 6  | 0  | 0                          | 2  | 0         | 92                          | 22 | <b>20</b> | 0.0010 |

|  | Rio Madeira<br>águas<br>altas |    |           | Rio Madera<br>águas<br>baixas |    |           | Tributários<br>águas altas |    |           | Tributários<br>águas baixas |    |           | <i>p</i> |
|--|-------------------------------|----|-----------|-------------------------------|----|-----------|----------------------------|----|-----------|-----------------------------|----|-----------|----------|
|  | AB                            | FR | IV        | AB                            | FR | IV        | AB                         | FR | IV        | AB                          | FR | IV        |          |
| <i>D. cf. pleustonica</i>              | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 0                          | 0  | 0         | 100                         | 12 | <b>12</b> | 0.0080   |
| <i>Diffugia</i> sp.                    | 13                            | 14 | 2         | 12                            | 6  | 1         | 4                          | 6  | 0         | 71                          | 34 | <b>24</b> | 0.0010   |
| <i>Euglypha acantophora</i>            | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 19                         | 12 | 2         | 81                          | 25 | <b>20</b> | 0.0070   |
| <i>Nebella</i> sp                      | 61                            | 37 | <b>22</b> | 10                            | 9  | 1         | 0                          | 5  | 0         | 29                          | 22 | 6         | 0.0010   |
| <i>Lesquereusia spiralis</i>           | 2                             | 3  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 18                         | 12 | 2         | 80                          | 32 | <b>26</b> | 0.0020   |
| <i>L. modesta</i>                      | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 13                         | 5  | 1         | 87                          | 49 | <b>43</b> | 0.0010   |
| <i>Plagiopyxis</i> sp                  | 45                            | 46 | <b>21</b> | 15                            | 23 | 3         | 10                         | 14 | 1         | 30                          | 29 | 9         | 0.0140   |
| <i>Brachionus angularis</i>            | 1                             | 6  | 0         | 99                            | 23 | <b>23</b> | 0                          | 0  | 0         | 0                           | 3  | 0         | 0.0010   |
| <i>B. calyciflorus</i>                 | 1                             | 9  | 0         | 98                            | 40 | <b>39</b> | 0                          | 2  | 0         | 1                           | 6  | 0         | 0.0010   |
| <i>B. caudatus</i>                     | 6                             | 34 | 2         | 93                            | 69 | <b>63</b> | 0                          | 2  | 0         | 1                           | 11 | 0         | 0.0010   |
| <i>B. dolabratus</i>                   | 71                            | 23 | 16        | 23                            | 11 | 3         | 6                          | 5  | 0         | 0                           | 0  | 0         | 0.0050   |
| <i>B. falcatus</i>                     | 6                             | 14 | 1         | 87                            | 51 | <b>45</b> | 4                          | 3  | 0         | 4                           | 6  | 0         | 0.0010   |
| <i>B. mirus</i>                        | 79                            | 20 | 16        | 15                            | 6  | 1         | 4                          | 5  | 0         | 2                           | 2  | 0         | 0.0010   |
| <i>B. urceolaris</i>                   | 5                             | 6  | 0         | 95                            | 17 | <b>16</b> | 0                          | 0  | 0         | 0                           | 0  | 0         | 0.0020   |
| <i>B. quadridentatus</i>               | 3                             | 23 | 1         | 95                            | 60 | <b>57</b> | 1                          | 6  | 0         | 1                           | 5  | 0         | 0.0010   |
| <i>Keratella americana</i>             | 73                            | 23 | <b>17</b> | 26                            | 46 | 12        | 1                          | 5  | 0         | 0                           | 3  | 0         | 0.0170   |
| <i>K. lenzi</i>                        | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 100                        | 6  | 6         | 0                           | 0  | 0         | 0.0270   |
| <i>K. tropica</i>                      | 0                             | 20 | 0         | 99                            | 69 | <b>68</b> | 0                          | 2  | 0         | 1                           | 9  | 0         | 0.0010   |
| <i>Plathyonus patulus macracanthus</i> | 39                            | 46 | <b>18</b> | 41                            | 37 | 15        | 20                         | 5  | 1         | 0                           | 0  | 0         | 0.0120   |
| <i>P. patulus patulus</i>              | 5                             | 20 | 1         | 94                            | 57 | <b>54</b> | 0                          | 8  | 0         | 1                           | 14 | 0         | 0.0010   |
| <i>Conochilus coenobasis</i>           | 10                            | 23 | 2         | 5                             | 23 | 1         | 72                         | 45 | <b>32</b> | 13                          | 11 | 1         | 0.0030   |
| <i>Filimia cf. terminalis</i>          | 13                            | 29 | 4         | 0                             | 0  | 0         | 87                         | 45 | <b>39</b> | 0                           | 2  | 0         | 0.0010   |
| Floscularidae não identificado         | 7                             | 3  | 0         | 3                             | 3  | 0         | 67                         | 20 | <b>13</b> | 22                          | 5  | 1         | 0.0140   |
| <i>Lecane bulla</i>                    | 26                            | 80 | 21        | 10                            | 60 | 6         | 46                         | 72 | <b>33</b> | 18                          | 43 | 8         | 0.0080   |
| <i>L. closterocerca</i>                | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 84                         | 12 | <b>10</b> | 16                          | 2  | 0         | 0.0200   |
| <i>L. cornuta</i>                      | 28                            | 9  | 2         | 4                             | 6  | 0         | 52                         | 43 | <b>22</b> | 16                          | 15 | 2         | 0.0030   |
| <i>L. curvicornis</i>                  | 38                            | 43 | 16        | 7                             | 23 | 2         | 52                         | 51 | <b>26</b> | 3                           | 8  | 0         | 0.0060   |
| <i>L. hastata</i>                      | 0                             | 0  | 0         | 86                            | 9  | 7         | 0                          | 0  | 0         | 14                          | 3  | 0         | 0.0480   |
| <i>L. leontina</i>                     | 35                            | 29 | 10        | 9                             | 3  | 0         | 53                         | 32 | <b>17</b> | 3                           | 3  | 0         | 0.0160   |
| <i>L ludwigi</i>                       | 13                            | 23 | 3         | 0                             | 0  | 0         | 70                         | 43 | <b>30</b> | 17                          | 14 | 2         | 0.0010   |
| <i>L. cf. luna</i>                     | 65                            | 26 | <b>17</b> | 6                             | 6  | 0         | 26                         | 17 | 4         | 3                           | 2  | 0         | 0.0040   |
| <i>L. papuana</i>                      | 9                             | 29 | 2         | 86                            | 57 | <b>49</b> | 3                          | 6  | 0         | 2                           | 12 | 0         | 0.0010   |
| <i>L. proiecta</i>                     | 6                             | 31 | 2         | 93                            | 63 | <b>59</b> | 0                          | 3  | 0         | 1                           | 14 | 0         | 0.0010   |
| <i>Lepadella cristata</i>              | 18                            | 6  | 1         | 0                             | 0  | 0         | 82                         | 9  | 8         | 0                           | 0  | 0         | 0.0340   |
| <i>Lepaella ovalis</i>                 | 5                             | 6  | 0         | 1                             | 11 | 0         | 66                         | 34 | <b>22</b> | 28                          | 23 | 6         | 0.0010   |
| <i>L. benjamini</i>                    | 0                             | 0  | 0         | 6                             | 3  | 0         | 80                         | 28 | <b>22</b> | 15                          | 15 | 2         | 0.0020   |
| <i>Mytilinea macrocera</i>             | 1                             | 3  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 73                         | 25 | <b>18</b> | 26                          | 3  | 1         | 0.0060   |
| <i>Mytilinea ventralis</i>             | 20                            | 17 | 3         | 0                             | 0  | 0         | 75                         | 34 | <b>25</b> | 5                           | 9  | 0         | 0.0010   |
| <i>Monomata cf. sacigera</i>           | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 75                         | 18 | <b>14</b> | 25                          | 5  | 1         | 0.0090   |
| <i>Monnomata</i> sp.                   | 23                            | 3  | 1         | 0                             | 0  | 0         | 77                         | 12 | 10        | 0                           | 0  | 0         | 0.0130   |

|  | Rio Madeira<br>águas<br>altas |    |           | Rio Madera<br>águas<br>baixas |    |           | Tributários<br>águas altas |    |           | Tributários<br>águas baixas |    |           | <i>p</i> |
|--|-------------------------------|----|-----------|-------------------------------|----|-----------|----------------------------|----|-----------|-----------------------------|----|-----------|----------|
|  | AB                            | FR | IV        | AB                            | FR | IV        | AB                         | FR | IV        | AB                          | FR | IV        |          |
| <i>Testudinella mucronata</i>            | 76                            | 31 | <b>24</b> | 11                            | 9  | 1         | 13                         | 11 | 1         | 0                           | 2  | 0         | 0.0010   |
| <i>Testudinella ohlei</i>                | 5                             | 6  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 71                         | 49 | <b>35</b> | 24                          | 25 | 6         | 0.0010   |
| <i>Testudinella patina</i>               | 28                            | 40 | 11        | 3                             | 3  | 0         | 41                         | 58 | <b>24</b> | 28                          | 34 | 9         | 0.0250   |
| <i>T. tridentata</i>                     | 1                             | 3  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 95                         | 20 | <b>19</b> | 4                           | 2  | 0         | 0.0020   |
| <i>Trichocerca cilíndrica</i>            | 0                             | 0  | 0         | 99                            | 11 | <b>11</b> | 0                          | 0  | 0         | 1                           | 2  | 0         | 0.0010   |
| <i>T. chatoni</i>                        | 2                             | 6  | 0         | 97                            | 14 | <b>14</b> | 1                          | 5  | 0         | 0                           | 0  | 0         | 0.0190   |
| <i>T. iernis</i>                         | 1                             | 3  | 0         | 77                            | 40 | 31        | 4                          | 18 | 1         | 18                          | 6  | 1         | 0.0010   |
| <i>T. similis</i>                        | 0                             | 3  | 0         | 0                             | 3  | 0         | 98                         | 32 | <b>32</b> | 1                           | 5  | 0         | 0.0010   |
| <i>Manfredium eudactilodum</i>           | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 100                        | 15 | <b>15</b> | 0                           | 0  | 0         | 0.0010   |
| <i>M. sericus</i>                        | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 5                          | 8  | 0         | 95                          | 20 | <b>19</b> | 0.0010   |
| <i>Trichotria tetractis</i>              | 9                             | 11 | 1         | 3                             | 3  | 0         | 56                         | 45 | <b>25</b> | 32                          | 28 | 9         | 0.0050   |
| rotífero n identificado                  | 0                             | 3  | 0         | 79                            | 17 | <b>14</b> | 20                         | 8  | 2         | 1                           | 6  | 0         | 0.0130   |
| <i>Pleosoma</i> sp.                      | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 100                        | 6  | 6         | 0                           | 0  | 0         | 0.0310   |
| <i>Bosmina tubincen</i>                  | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 91                         | 11 | <b>10</b> | 9                           | 2  | 0         | 0.0360   |
| <i>Bosminopsis brandorffi</i>            | 1                             | 6  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 99                         | 17 | <b>17</b> | 0                           | 0  | 0         | 0.0020   |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i>              | 1                             | 17 | 0         | 88                            | 40 | <b>35</b> | 7                          | 31 | 2         | 3                           | 11 | 0         | 0.0010   |
| <i>Daphnia gessneri</i>                  | 4                             | 20 | 1         | 80                            | 37 | <b>30</b> | 5                          | 20 | 1         | 10                          | 6  | 1         | 0.0060   |
| <i>Alona</i> cf. <i>verrucosa</i>        | 0                             | 0  | 0         | 20                            | 3  | 1         | 21                         | 3  | 1         | 59                          | 15 | 9         | 0.0390   |
| <i>Alonella dadayi</i>                   | 3                             | 9  | 0         | 1                             | 6  | 0         | 62                         | 77 | <b>48</b> | 34                          | 29 | 10        | 0.0010   |
| <i>Alonella</i> cf. <i>hamulata</i>      | 5                             | 6  | 0         | 10                            | 3  | 0         | 54                         | 38 | <b>21</b> | 31                          | 14 | 4         | 0.0010   |
| <i>Chydorus eurynotus</i>                | 0                             | 3  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 79                         | 35 | <b>28</b> | 21                          | 8  | 2         | 0.0010   |
| <i>Notoalona sculpita</i>                | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 99                         | 17 | <b>17</b> | 1                           | 2  | 0         | 0.0010   |
| <i>Moina minuta</i>                      | 3                             | 20 | 1         | 84                            | 60 | <b>50</b> | 2                          | 11 | 0         | 11                          | 11 | 1         | 0.0010   |
| <i>Thermocyclops minutus</i>             | 17                            | 83 | 14        | 71                            | 94 | <b>67</b> | 9                          | 78 | 7         | 3                           | 74 | 2         | 0.0010   |
| <i>T. decipiens</i>                      | 7                             | 26 | 2         | 84                            | 54 | <b>45</b> | 3                          | 9  | 0         | 6                           | 9  | 1         | 0.0010   |
| <i>Tropocyclops prasinus</i>             | 0                             | 0  | 0         | 100                           | 26 | <b>26</b> | 0                          | 2  | 0         | 0                           | 3  | 0         | 0.0010   |
| <i>Metacyclops mendocinus</i>            | 1                             | 6  | 0         | 90                            | 31 | <b>28</b> | 1                          | 15 | 0         | 8                           | 8  | 1         | 0.0010   |
| <i>Mycrocyclops</i> cf. <i>filitinus</i> | 0                             | 0  | 0         | 0                             | 0  | 0         | 100                        | 6  | <b>6</b>  | 0                           | 0  | 0         | 0.0470   |

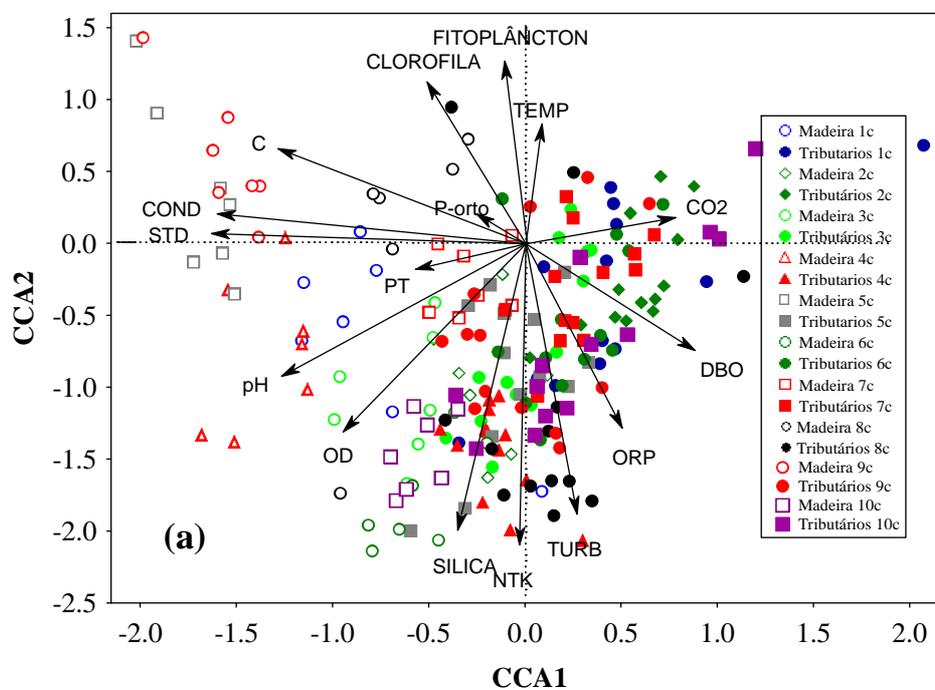
### Estrutura da comunidade zooplancônica: Análise de Correlação Canônica (CCA) e Análise de Correspondência (DCA).

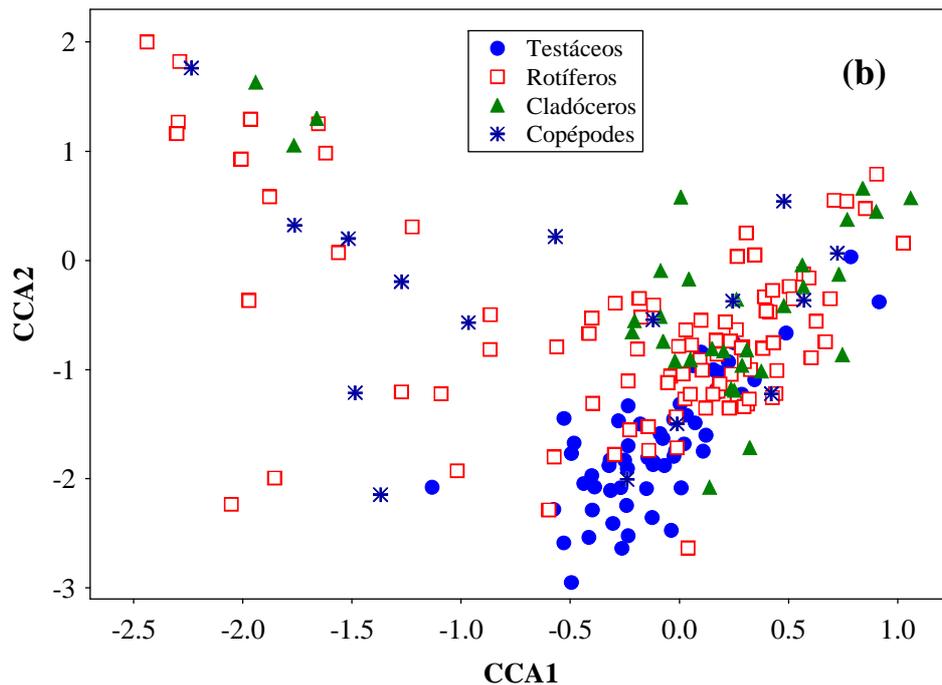
Os resultados da Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) e de uma Análise de Correlação Canônica (CCA), realizada para o período entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, com o objetivo de descrever a estrutura da comunidade zooplancônica, bem como de identificar os fatores intervenientes nessa estruturação, reforçam os padrões já descritos em relatórios anteriormente. Tendo em vista a

similaridade na demonstração gráfica, a **Figura 43** demonstra os resultados apenas da CCA. A DCA ficou similar ao resultado apresentado na **Figura 43b**.

Nesse sentido, a análise realizada com os dados obtidos nas 10 primeiras campanhas do monitoramento evidenciou, mais uma vez, uma maior distinção espacial (entre o rio Madeira e seus tributários) do que temporal (entre os períodos de amostragem), de forma que, a CCA discriminou essencialmente as amostras do rio Madeira (negativamente correlacionadas com este eixo), caracterizadas pelos maiores valores de carbono, sólidos totais, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, daquelas dos tributários (positivamente correlacionadas com este eixo), onde se observam, em geral, os maiores valores de CO<sub>2</sub> e DBO (**Figura 45**).

Em relação à comunidade zooplânctônica, os resultados da DCA e CCA têm evidenciado, em geral, que os diferentes grupos têm caracterizado as amostras do rio Madeira e de seus tributários, de forma que as espécies de protozoários testáceos e algumas espécies de rotíferos têm, em geral, caracterizado o zooplâncton dos tributários, enquanto que algumas espécies de rotíferos e cladóceros, e grande parte das espécies de copépodes têm caracterizado as amostras do rio Madeira (**Figura 45**).





**Figura 45.** Distribuição dos escores dos pontos de amostragem e variáveis ambientais (coeficiente de estrutura) (A) e dos principais táxons zooplancônicos, categorizados por grupo (B), derivados de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) realizada a partir dos dados de densidade das espécies zooplancônicas e variáveis ambientais, obtidos à superfície, na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

### **Relação entre a comunidade zooplancônica e ictiofauna (Interface com o programa de Conservação da Ictiofauna)**

Os resultados obtidos para o índice alimentar (IA) dos peixes capturados na área de influência do AHE Jirau (dados obtidos através da interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna) mostraram que, peixe, insetos, material vegetal e detrito foram os principais itens alimentares registrados nos conteúdos de peixes capturados nos tributários, enquanto que insetos e detritos predominaram no conteúdo estomacal dos peixes capturados no rio Madeira.

Até o momento, os itens compostos pelos grupos zooplancônicos (microcrustáceos, rotíferos e tecamebas) foram pobremente representados nos conteúdos estomacais. Esses resultados sugerem que o zooplâncton não constitui um item preferencial na dieta dos peixes capturados e, portanto, as reduzidas densidades registradas para o zooplâncton são determinadas essencialmente pelas condições hidrodinâmicas e que o efeito da predação de peixes sobre a estruturação da

comunidade zooplanctônica parece ser irrelevante, ao menos nessa fase que antecede o represamento. Ao contrário, é provável que a baixa disponibilidade (reduzidas densidades) do “zooplâncton” determine a reduzida utilização desse recurso pelas populações de peixes presentes na área de estudo.

### 5.6.3. Zoobentos

#### Composição

Em janeiro de 2012, a comunidade bentônica foi composta por 34 táxons, incluindo os filos Nematoda, Mollusca (Gastropoda), Annelida (Oligochaeta) e Arthropoda (Crustacea, Insecta) (**Tabela 20**).

No período de amostragem de setembro de 2009 a janeiro de 2012, entre os insetos aquáticos, a ordem Diptera foi representada por oito famílias (Ceratopogonidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Muscidae, Shirphidae, Simuliidae, Tabanidae e Tipulidae), Ephemeroptera por seis famílias (Baetidae, Caenidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae e Polymitarcyidae) e Trichoptera (Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae e Leptoceridae) foi representada por cinco famílias, Coleoptera por seis (Dytiscidae, Elmidae, Hidrophilidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Staphylinidae), Odonata por três famílias (Coenagrionidae, Lestidae e Libellulidae), Hemiptera foi representada por duas famílias (Corixidae e Naucoriadae) e Megaloptera e Plecoptera apenas pelas famílias Corydalidae e Perlidae, respectivamente.

**Tabela 20.** Composição, riqueza e densidade (ind.m<sup>-2</sup>) dos invertebrados bentônicos na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

| Táxons                                      | P1  | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7  | P8   | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15  | P16 | P17 | P18 | P19 | P20 |
|---|-----|----|----|----|----|----|-----|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Filo Nematoda</b>                        |     |    |    |    |    | 13 |     | 13   | 26 |     | 13  | 26  |     |     | 40   | 40  | 26  | 238 | 26  |     |
| <b>Filo Mollusca</b>                        |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Classe Gastropoda                           | 13  |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Filo Annelida</b>                        |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Classe Oligochaeta                          |     |    | 53 |    |    |    | 66  | 476  |    | 185 |     |     | 304 |     | 1852 | 489 | 595 |     |     |     |
| <b>Filo Arthropoda</b>                      |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Subfiló Crustacea                           |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Classe Ostracoda                            |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     | 13  |     |      |     |     |     |     |     |
| Classe Copepoda                             |     |    |    |    |    |    | 26  |      |    |     |     |     | 53  |     |      |     |     |     |     |     |
| Classe Insecta                              |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <b>Ordem Ephemeroptera</b>                  |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Família Baetidae NI                         |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 13  |
| <i>Caenis</i> sp.                           |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 26  |
| <b>Ordem Diptera</b>                        |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Família Ceratopogonidae                     | 40  |    |    | 13 |    |    |     |      |    | 26  |     | 13  | 13  |     |      | 13  |     | 13  |     | 26  |
| Família Chironomidae                        |     |    |    |    |    |    | 198 | 1230 |    |     |     |     |     |     | 13   |     | 159 |     |     |     |
| Subfamília Tanytopodinae                    |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Ablabesmyia karelia</i>                  |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     | 13  | 79  |     |      | 40  |     |     |     | 106 |
| <i>Djalmabatista</i> sp. 2                  |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 13  |     |     |     |     |
| Subfamília Chironominae                     |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Beardius</i> sp1                         |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 13  |
| <i>Chironomus salinarus</i>                 |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 13  |     |     |     |     |
| <i>Endotribelos</i> sp.                     |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 13  |     |     |     |     |
| <i>Stenochironomus</i> sp.                  |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 40  |
| <i>Lauterboniella</i>                       |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 40  |
| <i>Nilothauma</i> sp2                       |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     | 40  |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Parachironomus</i> sp. 1                 |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 26  |     |     |     |     |
| <i>Polypedilum (Asheum)</i>                 |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     | 40  |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp. 1      | 53  |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp. 2      |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     | 13  |     |     |     |      | 26  |     |     |     |     |
| <i>Polypedilum (Tripodura)</i>              |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 66  |     |     |     | 106 |
| <i>Tanytarsus</i>                           |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 79  |     |     |     |     |
| Subfamília Orthoclaadiinae                  |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| <i>Cricotopus</i> sp.                       |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 13  |     |     |     |     |
| <i>Gymnometriocnemus</i>                    |     |    |    |    |    |    |     |      |    | 13  |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| pupa de Chironomidae                        |     |    |    |    |    |    | 13  |      |    |     |     |     |     |     |      | 13  |     |     |     | 26  |
| Família Dolichopodidae                      |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     | 13   | 26  |     |     |     |     |
| Família Muscidae                            |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 13  |
| Diptera NI                                  | 26  |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      | 26  |     | 26  | 40  |     |
| <b>Ordem Coleoptera</b>                     |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| Dytiscidae larva                            |     |    |    |    |    |    |     | 13   |    |     |     |     |     |     | 13   |     | 13  |     |     |     |
| Família Elmidae                             |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 13  |
| Família Scirtidae                           |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     | 132  |     |     |     |     |     |
| Família Staphylinidae                       |     |    |    |    |    |    |     |      |    |     |     |     |     |     | 66   |     |     |     |     |     |
| Coleoptera NI                               | 13  |    |    |    |    |    |     |      |    | 40  |     |     |     |     |      |     |     |     |     | 26  |
| Insecta NI                                  |     |    |    |    |    |    |     | 26   | 13 |     |     |     |     |     | 119  |     |     |     | 13  |     |
| <b>Riqueza total (n. táxons)</b>            | 5   | 0  | 2  | 1  | 0  | 1  | 3   | 5    | 2  | 5   | 1   | 3   | 7   | 0   | 8    | 14  | 4   | 5   | 10  | 2   |
| <b>Densidade total (ind.m<sup>-2</sup>)</b> | 146 | 0  | 53 | 13 | 0  | 13 | 304 | 1759 | 40 | 278 | 13  | 53  | 542 | 0   | 2248 | 899 | 794 | 317 | 450 | 40  |

Em janeiro de 2012, anelídeos e insetos foram os mais abundantes, exceto no ponto P18, onde houve predomínio de nematóides. Os insetos aquáticos predominaram

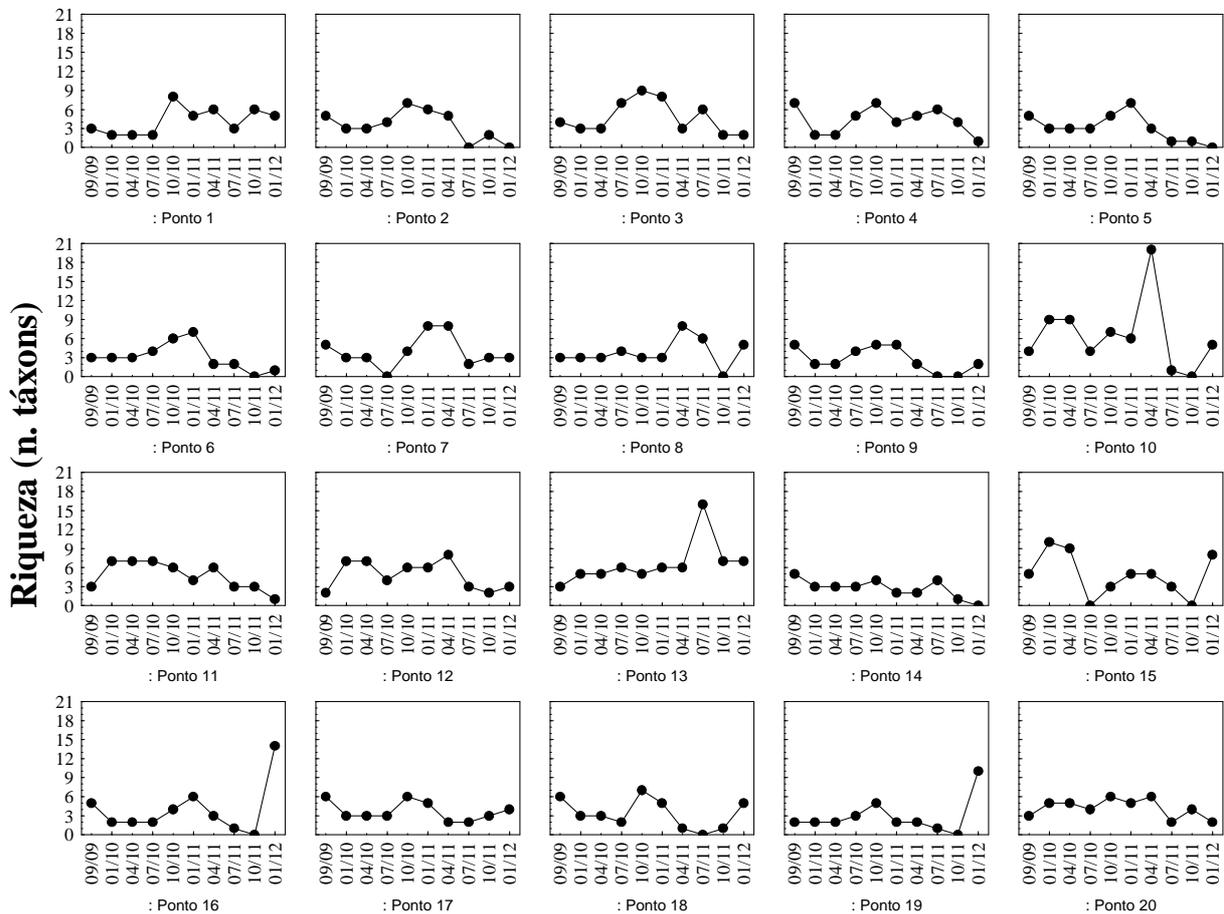
(67 a 100%) em todos os pontos de amostragem (total 12 pontos), exceto no ponto P20 (55% de anelídeos) em outubro de 2011. Os anelídeos e insetos destacaram pela frequência e elevada abundância relativa na área de influência do AHE Jirau nos meses de julho e abril de 2011. Em ambos os meses, a maior abundância relativa (acima 50%), em geral, destes dois grupos taxonômicos foi registrada nos tributários. Os nematóides contribuíram com 57% no ponto P11 (localizado no rio Mutum Paraná, em julho de 2011, ao passo que, em abril de 2011, especialmente os nematóides, além dos anelídeos, foram mais abundantes no rio Madeira-Mamoré, exceto no ponto P9 com uma maior proporção de insetos (66%) e P19 de insetos (50%) e microcrustáceos (50%).

### **Riqueza taxonômica (Diversidade alfa)**

Os valores de riqueza da comunidade bentônica oscilaram durante o período de estudo, e em geral, foi observada uma variação temporal da riqueza de táxons na maioria dos pontos de amostragem (exceto nos pontos P8, P10, P11, P12, P13 e P15), com períodos de menores valores de riqueza, por exemplo, em janeiro, abril e julho de 2010 e maiores em outubro de 2010 e janeiro de 2011. Menores valores de riqueza, em geral, foram registrados no rio Madeira nos meses de janeiro, abril e julho de 2010, e julho e outubro de 2011.

Em janeiro de 2012, foi registrada elevada riqueza taxonômica nos tributários (P16, localizado no igarapé Caiçara, com 14 táxons) e no rio Madeira (P19, com 10 táxons). Além disso, novas ocorrências de larvas de Chironomidae, *Beardius* sp.1, *Lauterboniella* sp., *Nilothauma* sp.2, *Cricotopus* sp., *Gymnometriocnemus* sp., foram registradas neste mês (**Tabela 20 e Figura 46**). Por outro lado, em outubro de 2011, baixos valores de riqueza foram registrados, destacando-se os pontos P13 (localizado na área alagada do rio Mutum Paraná, 7 táxons) e P1 (situado no rio Mamoré, 6 táxons), com maiores valores de riqueza. Em julho de 2011 registrou-se a maior riqueza de invertebrados bentônicos nos tributários, 16 táxons no ponto P13 (área alagada do rio Mutum Paraná) e 6 táxons nos pontos P3, P4 e P8 (igarapés Ribeirão, Araras e São Simão, respectivamente), no entanto, os valores de riqueza foram inferiores comparados ao mês de abril de 2011, com 20 táxons no ponto P10 (igarapé Castanho), 8 táxons nos pontos P7, P8 e P12 (igarapés Simãozinho, São Simão e rio Cotia, respectivamente) e 6

táxons nos pontos P1, P11, P13 e P20 (rio Mamoré, rio Mutum Paraná, área alagada do rio Mutum Paraná e foz do rio Mutum Paraná, respectivamente).



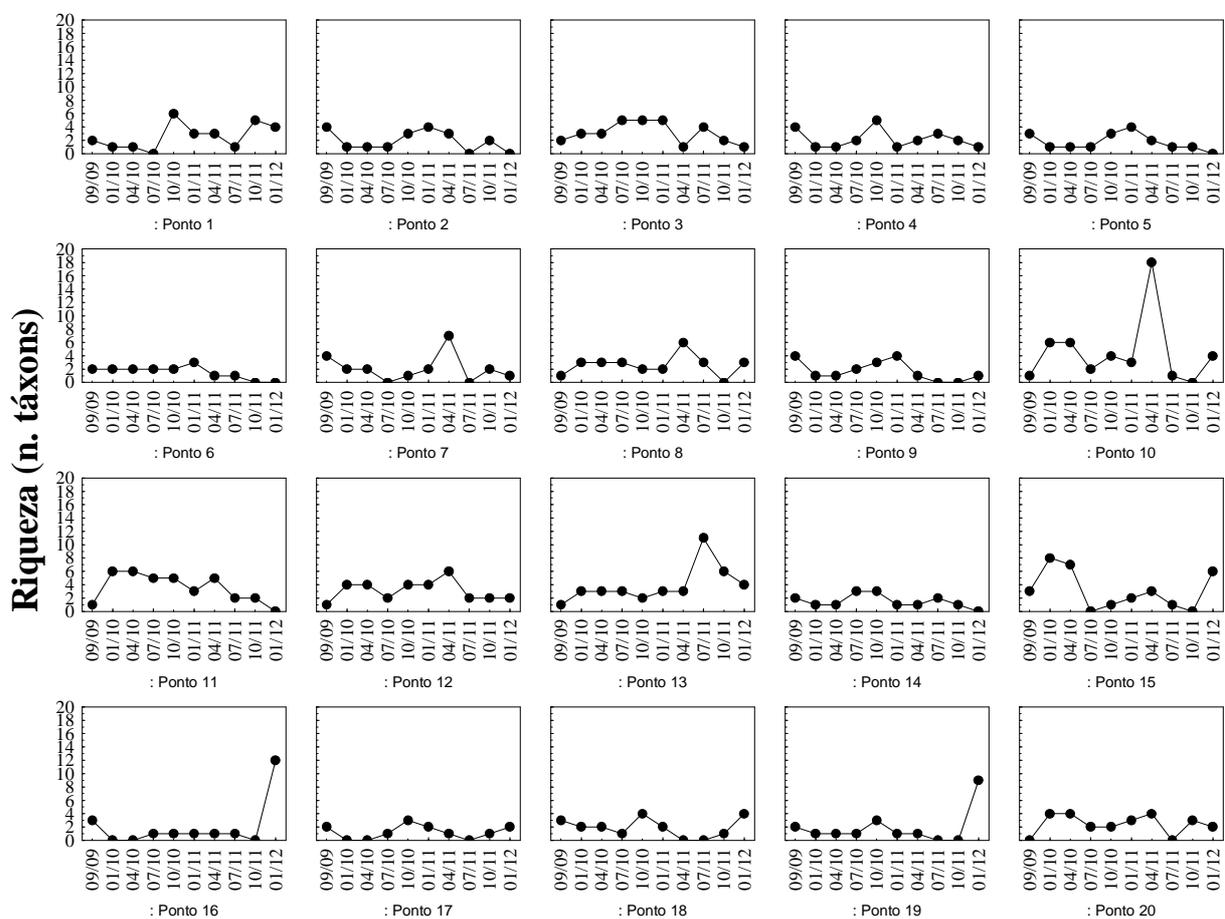
**Figura 46.** Variação temporal e espacial da riqueza de invertebrados na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

A **Figura 47** mostra a variação temporal e espacial da riqueza de insetos na área de influência do AHE Jirau. Ambas as variações temporal e espacial seguem a mesma tendência da riqueza total de invertebrados, pois a fauna desta comunidade foi composta basicamente de larvas de insetos.

Um aumento na riqueza taxonômica foi observado, em janeiro de 2012, nos tributários (pontos P8, P10, P15, P16 e P17) e no rio Madeira (pontos P18 e P19) (**Figura 47**). Os valores de riqueza de insetos foram, em geral, maiores nos tributários, destacando-se especialmente os pontos P10 (localizado no igarapé Castanho) e P13

(situado na área alagada do rio Mutum Paraná) com 20 e 16 táxons, em abril e julho de 2011, respectivamente.

Os insetos aquáticos destacam-se em termos de diversidade e abundância (HIGUTI et al., 2003), e sua distribuição pode estar relacionada às características morfométricas e variáveis físicas e químicas, disponibilidade de recursos alimentares e ao hábito das espécies (RESH e ROSENBERG, 1984; BOLTOVSKOY et al., 1995). Esses organismos possuem papel relevante nos processos de estruturação e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, participando da cadeia alimentar de vários invertebrados e vertebrados.



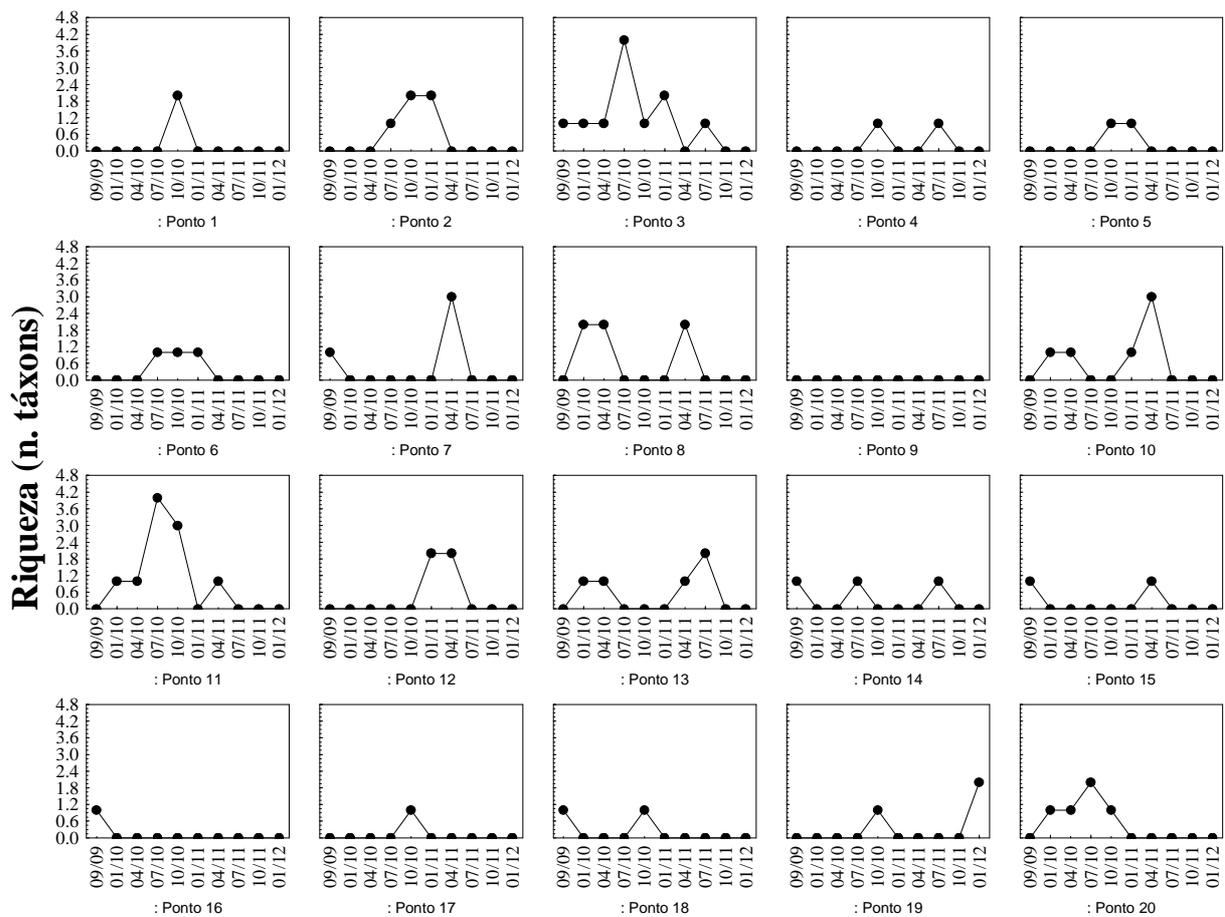
**Figura 47.** Variação temporal e espacial da riqueza de insetos na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, a riqueza de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi relativamente baixa na área de influência do AHE Jirau.

Apenas Ephemeroptera foi registrada em janeiro de 2012 (**Tabela 20 e Figura 48**). Enquanto nenhum EPT foi registrado na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2011. Em julho de 2011, baixa riqueza de Ephemeroptera e Trichoptera foi registrada no rio Madeira e nos tributários. Apenas 1 táxon de Ephemeroptera foi registrado nos pontos P3, P4 e P13, e 1 táxon de Trichoptera nos pontos P13 e P14. O primeiro registro da família Oligoneuriidae pertencente à ordem Ephemeroptera foi verificado no ponto P4.

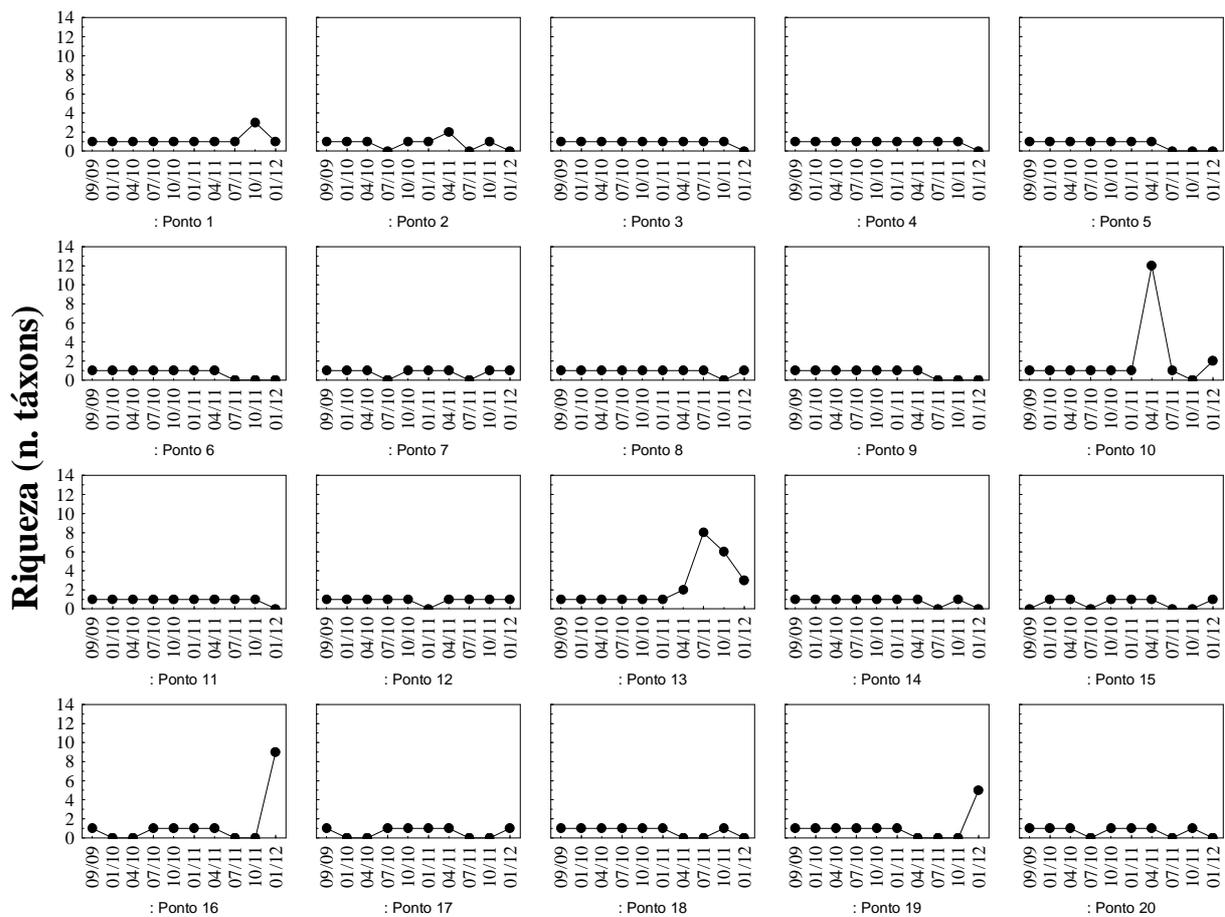
Nos meses de abril de 2010 e 2011, não foram registrados EPT no rio Madeira. Em abril de 2011, representantes destas três ordens de insetos foram registradas apenas nos tributários, P7 e P10 (3 táxons), P8 e P12 (2 táxons) e P11, P13 e P15 (1 táxon). A distribuição espacial destes grupos, em geral, foi distinta entre os pontos de amostragem. Ephemeroptera foi registrada nos pontos P7, P10, P12 e P13, Trichoptera nos pontos P7, P10 e P15 e Plecoptera foi registrada pela primeira vez nos pontos P8 e P11 em abril de 2011.

A presença de *Campsurus* (Polymitarcyidae) no ponto P13 (localizado na área alagada do rio Mutum Paraná) está relacionada à presença de sedimento de partículas finas, devido ao comportamento de suas espécies em construir tubos (FIGUEIREDO-BARROS, 2004; FIGUEIREDO-BARROS et al., 2007). Comportamento similar também foi observado em outra família de Ephemeroptera (Ephemeridae) por Bachteram et al. (2005).



**Figura 48.** Variação temporal e espacial da riqueza de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

Os insetos foram representados principalmente por Chironomidae, uma família de Diptera muito abundante e rica em ambientes aquáticos. Dos 08 (oito) pontos de amostragem selecionados para identificar as larvas de Chironomidae, elevada riqueza desta família foi registrada nos pontos P10 (situado no igarapé Castanho, 12 táxons em abril de 2011), P13 (localizado na área alagada do rio Mutum Paraná, 8 táxons em julho de 2011), P16 (igarapé Caiçara, 9 táxons em janeiro de 2012) e P19 (localizado no rio Madeira, 5 táxons em janeiro de 2012) (**Figura 49**).



**Figura 49.** Variação temporal e espacial da riqueza de Chironomidae na área de influência do futuro AHE Jirau, no rio Madeira (RO), durante o período de estudo.

### Índice de frequência das espécies e espécies dominantes

Os resultados de frequência e dominância dos invertebrados bentônicos são mostrados na **Tabela 21**. O maior número de táxons abundantes foi registrado, em geral, nos tributários durante o período de águas altas (**Tabela 21**).

Em ambos os ambientes, rio Madeira e tributários, Oligochaeta e Chironomidae foram os grupos abundantes e dominantes nos períodos de águas altas e baixas. Oligochaeta foi mais abundante no período de águas altas, no rio Madeira e nas águas baixas nos tributários, ao passo que Chironomidae foi mais abundante no período de águas baixas, em ambos os ambientes (**Tabela 21**). A entrada de material alóctone durante o período de águas altas pode favorecer grupos detritívoros, tais como Oligochaeta e algumas espécies de Chironomidae.

Outros grupos como Nematoda, Ceratopogonidae, Elmidae também foram abundantes e dominantes na área de influência do AHE Jirau. Nematoda constitui um grupo importante e significativo na comunidade bentônica, ultrapassando muitas vezes outros invertebrados em abundância, mas apresenta baixa biomassa. Estes organismos necessitam de recursos disponíveis para o seu desenvolvimento, dos quais os mais importantes são disponibilidade alimentar e oxigênio (POINAR, 1991). O fato de esse grupo ser oportunista (THOMAS e MUNTEANU, 1997) e resistente a condições adversas (BRANDIMARTE e SHIMIZU, 1996), provavelmente, condicionou sua elevada densidade nestes ambientes. As larvas de Ceratopogonidae e Elmidae possuem preferência por ambientes lóticos (DESSAIX et al., 1985) e sua abundância, pode também estar relacionada ao substrato arenoso.

**Tabela 21.** Frequência de ocorrência (%) e dominância (%) dos táxons bentônicos na área de influência do AHE Jirau, no período de águas baixas e águas altas, no rio Madeira-Mamoré e tributários. AA= águas altas, AB= águas baixas.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante** maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

| Táxons       | Frequência  |    |             |    | Dominância  |    |             |    |
|--------------|-------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|
|              | Rio Madeira |    | Tributários |    | Rio Madeira |    | Tributários |    |
|              | AA          | AB | AA          | AB | AA          | AB | AA          | AB |
| Turbellaria  |             |    | 2           |    |             |    |             |    |
| Nemertine    | 3           | 10 | 8           | 3  |             |    |             |    |
| Nematoda     | 30          | 10 | 41          | 25 |             |    |             |    |
| Gastropoda   | 6           | 14 | 5           | 2  |             |    |             |    |
| Bivalvia NI  |             | 3  | 3           | 19 |             |    |             |    |
| Oligochaeta  | 79          | 72 | 81          | 85 |             |    |             |    |
| Hirudinea    | 12          | 21 | 11          | 22 |             |    |             |    |
| Hidracarina  |             | 14 | 8           | 14 |             |    |             |    |
| Conchostraca |             |    |             | 2  |             |    |             |    |
| Ostracoda    | 12          | 7  | 16          | 20 |             |    |             |    |
| Cladocera    |             | 10 | 8           | 3  |             |    |             |    |
| Copepoda     |             |    | 8           |    |             |    |             |    |
| Collembola   |             |    | 6           | 5  |             |    |             |    |
| Baetidae NI  | 3           |    | 2           |    |             |    |             |    |
| Baetis sp.   |             |    |             | 2  |             |    |             |    |
| Cloeodes     | 6           | 7  | 6           | 5  |             |    |             |    |
| Caenidae     |             |    | 2           |    |             |    |             |    |
| Caenis sp.   | 3           |    | 3           |    |             |    |             |    |
| Leptohyphes  |             | 7  | 2           |    |             |    |             |    |

|                                       | Frequência  |    |             |    | Dominância  |  |             |  |
|---------------------------------------|-------------|----|-------------|----|-------------|--|-------------|--|
|                                       | Rio Madeira |    | Tributários |    | Rio Madeira |  | Tributários |  |
| Leptophlebiidae NI                    |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Hagenulopsis                          |             |    | 3           |    |             |  |             |  |
| Thraulodes                            |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Traverella sp.                        |             |    | 3           | 2  |             |  |             |  |
| Campsurus sp.                         |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Oligoneuriidae                        |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Zygoptera NI                          |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Coenagrionidae                        | 3           |    | 3           |    |             |  |             |  |
| Lestidae                              |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Libellulidae                          | 6           |    | 9           | 8  |             |  |             |  |
| Glossosomatidae                       |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Mortoniella sp.                       |             | 3  |             |    |             |  |             |  |
| Helicopsyche                          |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Dicaminus                             | 3           | 3  | 3           | 5  |             |  |             |  |
| Hydroptila                            |             | 3  |             | 7  |             |  |             |  |
| Hydropsyche                           |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Leptonema                             |             |    | 3           | 2  |             |  |             |  |
| Smicridea                             |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| Nectopsyche                           |             | 21 | 17          | 14 |             |  |             |  |
| Perlidae                              |             |    | 3           |    |             |  |             |  |
| Corydalus                             |             | 7  |             |    |             |  |             |  |
| Corixidae                             |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Naucoriidae                           |             | 14 | 16          | 7  |             |  |             |  |
| Ceratopogonidae                       | 6           | 28 | 28          | 41 |             |  |             |  |
| Chironomidae                          | 70          | 72 | 75          | 78 |             |  |             |  |
| <i>Ablabesmyia karelia</i>            | 3           |    | 5           | 2  |             |  |             |  |
| <i>Djalmabatista</i> sp.2             |             |    | 3           |    |             |  |             |  |
| <i>Larsia</i> sp.                     | 3           |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Fittkauimyia</i>                   |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Procladius</i>                     |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Axarus</i>                         |             | 3  |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Beardius</i> sp1                   | 3           |    |             |    |             |  |             |  |
| <i>C. decorus</i>                     |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>C. riparius</i>                    |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Chironomus salinarus</i>           |             |    | 3           |    |             |  |             |  |
| <i>Cryptochironomus</i> sp            |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Demicryptochironomus</i>           |             |    |             | 2  |             |  |             |  |
| <i>Dicrotendipes</i> sp.3             | 3           |    |             |    |             |  |             |  |
| <i>Endotribelos</i> sp.               |             | 3  | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Stenochironomus</i> sp.            | 3           |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Harnischia</i> sp.1                |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Harnischia</i> sp.2                |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Lauterboniella</i>                 | 3           |    |             |    |             |  |             |  |
| <i>Nilothauma</i> sp2                 |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Parachironomus</i> sp.1            | 3           |    | 3           | 2  |             |  |             |  |
| <i>Polypedilum (Asheum)</i>           |             |    | 3           |    |             |  |             |  |
| <i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.1 | 7           |    | 3           | 2  |             |  |             |  |
| <i>Polypedilum (Polypedilum)</i> sp.2 |             | 7  | 5           | 2  |             |  |             |  |
| <i>Polypedilum (Tripodura)</i>        | 3           | 7  | 2           | 2  |             |  |             |  |

|                            | Frequência  |    |             |    | Dominância  |  |             |  |
|----------------------------|-------------|----|-------------|----|-------------|--|-------------|--|
|                            | Rio Madeira |    | Tributários |    | Rio Madeira |  | Tributários |  |
| <i>Phaenopsectra</i> sp.   |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Caladomyia friederi</i> |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Caladomyia ortonii</i>  |             |    |             | 3  |             |  |             |  |
| <i>Tanytarsus</i>          |             |    | 2           | 2  |             |  |             |  |
| <i>Tanytarsus</i> gênero A |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Tanytarsus</i> gênero B |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Cricotopus</i> sp.      |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| <i>Gymnometriocnemus</i>   |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Thienemanniella sp3        |             | 3  |             |    |             |  |             |  |
| Dolichopodidae             | 7           |    | 3           | 2  |             |  |             |  |
| Muscidae                   | 3           |    | 5           |    |             |  |             |  |
| Shirphidae                 |             |    | 13          |    |             |  |             |  |
| Simuliidae                 |             | 10 | 5           | 2  |             |  |             |  |
| Tabanidae                  |             | 3  | 2           |    |             |  |             |  |
| Tipulidae                  | 3           | 3  |             | 3  |             |  |             |  |
| Diptera NI                 | 12          |    | 6           | 6  |             |  |             |  |
| Coleoptera NI              | 7           |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Dytiscidae                 |             |    | 16          | 3  |             |  |             |  |
| Elmidae                    | 18          | 34 | 25          | 14 |             |  |             |  |
| Hidrophilidae              | 7           |    | 8           |    |             |  |             |  |
| Ptilodactylidae            |             |    | 5           | 2  |             |  |             |  |
| Scirtidae                  |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Staphylinidae              |             |    | 2           |    |             |  |             |  |
| Insecta NI                 |             |    | 5           |    |             |  |             |  |

### Análise de rarefação

Considerando o forte efeito da densidade sobre a riqueza de táxons, uma análise de rarefação foi realizada com o objetivo de comparar a riqueza de táxons entre os ambientes, considerando uma mesma densidade.

Os resultados da análise de rarefação evidenciaram, em geral, a mesma tendência já descrita anteriormente, com os maiores valores de riqueza de táxons nos tributários (**Figuras 450 e 51**). Elevada riqueza foi também registrada no rio Mamoré (ponto P1, em outubro de 2010 e 2011) no período de águas baixas e rio Madeira (ponto P6, em janeiro de 2011). Neste sentido, não observou uma influência da densidade nos padrões de riqueza observados, provavelmente devido à pequena variação da densidade observada, em geral, para a área de influência do AHE Jirau.

**Figura 50.** Curva de rarefação dos táxons de invertebrados bentônicos em diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, nos meses correspondentes ao período de águas baixas.

**Figura 51.** Curva de rarefação dos táxons de invertebrados bentônicos em diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, nos meses correspondentes ao período de águas altas.

### **Diversidade Beta**

Os resultados de diversidade Beta evidenciaram baixa alteração na composição taxonômica para o rio Madeira-Mamoré e tributários, em ambos os períodos hidrológicos. Maior heterogeneidade na composição de invertebrados ocorreu no rio Madeira (**Tabela 22**).

A composição bentônica, no rio Madeira, foi mais heterogênea em julho e outubro de 2010 e mais similar em julho e outubro de 2011, ambos no período de águas baixas. Para os tributários, em geral, os valores de diversidade beta foram menores (**Tabela 22**).

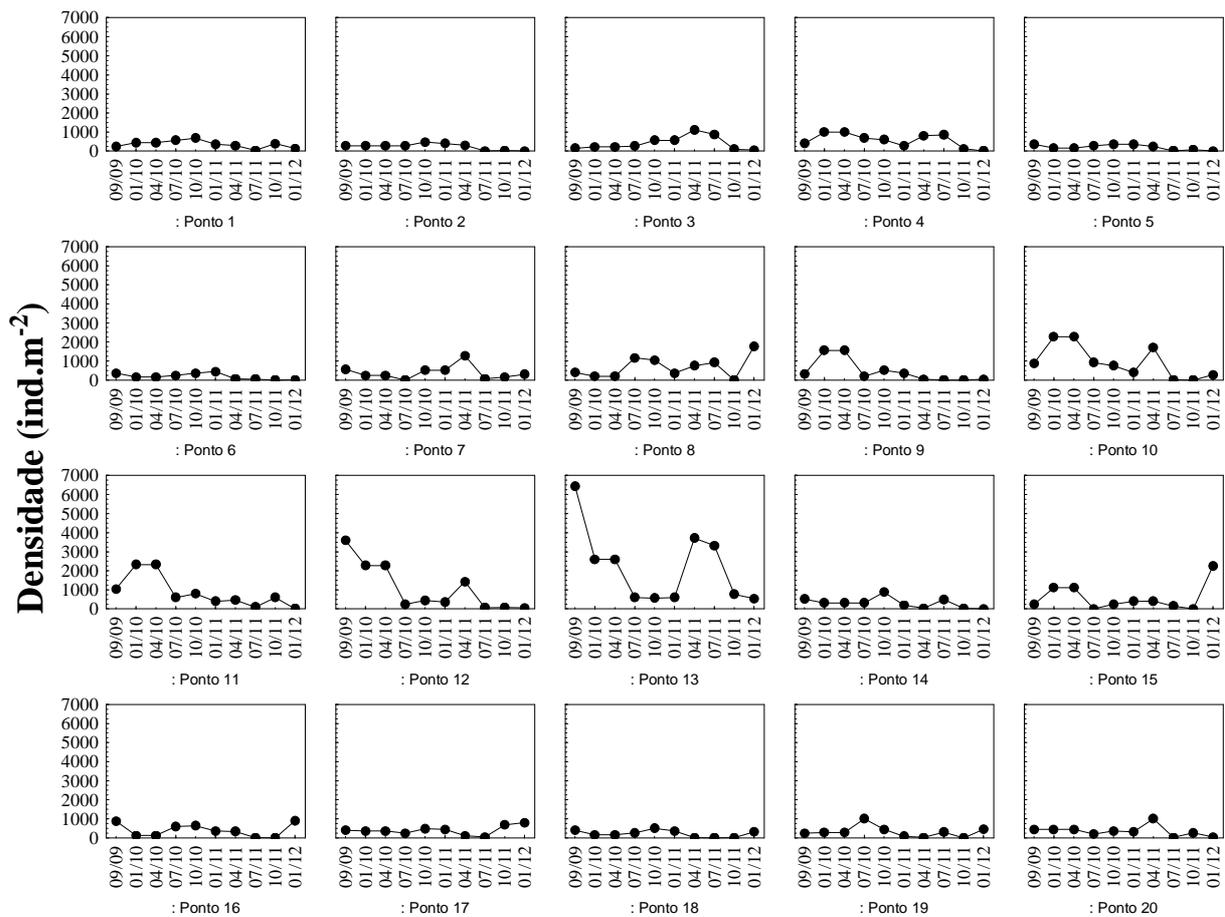
**Tabela 22.** Valores (%) de diversidade beta temporal para os pontos amostrados no rio Madeira e tributários.

|                  | Rio Madeira | Tributários |
|------------------|-------------|-------------|
| Setembro de 2009 | 19          | 14          |
| Janeiro de 2010  | 17          | 11          |
| Abril de 2010    | 17          | 11          |
| Julho de 2010    | 29          | 10          |
| Outubro de 2010  | 23          | 10          |
| Janeiro de 2011  | 12          | 17          |
| Abril de 2011    | 17          | 7           |
| Julho de 2011    | 4           | 3           |
| Outubro de 2011  | 6           | 7           |
| Janeiro de 2012  | 8           | 7           |
| Águas altas      | 7           | 4           |
| Águas baixas     | 9           | 4           |

### Densidade numérica

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, alterações na densidade da comunidade bentônica foi observado na área de influência do AHE Jirau, no entanto, não foi constatado um padrão temporal deste atributo.

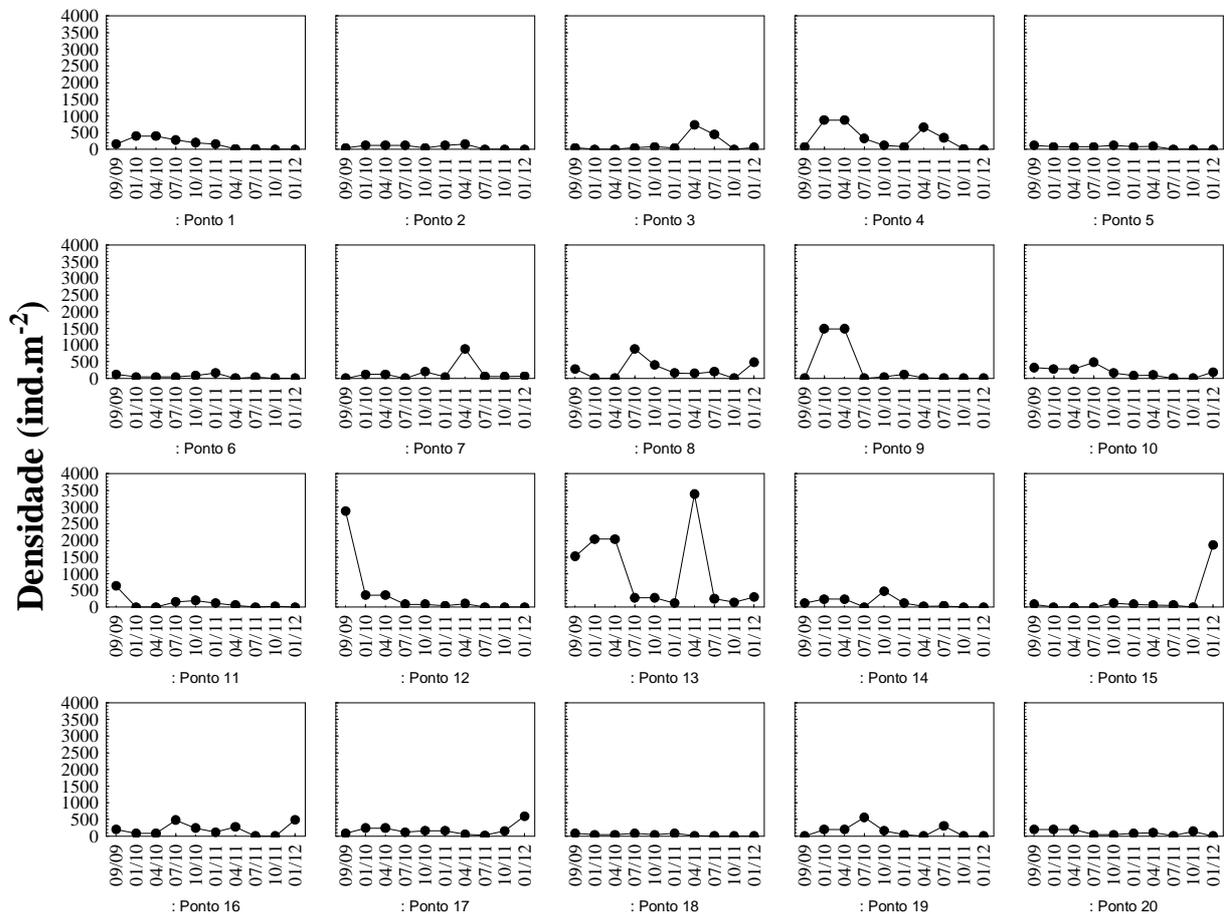
Um acréscimo na densidade numérica de invertebrados bentônicos foi observado em janeiro de 2012, nos tributários, pontos P8 (1759 ind.m<sup>-2</sup>), P15 (2248 ind.m<sup>-2</sup>), P16 (899 ind.m<sup>-2</sup>) e P17 (794 ind.m<sup>-2</sup>) (**Tabela 20** e **Figura 52**). Nos meses de julho e outubro de 2011, os maiores valores de densidade de invertebrados foram também registrados nos tributários. Em outubro, a elevada abundância de organismos foi registrada nos pontos P13 (767 ind.m<sup>-2</sup>), P17 (688 ind.m<sup>-2</sup>) e P11 (595 ind.m<sup>-2</sup>). Em julho de 2011, maiores densidades de organismos foram verificadas nos pontos P13 (3320 ind.m<sup>-2</sup>), P8 (926 ind.m<sup>-2</sup>), P3 (873 ind.m<sup>-2</sup>) e P4 (843 ind.m<sup>-2</sup>).



**Figura 52.** Variação temporal e espacial da densidade ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) de invertebrados na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

Oligochaeta destacou-se em abundância em alguns pontos do rio Madeira e tributários, no entanto, não se observou um padrão temporal na sua distribuição. Elevadas densidade de Oligochaeta foi registrada nos tributários, pontos P8 ( $476 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P13 ( $304 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P15 ( $1852 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P16 ( $489 \text{ ind.m}^{-2}$ ) e P17 ( $595 \text{ ind.m}^{-2}$ ) em janeiro de 2012 (**Figura 53**). Maiores densidade deste grupo foi também observadas nos tributários, nos pontos P17 ( $159 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P13 ( $146 \text{ ind.m}^{-2}$ ) e P20 ( $146 \text{ ind.m}^{-2}$ ) em outubro de 2011. Destacou-se também em abundância nos tributários, nos pontos P3 ( $450 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P4 ( $344 \text{ ind.m}^{-2}$ ), P19 ( $304 \text{ ind.m}^{-2}$ ) e P13 ( $251 \text{ ind.m}^{-2}$ ) em julho de 2011. No entanto, observou-se um decréscimo na sua densidade comparado ao mês de abril de 2011. Elevadas densidades de Oligochaeta no ponto P13 (localizado na área alagada do rio Mutum Paraná) se deve a menor correnteza neste local e acúmulo de matéria orgânica no sedimento favorecendo assim, o estabelecimento e

desenvolvimento de organismos detritívoros, tais como Oligochaeta. Segundo Brinkhurst e Jamieson (1971), Oligochaeta são característicos de ambientes orgânico-arenosos, mas podem habitar os mais diversos ambientes aquáticos.

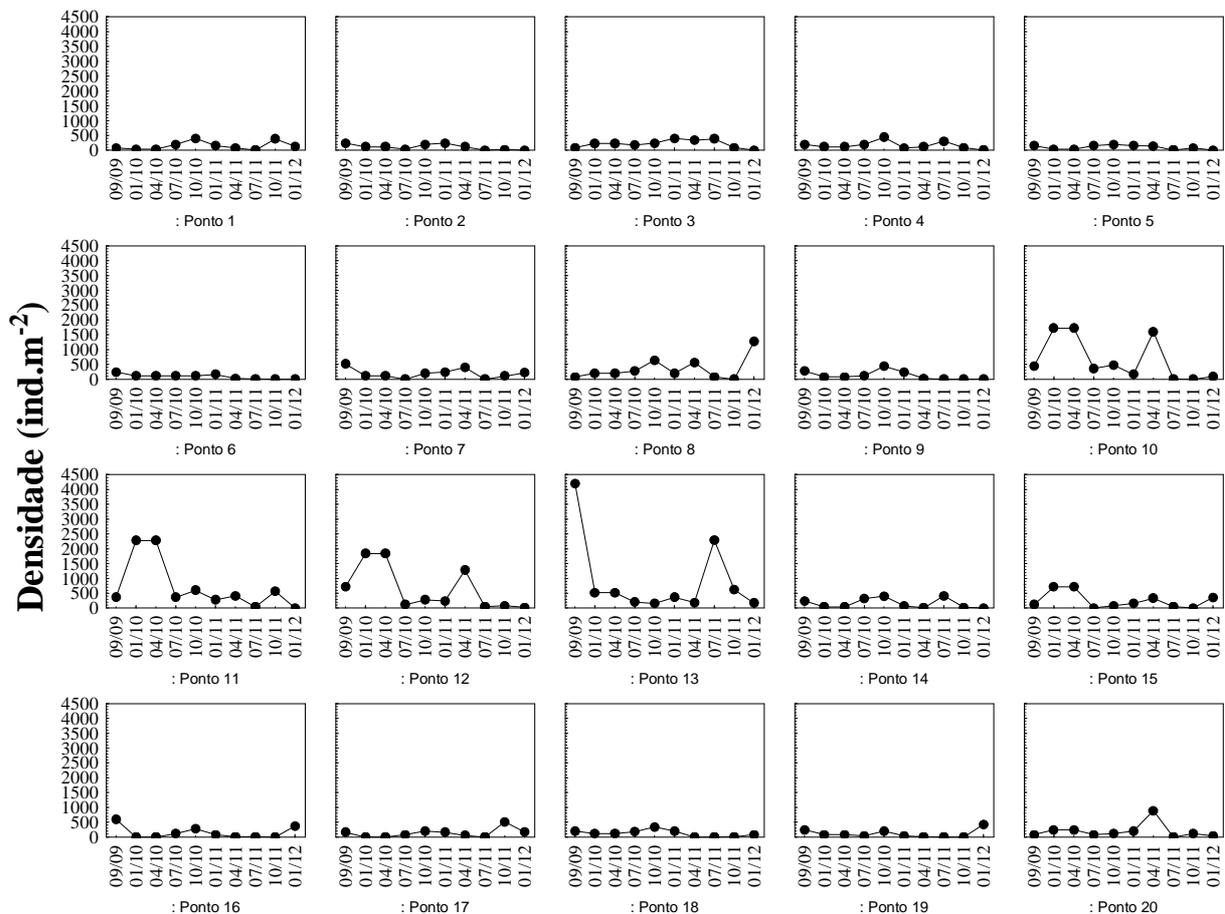


**Figura 53.** Variação temporal e espacial da densidade (ind.m<sup>-2</sup>) de Oligochaeta na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

Nenhum padrão sazonal foi observado para os insetos aquáticos ao longo do período amostrado, como por exemplo, maiores valores de riqueza e abundância de larvas de insetos especialmente na primavera e verão, períodos de maior emergência dos adultos.

Observou-se um aumento na abundância de insetos aquáticos, especialmente nos tributários, pontos P8 (igarapé São Simão; 1270 ind.m<sup>-2</sup>), P15 (igarapé São Lourenço; 357 ind.m<sup>-2</sup>) e P16 (localizado no igarapé Caiçara; 370 ind.m<sup>-2</sup>), e rio Madeira, ponto P19 (423 ind.m<sup>-2</sup>) (**Figura 54**). Os maiores valores de densidade de insetos foram

registrados nos tributários, nos pontos P13 (situado na área alagada do rio Mutum Paraná; 622 ind.m<sup>-2</sup>), P11 (rio Mutum Paraná; 569 ind.m<sup>-2</sup>) e P17 (localizado no igarapé Jirau; 516 ind.m<sup>-2</sup>) em outubro de 2011. Em julho de 2011, além do ponto P13 (2288 ind.m<sup>-2</sup>), observou-se também elevada abundância no rio Madeira, ponto P14 (410 ind.m<sup>-2</sup>).

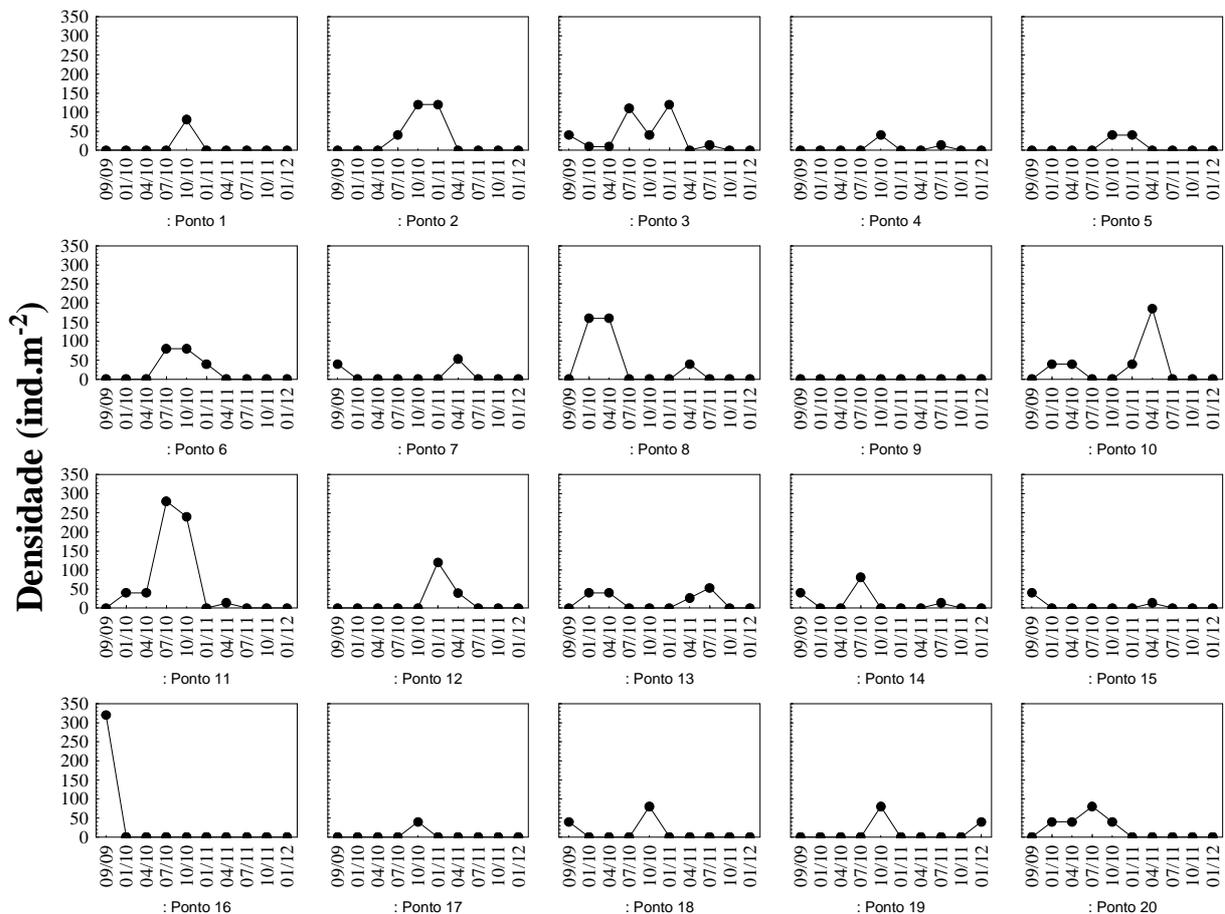


**Figura 54.** Variação temporal e espacial da densidade (ind.m<sup>-2</sup>) de insetos na área de influência do futuro AHE Jirau, no rio Madeira (RO), durante o período de estudo.

Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), são organismos geralmente sensíveis a perturbações ambientais e, vivem principalmente em águas limpas e bem oxigenadas. Devido a essas características, essa fauna é comumente considerada um bom indicador da qualidade da água (RIGHI-CAVALLARO et al., 2010).

Maiores densidades de larvas de insetos representados pelas ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera foram registradas, em geral, nos tributários e em distintos meses de coleta. Baixa abundância de Ephemeroptera e Trichoptera foi

registrada na área de influência do AHE Jirau, em julho de 2011. Maior valor de densidade destas larvas foi observado no ponto P13 (localizado na área alagada do rio Mutum Paraná, 53 ind.m<sup>-2</sup>). Nenhum indivíduo de EPT foi registrado na área de influência do AHE Jirau, em outubro de 2011. Apenas Ephemeroptera foi registrada no rio Madeira (ponto P19) em baixa densidade, 40 ind.m<sup>-2</sup> (**Figura 55**).



**Figura 55.** Variação temporal e espacial da densidade (ind.m<sup>-2</sup>) de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo.

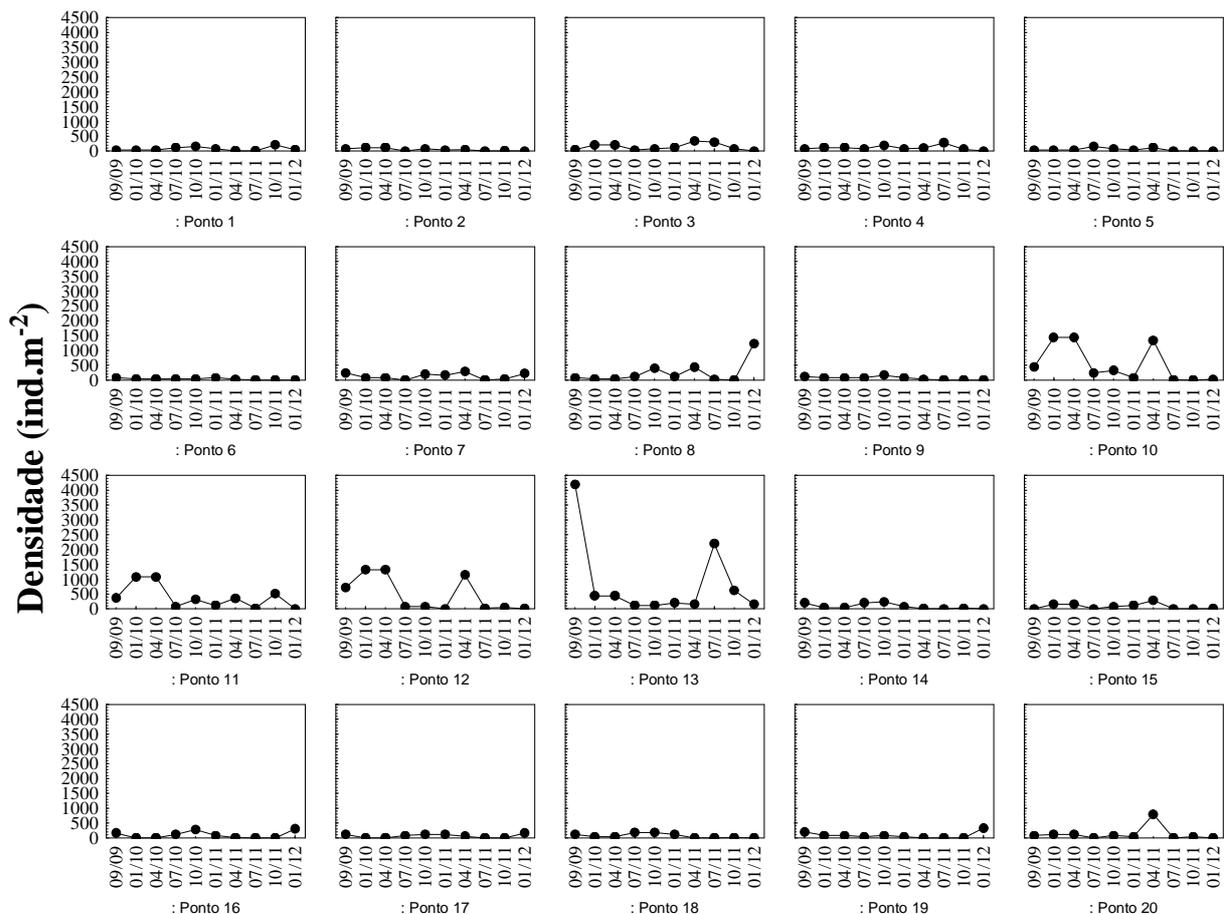
Chironomidae foi abundante no ponto P8 (localizado no igarapé São Simão; 1230 ind.m<sup>-2</sup>) em janeiro de 2012 (**Figura 56**). Elevadas densidades numéricas de Chironomidae foram registradas em setembro de 2009 no ponto P13, e em janeiro e abril de 2010 nos pontos P10, P11 e P12, em abril de 2011 nos pontos P10, P12, P20 e P8.

Em julho de 2011, as larvas de Chironomidae foram abundantes principalmente no ponto P13 (2196 ind.m<sup>-2</sup>). Altas densidades foram também observadas nos pontos P3 e P4, com 304 e 278 ind.m<sup>-2</sup>. Em outubro de 2011, maiores valores de densidade de Chironomidae foram registrados nos tributários, pontos P13 (622 ind.m<sup>-2</sup>) e P11 (516 ind.m<sup>-2</sup>).

Esta família de inseto aquático constitui um dos principais organismos bentônicos, tendo em vista sua elevada abundância, biomassa e diversidade (COFFMAN e FERRINGTON Jr., 1996; HIGUTI et al., 1993; CALLISTO et al., 2002; MORETTO et al., 2003; HIGUTI, 2004). Estes organismos possuem ampla distribuição, alta resistência, amplo hábito alimentar e rápido ciclo de vida. Além disso, as larvas de Chironomidae são *r*-estrategistas (FULLER e COWELL, 1985) e se adaptam as mais variadas condições ambientais, permitindo assim a sua presença e abundância.

Elevada abundância de *Chironomus* gr. *decorus*, *C. gr. riparius*, *Polypedilum* (*Polypedilum*) sp.1, *Polypedilum* (*Polypedilum*) sp.2, *Polypedilum* (*Tripodura*) e *Caladomyia ortonii* foi registrada no ponto P13 (situado na área alagada do rio Mutum Paraná). A deposição de detritos neste local devido à ausência de correnteza pode tornar o recurso alimentar mais importante para estas larvas, pois as larvas de *Polypedilum* são consideradas detritívoras (CULP et al., 1983) e *Chironomus* são coletores (MCCALL e TEVESZ, 1982). O grupo *C. decorus* é mais frequentemente associado a altos níveis de nutriente e baixo oxigênio dissolvido (EPLER, 1992). Menor valor de oxigênio dissolvido (3,4 mg L<sup>-1</sup>) e maior valor de fósforo total (0,642 mg L<sup>-1</sup>) foram verificadas na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13), em julho de 2011, favorecendo assim, principalmente, o desenvolvimento de *C. gr. decorus* (741 ind.m<sup>-2</sup>) neste local.

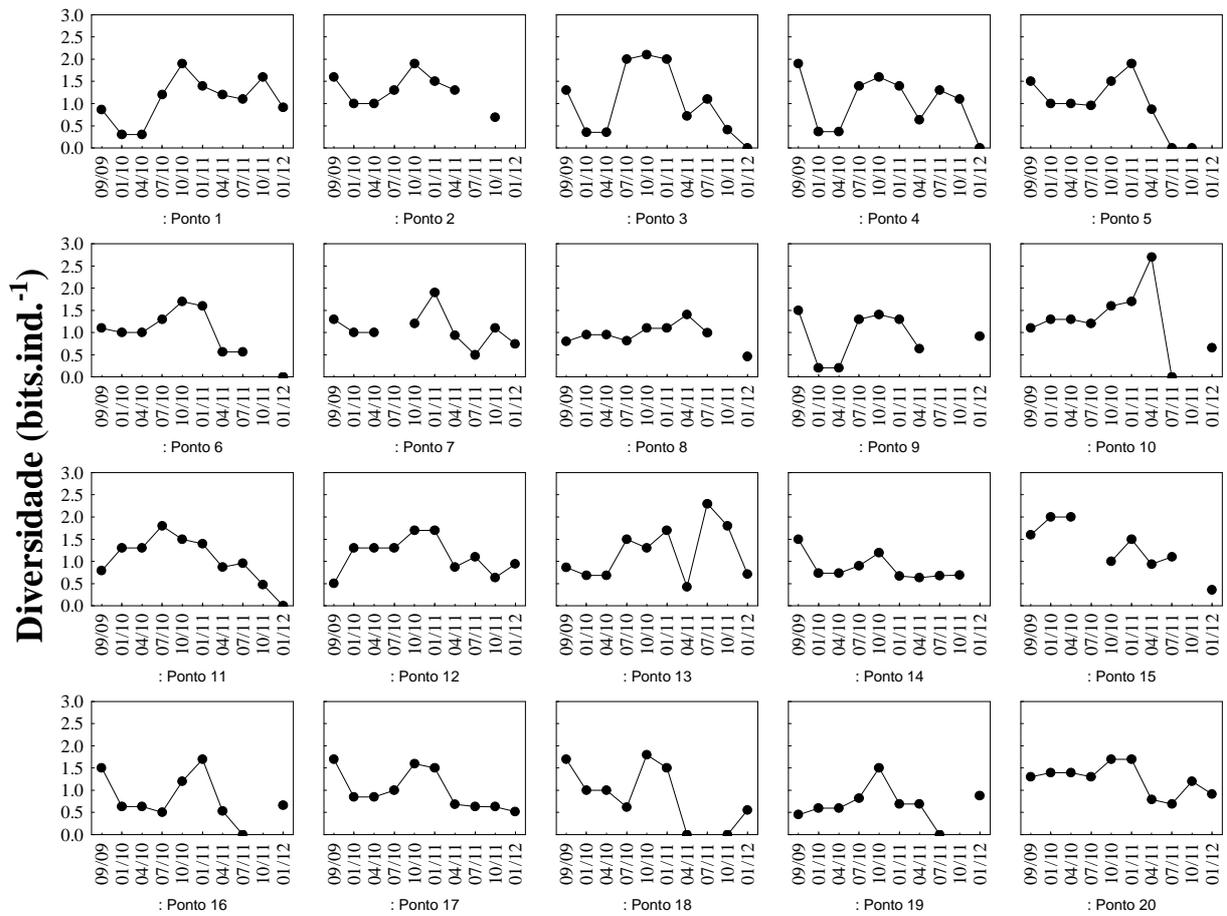
Os insetos, em geral, são os organismos mais abundantes principalmente no verão, no entanto, este padrão sazonal também não foi observado para Chironomidae, talvez pelo fato destes organismos possuírem ciclo de vida multivoltino.

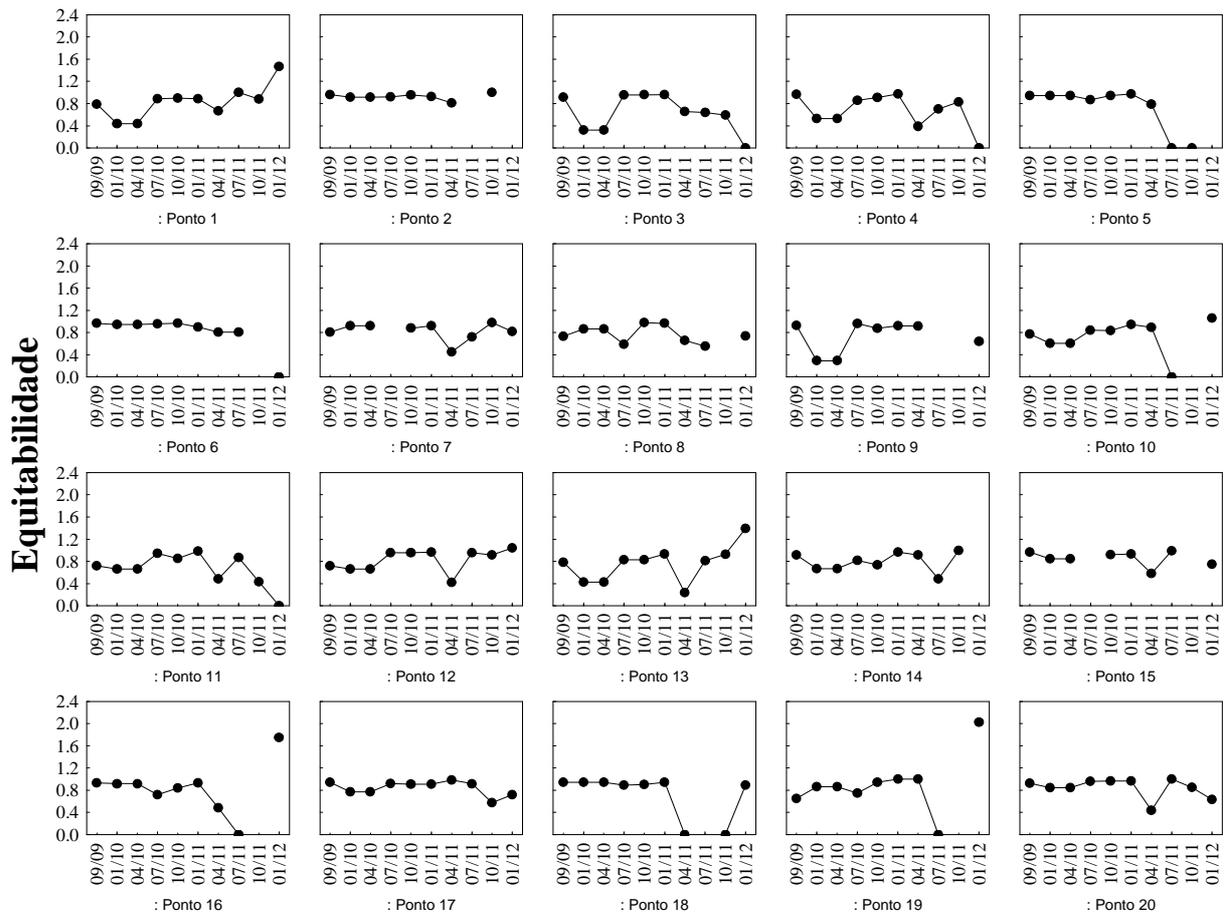


**Figura 56.** Variação temporal e espacial da densidade ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) de Chironomidae na área de influência do futuro AHE Jirau, no rio Madeira (RO), durante o período de estudo.

### Diversidade de táxons e equitabilidade

Os valores do índice de diversidade de Shannon foram baixos, em geral, na maioria dos pontos de amostragem. Os maiores valores de diversidade foram registrados nos tributários, nos pontos P3 (localizado no igarapé Ribeirão; julho e outubro de 2010, e janeiro de 2011), P10 (igarapé Castanho; abril de 2011), P13 (situado na área alagada do rio Mutum Paraná; julho de 2011) e P15 (igarapé São Lourenço; janeiro e abril de 2010), exceto no ponto P19 (rio Madeira) em janeiro de 2012. Elevados valores de equitabilidade foram observados nos meses de setembro de 2009, outubro de 2010 e janeiro de 2011 em toda a área de influência do AHE Jirau (Figura 57).





**Figura 57.** Diversidade ( $H'$ ) e equitabilidade ( $E$ ) da comunidade bentônica na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo. Os valores ausentes nos gráficos representam os locais e respectivos meses onde não foram registrados táxons de macroinvertebrados bentônicos. Desta maneira não houve registro de diversidade e equitabilidade nesses locais.

### Índice de espécies indicadoras (IndVal)

Os resultados do IndVal evidenciaram seis táxons de invertebrados bentônicos potencialmente indicadoras, durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012. Gastropoda, *Corydalus* sp. (Megaloptera) e Simuliidae foram indicadores das condições ambientais no período de águas baixas no rio Madeira-Mamoré, e não foi registrado valor indicador significativo no período de águas altas. De fato, segundo Merritt e Cummins (1996), Simuliidae são habitantes de ambiente lóticos, sendo frequentemente encontrados em correntes rápidas, aderido a substratos submersos. Nos tributários, em ambos os períodos hidrológicos, foram registrados táxons indicadores. Bivalvia NI foi indicador das condições ambientais no período de águas baixas e Shirphidae e Dytiscidae nas águas altas (**Tabela 23**).

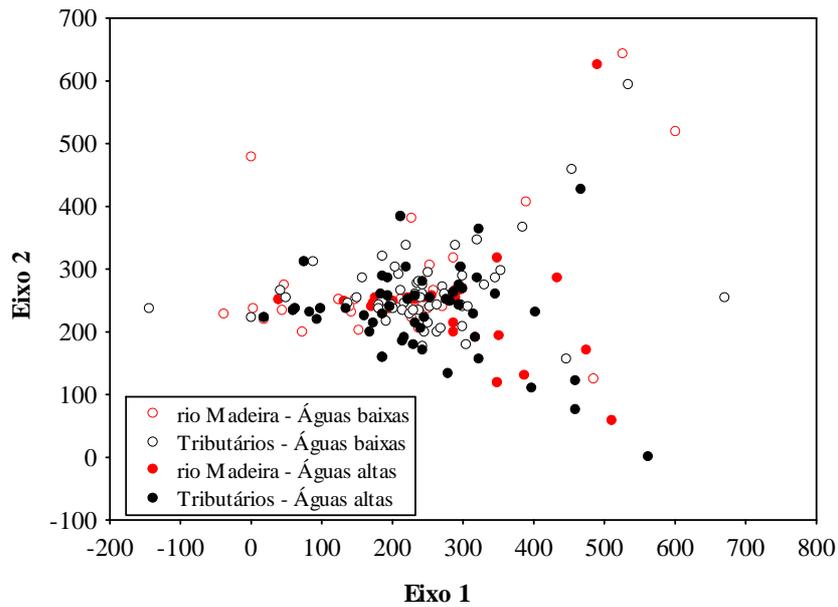
**Tabela 23.** Táxons indicadores do rio Madeira e dos tributários, nos períodos de águas altas (AA) e águas baixas (AB). (A = abundância, F = frequência, IV = valor indicador - %). (Valores indicadores estão em negrito).

| Táxons           | Madeira |    |           |    |   |    | Tributários |    |           |     |    |           | p      |
|------------------|---------|----|-----------|----|---|----|-------------|----|-----------|-----|----|-----------|--------|
|                  | AB      |    |           | AA |   |    | AB          |    |           | AA  |    |           |        |
|                  | A       | F  | IV        | A  | F | IV | A           | F  | IV        | A   | F  | IV        |        |
| Gastropoda       | 83      | 13 | <b>11</b> | 6  | 6 | 0  | 3           | 2  | 0         | 8   | 5  | 0         | 0.0200 |
| Bivalvia NI      | 30      | 7  | 2         | 0  | 0 | 0  | 58          | 17 | <b>10</b> | 12  | 3  | 0         | 0.0360 |
| <i>Corydalus</i> | 100     | 7  | <b>7</b>  | 0  | 0 | 0  | 0           | 0  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0.0230 |
| Shirphidae       | 0       | 0  | 0         | 0  | 0 | 0  | 0           | 0  | 0         | 100 | 13 | <b>13</b> | 0.0040 |
| Simuliidae       | 80      | 10 | <b>8</b>  | 0  | 0 | 0  | 5           | 2  | 0         | 14  | 5  | 1         | 0.0380 |
| Dytiscidae       | 0       | 0  | 0         | 0  | 0 | 0  | 40          | 3  | 1         | 60  | 16 | <b>10</b> | 0.0330 |

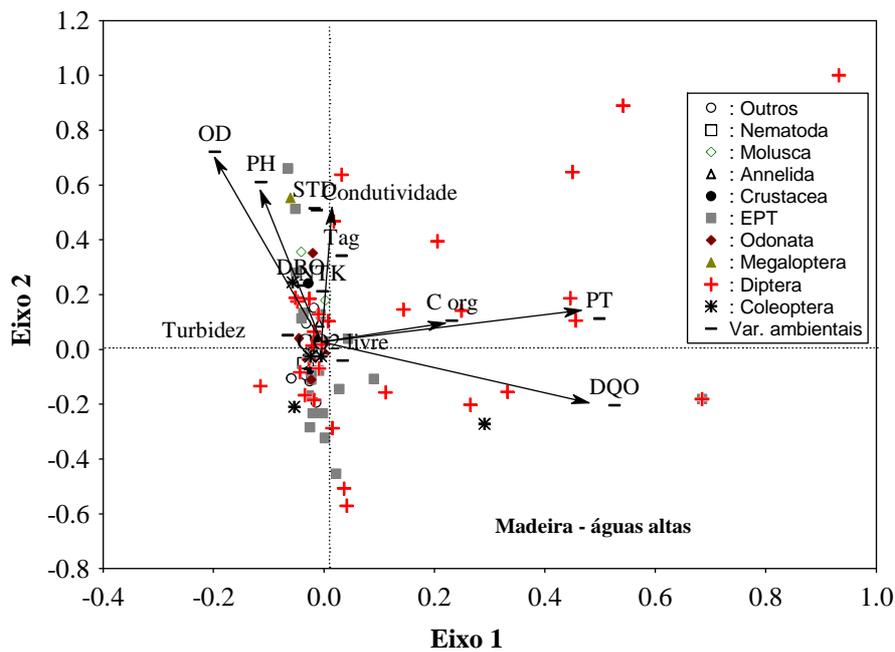
### Estrutura das Comunidades: Análise de Correspondência (DCA) e Análise de Correlação Canônica (CCA)

Os autovalores dos eixos 1 e 2 da DCA foram 0,81 e 0,53, respectivamente. Observou-se baixa dispersão dos escores, em ambos os períodos hidrológicos, evidenciando baixa variação temporal e espacial (**Figura 58**).

Apenas o primeiro eixo da CCA foi significativo e explicou 5,8% da variabilidade total dos dados. Entre as variáveis selecionadas para a análise somente a demanda química de oxigênio (DBO) esteve positivamente correlacionada com o eixo 1. Essa baixa porcentagem de explicação indica, de maneira geral, similaridade entre os pontos e meses de coleta, considerando a riqueza e densidade da comunidade zoobentônica. Pode-se observar, apenas, a predominância de Diptera (Chironomidae) e Coleoptera principalmente no rio Madeira, no período de águas altas (**Figura 59**).



**Figura 58.** Distribuição dos escores da DCA, derivada da densidade de invertebrados bentônicos do rio Madeira (vermelho) e tributários (preto), ao longo do período de estudo.



**Figura 59.** Distribuição dos escores da análise de correlação canônica (CCA) derivados da densidade de invertebrados bentônicos e variáveis ambientais, ao longo do período de estudo.

## Análise do sedimento

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, 1996; GONÇALVES *et al.*, 1998). O sedimento de ecossistemas aquáticos é formado por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone, sendo o substrato responsável pela disponibilidade de habitats e microhabitats, alimentos e proteção, exercendo um papel importante na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. A composição e a distribuição dos sedimentos são fatores importantes na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos (CALLISTO e ESTEVES, 1996), constituindo suas frações de variáveis explicativas consideradas algumas vezes mais eficientes que as físico-químicas, tradicionalmente utilizadas pelos limnólogos (WARD, 1992).

De maneira geral, considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível observar que o sedimento do trecho monitorado é constituído, principalmente, por areia grossa e silte (**Anexo IV**). Em janeiro de 2012, padrão similar também foi observado. As concentrações de nutrientes no sedimento analisado demonstram concentrações similares ao longo dos meses monitorados.

A Resolução CONAMA 344/2004, que dispõe sobre as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas, preconiza valores alerta iguais a 10% de carbono orgânico total, 4.800 mg/kg de nitrogênio total e 2.000 mg/kg de fósforo total. O valor alerta representa o valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízos ao ambiente na área de disposição.

Assim, as concentrações mensuradas de carbono orgânico total, nitrogênio total e fósforo total, em todos os meses monitorados (entre setembro de 2009 e janeiro de 2012) foram abaixo dos teores orientadores preconizados na Resolução CONAMA 344/2004.

A análise de regressão múltipla demonstrou que os principais parâmetros que influenciaram positivamente a abundância da comunidade zoobentônica foi a

concentração de nitrogênio total ( $P < 0,001$ ), carbono orgânico ( $P < 0,001$ ) e porcentagem de argila no sedimento ( $P < 0,03$ ) ( $R^2 = 0,40$ ). De fato, silte e areia (que representam a maior porcentagem do sedimento analisado), não são favoráveis aos táxons mais sensíveis da comunidade, pois oferecem certa instabilidade em ambientes lóticos. Além disso, a relação positiva com nitrogênio e carbono orgânico podem explicar a elevada densidade de Chironomidae e Oligochaeta, que têm grande importância na ciclagem de nutrientes.

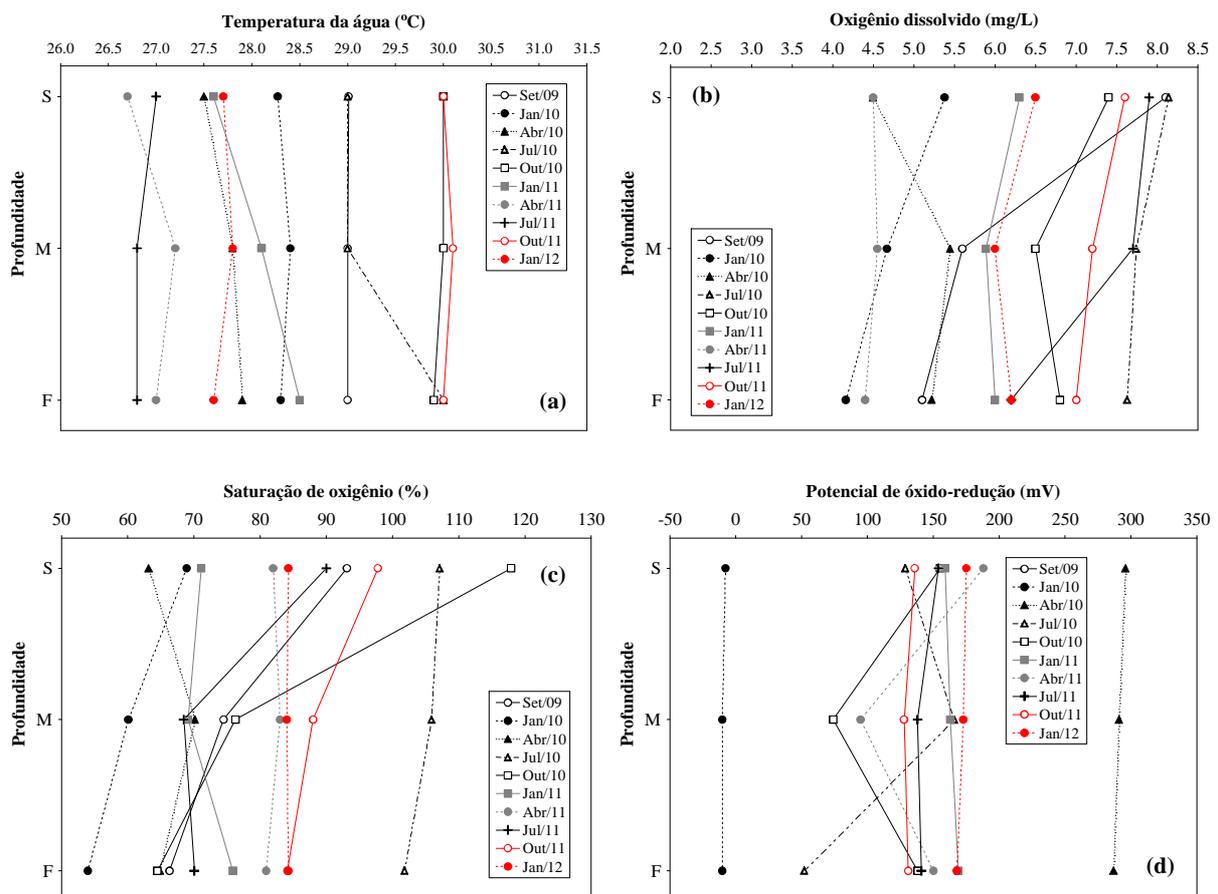
Os demais atributos mensurados para a comunidade zoobentônica (riqueza, diversidade de Shannon e equitabilidade) não foram significativamente correlacionados com as características do sedimento analisado.

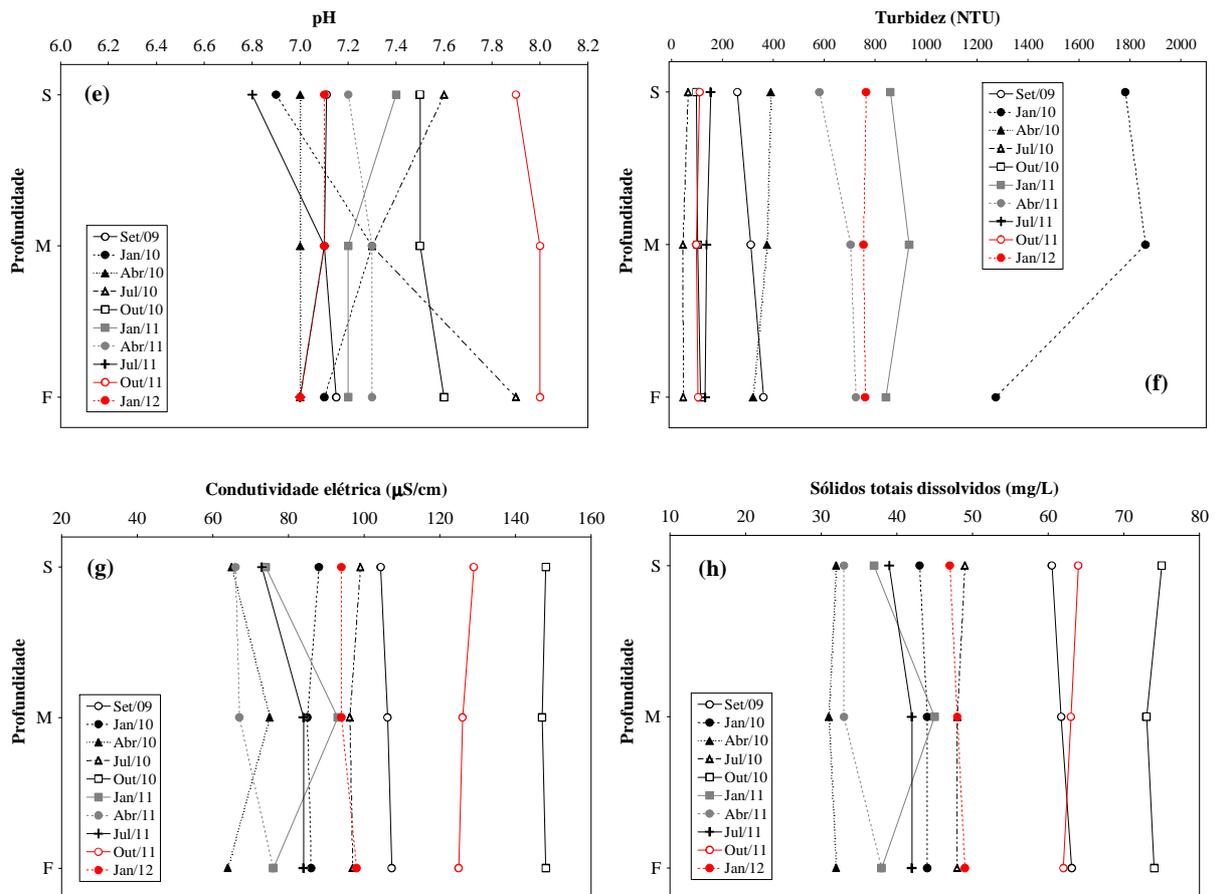
### ***5.7. Perfil vertical do ponto P18 (MAD 5), localizado no rio Madeira***

#### **Variáveis abióticas**

A análise do perfil vertical do ponto localizado no rio Madeira (ponto P18), em janeiro de 2012, indicou pequenas diferenças entre as 03 (três) profundidades analisadas, assim como observado nos meses anteriores de monitoramento (**Figura 60**). De maneira geral, as diferenças entre os meses monitorados (setembro de 2009, janeiro de 2010, abril, julho, outubro, janeiro de 2011, abril, julho, outubro e janeiro de 2012) foram muito maiores que as diferenças entre as profundidades de coleta (superfície, meio e fundo do ponto P18) (**Figura 60**). Durante o período de estudo, pode-se destacar as baixas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo da coluna da água em janeiro e abril de 2010 e abril de 2011 (período de enchente e águas altas). Além disso, em janeiro, abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012 foram registrados os maiores valores de turbidez, tendo em vista as maiores taxas de escoamento superficial do ambiente terrestre para o sistema aquático durante o período de chuvas (como discutido anteriormente nesse relatório). Os maiores valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) foram registrados durante os períodos de vazante e águas baixas, assim como discutido anteriormente nesse relatório.

Ao longo de todo o período de estudo (dez meses de coleta) não foi observada diferença significativa entre as 03 (tres) profundidades de coleta, considerando todos os parâmetros estudados ( $P > 0,05$ ). De maneira geral, a baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos que tende a homogeneizar a coluna de água. Assim, pode-se afirmar que o local estudado no rio Madeira não apresentou estratificação térmica da coluna da água, tendo em vista a pequena diferença nos valores da temperatura da água entre o epilímnio e hipolímnio dos pontos monitorados. Além disso, também foi registrada similaridade nas concentrações de oxigênio dissolvido, e nos valores do potencial de óxido-redução, turbidez, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, ao longo das profundidades analisadas.





**Figura 60.** Perfil vertical em três profundidades (superfície, meio e fundo) do ponto P18, localizado no rio Madeira, realizado entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

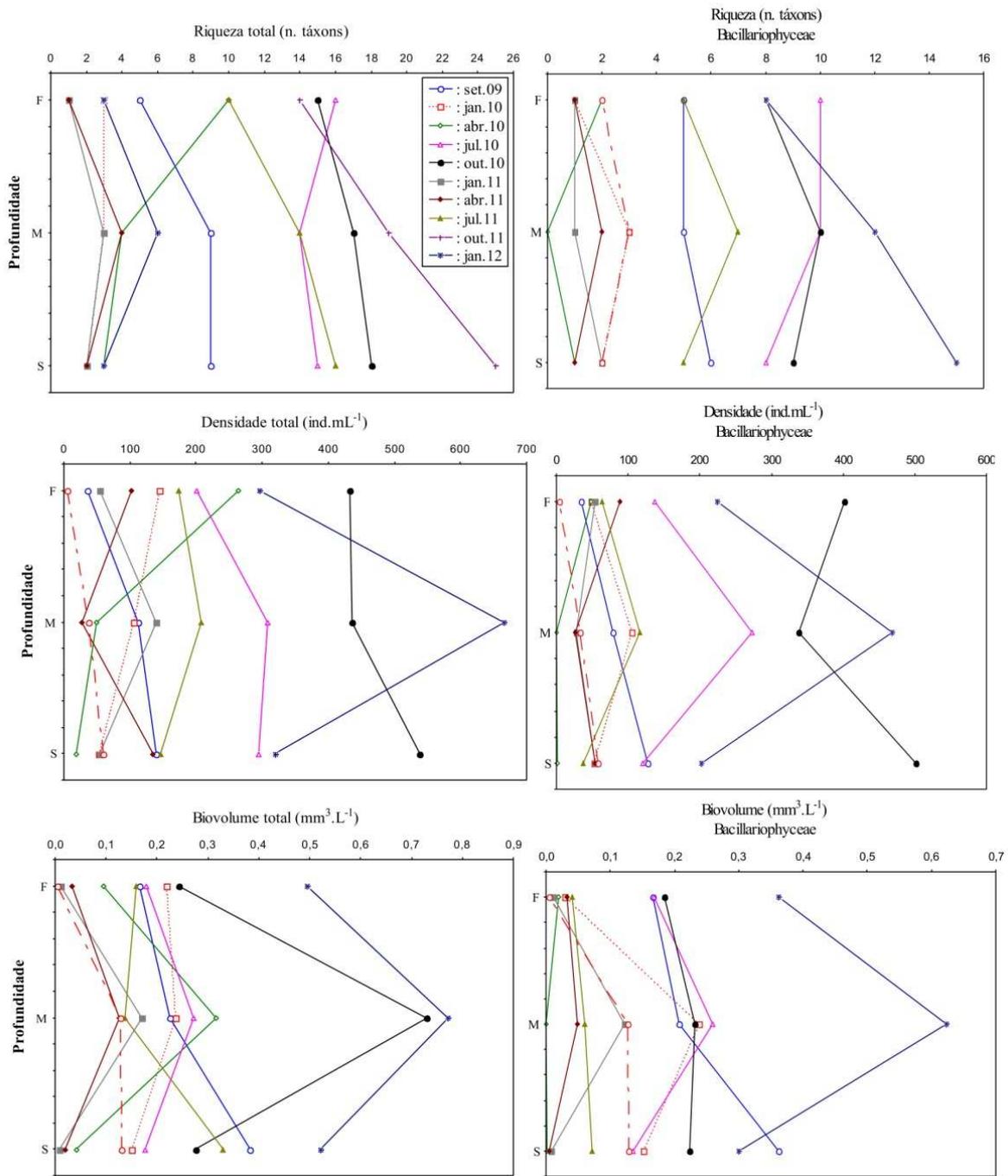
## Fitoplâncton

Considerando todas as amostragens realizadas no ponto P18 durante o período de setembro de 2009 a janeiro de 2012, incluindo as amostragens nictemerais, as quais totalizaram 84 amostras, foi possível inventariar 218 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Chlorophyceae e Bacillariophyceae foram os grupos mais especiosos. No período de águas baixas foi registrado maior número de táxons.

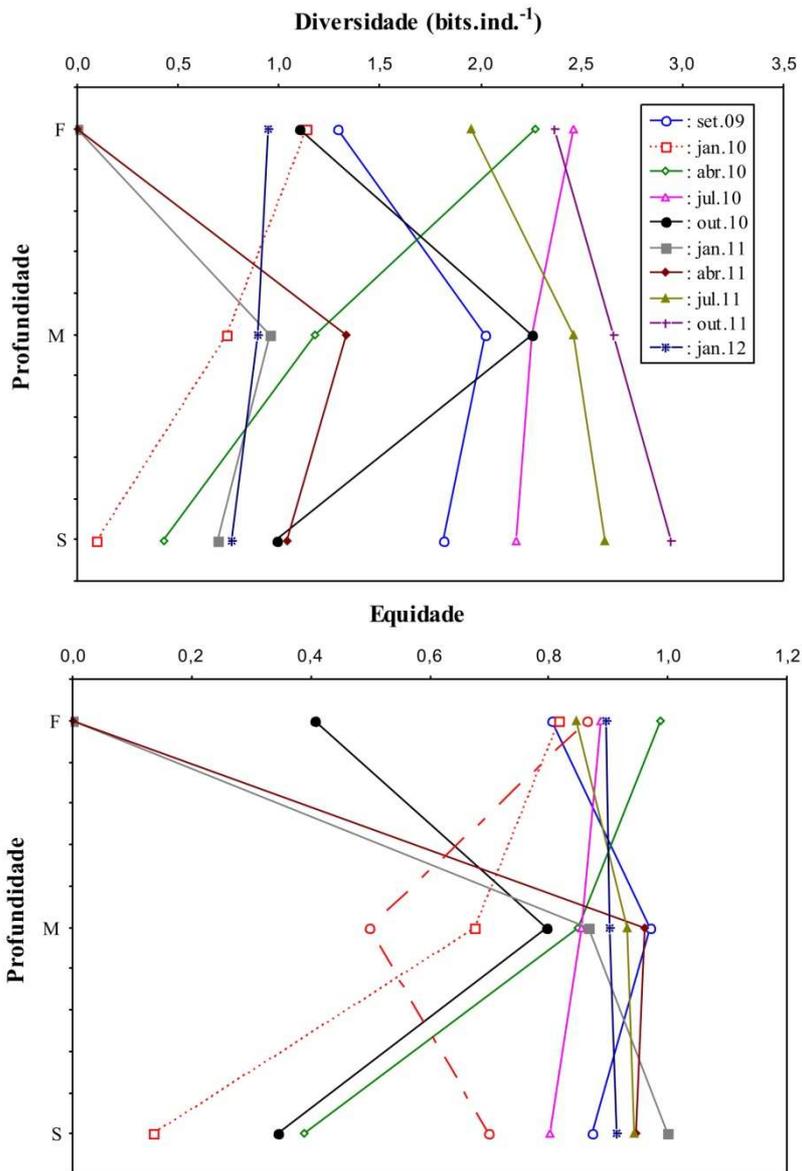
A análise da distribuição vertical das espécies fitoplanctônicas no ponto P18 evidenciou uma distribuição relativamente homogênea na coluna de água durante o período de estudo, com valores pouco superiores de diversidade de espécies, densidade e biomassa na profundidade intermediária da coluna de água (**Figura 61, 62**).

Como discutido em relatórios anteriores, o curto tempo de retenção da água no rio Madeira, ocasiona perda de biomassa fitoplanctônica por lavagem hidráulica e choque mecânico, bem como a elevada turbidez dificulta a segregação dos indivíduos fitoplanctônicos na coluna de água. Estas condições são acentuadas no período chuvoso e determinaram os menores valores registrados em janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012 e atenuadas no período seco, sendo obtidos os maiores valores dos atributos fitoplanctônicos em outubro de 2010 e 2011.

As condições ambientais registradas no rio Madeira, como alta turbidez e vazão propiciaram maior contribuição de bacilariofíceas aos valores de riqueza, densidade e biomassa, durante todo o período de estudo.



**Figura 61.** Variação vertical dos atributos fitoplânctônicos (riqueza, densidade e biomassa) no ponto P18, durante o período de estudo.



**Figura 62.** Variação vertical da diversidade de espécies e equitabilidade no ponto P18, durante o período de estudo.

### Zooplâncton

Com o objetivo de avaliar a distribuição vertical dos diferentes atributos da comunidade zooplantônica no rio Madeira, amostras têm sido tomadas em diferentes profundidades da coluna de água, em um dos pontos de amostragem localizados neste rio (ponto P18).

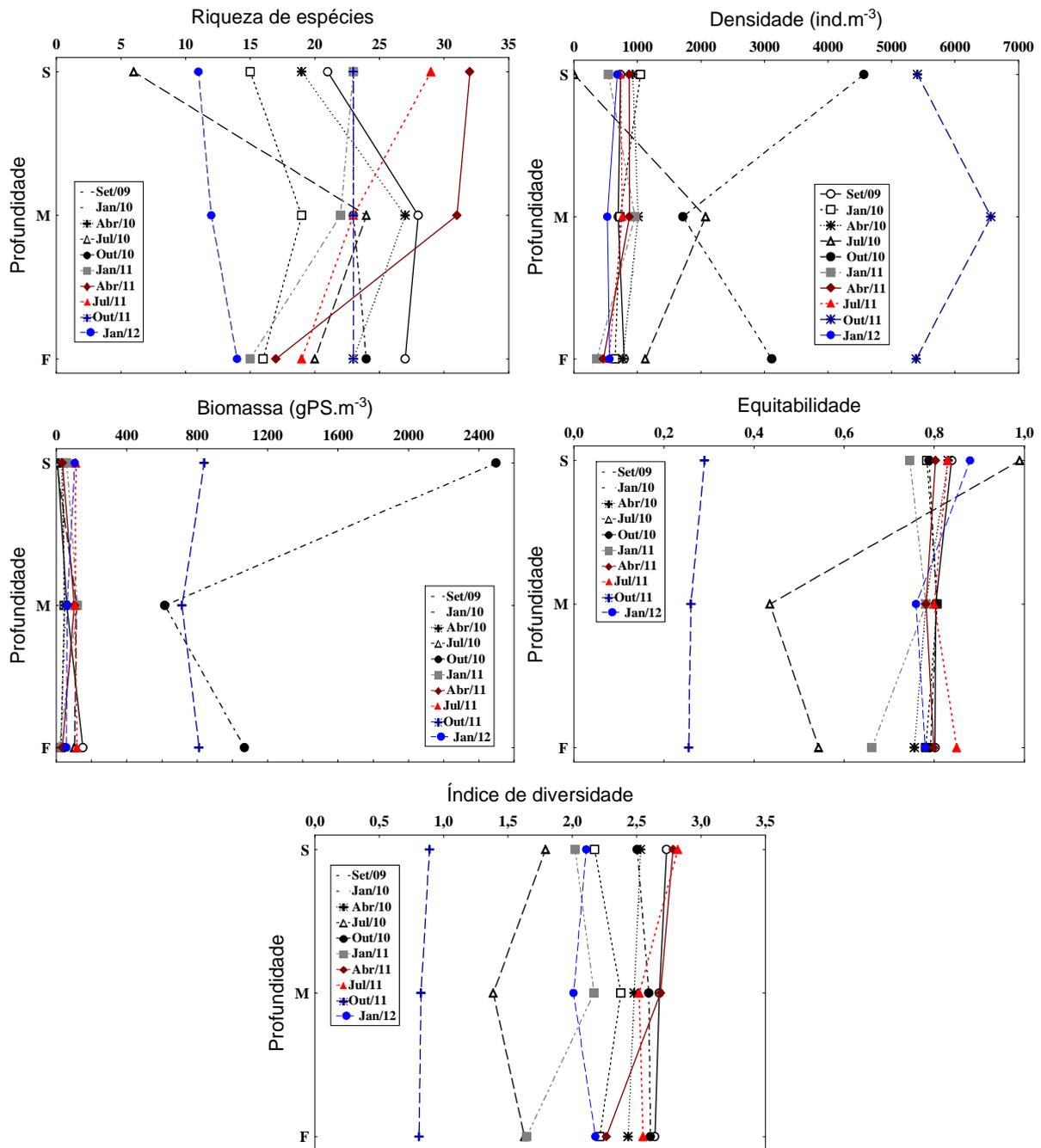
Os resultados obtidos para a riqueza de espécies têm evidenciado este atributo como um dos mais variáveis, entre as profundidades amostradas, com maiores valores, em geral, na camada intermediária da coluna de água e à superfície. Em janeiro último,

o entanto, um maior valor de riqueza de espécies foi registrado no fundo e o menor à superfície embora as diferenças entre as camadas tenham sido pouco representativas. Além disso, neste último período de amostragem foram registrados os mais baixos valores deste atributo de todo o monitoramento, assim como observado para a distribuição espacial da riqueza em toda a área de estudo. **(Figura 63).**

Ao contrário do observado para a riqueza de espécies, os resultados de abundância numérica (densidade) e biomassa do zooplâncton têm evidenciado, em geral, valores pouco variáveis entre as diferentes profundidades. Em janeiro de 2012, assim como na maioria dos períodos analisados, as diferenças de densidade entre as diferentes profundidades foram insignificantes, de forma que, o zooplâncton apresentou uma distribuição homogênea ao longo da coluna de água, para estes atributos **(Figura 63).**

Os resultados de equitabilidade e índice de diversidade também tem evidenciado certa homogeneidade de seus valores ao longo da coluna de água, na maior parte do período de estudo. Destaca-se, para estes atributos, os baixos valores registrados em julho de 2010 e outubro de 2011, contrastando com valores relativamente maiores observados nos demais períodos de estudo. **(Figura 63).**

Conforme discutido em relatórios anteriores, é pouco provável que a migração seja o processo responsável pelos padrões de distribuição vertical do zooplâncton observados, especialmente em um ambiente lótico como o rio Madeira. De fato, os resultados obtidos não evidenciaram um padrão claro de variação vertical que pudessem ser atribuídos a processos migratórios do zooplâncton. Em ambientes lóticos, a turbulência tem maior influência sobre os padrões de distribuição vertical. Assim, provavelmente, a variabilidade encontrada resulta de oscilações estocásticas pouco previsíveis.



**Figura 63.** 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.

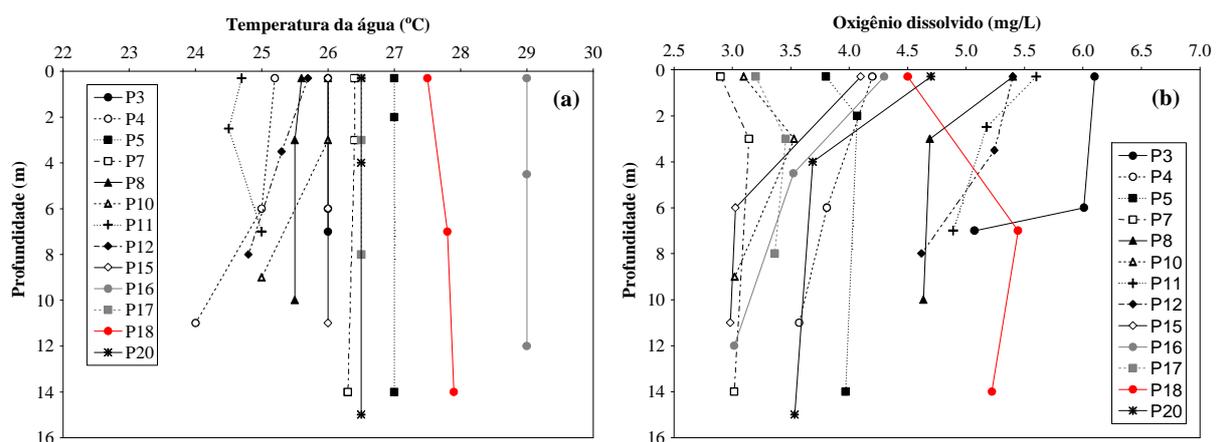
### 5.8. Perfil vertical dos tributários e do ponto P18 (MAD 5, localizado no rio Madeira), realizado em abril de 2010 e abril de 2011

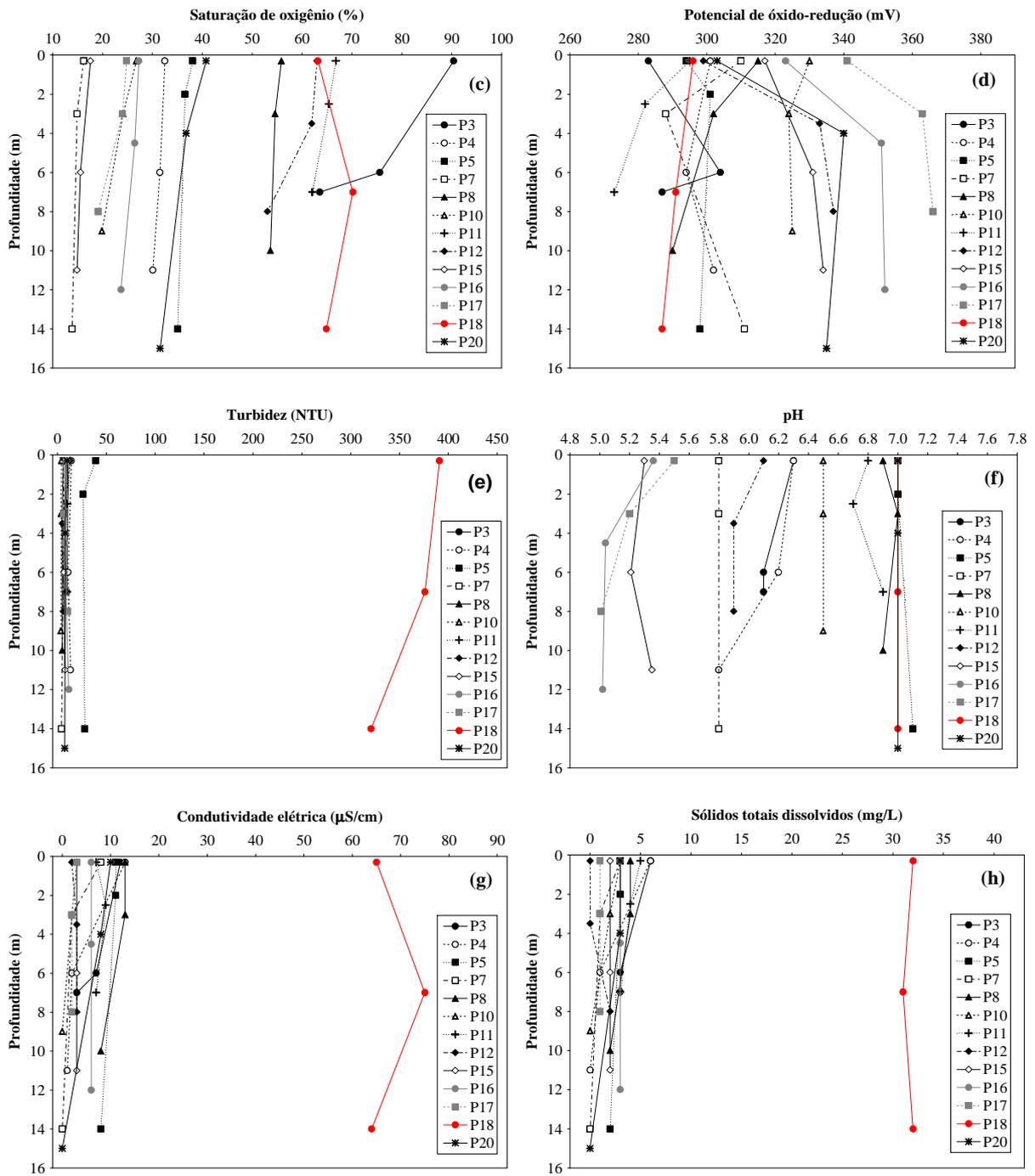
#### Variáveis abióticas

De maneira geral, a análise do perfil vertical dos pontos monitorados (tributários e ponto P18, localizado no rio Madeira) indicou pouca variação ao longo das três profundidades analisadas, tanto em abril de 2010 quanto em abril de 2011 (**Figuras 64 e 65**). Resultado similar foi obtido considerando a análise do perfil vertical realizada em todos os meses de coleta no ponto P18 (MAD 5), discutido anteriormente (**item 5.7**). A baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos, que tende a homogeneizar a coluna de água.

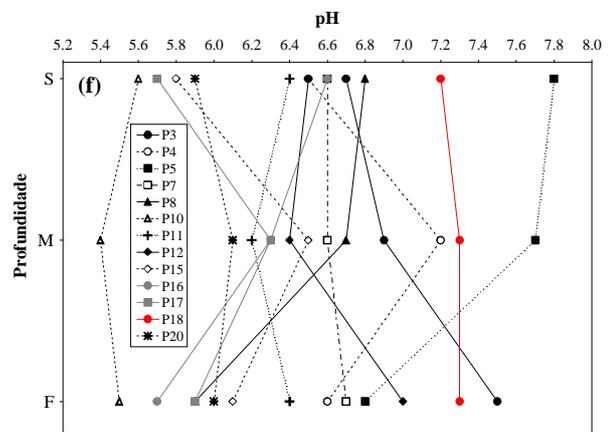
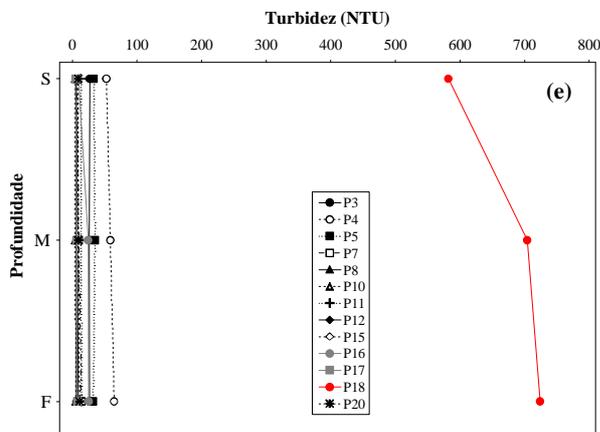
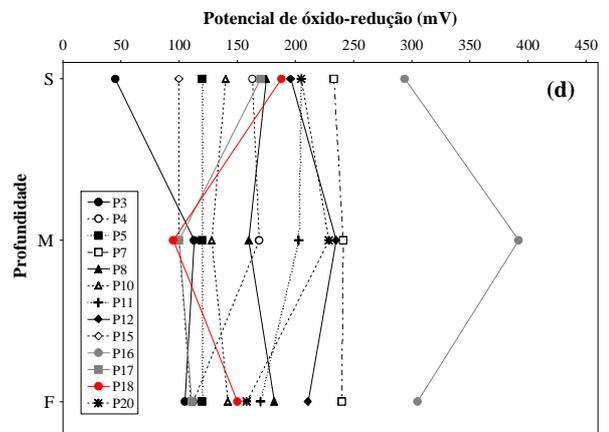
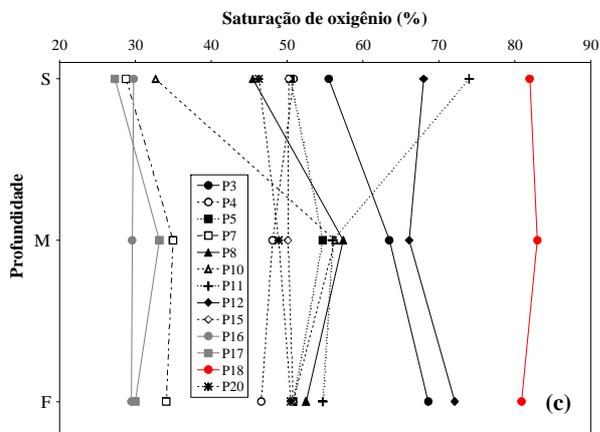
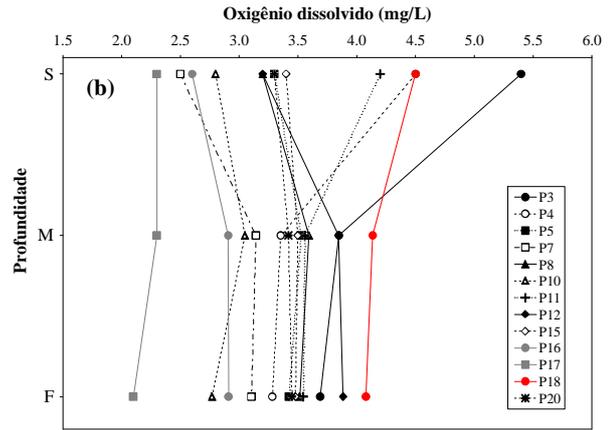
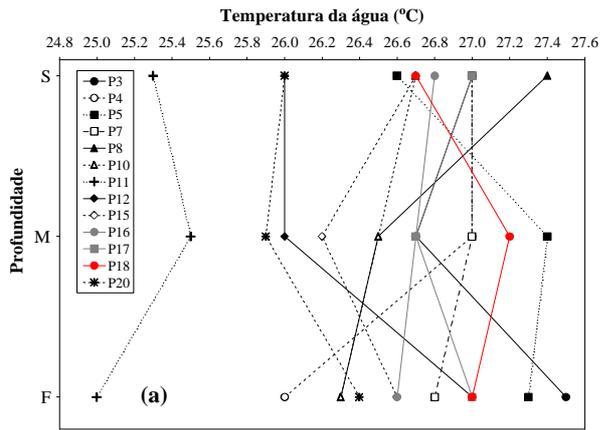
Assim como observado para o ponto P18 (MAD-5), pode-se afirmar que, durante o período de cheia, os pontos localizados nos tributários não apresentaram estratificação térmica da coluna da água, tendo em vista a pequena diferença nos valores da temperatura da água entre o epilímnio e hipolímnio dos pontos monitorados. Além disso, também foi registrada similaridade nos valores dos demais parâmetros limnológicos analisados.

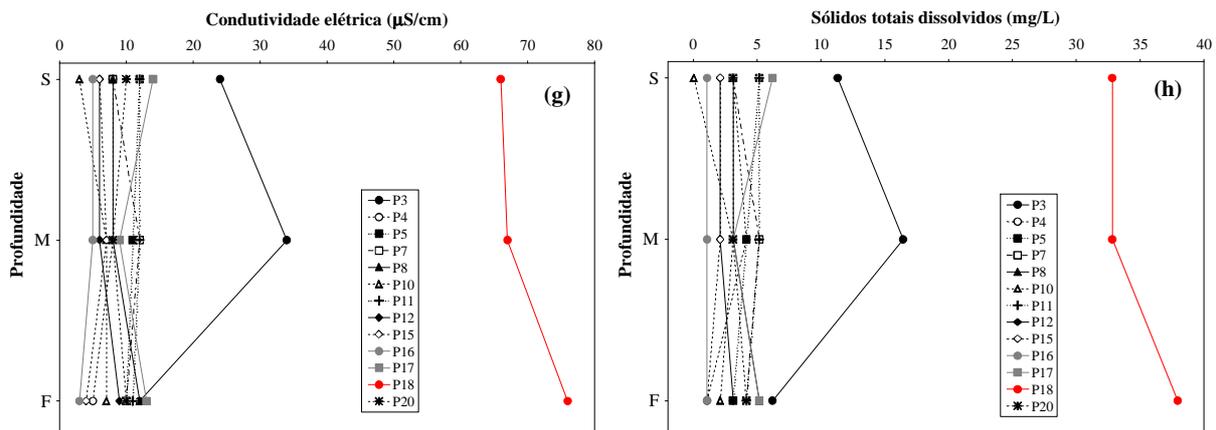
Ademais, os resultados de turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos demonstram que as diferenças horizontais (entre P18 e os demais pontos) são muito mais conspícuas que as diferenças verticais (entre as profundidades).





**Figura 64.** Perfil vertical em três profundidades (superfície, limite da zona eufótica e fundo) nos tributários e ponto P18, localizado no rio Madeira, realizado em **abril de 2010**.





**Figura 65.** Perfil vertical em três profundidades (superfície, limite da zona eufótica e fundo) nos tributários e ponto P18, localizado no rio Madeira, realizado em **abril de 2011**.

## Fitoplâncton

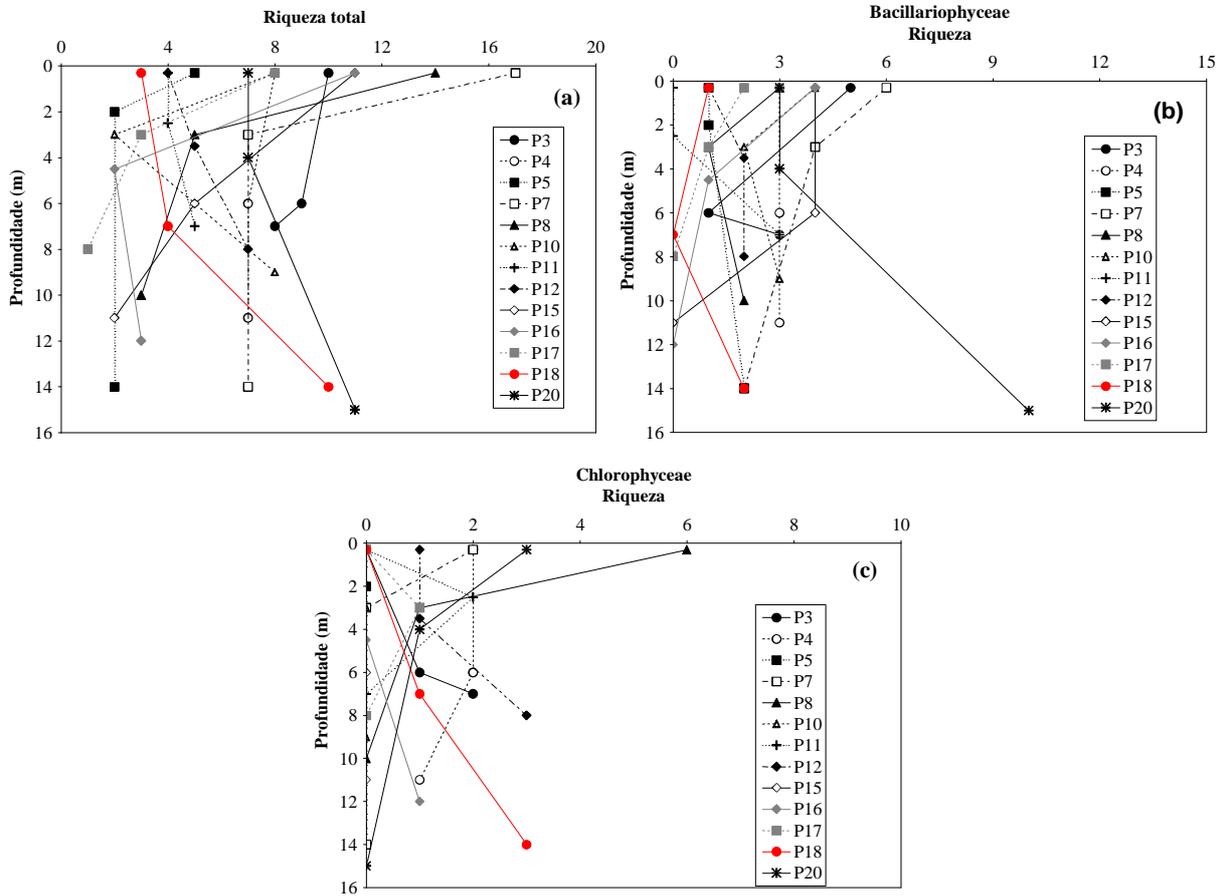
Foram registrados baixos valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas na maioria dos pontos monitorados em abril de 2010 (**Figura 66**) e em abril de 2011 (**Figura 67**). Bacillariophyceae, Cyanobacteria, Chlorophyceae, Cryptophyceae e Zygnemaphyceae foram os principais grupos conforme pode ser verificado nas **Figuras 66 e 67** abaixo.

Maior contribuição de bacilariofíceas (ou diatomáceas) é geralmente observada em rios turvos ou lagos rasos e com mistura da coluna de água, haja vista que a mistura promove a liberação desses táxons epipéllicos ou epifíticos, dos substratos onde ficam aderidos e também permite a permanência destes na camada eufótica da coluna de água.

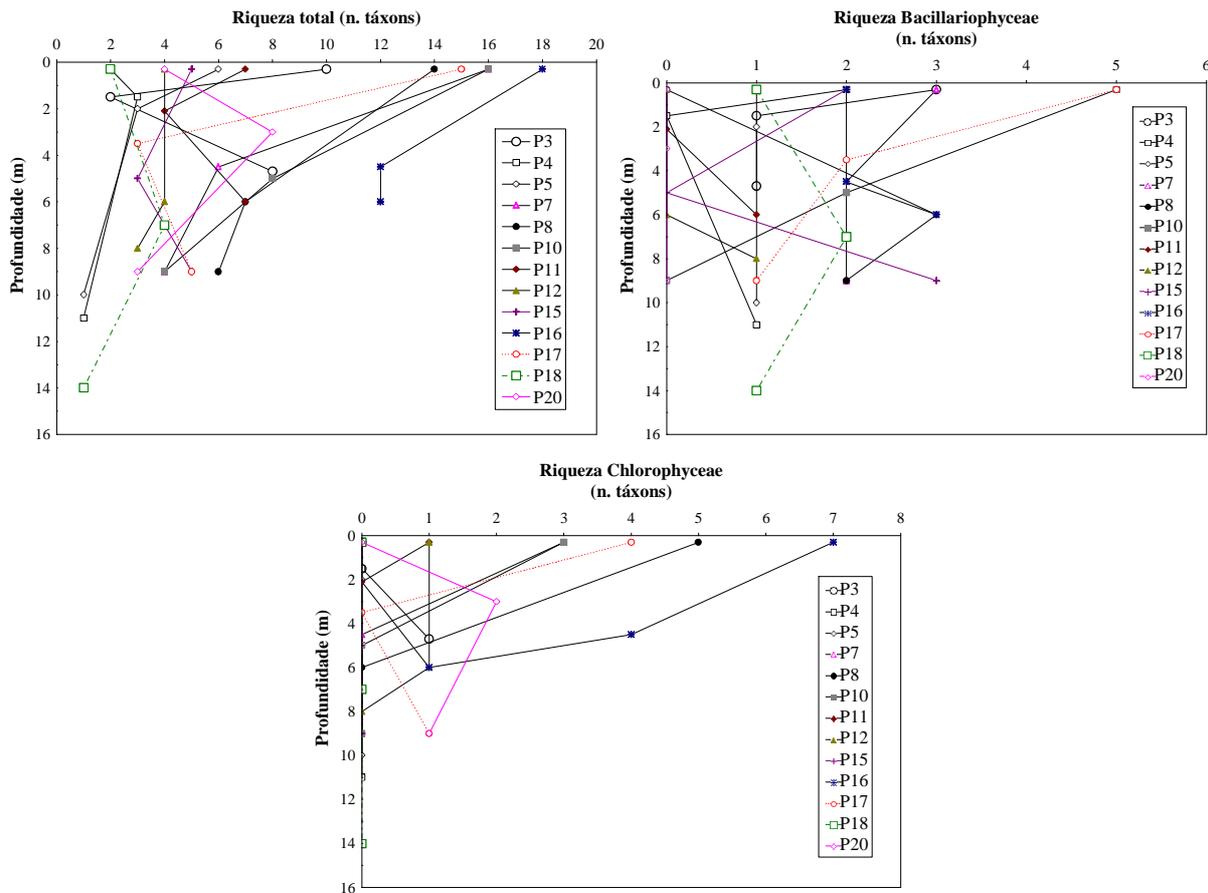
Chlorophyceae apresentou maior contribuição à riqueza de espécies no ponto P8, localizado no igarapé São Simão e ponto P12, situado no rio Cotia, e foi representado principalmente pela Ordem Chlorococcales, provavelmente associada à maior transparência da água nestes pontos, como evidenciado pela correlação negativa com a turbidez ( $r = -0,57$ ).

As zignemafíceas, consideradas metafíticas são comuns próximo a bancos de macrófitas emersas ou submersas, ou próximas a vegetação inundada. Este grupo foi o principal representante do fitoplâncton no ponto P3, localizado no igarapé Ribeirão. O aumento da contribuição deste grupo, em abril, está provavelmente relacionado ao

aumento do nível da água do rio devido às chuvas, o que acentua a influência da vegetação marginal, haja vista que ocorre a liberação destas para as áreas abertas do rio.



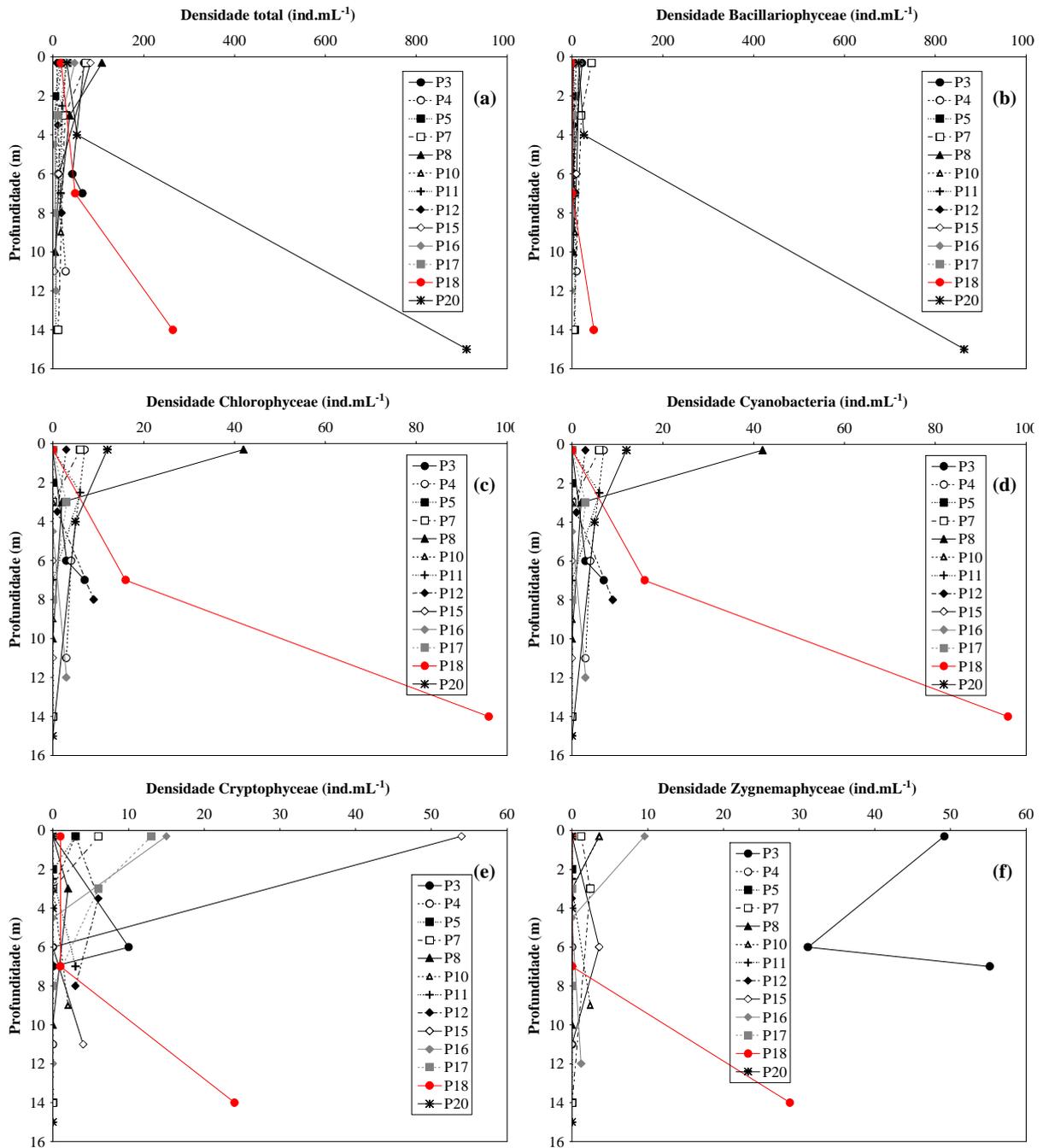
**Figura 66.** Variação vertical da riqueza fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos nos pontos localizados nos tributários e no ponto P18, em **abril de 2010**.



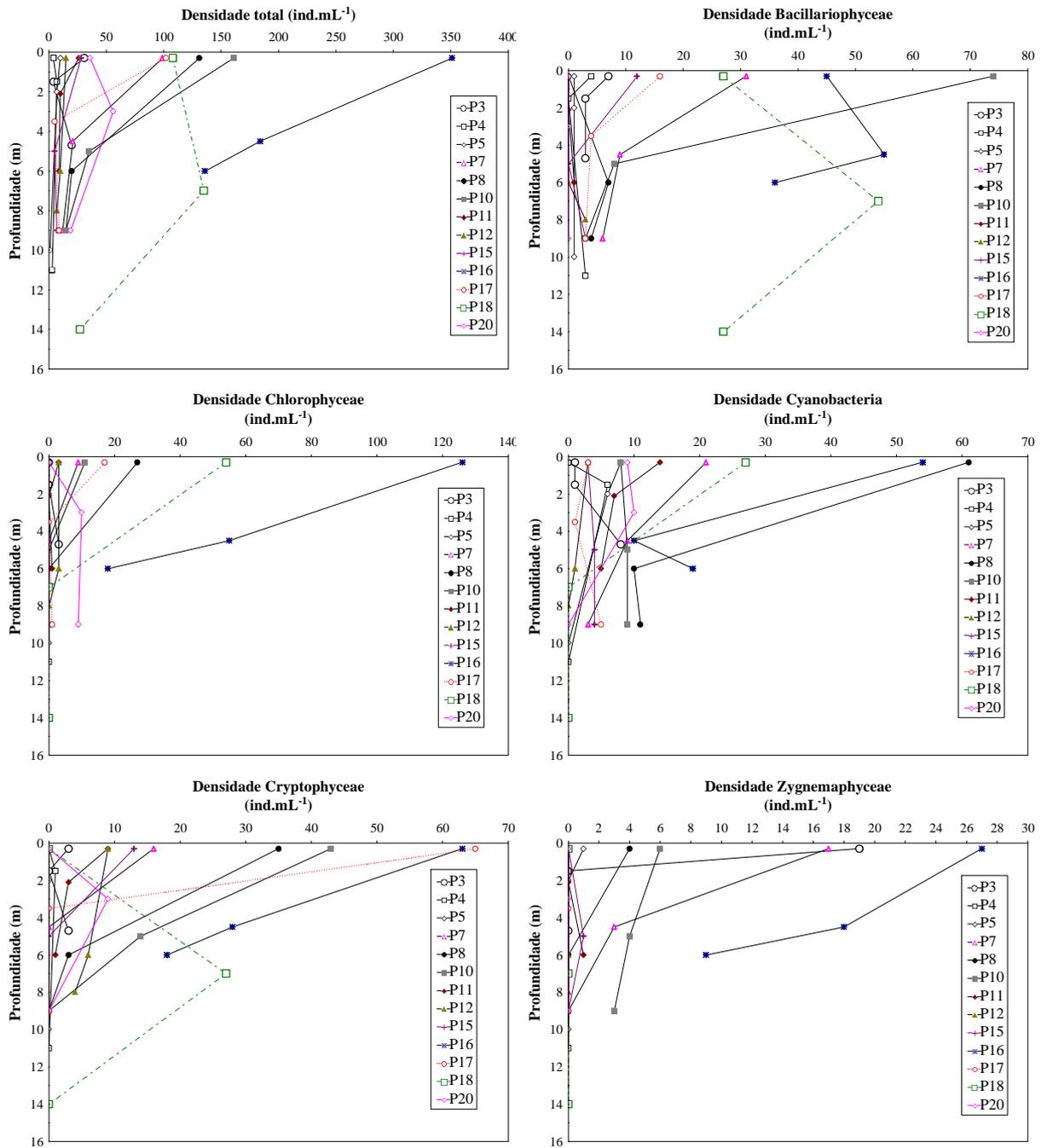
**Figura 67.** Variação vertical da riqueza fitoplânctônica total e dos principais grupos taxonômicos nos pontos localizados nos tributários e no ponto P18, em **abril de 2011**.

Os valores de densidade e biovolume fitoplânctônico registrados nos pontos amostrados na área de influência do AHE Jirau, em abril de 2010 e abril de 2011, foram inferiores a  $300 \text{ ind.mL}^{-1}$  e a  $0,5 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ , respectivamente, na maioria das amostras (**Figuras 68-71**). Maiores valores foram verificados em abril de 2010.

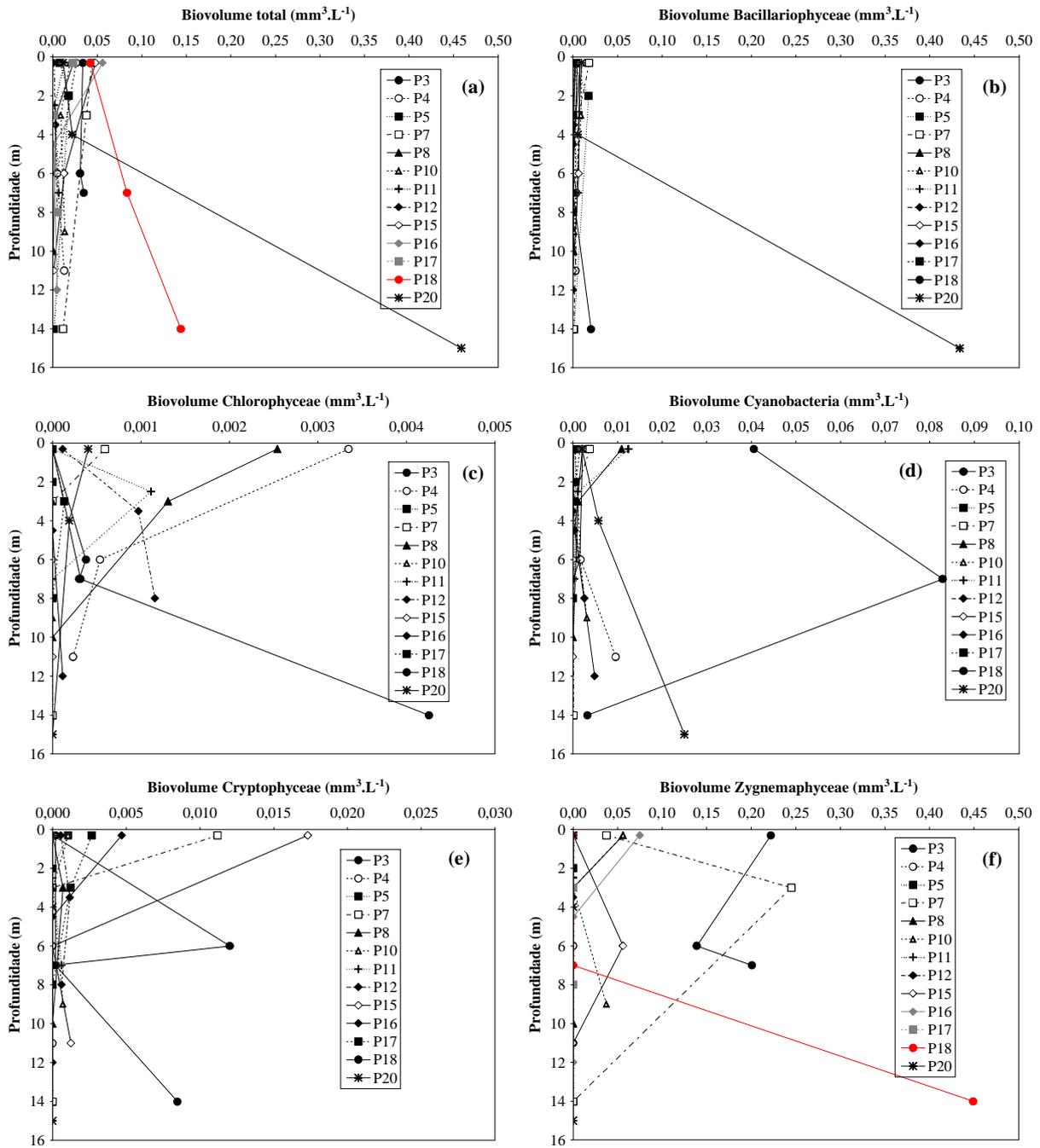
Verificou-se uma homogeneidade vertical em todos os pontos, exceto para o ponto P20 em abril de 2010 devido a menor velocidade de fluxo da água, o que ocasionou a sedimentação das algas com maiores biomassas, e proporcionou valores mais altos de densidade e biomassa no meio e próximo ao fundo da coluna de água.



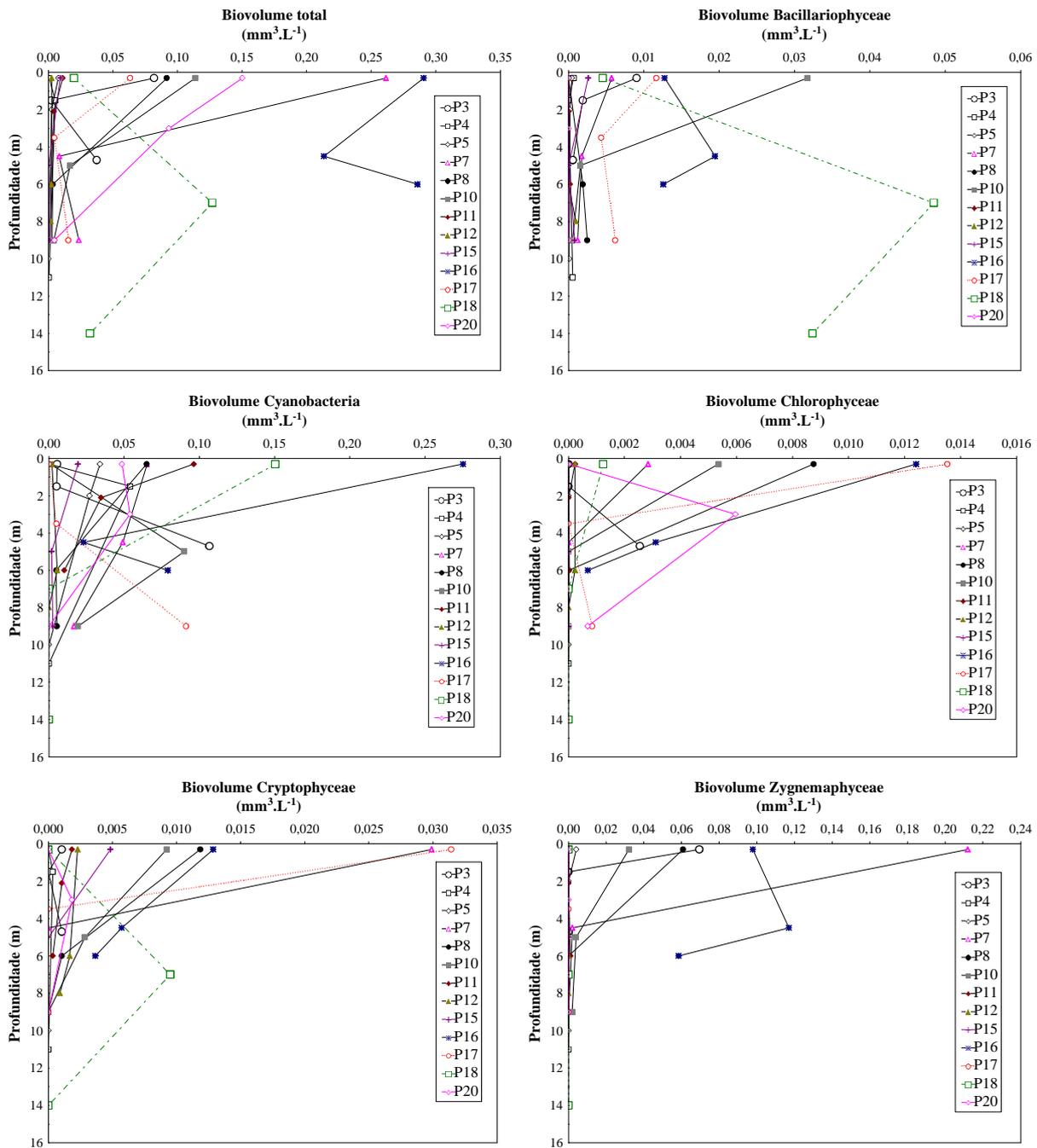
**Figura 68.** Variação vertical da densidade fitoplânctônica total e dos principais grupos taxonômicos em abril de 2010.



**Figura 69.** Variação vertical da densidade fitoplânctônica total e dos principais grupos taxonômicos em abril de 2011.



**Figura 70.** Variação vertical da biomassa fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos em abril de 2010.

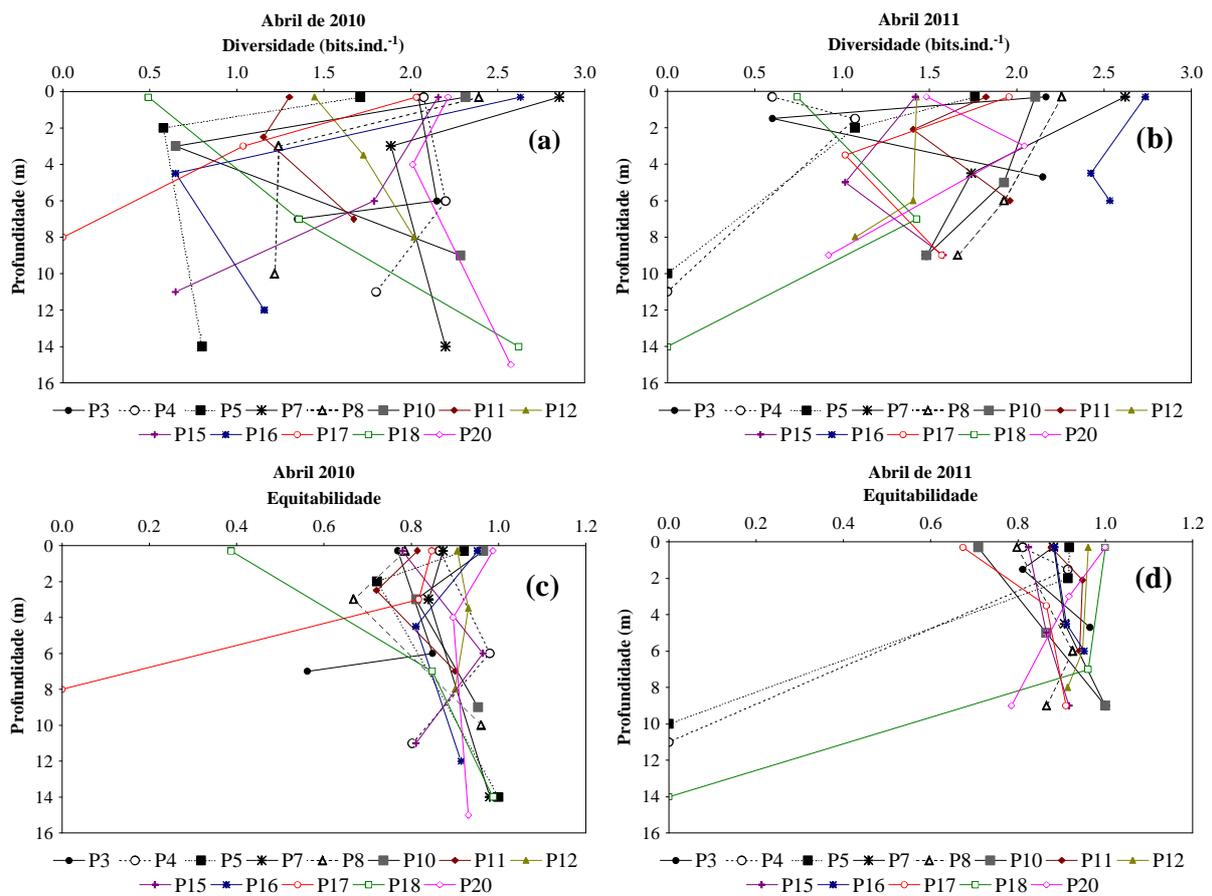


**Figura 71.** Variação vertical da biomassa fitoplanctônica total e dos principais grupos taxonômicos em **abril de 2011**.

Os valores do índice de diversidade de Shannon aplicado para a comunidade fitoplanctônica em abril de 2010 e abril de 2011 foram baixos (**Figura 72**), sendo inferiores a  $2,5 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$  na maioria dos pontos. A distribuição dos valores destes atributos na coluna de água foi relativamente homogênea em todos os pontos,

especialmente em 2011, e pode ser atribuída às condições lóxicas dos pontos monitorados, o que não permite uma estruturação da coluna de água.

Os valores de equitabilidade foram altos na maioria dos pontos devido a alta proporção de espécies raras, o que é comum em sistemas lóxicos. Os baixos valores de diversidade de espécies no sistema estudado podem ser atribuídos aos baixos valores de riqueza de espécies na maioria dos pontos.



**Figura 72.** Distribuição vertical da diversidade de espécies (a, b) e equitabilidade (c, d) na área de influência do AHE Jirau, em abril de 2010 e 2011.

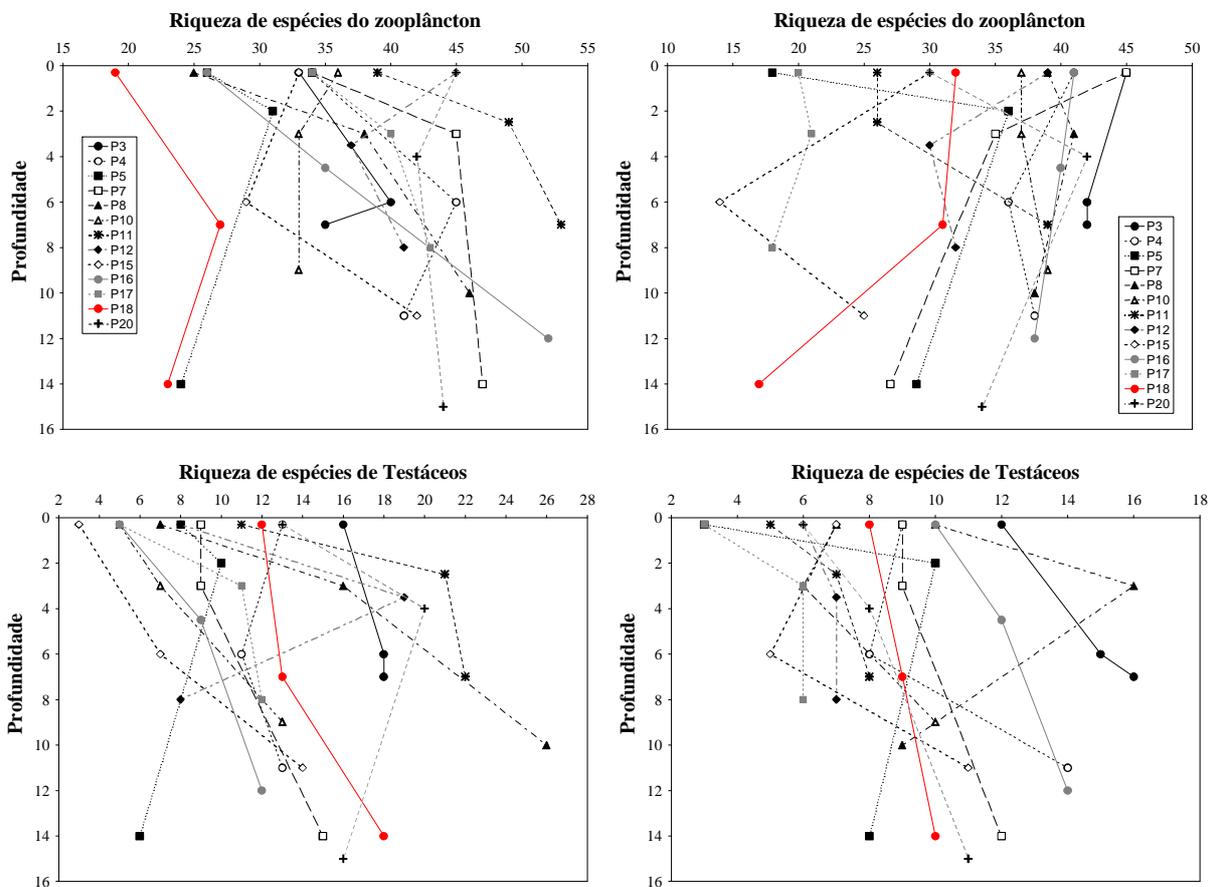
### Zooplâncton

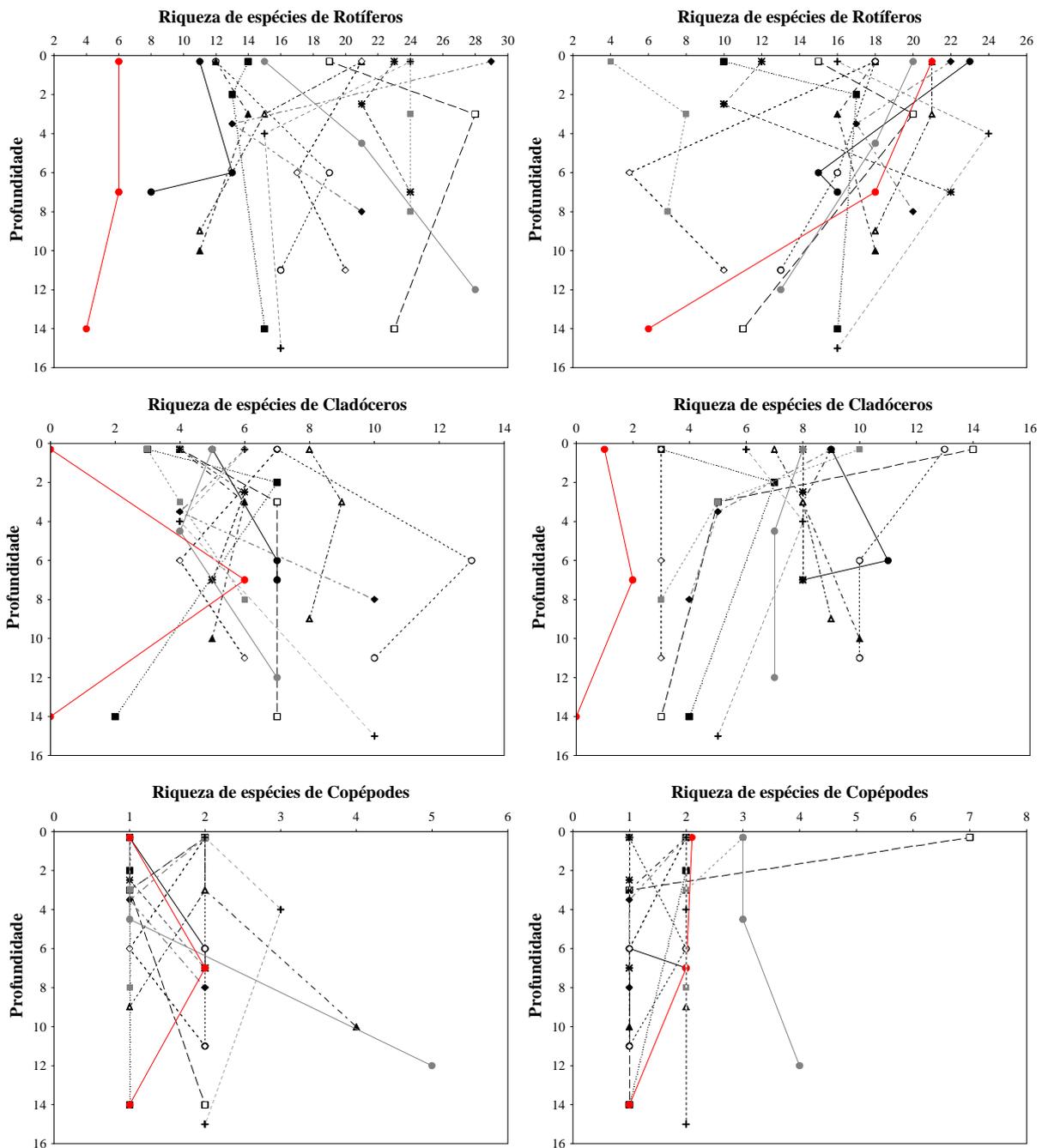
Assim como discutido anteriormente para a análise da distribuição vertical do zooplâncton no ponto P18 (rio Madeira), também para os tributários, todos ambientes lóxicos, com elevada turbulência, seria esperada certa uniformidade nos valores dos atributos analisados entre as diferentes profundidades amostradas.

Em geral, tanto para a riqueza do zooplâncton, como para os diferentes grupos, os valores foram mais variáveis verticalmente nos tributários do que no rio Madeira, sugerindo, a princípio, uma maior homogeneidade vertical no rio Madeira (**Figura 73**).

Assim como discutido em relatório anterior, embora os resultados de riqueza tenham sido pouco variáveis verticalmente, não é possível identificar um padrão de distribuição vertical da riqueza de espécies, tanto para o zooplâncton, como para os grupos aqui analisados (**Figura 73**).

Embora muito variáveis os padrões de distribuição vertical, parece existir uma tendência de maiores valores de riqueza total do zooplâncton, bem como de testáceos e rotíferos nas camadas intermediária e profunda da coluna de água, enquanto que os microcrustáceos parecem ser mais especiosos na superfície da coluna de água (**Figura 73**). Como discutido anteriormente, essa maior riqueza nas camadas inferiores da coluna de água pode estar relacionada a uma maior contribuição de organismos bentônicos, especialmente testáceos e rotíferos, para o plâncton nestas camadas.

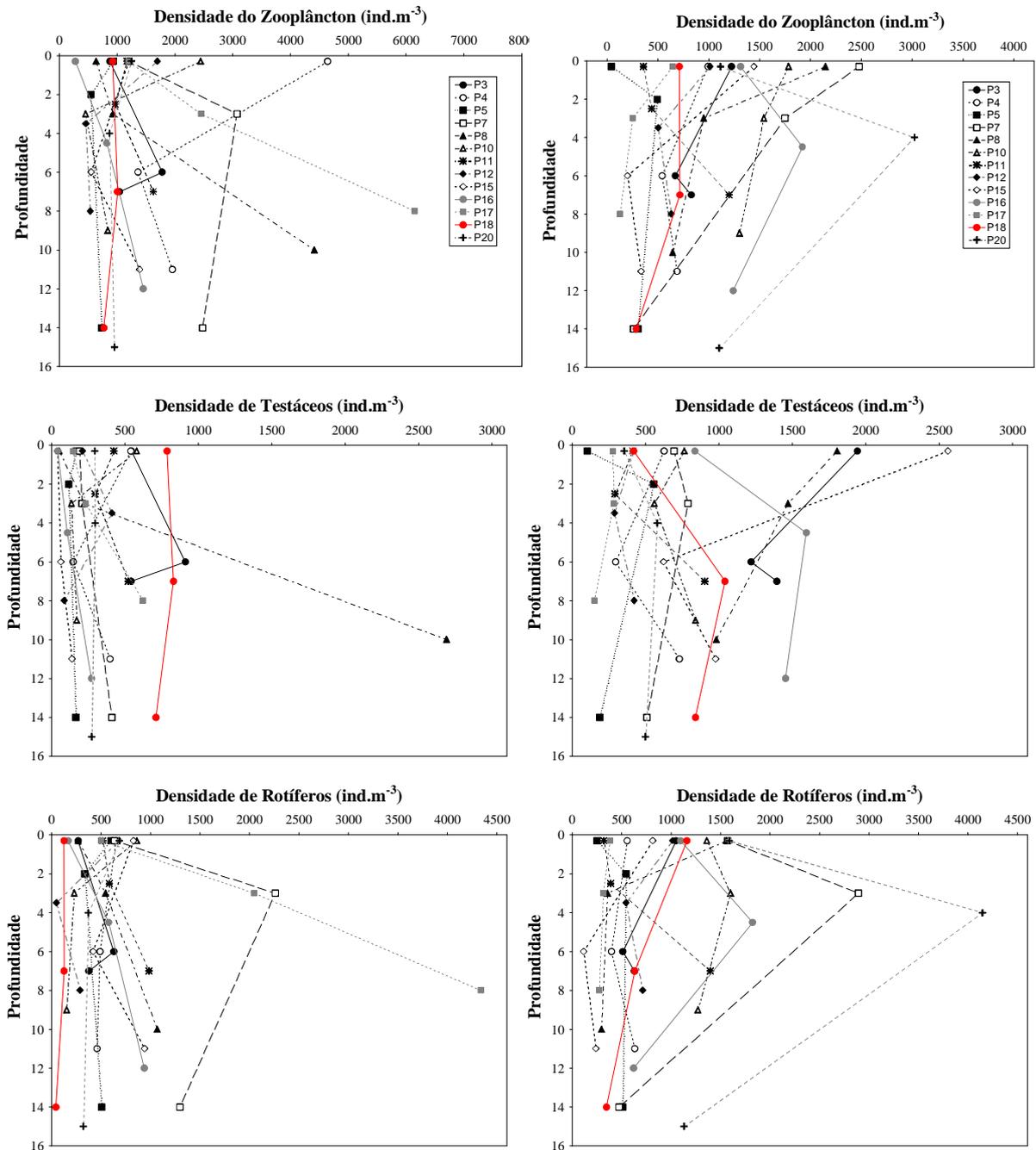


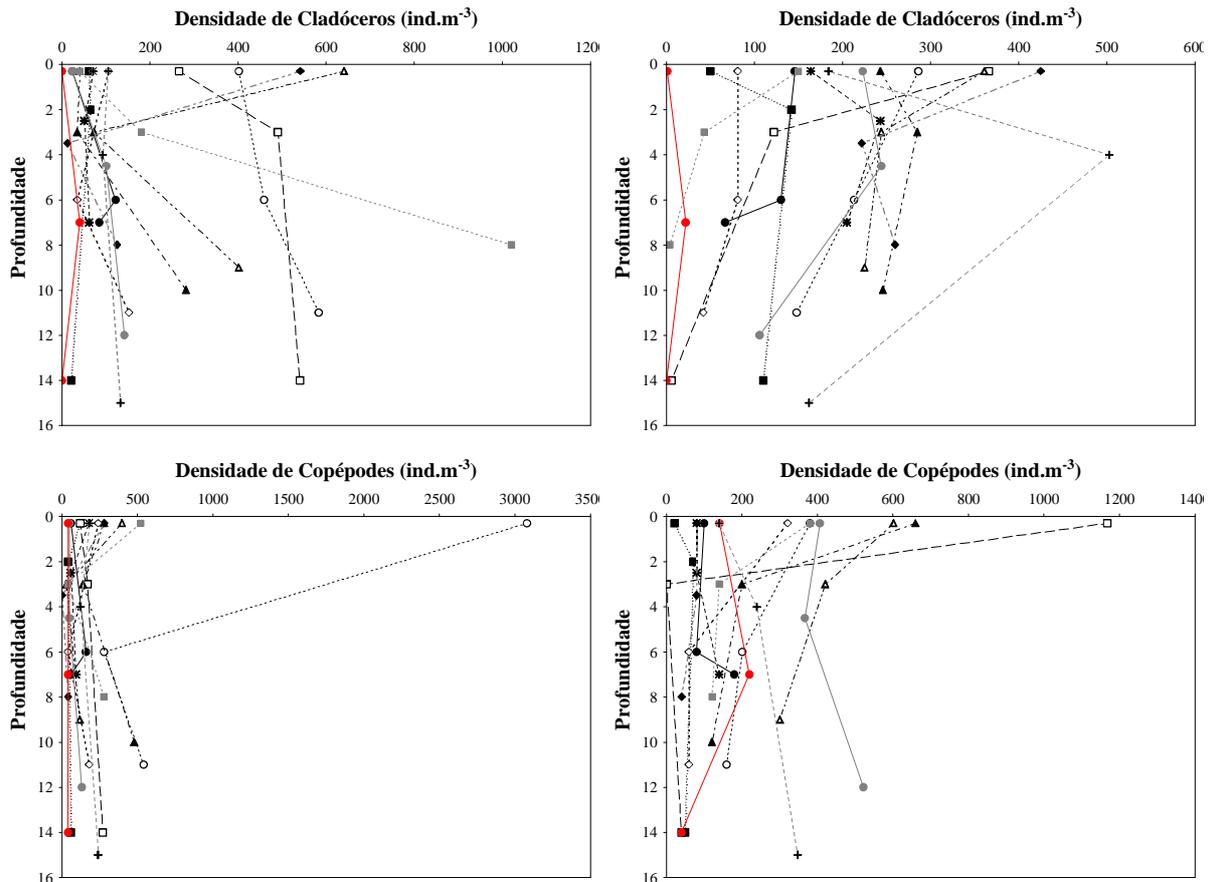


**Figura 73.** Distribuição vertical da riqueza do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem (gráficos da coluna esquerda = abril de 2010; coluna direita = abril de 2011).

Para a densidade, observou-se, temporalmente, uma maior variação vertical nos valores deste atributo em abril de 2011, principalmente porque as densidades foram mais variáveis entre os tributários, o que não foi observado em abril de 2010 (**Figura 74**). Da mesma forma que para a riqueza de espécies, também para a abundância o

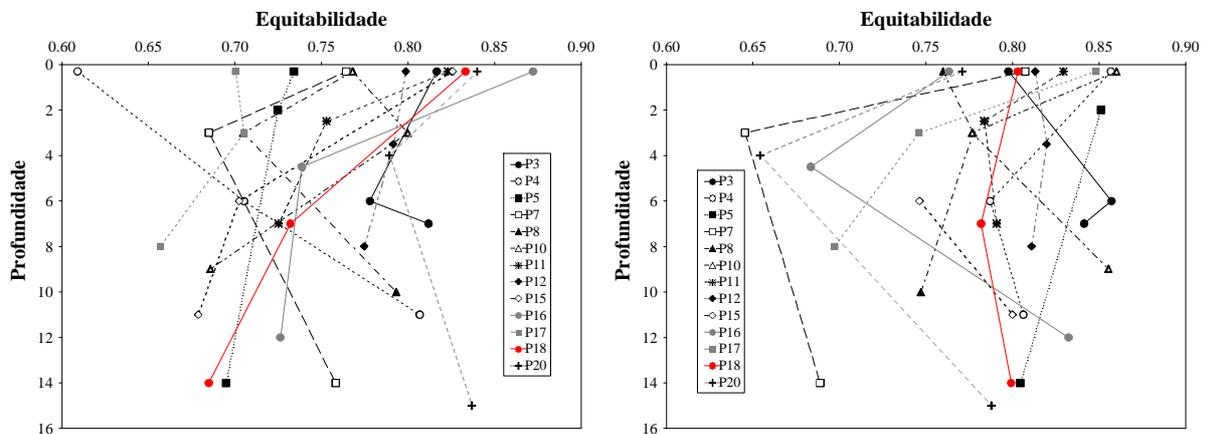
padrão de distribuição vertical é bem variável entre os tributários, não sendo, portanto, identificado um padrão comum de distribuição (**Figura 74**).

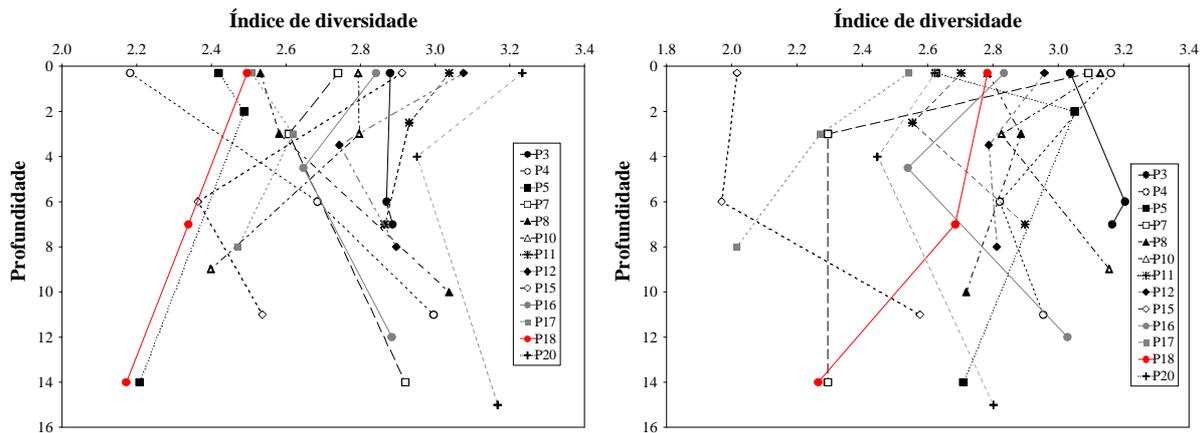




**Figura 74.** Distribuição vertical da densidade do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem (gráficos da coluna esquerda = abril de 2010, coluna esquerda = abril 2011).

Para a equitabilidade e índice de diversidade da comunidade zooplanctônica, os resultados evidenciaram valores verticalmente bem variáveis, no entanto com diferentes padrões de distribuição vertical, dependendo do ponto analisado, em ambos os períodos (abril de 2010 e abril de 2011) (**Figura 75**). Assim, não foi identificado um padrão comum de distribuição.





**Figura 75.** Distribuição vertical da equitabilidade e índice de diversidade do zooplâncton, no rio Madeira e em seus tributários, área de influência do AHE Jirau. (gráficos da coluna esquerda = abril de 2010, coluna esquerda = abril 2011).

## 5.9. Variação nictemeral

### 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 CO<sub>2</sub> para o fitoplâncton (RAMÍREZ e BICUDO, 2003). A distribuição vertical da comunidade zooplanctônica 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 (P18-MAD 5). A análise do ciclo nictemeral foi realizada em setembro de 2009, abril de 2010, outubro de 2010, julho e outubro de 2011. Como informado anteriormente, em abril de 2011, estava prevista uma nova coleta para análise do ciclo nictemeral, no entanto, nesse mês, foram registrados elevados valores de vazão do rio Madeira. Assim, as coletas nesse rio durante o período noturno foram inviabilizadas, sendo substituída pela análise do ciclo nictemeral em julho de 2011.

De maneira geral, em setembro de 2009, os valores da temperatura da água foram similares entre as diferentes profundidades analisadas, tendo em vista que a maior diferença ( $0,4^{\circ}\text{C}$ ) foi mensurada às 18h00min (**Figura 76a**). Em abril de 2010 também foi observada uma homogeneização dos valores de temperatura da água ao longo de toda a coluna d'água, sendo que a maior diferença ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) foi mensurada às 21h00min (**Figura 77a**). Resultado similar foi observado em outubro de 2010 (**Figura 78a**). Em julho de 2011, os valores de temperatura da água pouco variaram ao longo do perfil vertical (maior diferença igual a  $1,2^{\circ}\text{C}$  às 16h30min) (**Figura 79a**), enquanto que em outubro de 2011, a maior diferença nos valores de temperatura da água ao longo do perfil vertical ocorreu às 13h00min e 17h00min ( $0,1^{\circ}\text{C}$ ) (**Figura 80a**).

Estes resultados demonstraram a inexistência de estratificação térmica no ponto P18, ao longo de todo o ciclo diário, nos 05 (cinco) meses de estudo.

Em abril e outubro de 2010 e em julho e outubro de 2011, as concentrações de oxigênio dissolvido também foram similares ao longo das profundidades analisadas (**Figuras 77b, 78b, 79b e 80b**). Em setembro de 2009, as menores concentrações de oxigênio dissolvido mensuradas nas maiores profundidades pode ser explicada pela dificuldade em estabilizar a sonda ao longo da coluna d'água, tendo em vista a elevada força de correnteza no local. No entanto, esse problema foi resolvido nas campanhas posteriores.

Os padrões de estratificação térmica influenciam sobremaneira a distribuição vertical dos demais parâmetros limnológicos (ESTEVES, 1998). No entanto, como não foi observada a presença de estratificação térmica no local, também não foram obtidas grandes diferenças entre superfície e fundo da coluna d'água para os valores de pH,

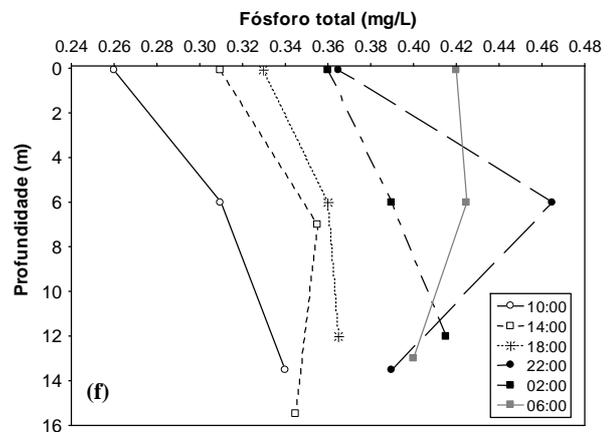
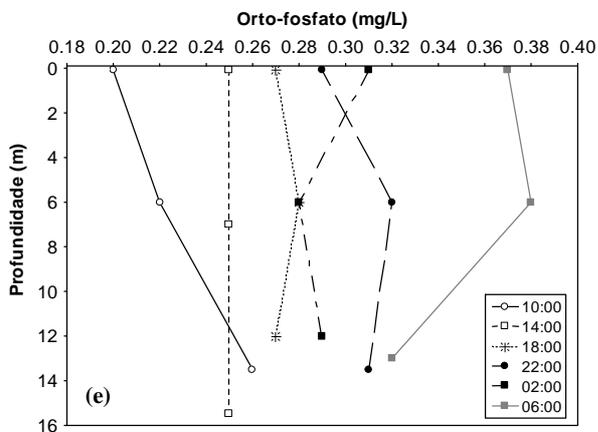
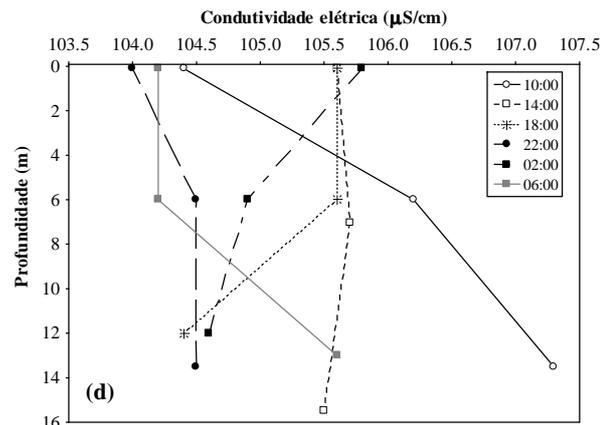
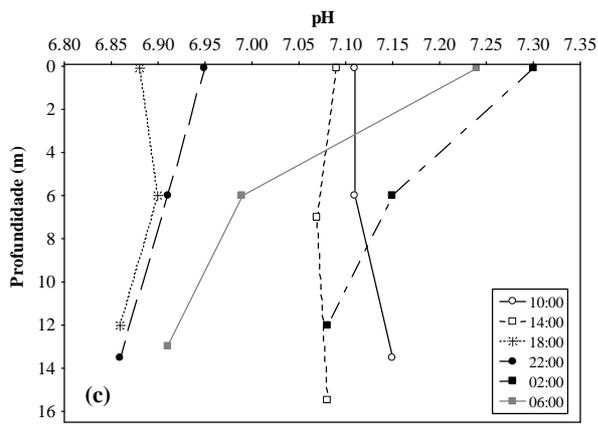
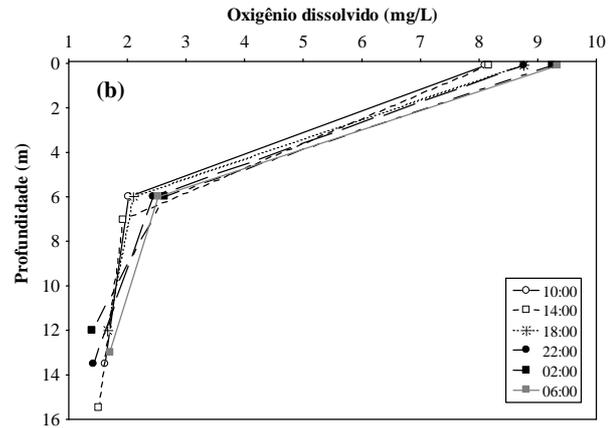
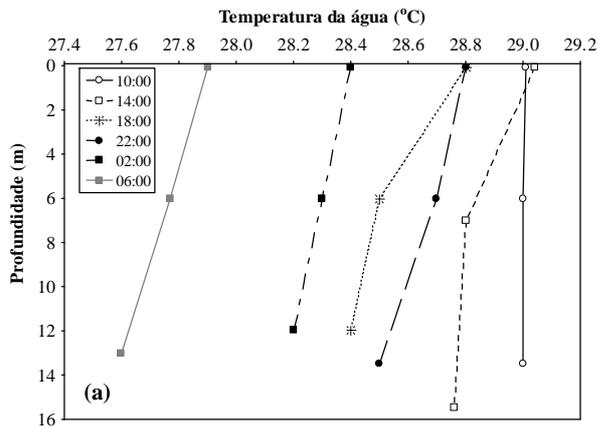
condutividade elétrica, nutrientes fosfatados e nitrogenados (**Figuras 76, 77, 78, 79 e 80**). Maiores teores de fósforo total e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) foram obtidos na maior profundidade de coleta em alguns horários e meses de coleta (setembro de 2009 e outubro de 2010), no entanto, isso não 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.

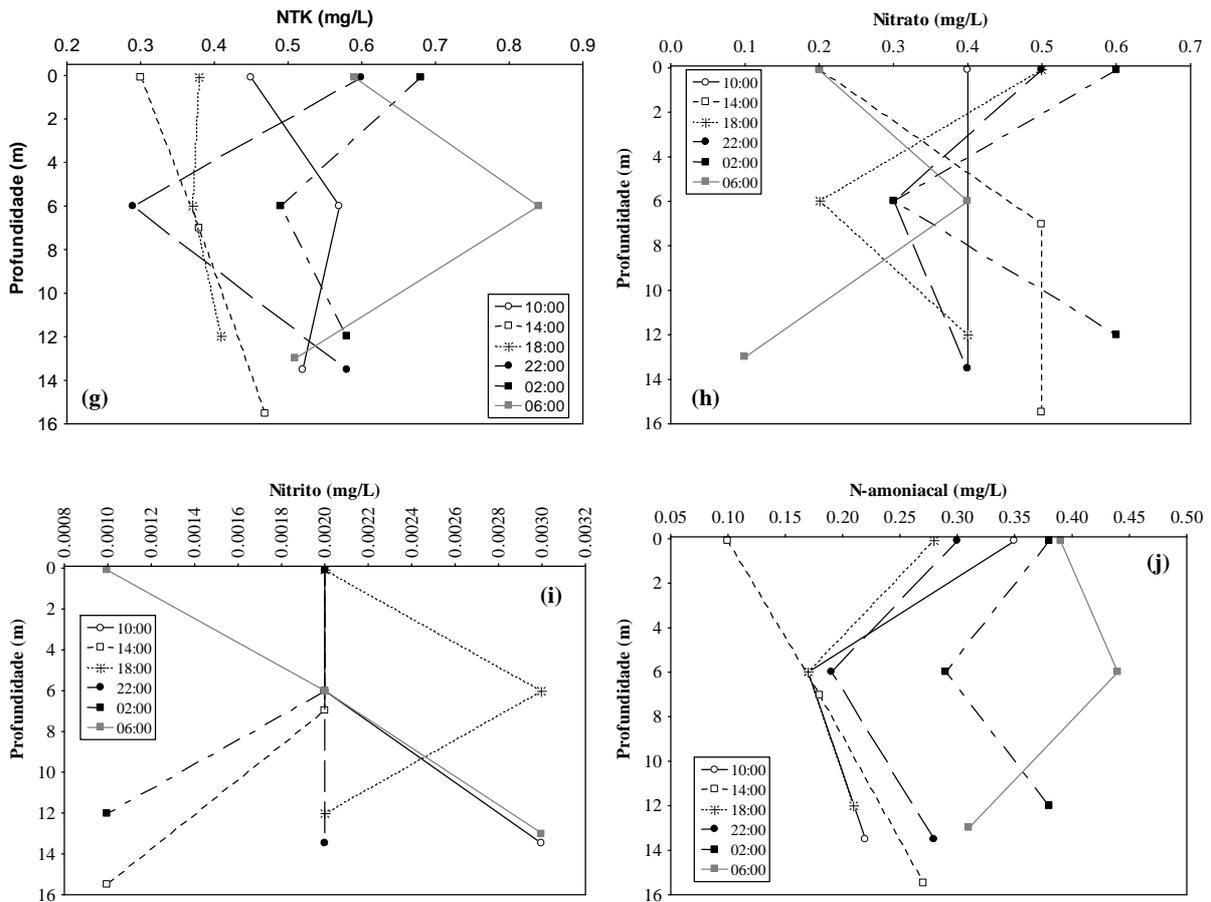
Ressalta-se que a análise do perfil vertical e da variação nictemeral tem sido informativa principalmente em ambientes lênticos. Por outro lado, em ambientes lólicos as variações ao longo da profundidade tendem a ser minimizadas devido ao movimento turbulento que caracterizam esses ambientes. As pequenas variações observadas não podem ser atribuídas 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. De fato, a análise de componentes de variância demonstrou que as principais diferenças entre os resultados das diferentes variáveis foram detectadas ao longo dos meses de coleta, e que as diferenças entre as profundidades e horários foram muito menores. Além disso, para nenhuma variável, os fatores horário e profundidade apresentaram diferenças significativas (valores de  $P > 0,05$  em todos os casos analisados). Os resultados dessas análises indicaram, portanto, que alocação de esforços de coleta para medir a variação diária ou vertical (especialmente na fase rio) é pouco justificável.

Após o envio de uma Nota Técnica ao IBAMA, a análise do ciclo nictemeral foi retirada do escopo de análises, somente durante a fase pré-enchimento. Assim, essa análise não será realizada em abril de 2012.

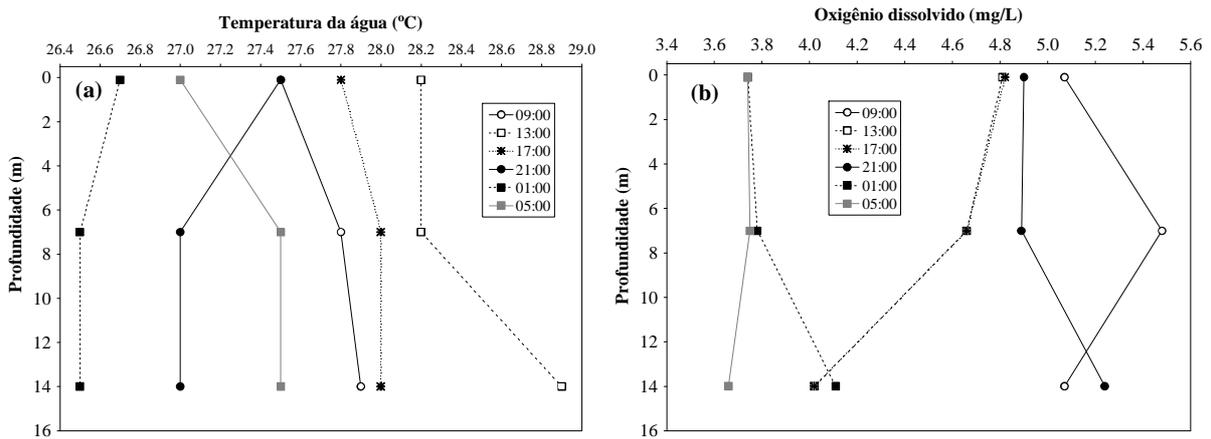
Considerando o perigo na realização dessa atividade durante o período noturno no rio Madeira, durante a fase de enchimento e operação do reservatório, sugere-se que a análise do ciclo nictemeral seja realizada em outro ambiente, como por exemplo na área alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13, que apresenta características lênticas). A análise dos padrões verticais no ponto P18, localizado no rio Madeira, além dos padrões verticais obtidos nos tributários durante o período de cheia serão suficientes para verificar a existência de estratificação térmica e química da coluna da água no trecho monitorado. Além disso, os resultados obtidos através da sonda de monitoramento em

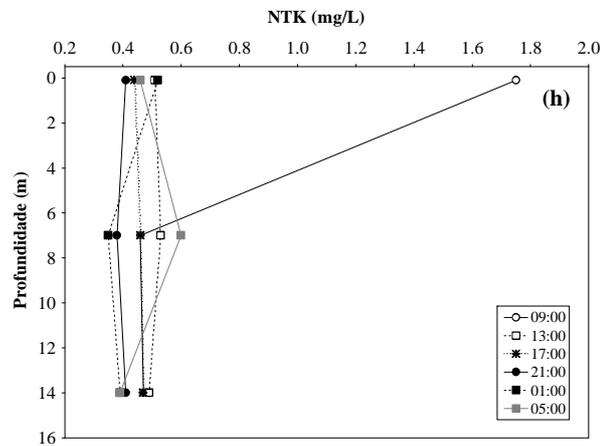
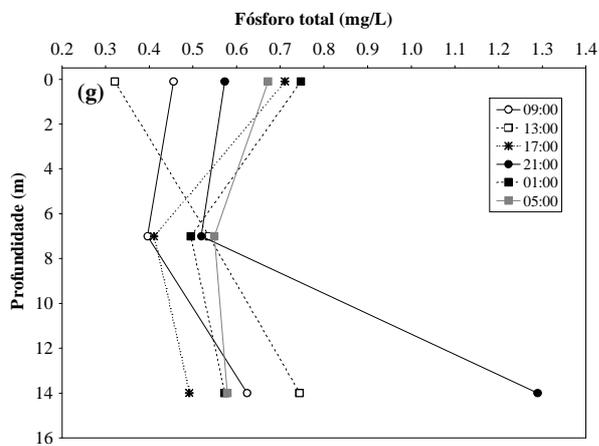
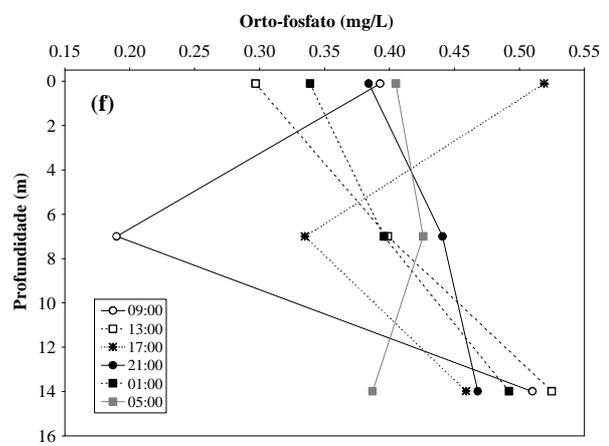
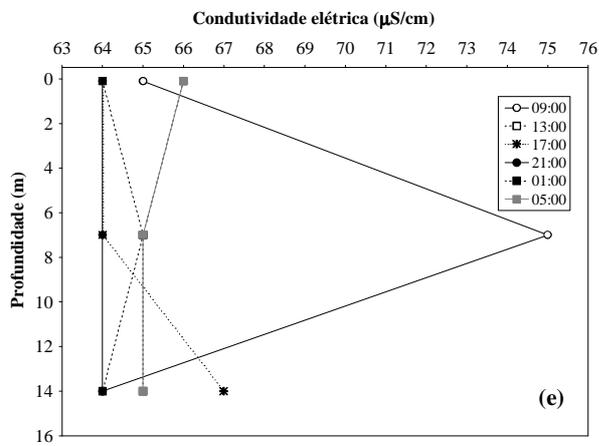
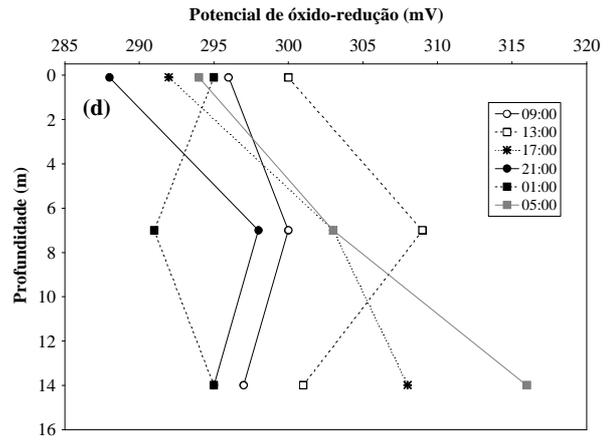
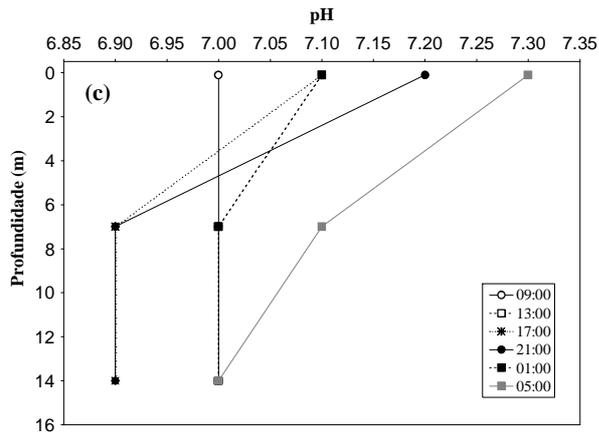
tempo real instalada no rio Madeira também serão utilizados para verificar possíveis diferenças nos parâmetros físicos e químicos em diferentes horários do dia. Assim, os resultados obtidos até o momento não justificam o perigo da realização dessa análise durante o período noturno no rio Madeira.

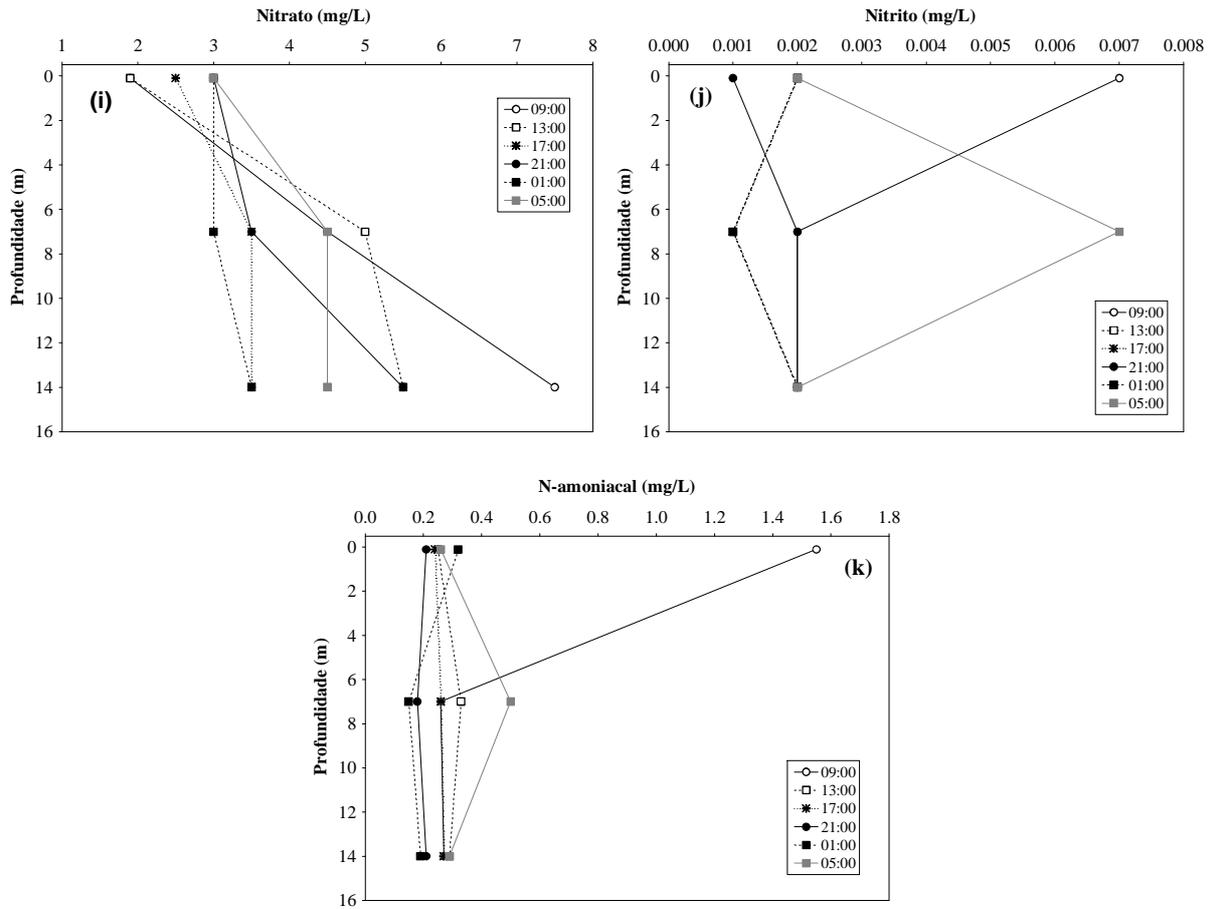




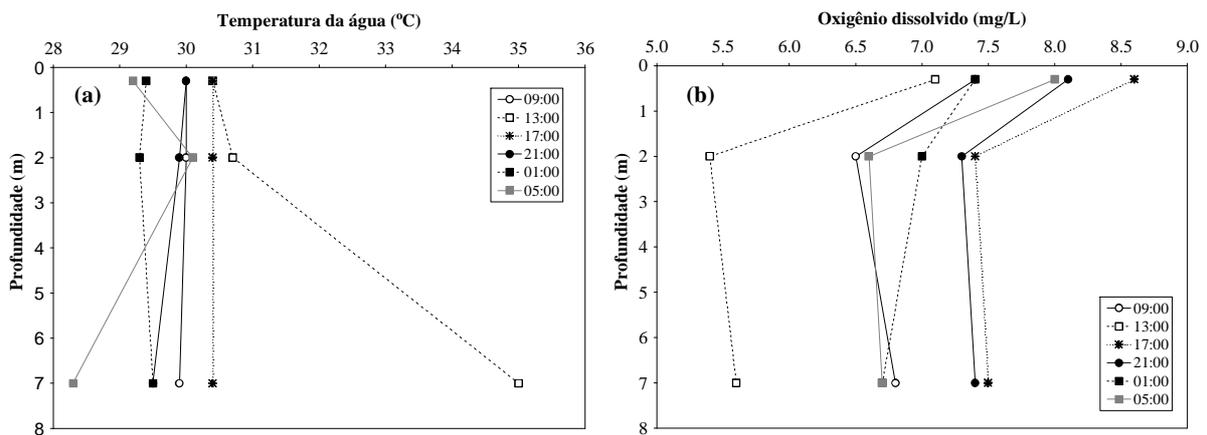
**Figura 76.** Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em setembro de 2009.

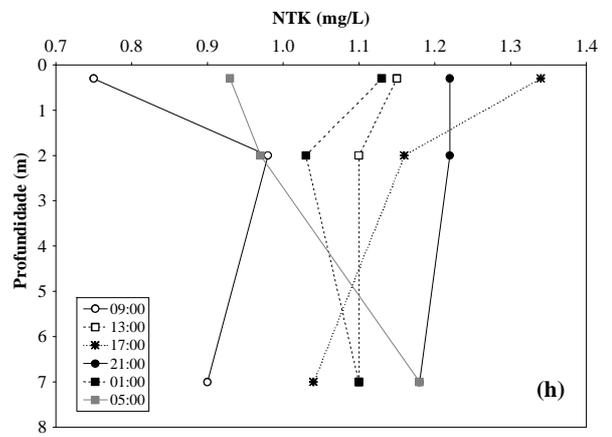
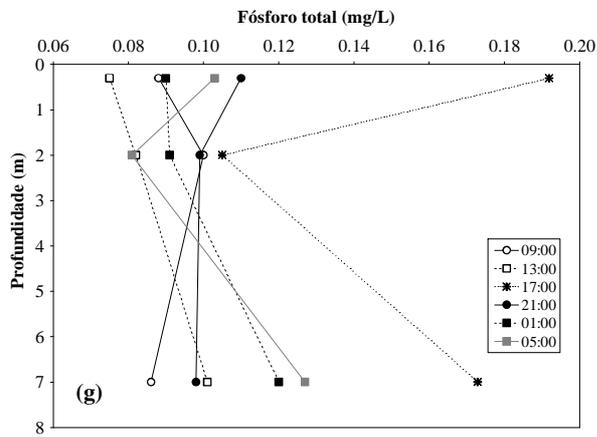
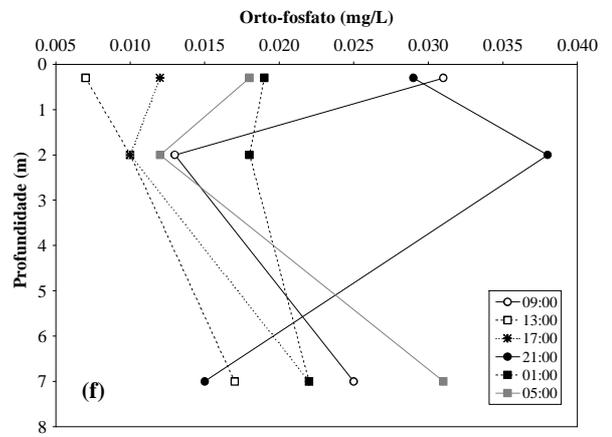
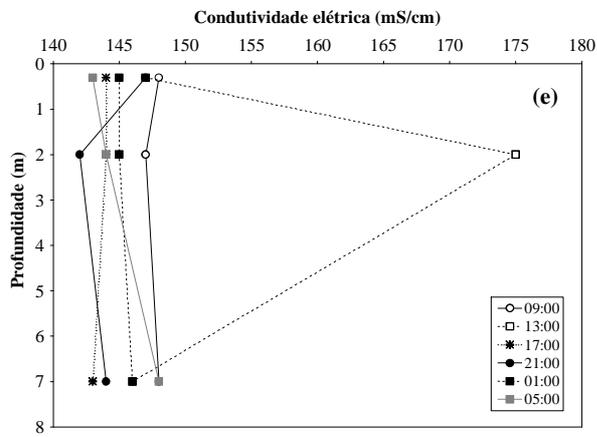
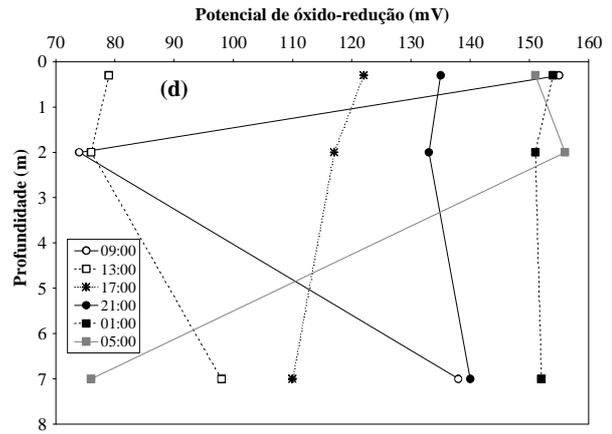
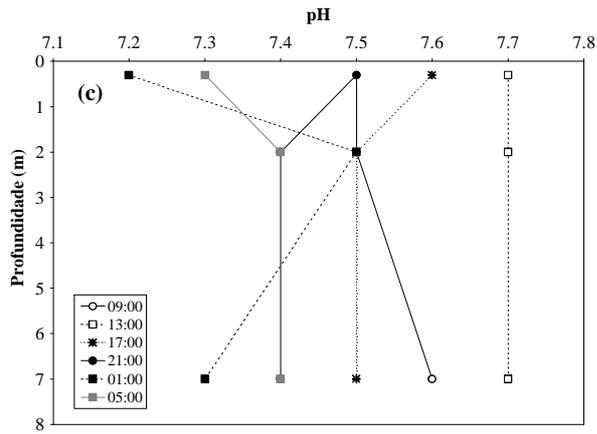


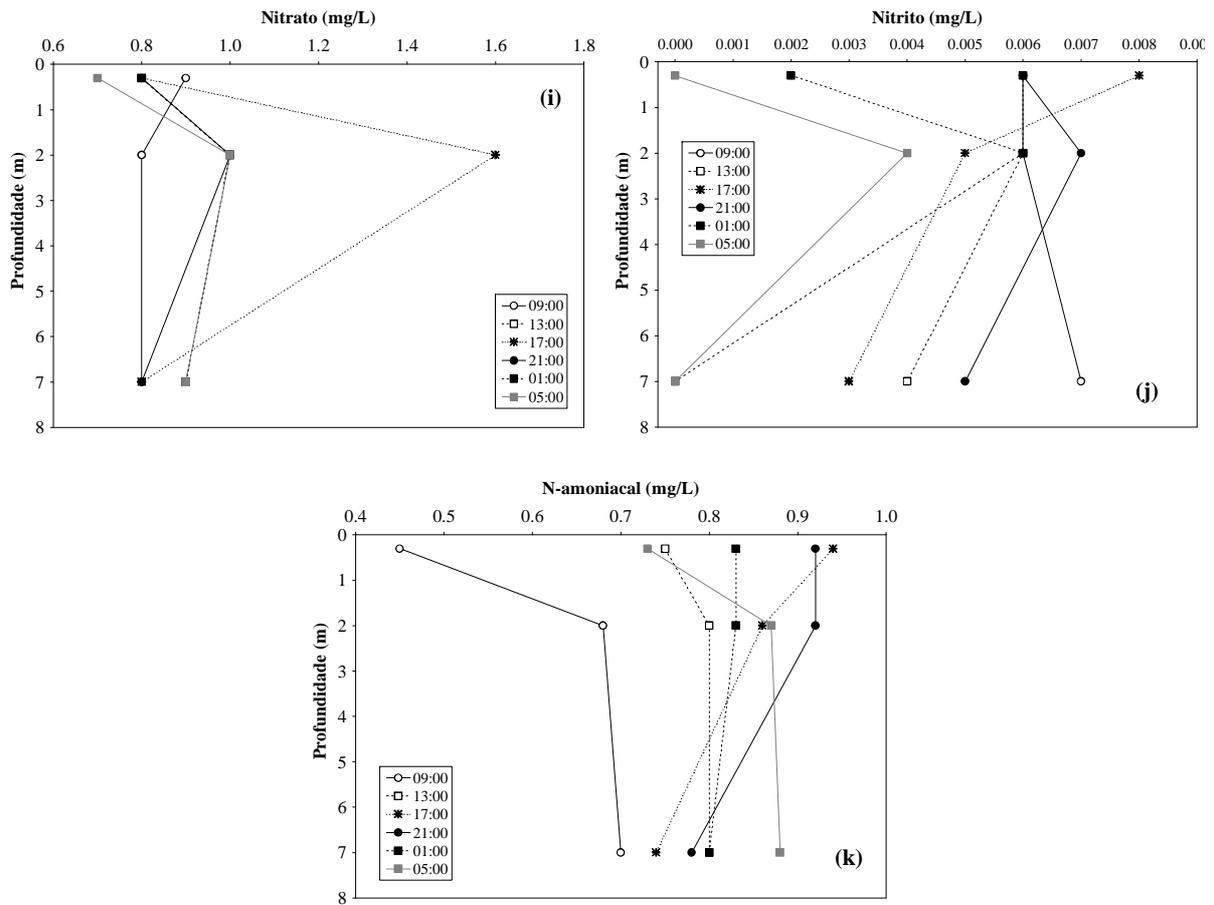




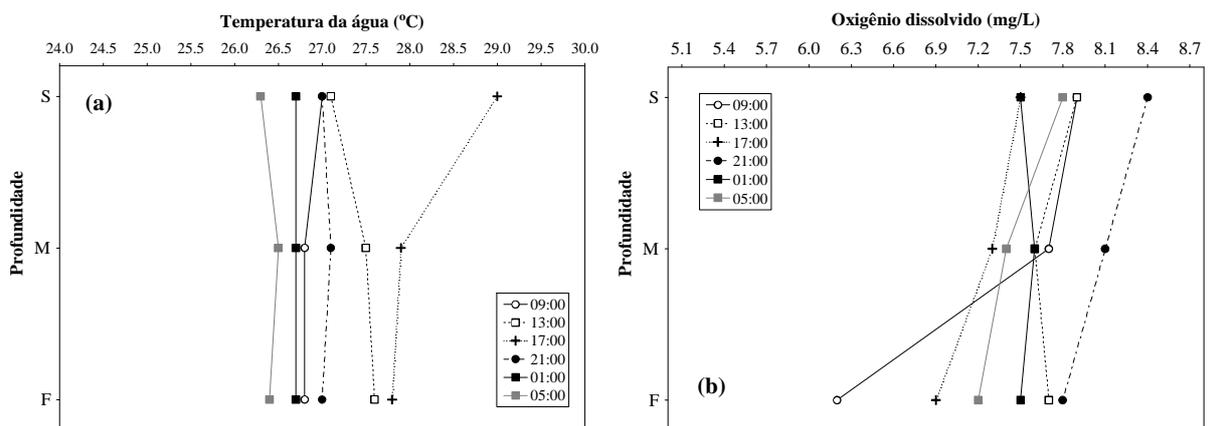
**Figura 77.** Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em abril de 2010.

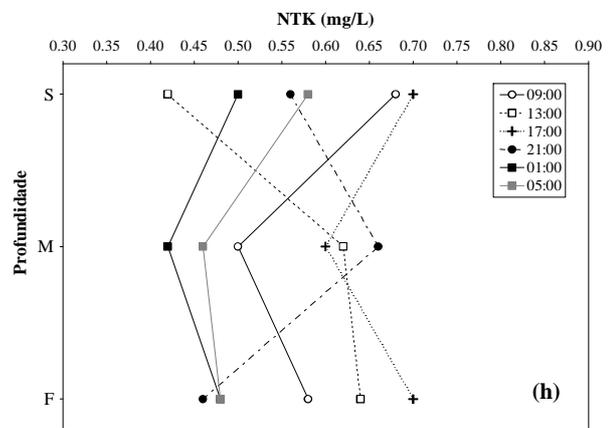
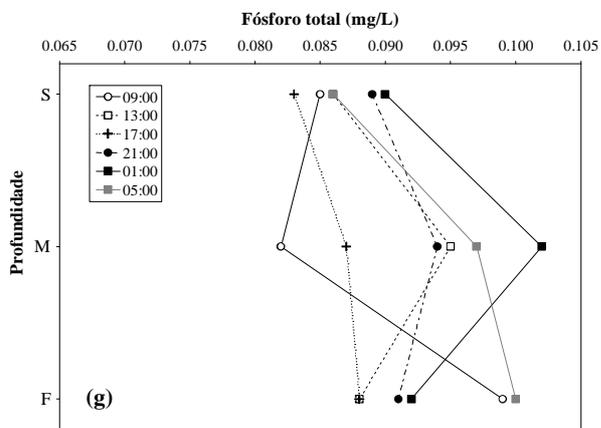
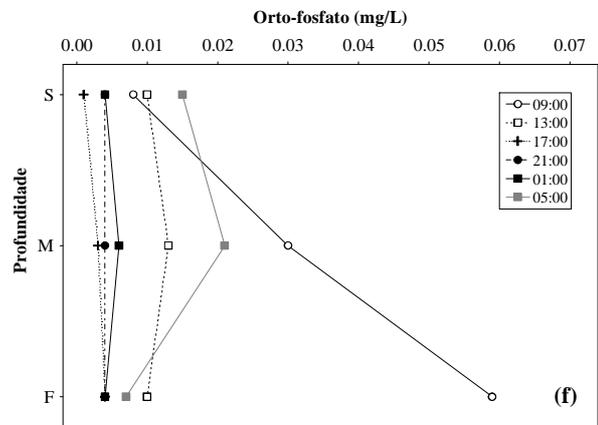
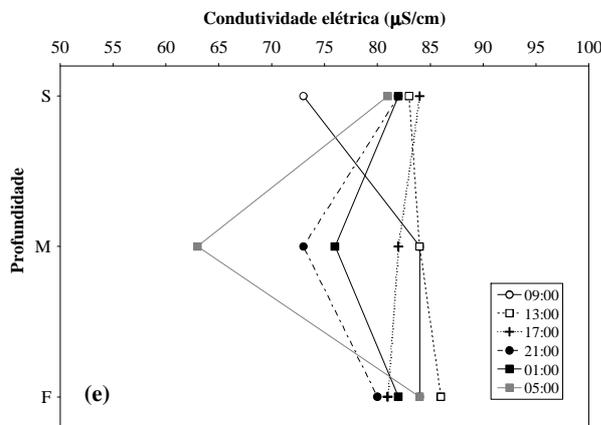
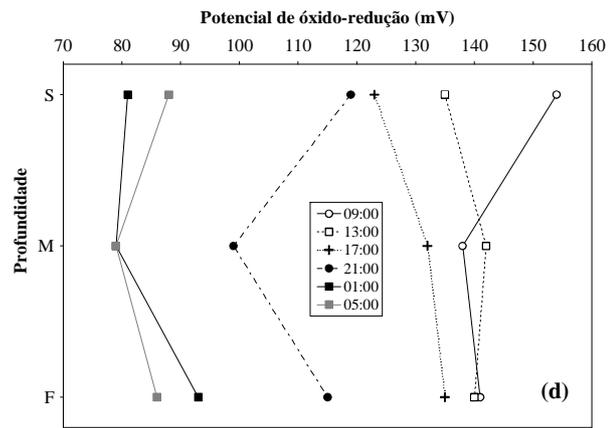
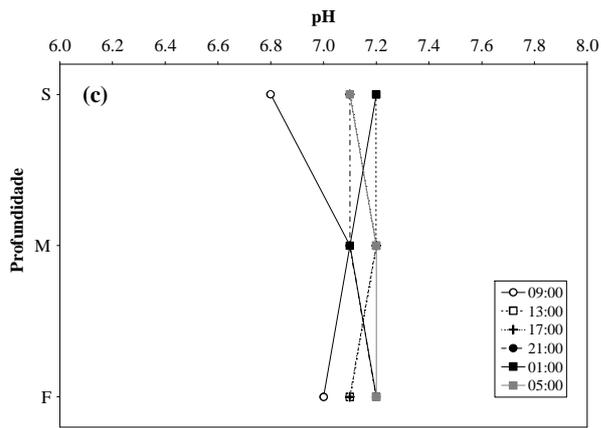


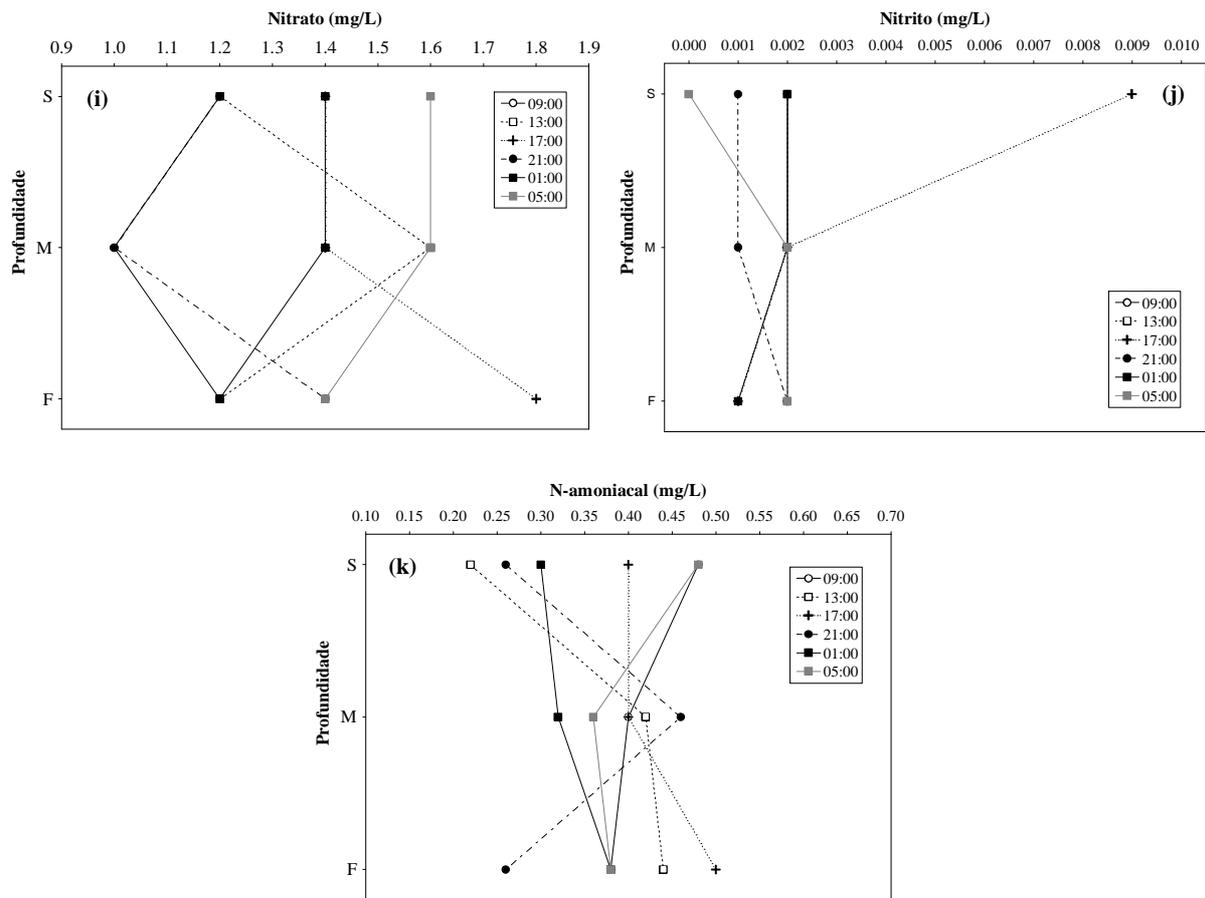




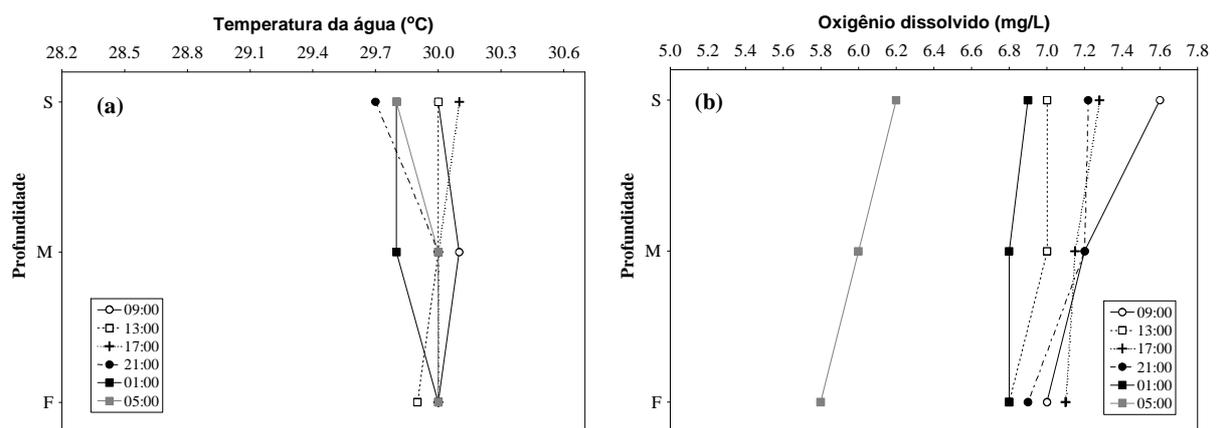
**Figura 78.** Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em outubro de 2010.

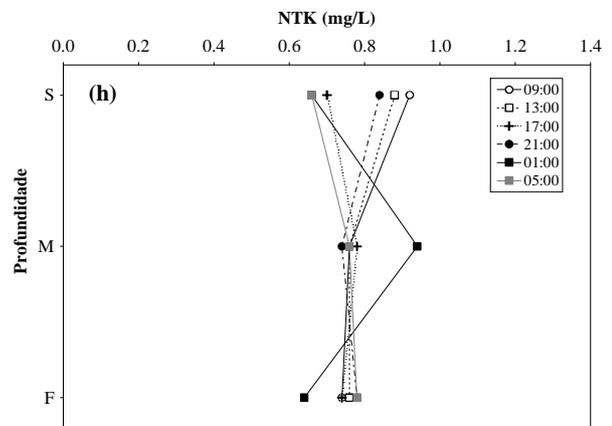
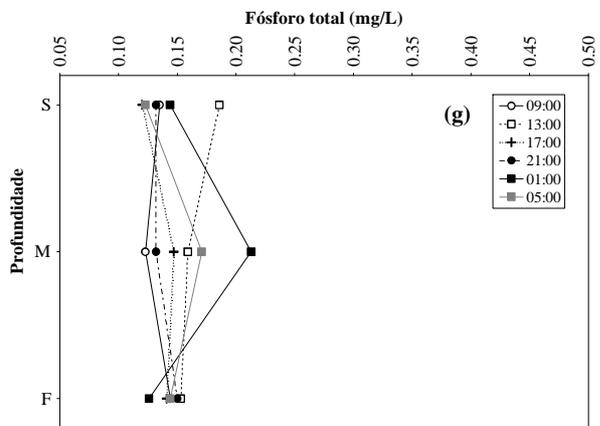
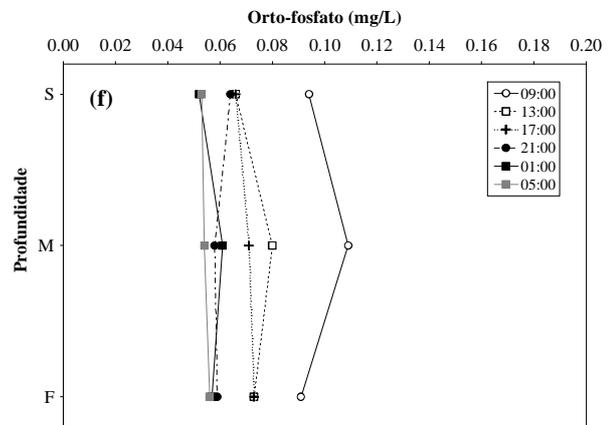
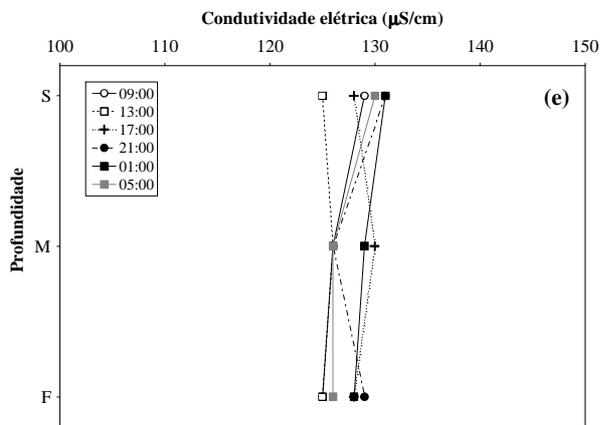
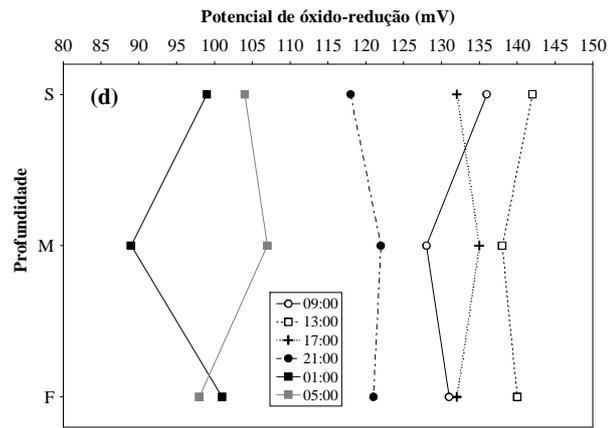
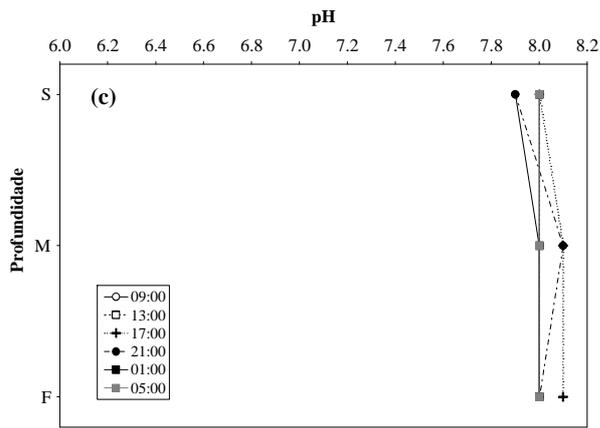


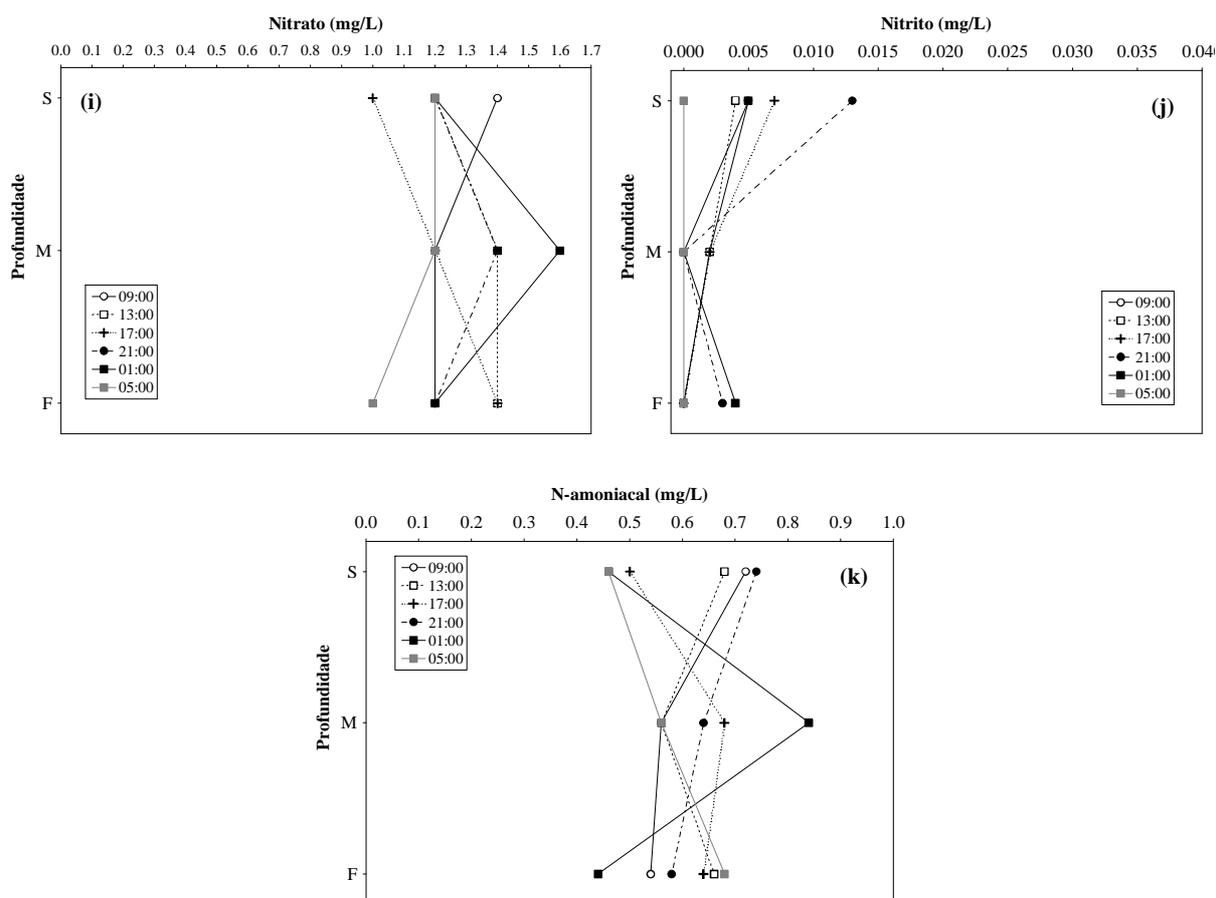




**Figura 79.** Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em julho de 2011.







**Figura 80.** Perfil vertical de alguns parâmetros limnológicos registrados em intervalos de 04 (quatro) horas, no ponto P18 (rio Madeira), em **outubro de 2011**.

## Fitoplâncton

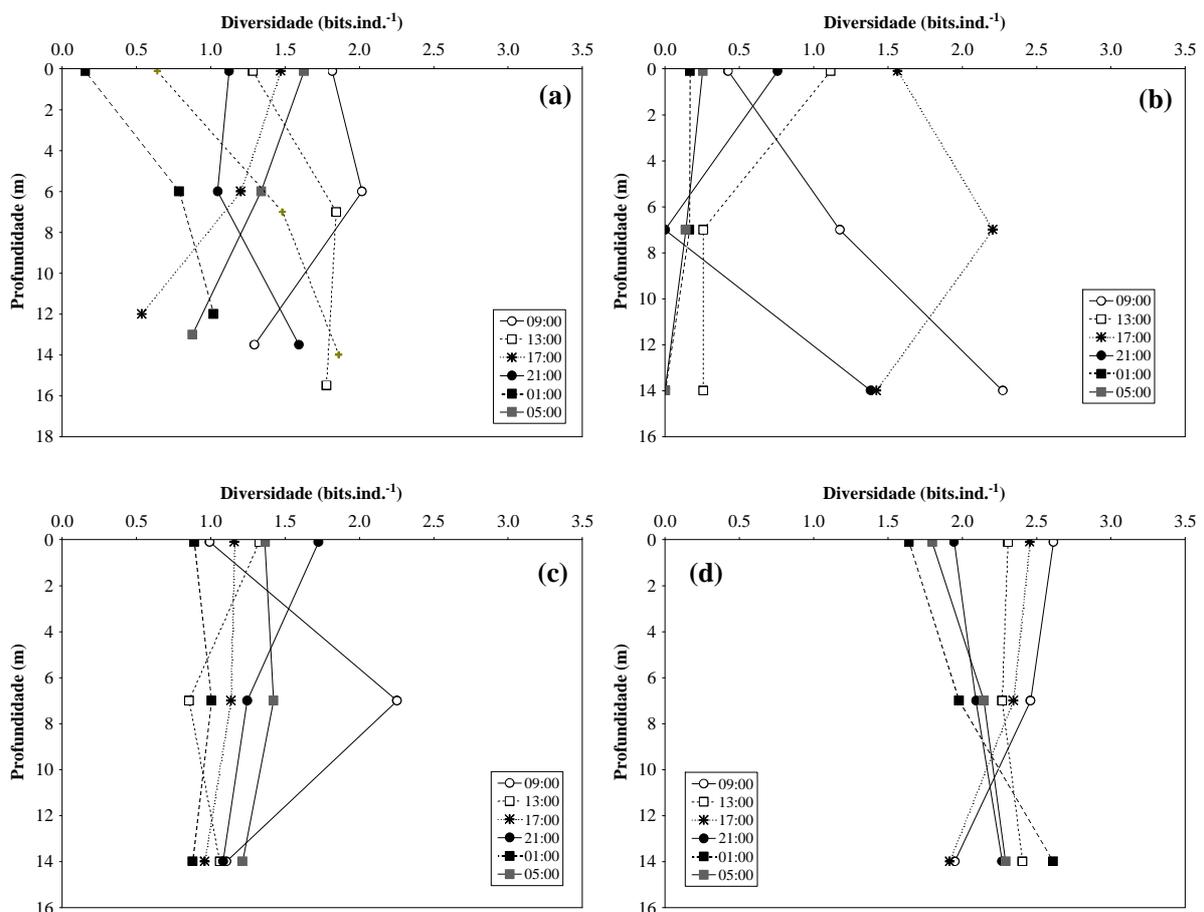
Os valores do índice de diversidade de Shannon aplicado para a comunidade fitoplanctônica durante os seis ciclos nictemerais realizados no ponto P18 foram baixos (**Figura 81**), com baixa variação diária e homogeneidade na coluna de água. Os maiores valores de diversidade e equitabilidade foram registrados em outubro de 2011 (**Figura 81 e 82**).

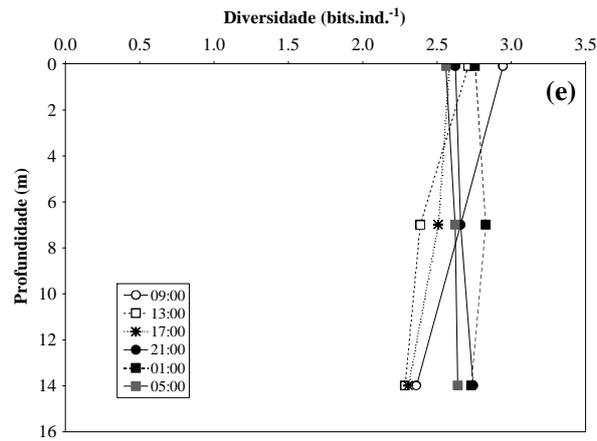
Foram registrados baixos valores de densidade (**Figura 83**) e biomassa (**Figura 84**) durante os seis ciclos nictemerais realizados no ponto P18, no rio Madeira. Como destacado em relatórios anteriores, o curto tempo de residência da água ocasiona perda de biomassa fitoplanctônica por lavagem hidráulica e choque mecânico (STRAŠKRABA, 1999; KIMMEL et al., 1990) e além destes fatores, a elevada turbidez

do rio Madeira atua negativamente sobre a comunidade fitoplanctônica determinando a baixa densidade (**Figura 83**) e biomassa (**Figura 84**) registradas.

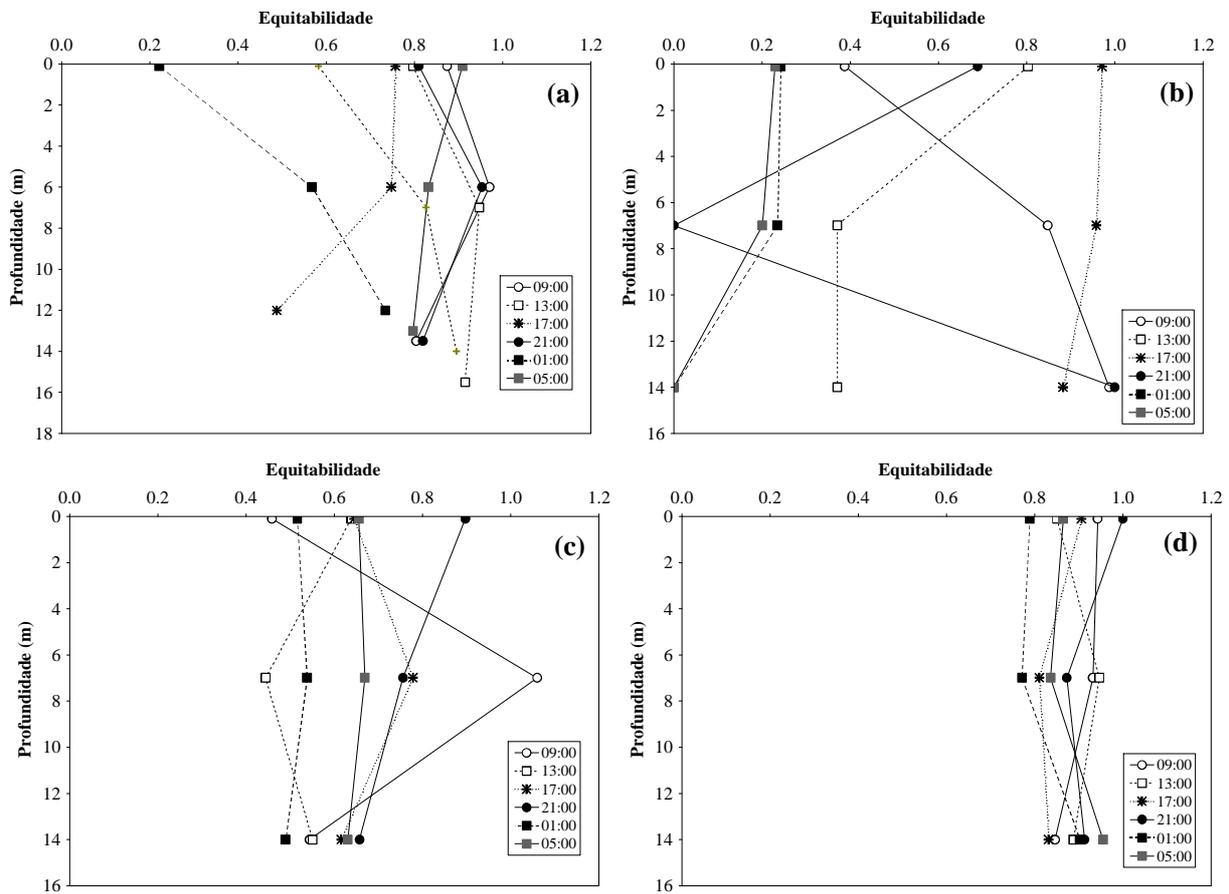
As espécies fitoplanctônicas estiveram distribuídas homogeneamente na coluna de água, o que pode ser atribuído às condições lólicas e baixa disponibilidade luminosa (<0,1m) registradas no rio Madeiras (ponto P18- MAD 5). Tais condições favoreceram principalmente as bacilariofíceas, as quais apresentaram maior contribuição para os valores de densidade (**Figura 85**) e biomassa (**Figura 86**). As clorofíceas (**Figuras 87 e 88**) e cianobactérias (**Figuras 89 e 90**), mostraram importante contribuição em outubro de 2011.

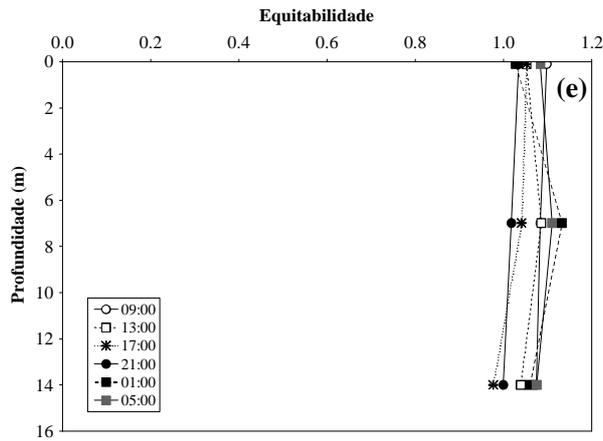
Ciclos nictemerais mais definidos são esperados em ambientes com maior tempo de retenção da água, especialmente naqueles que apresentam dominância de algas com capacidade de regular sua posição na coluna de água ao longo do dia, como as flageladas, ou as cianobactérias, com aerótopos.



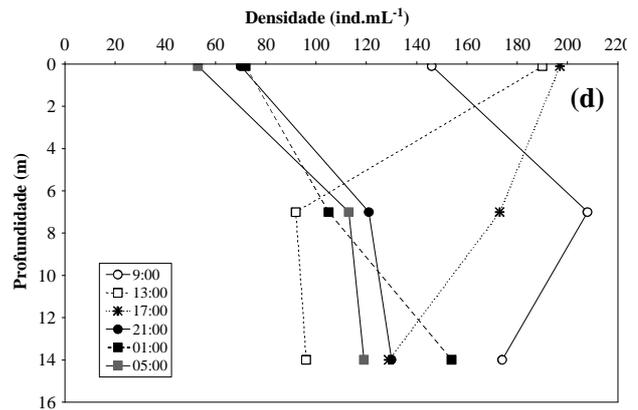
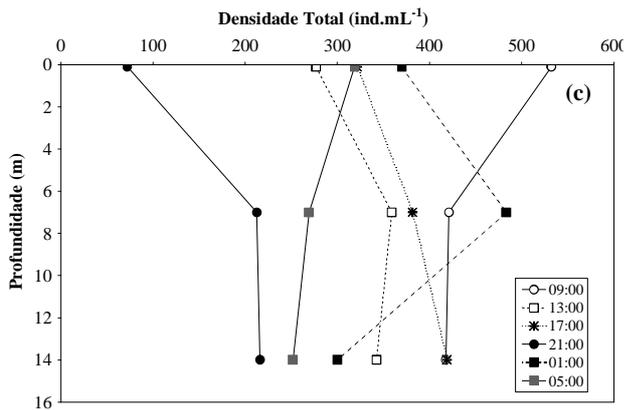
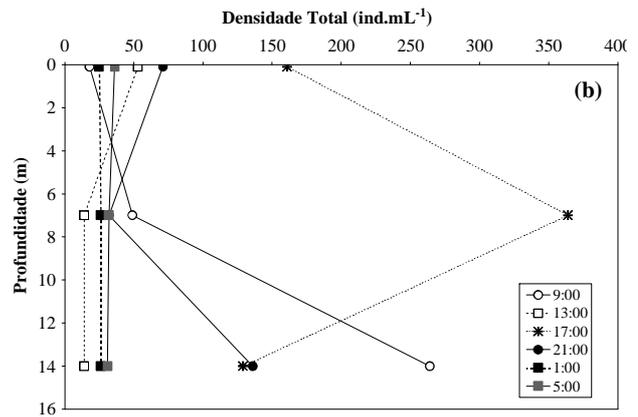
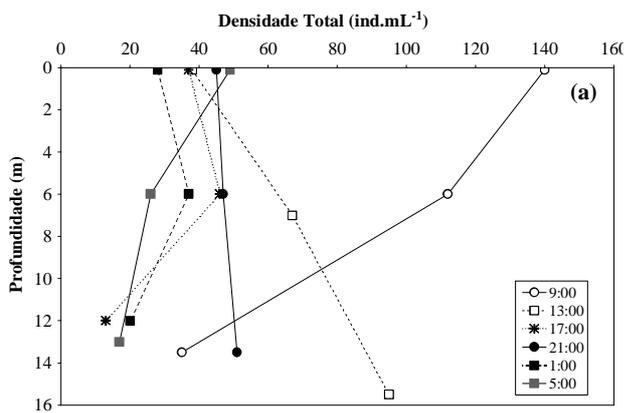


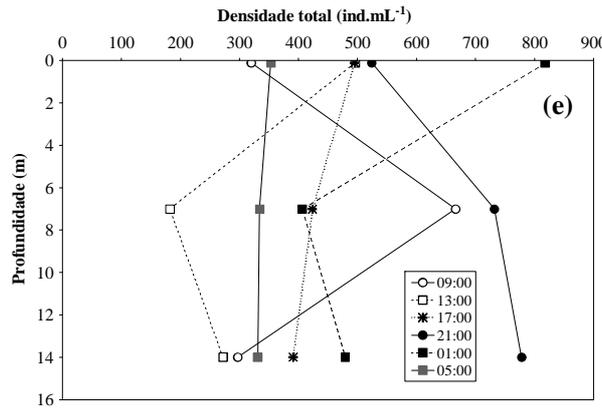
**Figura 81.** Variação espacial da diversidade de espécies fitoplanctônicas na área de influência do AHE Jirau, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



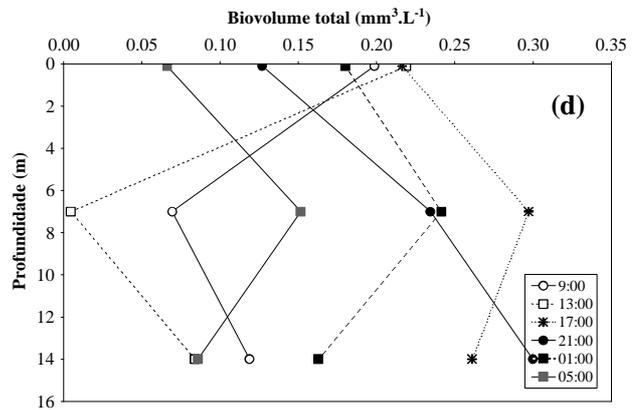
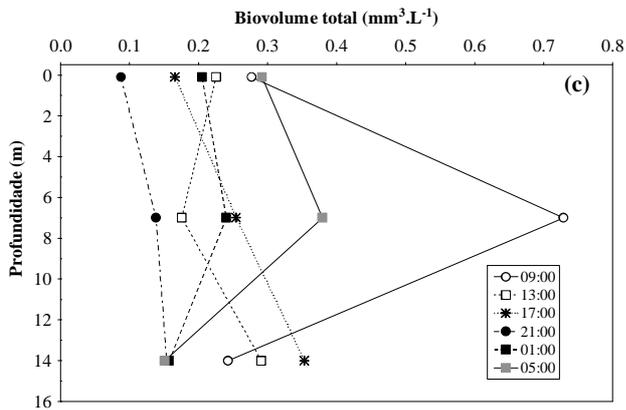
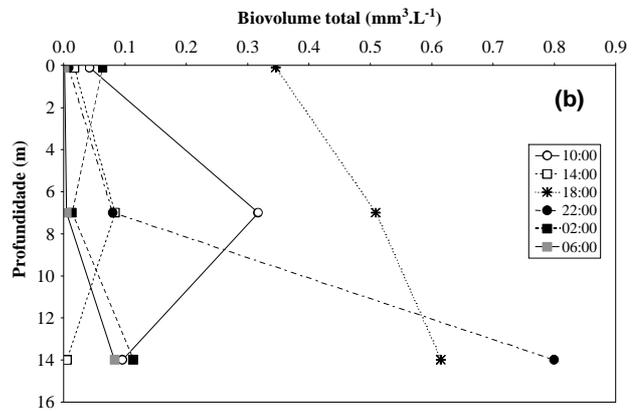
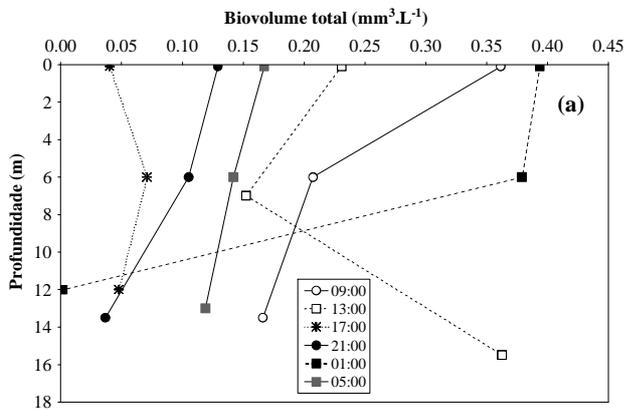


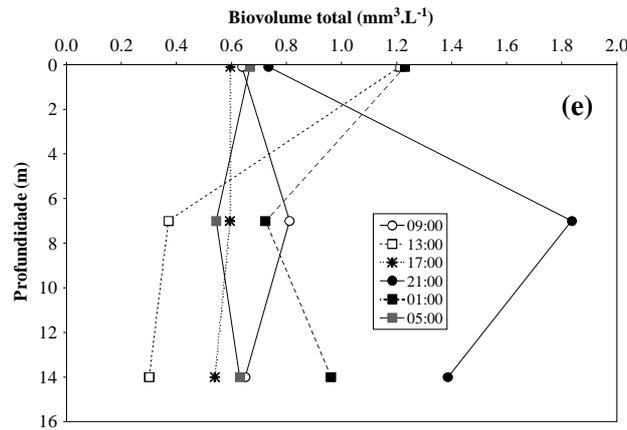
**Figura 82.** Variação espacial da equitabilidade fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



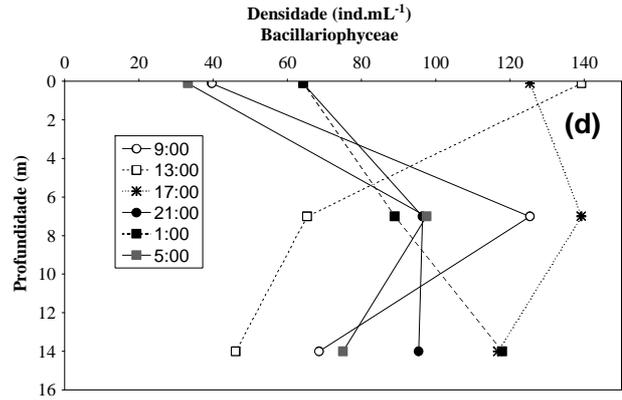
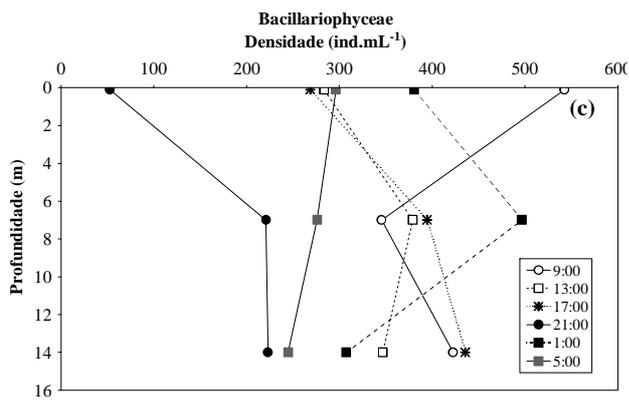
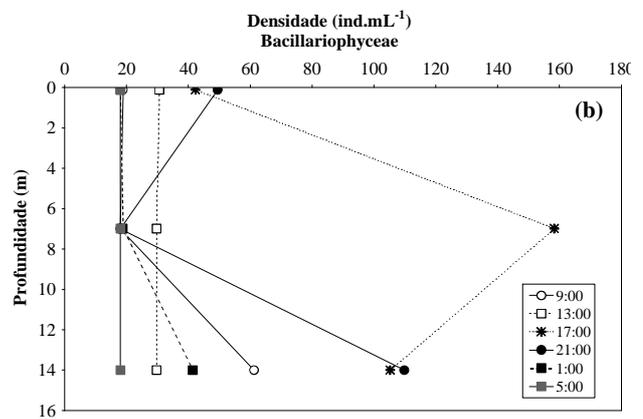
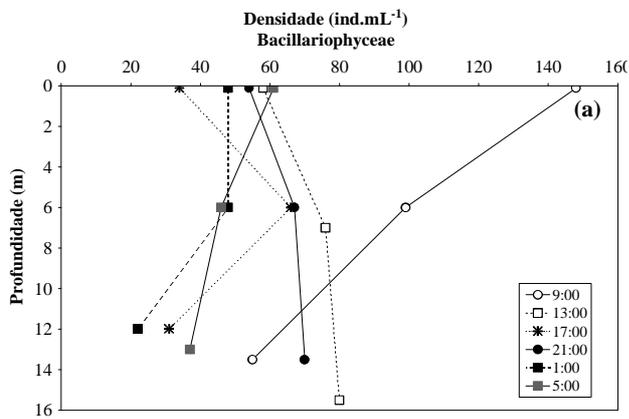


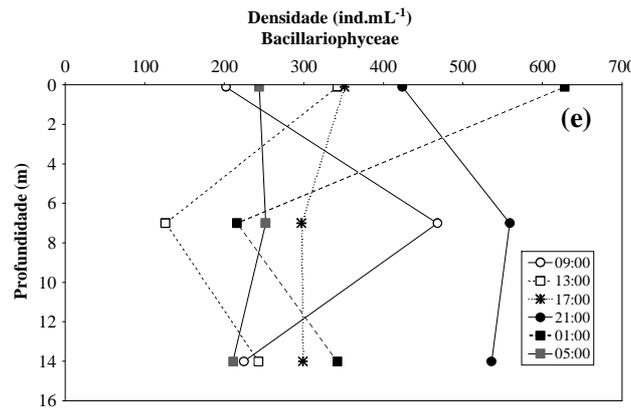
**Figura 83.** Variação nictemeral da densidade fitoplanctônica total, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



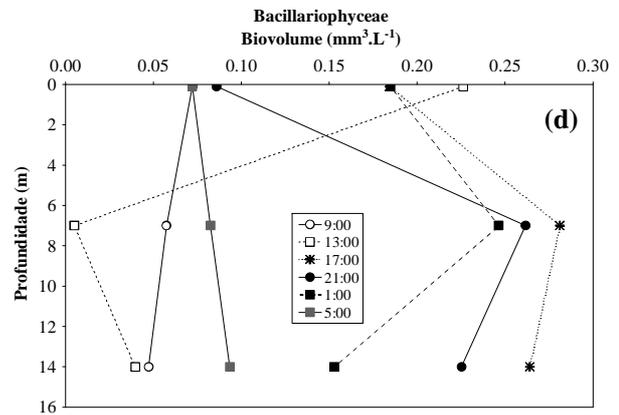
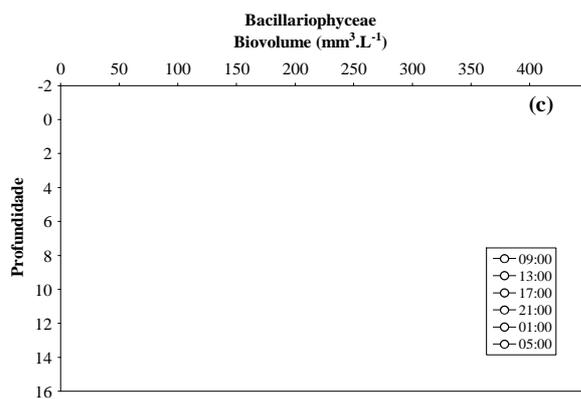
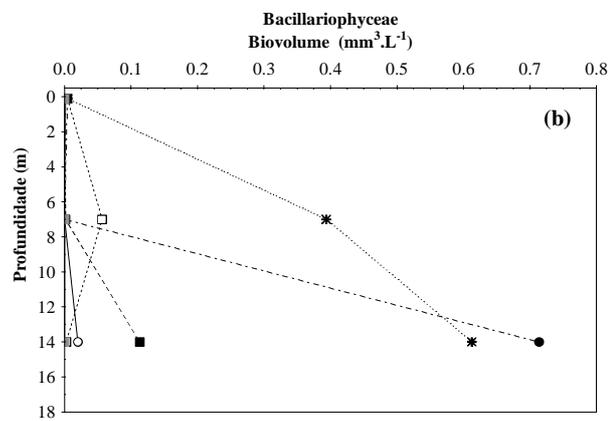
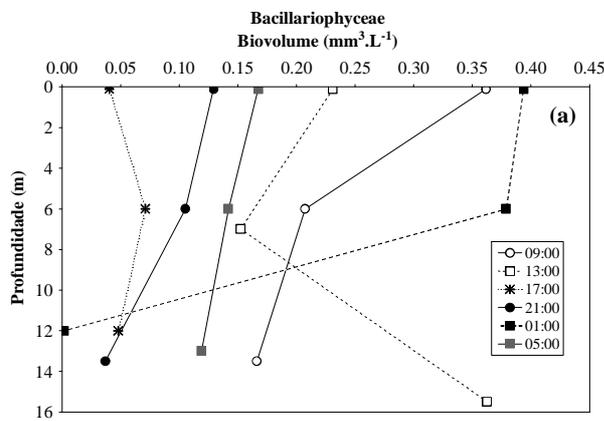


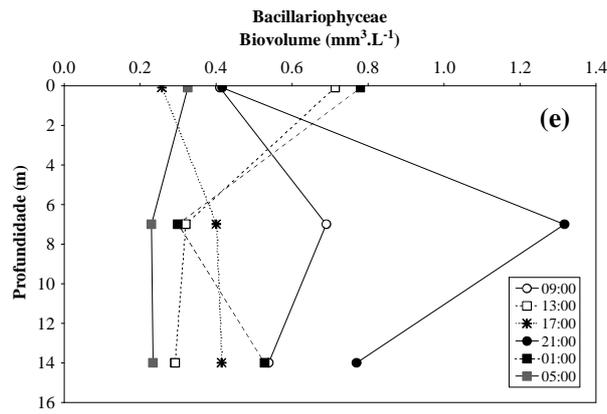
**Figura 84.** Variação nictemeral da biomassa fitoplânctônica total, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



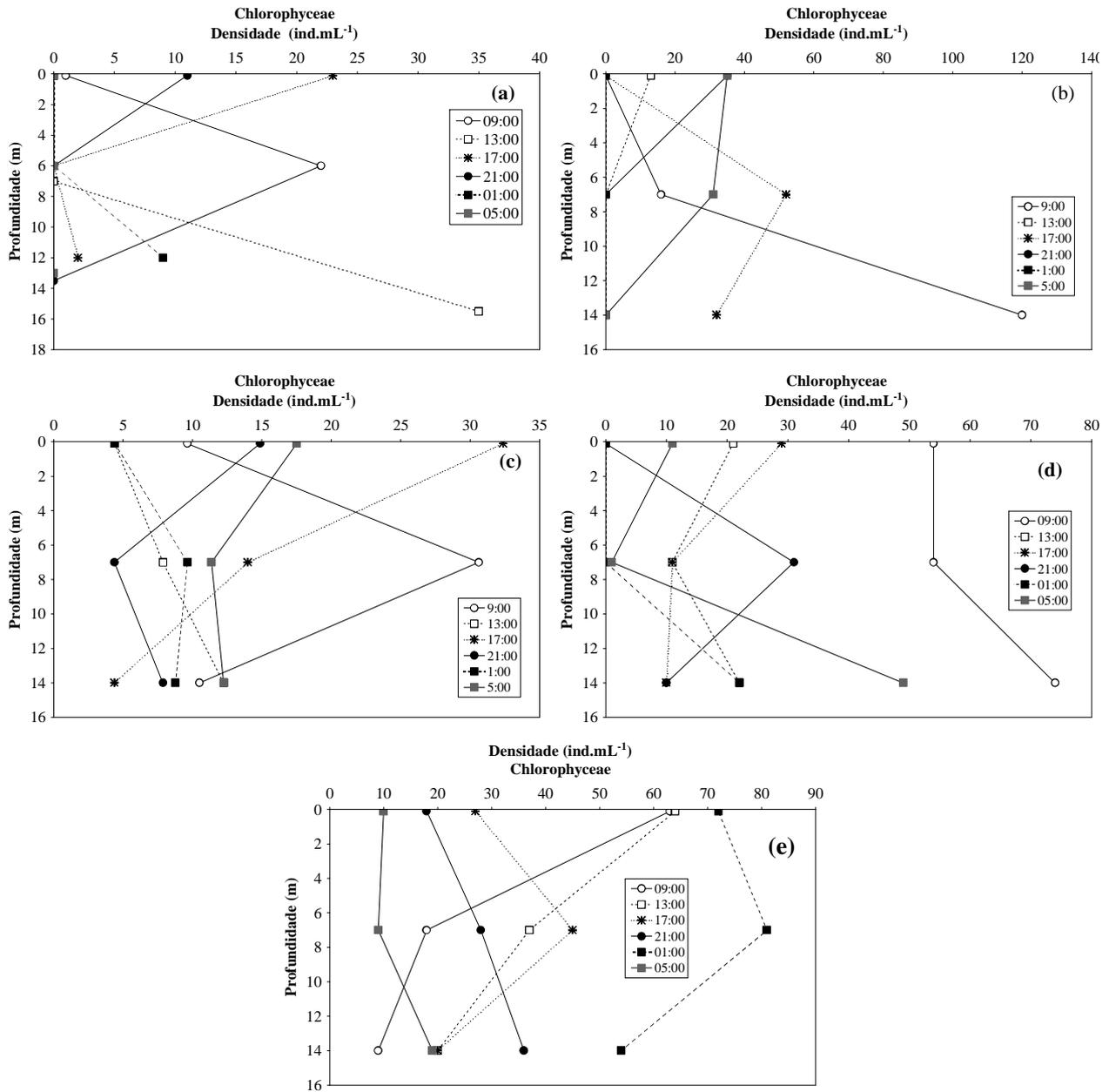


**Figura 85.** Variação nictemeral da densidade de Bacillariophyceae, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.





**Figura 86.** Variação nictemeral da biomassa de Bacillariophyceae, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



**Figura 87.** Variação nictemeral da densidade de Chlorophyceae, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.

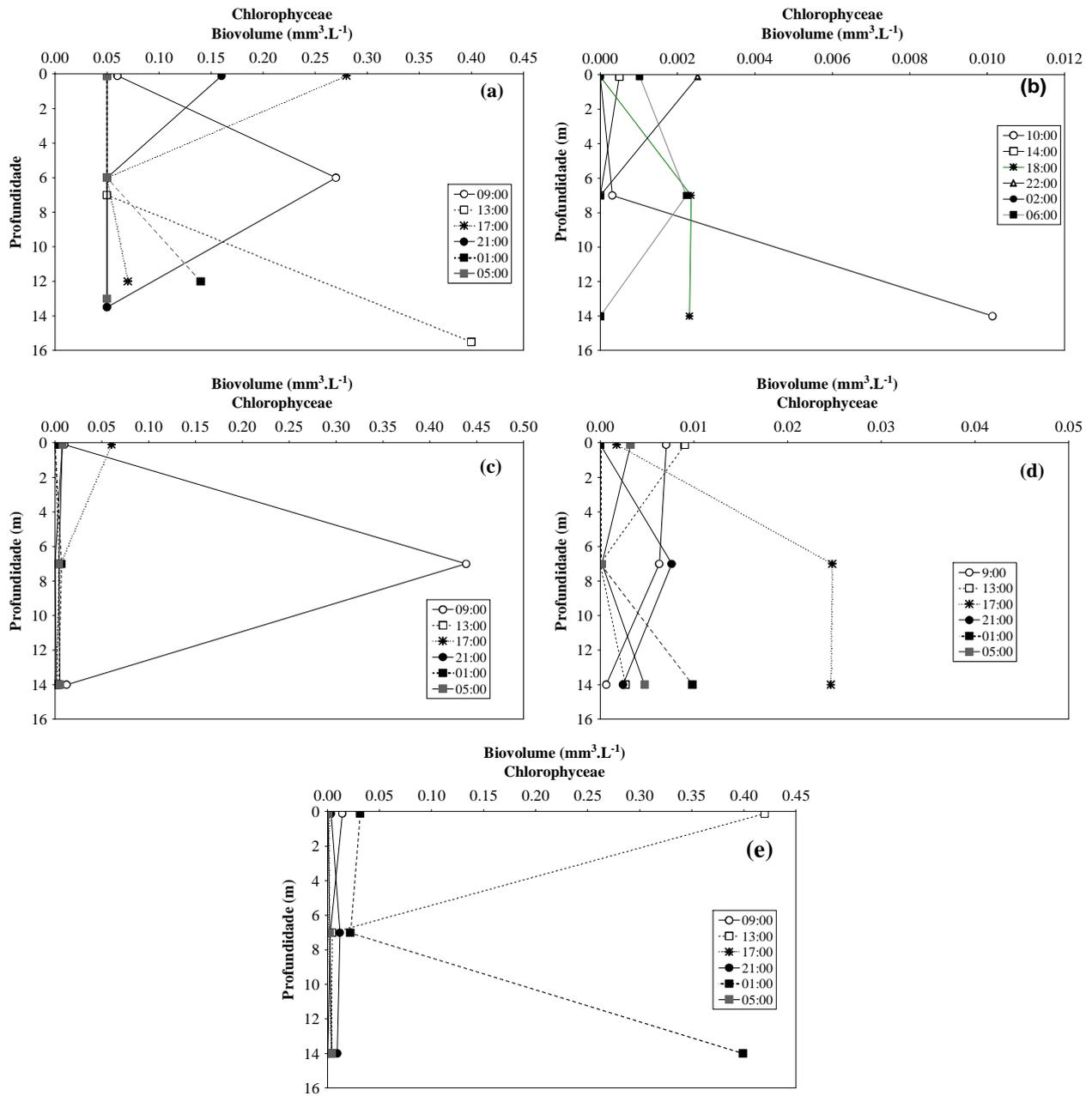
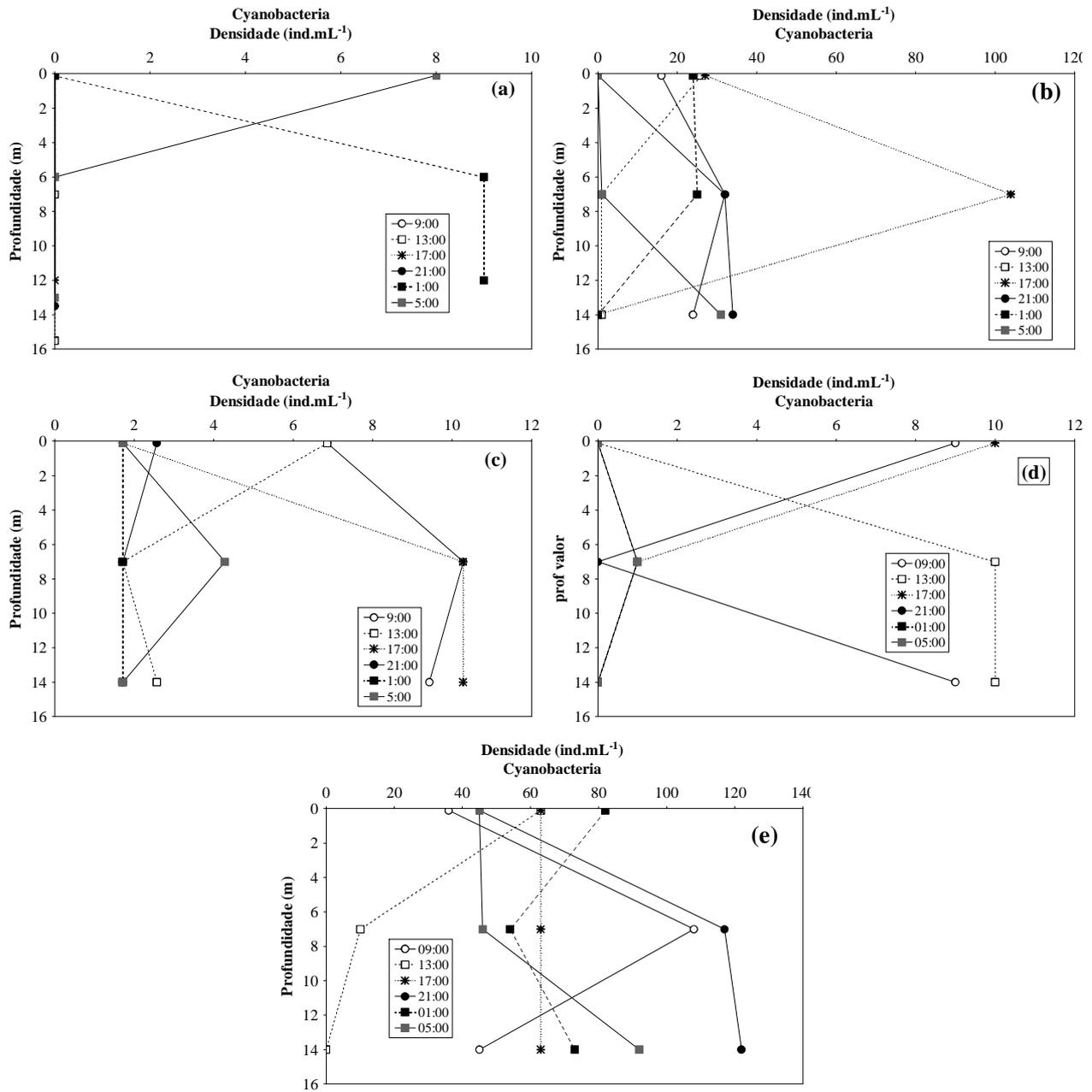
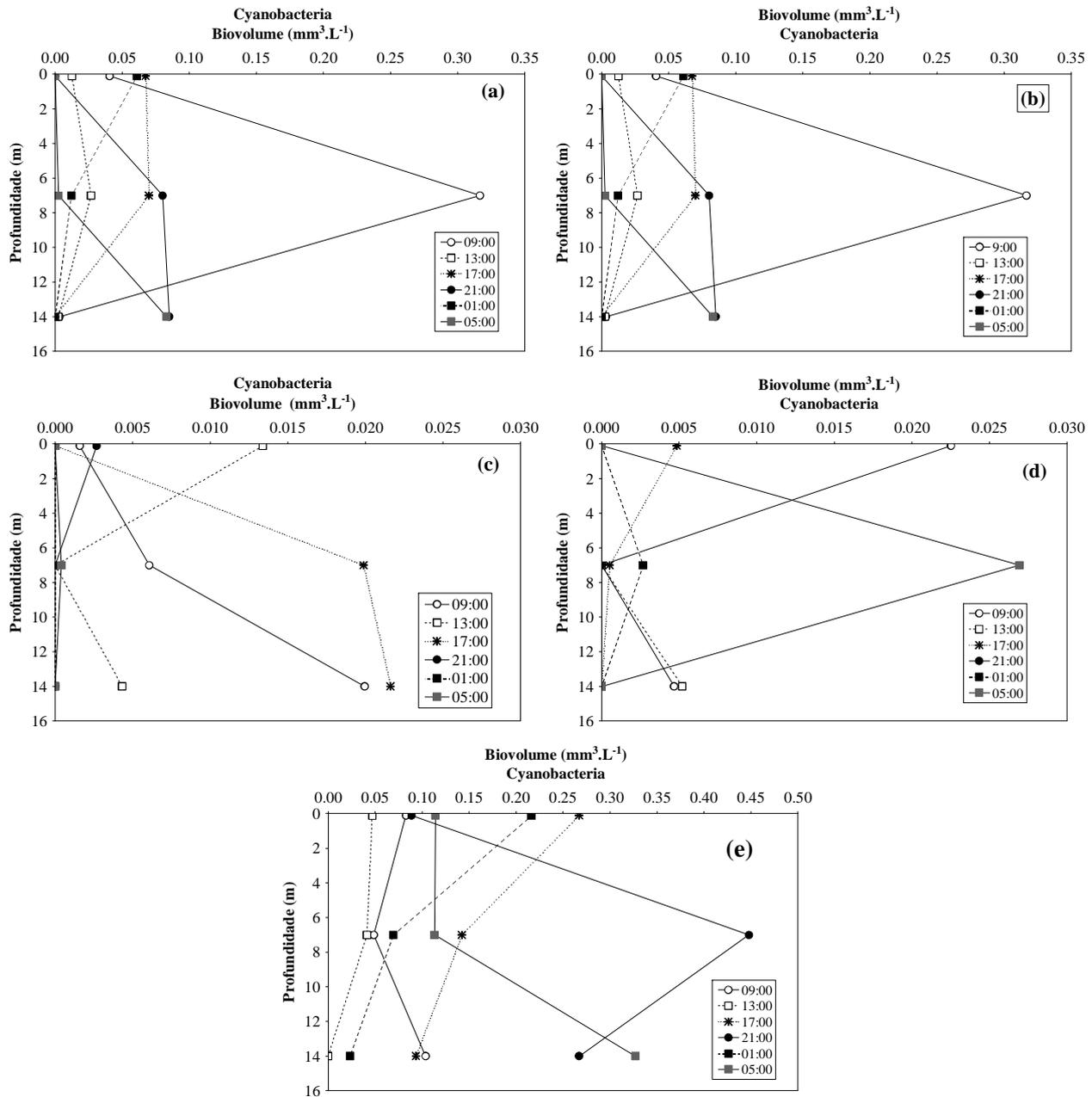


Figura 88. Variação nictemeral da biomassa de Chlorophyceae, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



**Figura 89.** Variação nictemeral da densidade de Cyanobacteria, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.



**Figura 90.** Variação nictemeral da biomassa de Cyanobacteria, no ponto P18, em (a) setembro de 2009, (b) abril de 2010, (c) outubro de 2010, (d) julho de 2011 e (e) outubro de 2011.

## Zooplâncton

A análise da distribuição nictemeral da abundância do zooplâncton, realizada a partir de amostras obtidas em um ponto localizado no rio Madeira (P18-MAD 5), evidenciou algumas variações verticais representativas da abundância da comunidade,

bem como entre os períodos de realização desse estudo (setembro/09, abril/10, outubro/10, julho/11 e outubro/11).

Temporalmente, os resultados de densidade obtidos em outubro de 2011 são cerca de 3 vezes maiores que os observados em julho de 2011 e similares aos obtidos em outubro de 2010 (4.200 ind.m<sup>-3</sup>) (**Figura 91**). Verticalmente, os valores de densidade foram pouco variáveis entre as profundidades.

Os valores de riqueza de espécies, equitabilidade e índice de diversidade foram similares entre as tres profundidades de coleta, o que é característicos de sistemas lóticos (**Figura 92**).

Apesar das diferenças observadas para a densidade total do zooplâncton, entre as diferentes profundidades amostradas, não foi evidenciado um padrão claro de variação vertical, nos diferentes períodos de estudo, que pudessem ser atribuídos a processos migratórios do zooplâncton, determinando a ocorrência de maiores valores de densidade na camada superficial, durante a noite, e migração do zooplâncton para as camadas intermediária e profunda durante o dia (**Figura 91**). Resultado similar foi discutido considerando as análises dos perfis verticais realizadas no ponto P18 e nos tributários.

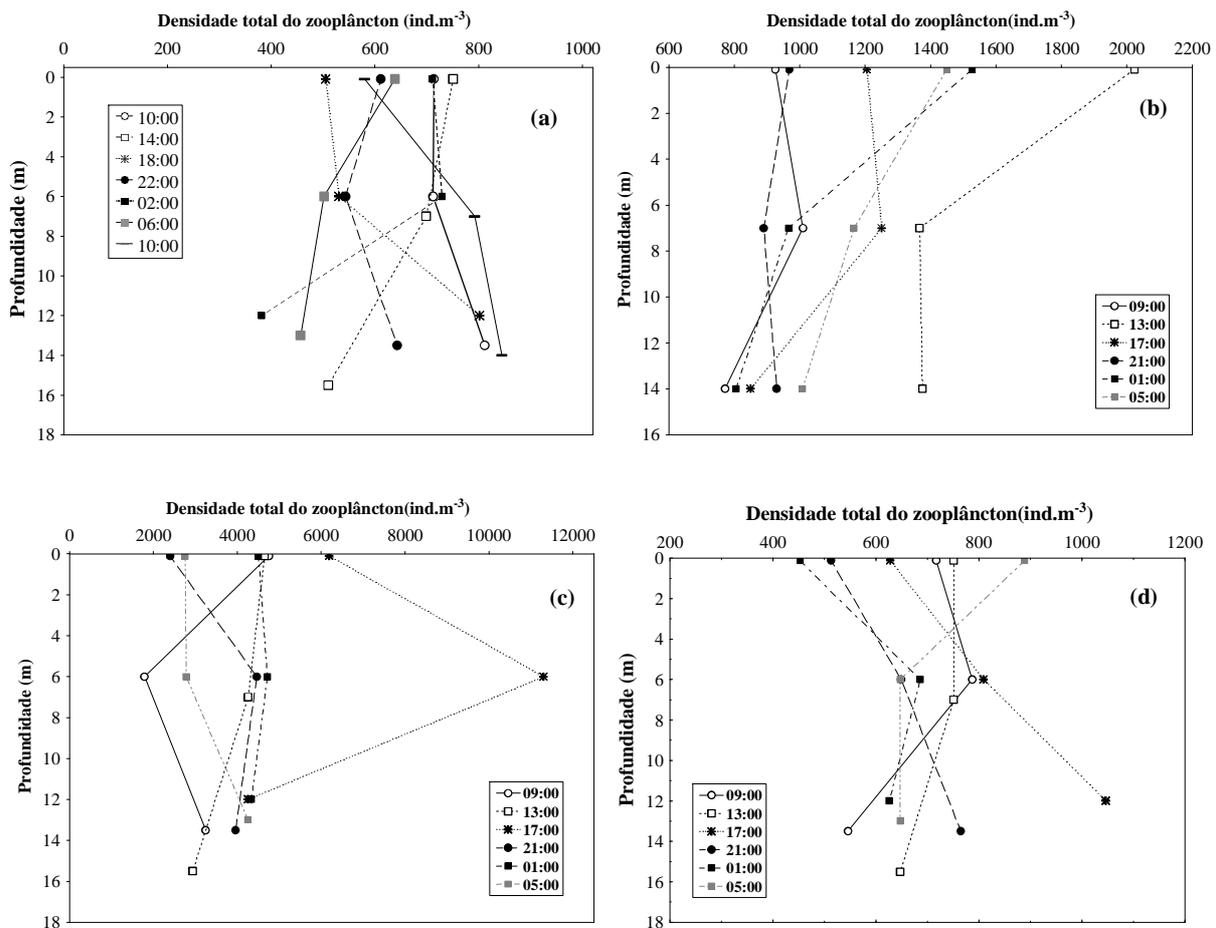
A migração vertical do zooplâncton é um dos aspectos mais estudados da ecologia do plâncton, e os resultados obtidos têm evidenciado a predação, tanto de peixes como invertebrados (especialmente larvas de insetos cauborídeos) como o principal gatilho responsável por desencadear tal migração (LAMPERT e SOMMER, 1997).

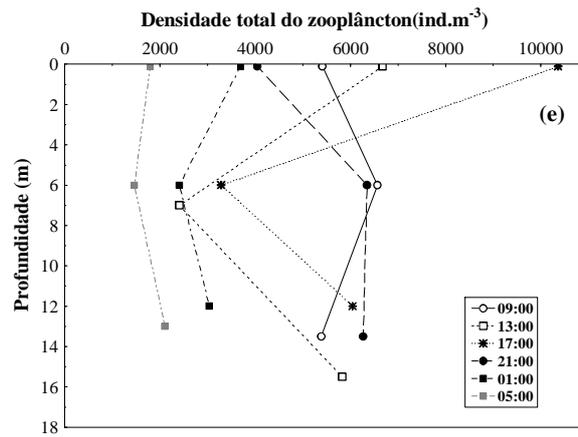
É pouco provável que grupos do microzooplâncton, como os protozoários testáceos e rotíferos que apresentam, em geral, pouca mobilidade, estejam realizando migrações verticais, especialmente em um ambiente lótico como o rio Madeira. Para os microcrustáceos, organismos de maior porte e maior poder natatório, o processo de migração vertical tem sido mais evidenciado (LAMPERT e SOMMER, 1997) em ambientes lênticos. No entanto, em ambientes lóticos, a turbulência tem maior influência sobre os padrões de distribuição vertical observados. Assim, é pouco provável que a migração seja o processo responsável pelos padrões de distribuição vertical do zooplâncton observados.

Dois aspectos devem ser considerados nesta análise. O primeiro refere-se à dominância de organismos de pequeno porte, como testáceos, rotíferos e as formas

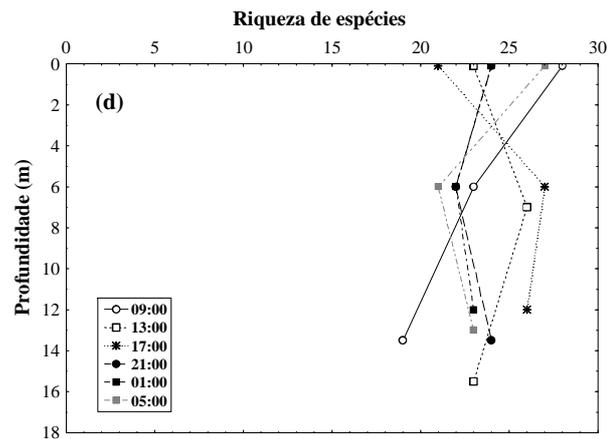
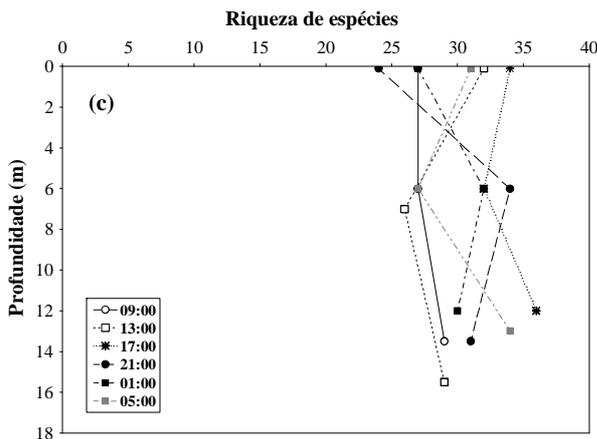
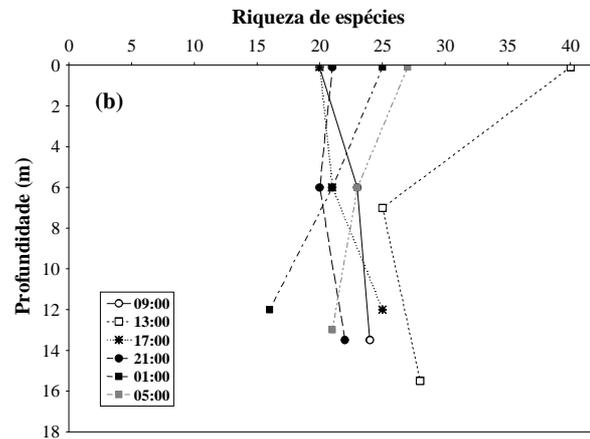
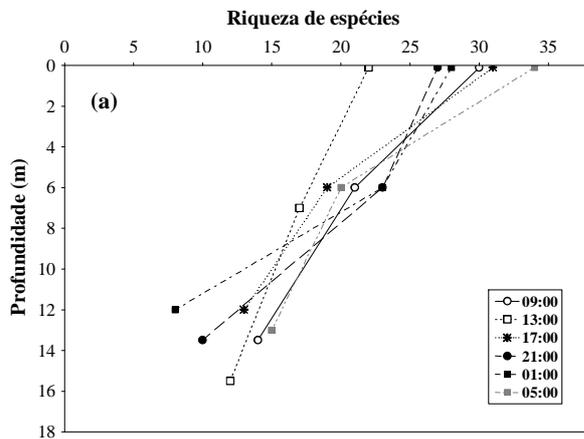
larvais de copépodes, organismos estes de pequeno porte, com reduzido poder natatório e, portanto, menos aptos a realizar migrações verticais na coluna de água. Um segundo aspecto refere-se às reduzidas densidades observadas, em geral, para todo o zooplâncton, e especialmente para os cladóceros, grupo que, em geral, se destaca no zooplâncton por sua capacidade em realizar migrações verticais na coluna de água.

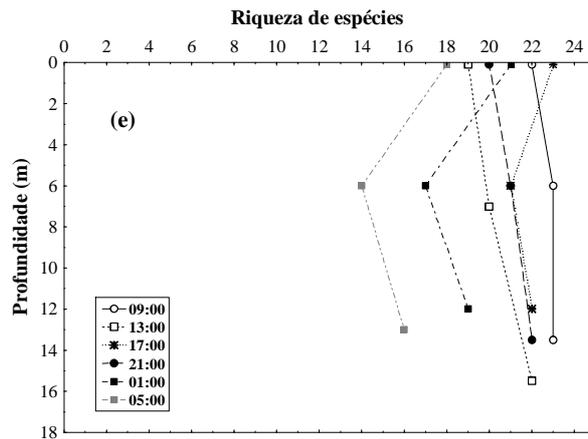
As diferenças temporais parecem corroborar essa idéia, de forma que um maior fluxo de corrente, sugerido pelo predomínio de protozoários testáceos na comunidade, como observado em abril, esteve associado, em geral, a uma menor variação vertical da abundância do zooplâncton, quando comparado a outubro de 2010 e julho e outubro de 2011, quando elevadas densidades de rotíferos e copépodes sugerem uma menor velocidade de corrente, e parece produzir uma maior variabilidade vertical da abundância do zooplâncton.



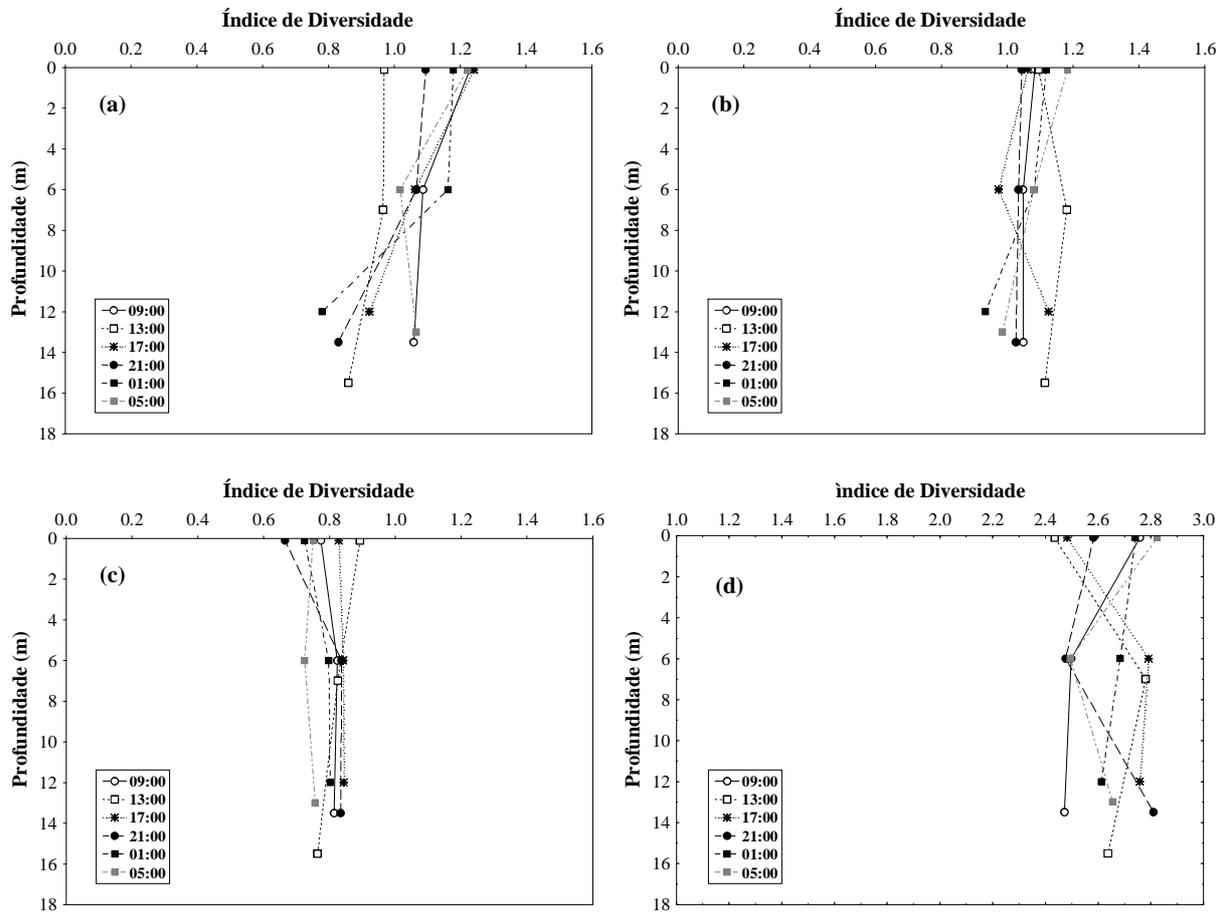


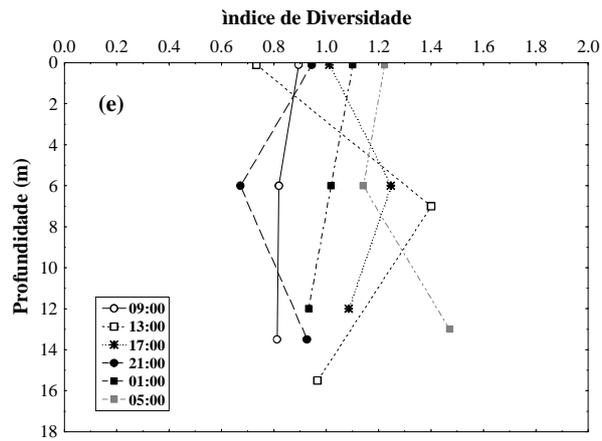
**Figura 91.** Distribuição vertical da densidade do zooplâncton ao longo de um ciclo nictemeral completo, no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), abril de 2010 (b), outubro de 2010 (c), julho de 2011 (d) e outubro de 2011 (e).



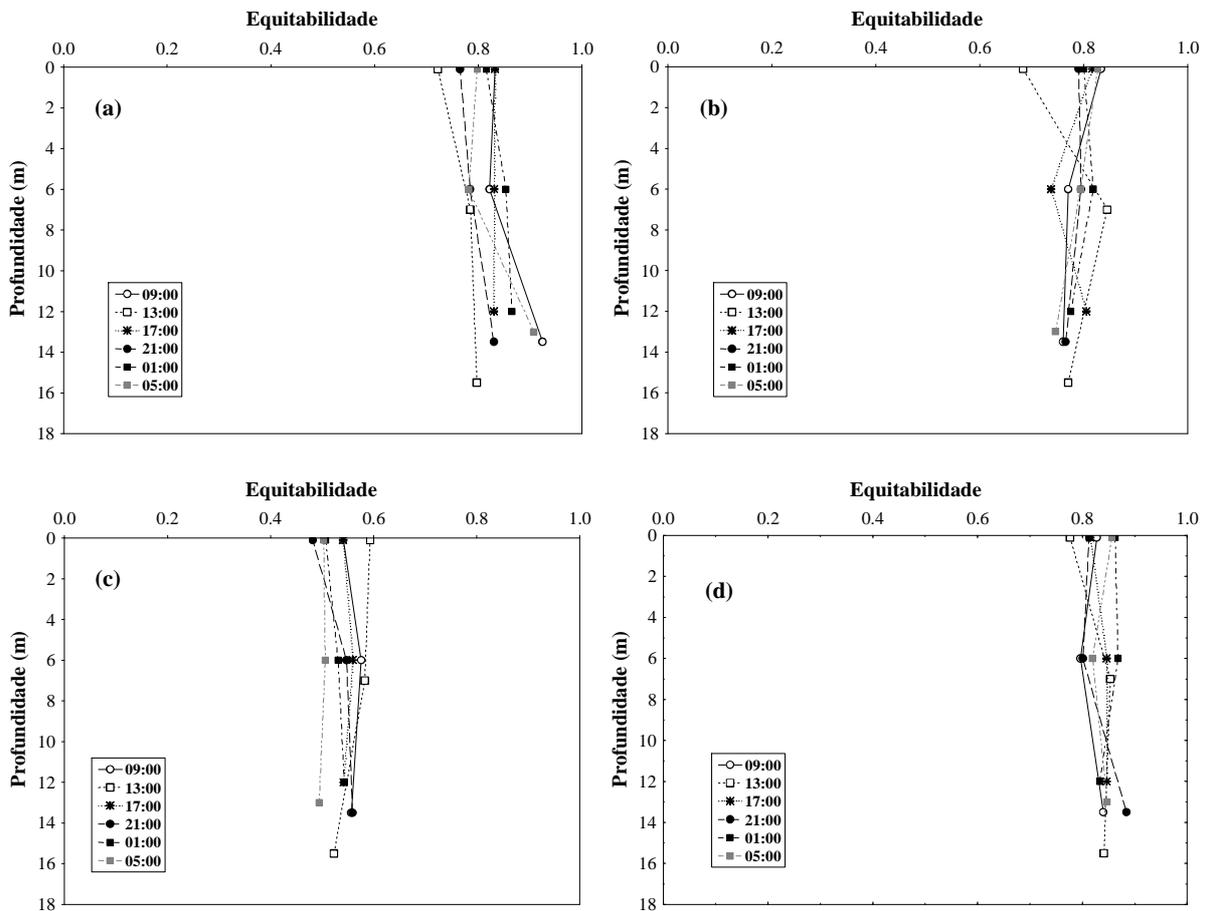


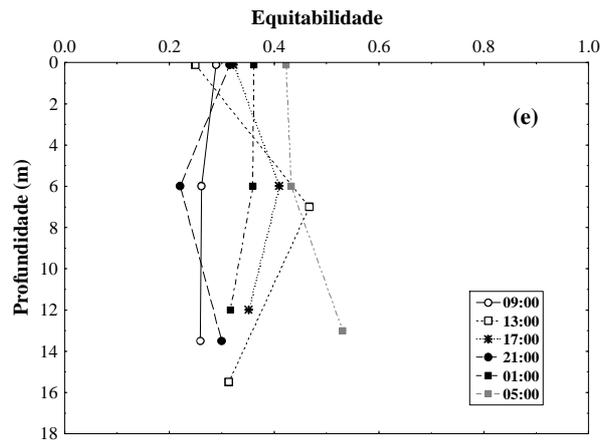
**Figura 92.** Distribuição vertical da riqueza de espécies da comunidade zooplanctônica ao longo de um ciclo nictemeral completo, no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), abril de 2010 (b), outubro de 2010 (c), julho de 2011 (d) e outubro de 2011 (e).





**Figura 93.** Distribuição vertical da diversidade de espécies da comunidade zooplancônica ao longo de um ciclo nictemeral completo, no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), abril de 2010 (b), outubro de 2010 (c), julho de 2011 (d) e outubro de 2011 (e).





**Figura 94.** Distribuição vertical dos valores de equitabilidade da comunidade zooplancônica ao longo de um ciclo nictemeral completo, no rio Madeira, área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a), abril de 2010 (b), outubro de 2010 (c), julho de 2011 (d) e outubro de 2011 (e).

## **5.10. Comunidades Biológicas Associadas à Madeira Flutuante - Ecologia da Madeira**

### **5.10.1. Comunidade Perifítica**

O perifíton é definido como uma complexa comunidade, constituída por algas, bactérias, fungos, animais e detritos, encontrados firme ou frouxamente aderidos a substratos submersos, sejam eles vivos ou mortos (WETZEL, 1983). Podem receber terminologias mais específicas para caracterizar seu local e seu modo de aderência, como, por exemplo, episâmon (biofilme que cresce sobre a areia), epifíton (biofilme que cresce sobre vegetais) e epilíton (biofilme que cresce sobre rochas) (STEVENSON, 1996).

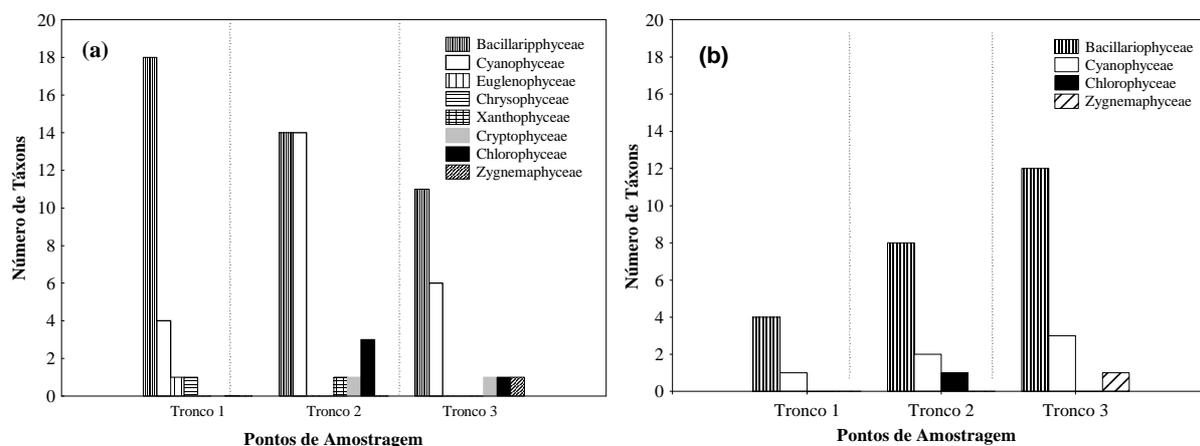
No ambiente aquático, o perifíton desempenha papéis fundamentais principalmente ao promover o intercâmbio entre os componentes químicos, físicos e biológicos (LOWE e PAN, 1996) e ao contribuir de forma significativa para a fixação do nitrogênio e para a ciclagem de carbono (STEVENSON, 1996).

No estudo da comunidade perifítica, muita ênfase tem sido dada à assembléia algal (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003), porque as algas destacam-se não somente como reguladoras do fluxo de nutrientes, mas também pelo seu papel fundamental como produtoras primárias (STEVENSON, 1996; AZIM *et al.*, 2005; FERNANDES, 2005). Desta forma, as algas assumem uma posição chave na cadeia alimentar dos sistemas aquáticos continentais (GOLDSBOROUGH e ROBINSON, 1996; LOWE e PAN, 1996; RODRIGUES *et al.*, 2003) e podem providenciar recursos alimentares para consumidores vertebrados e invertebrados (GOLDSBOROUGH *et al.*, 2005).

Em decorrência do seu curto ciclo de vida, das diferentes preferências e tolerâncias ambientais das espécies que a compõe e do seu hábito de vida sésil, esta comunidade responde prontamente às alterações do meio, funcionando como sensores da variabilidade ambiental (STEVENSON, 1996; RODRIGUES *et al.*, 2003; FELISBERTO e RODRIGUES, 2005).

## Riqueza da Comunidade de Algas Perifíticas

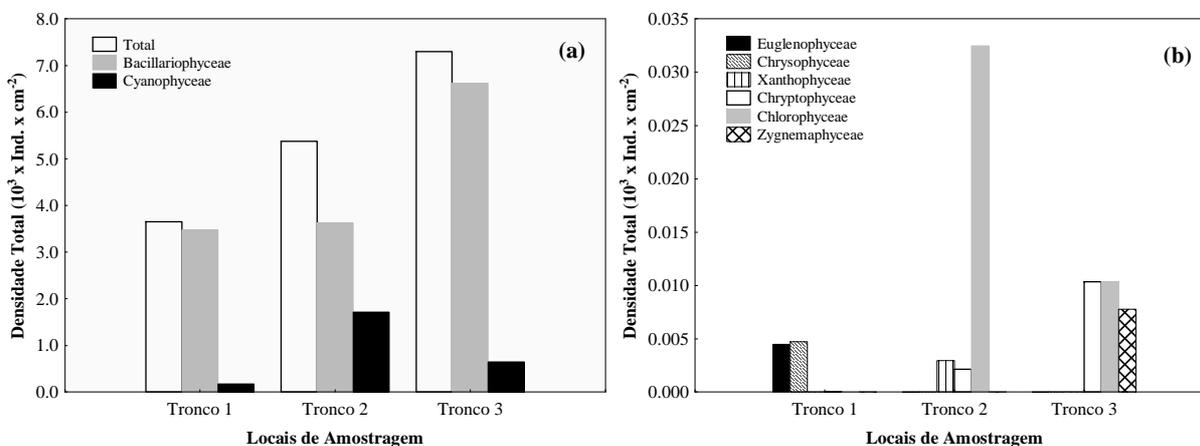
Em janeiro de 2010, foram identificados 48 táxons pertencentes a oito classes taxonômicas, enquanto que em julho de 2010 foram registrados 24 táxons, organizados em quatro classes taxonômicas. Em ambos os meses, Bacillariophyceae (diatomácea) foi a classe de maior representatividade seguida de Cyanophyceae (**Tabela 24**). Assim, em ambas as coletas realizadas (janeiro e julho de 2010), foram obtidos os mesmos padrões de composição de algas perifíticas (**Tabela 24 e Figura 95**).

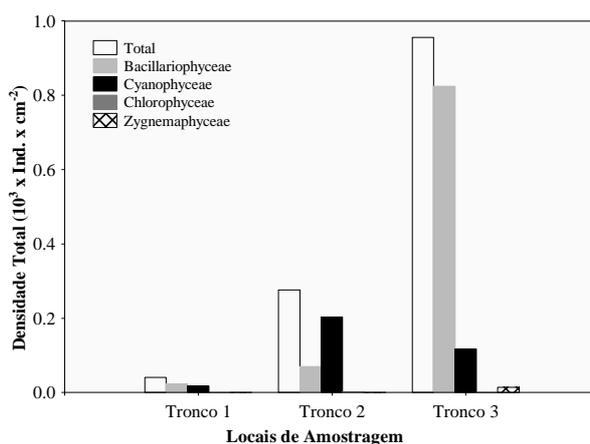


**Figura 95.** Riqueza das algas perifíticas nos 03 (três) troncos de madeira coletados na área de influência do AHE Jirau em janeiro (a) e julho de 2010 (b).

## Densidade da Comunidade de Algas Perifíticas

Em janeiro e julho de 2010, a classe Bacillariophyceae apresentou a maior densidade na maior parte dos troncos amostrados (**Figura 96**).





**Figura 96.** Densidade da comunidade de algas perífíticas nos 03 (três) troncos de madeira coletados na área de influência do AHE Jirau em janeiro (a, b) e julho de 2010 (b). Observar as diferenças nas escalas.

**Tabela 24.** Táxons de algas perífíticas identificados nos 03 (três) troncos de madeira coletados na área de influência do AHE Jirau em janeiro e julho de 2010.

|   | Janeiro/2010 |     |     | Julho/2010 |     |     |
|---|--------------|-----|-----|------------|-----|-----|
|   | T 1          | T 2 | T 3 | T 1        | T 2 | T 3 |
| <b>Cyanophyceae/ Cyanobacteria</b>                                  |              |     |     |            |     |     |
| <i>Chroococidiopsis</i> sp.   |              |     | x   |            |     |     |
| <i>Jaagnema quadripunctulatum</i> (Brühl. et Bis.) Anag. & Kom.     |              |     | x   |            |     | x   |
| <i>Komvophoron schimidlei</i> (Jaag) Anag. & Kom.                   |              |     | x   |            |     |     |
| <i>Heteroleibleinia epiphytica</i> (Hieronymus) Anag. & Kom.        | x            |     |     |            | x   |     |
| <i>Leibleinia</i> sp.   |              |     |     | x          |     |     |
| <i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. ex Gom.) Anag. & Kom.       | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Leptolyngbya</i> cf. <i>subtilis</i> (W. West) Anag.             | x            | x   |     |            |     |     |
| <i>Leptolyngbya thermalis</i> Anag.                                 | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Limnothrix</i> cf. <i>planctónica</i> (Wooszyńska) M.-E. Meffert |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Nostoc</i> sp.   |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Phormidium</i> sp.   |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Pseudoanabaena moniliformes</i> Komárek et Kling                 |              | x   | x   |            |     |     |
| <i>Pseudoanabaena</i> cf. <i>minina</i> (G.S.An) Anagnostidis       |              | x   | x   |            | x   | x   |
| <i>Pseudoanabaena catenata</i> Lauterborn                           |              | x   | x   |            |     | x   |
| <i>Scytonemataceae</i> sp.  |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Xenococcaceae</i> sp.  |              | x   |     |            |     |     |
| <b>Bacillariophyceae</b>  |              |     |     |            |     |     |
| <i>Achmanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.                    | x            | x   | x   |            | x   |     |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen                        |              |     |     | x          |     |     |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen                          | x            |     |     |            |     |     |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen                   |              |     |     |            | x   | x   |
| <i>Craticula</i> cf. <i>cuspidata</i> (Kütz.) Mann                  |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Cocconeis</i> sp.  | x            |     |     |            |     |     |
| <i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D. G. Mann                     |              |     |     |            | x   | x   |
| <i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann                               | x            |     | x   |            |     |     |
| <i>Eunotia</i> sp.  | x            |     |     |            |     | x   |
| <i>Fragilaria capuccina</i> Desmazières                             |              |     | x   |            |     |     |

|   | Janeiro/2010 |     |     | Julho/2010 |     |     |
|---|--------------|-----|-----|------------|-----|-----|
|   | T 1          | T 2 | T 3 | T 1        | T 2 | T 3 |
| <i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenb.) DeToni                    | x            | x   |     |            |     |     |
| <i>Frustulia</i> sp.  | x            |     |     |            |     |     |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg                               |              |     | x   |            |     | x   |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kützing                      | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Gomphonema</i> sp.   | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Gyrosigma</i> SP.  |              |     |     |            |     | x   |
| <i>Luticola</i> cf. <i>goeppertiana</i> (Bleis.) Mann           | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Melosira varians</i> Agardh                                  | x            | x   |     |            |     |     |
| <i>Navicula</i> sp.   | x            | x   | x   | x          |     |     |
| <i>Navicula</i> sp2.  |              |     |     |            | x   | x   |
| <i>Navicula</i> sp3.  |              |     |     |            | x   | x   |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>lorenziana</i> Grunow                   | x            | x   | x   |            |     |     |
| <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow                                |              |     |     |            | x   |     |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) Smith                            | x            | x   | x   | x          | x   | x   |
| <i>Nitzschia</i> sp.  | x            |     |     |            |     |     |
| <i>Pinnularia</i> cf. <i>braunii</i> (Grun.) Cleve              |              | x   |     | x          |     |     |
| <i>Pinnularia</i> sp.   |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Sellaphora</i> sp.   | x            | x   |     |            |     |     |
| <i>Stenopterobia</i> cf. <i>delicatissima</i> (Lew.) Van Heurck |              |     | x   |            |     | x   |
| <i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Smith                   |              |     |     |            |     | x   |
| <i>Synedra gouldardii</i> Brébisson                             | x            | x   |     |            | x   | x   |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère                        | x            |     |     |            |     | x   |
| <b>Euglenophyceae</b>   |              |     |     |            |     |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp.  | x            |     |     |            |     |     |
| <b>Chrysophyceae</b>  |              |     |     |            |     |     |
| Chrysophyceae sp.   | x            |     |     |            |     |     |
| <b>Xantophyceae</b>   |              |     |     |            |     |     |
| <i>Characiopsis</i> sp.   |              | x   |     |            |     |     |
| <b>Cryptophyceae</b>  |              |     |     |            |     |     |
| Cryptophyceae sp 1  |              | x   |     |            |     |     |
| Cryptophyceae sp 2  |              |     | x   |            |     |     |
| <b>Zygnemaphyceae</b>   |              |     |     |            |     |     |
| <i>Cosmarium leave</i> Rabenh.                                  |              |     | x   |            |     |     |
| <i>Cosmarium</i> cf. <i>ornatum</i> Ralfs ex Ralfs              |              |     |     |            |     | x   |
| <b>Chlorophyceae</b>  |              |     |     |            |     |     |
| <i>Chaetosphaeridium</i> sp.                                    |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárková-Legnerová      |              | x   |     |            |     |     |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat                |              |     |     |            | x   |     |
| <i>Tetrastum komarekii</i> Hinb.                                |              | x   | x   |            |     |     |

As espécies abundantes foram definidas como aquelas com densidades superiores às densidades médias de cada amostra, já as dominantes como aquelas que ocorreram em densidades superiores a 50% da densidade total da amostra (LOBO e LEIGHTON, 1986). Em janeiro de 2010, dos 48 táxons registrados, 11 foram considerados abundantes em pelo menos um local amostrado e apenas 01 (um) táxon foi considerado dominante, sendo a maioria pertencente à classe Bacillariophyceae. Em

julho de 2010, dos 24 táxons, 11 foram considerados abundantes e apenas 01 (um) dominante (**Tabela 25**).

**Tabela 25.** Táxons considerados abundantes ou dominantes nos 03 (três) troncos amostrados em janeiro <sup>(1)</sup> e julho <sup>(2)</sup> de 2010, na área de influência do AHE Jirau, de acordo com a terminologia de Lobo e Leighton (1986).

| <b>Táxons</b>   | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |
|---|-----------|-----------|-----------|
| <i>Achnantheidium minutissimum</i> <sup>(1)</sup>       |           | abundante |           |
| <i>Aulacoseira ambígua</i> <sup>(2)</sup>               | abundante |           |           |
| <i>Gomphonema augur</i> <sup>(2)</sup>                  |           |           | abundante |
| <i>Navicula</i> sp1 <sup>(1)</sup>                      | abundante |           |           |
| <i>Navicula</i> sp2 <sup>(2)</sup>                      |           |           | abundante |
| <i>Navicula</i> sp3 <sup>(2)</sup>                      |           |           | abundante |
| <i>Nitzschia palea</i> <sup>(1)</sup>                   | abundante |           | abundante |
| <i>Pinnularia</i> cf. <i>braunii</i> <sup>(2)</sup>     | abundante |           |           |
| <i>Heteroleibleinia epiphytica</i> <sup>(2)</sup>       |           | dominante |           |
| <i>Leibleinia</i> sp <sup>(2)</sup>                     | abundante |           |           |
| <i>Pseudanabaena</i> cf. <i>mínima</i> <sup>(1)</sup>   |           | abundante |           |
| <i>Pseudanabaena</i> cf. <i>catenata</i> <sup>(2)</sup> |           |           | abundante |

### Conclusão das Análises

Analisando os dados quali-quantitativos obtidos nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau, é possível verificar que as classes Bacillariophyceae (diatomáceas) e Cyanophyceae (cianobactérias) prevalecerem tanto em termos de riqueza quanto em relação à densidade das algas perifíticas. Estes grupos de algas são considerados os mais importantes qualitativamente em diversos ambientes tropicais (FONSECA, 2004; BORGES *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2005). Isto porque as algas da classe Bacillariophyceae são consideradas colonizadoras rápidas e eficientes (BIGGS e THOMSEN, 1995; STEVENSON, 1996).

As cianobactérias são um grupo de algas extremamente oportunistas (HUZSAR *et al.*, 2000). A dominância da cianobactéria *Heteroleibleinia epiphytica*, no tronco 2, em julho de 2010, relaciona-se com as características do meio circundante que possivelmente apresentam águas turvas. Essas espécies são muito comuns na comunidade perifítica, justamente por apresentar hábito tipicamente aderido a substratos.

Possivelmente a diferença de densidade, entre em janeiro e julho de 2010, pode ser explicada pelo fato dos troncos terem sido coletados em diferentes locais, os quais apresentavam características ambientais também diferentes. De acordo com Lowe e Pan

(1996), a comunidade perifítica responde prontamente as características do meio circundante como, velocidade de corrente, temperatura, radiação luminosa, nutrientes, além de características físicas do substrato (BIGGS, 1996).

Comparando a composição de espécies registradas em janeiro e julho de 2010, todos os táxons da classe Cyanobacteria foram registrados nas 02 (duas) coletas, contudo, para a classe Bacillariophyceae, da primeira amostragem para a segunda apenas 05 (cinco) táxons novos foram registrados. Este fato ressalta que nas 02 (duas) coletas não foram notadas diferenças expressivas na composição de espécies não foram notadas, já que os táxons encontrados distribuem-se vastamente na comunidade. Muitos desses táxons podem ser classificados como cosmopolitas.

Assim, após as análises das coletas realizadas em janeiro e julho de 2010, pode-se concluir que os resultados encontrados não diferiram de maneira significativa. Vale ressaltar, que as espécies registradas neste trabalho são comumente encontradas nas comunidades perifíticas.

### **5.10.2. Comunidade Zoobentônica**

Assim como em janeiro de 2010, em julho foi identificada uma baixa riqueza taxonômica nos troncos amostrados ao longo do rio Madeira (**Tabela 26**). Os táxons identificados nesses troncos são comumente encontrados em locais pedregosos, rochosos e/ou com grande quantidade de folhas.

Em janeiro e julho de 2010 foram identificados Chironomidae (Diptera), Elmidae (Coleóptera), *Cloeodes* (Baetidae) e *Thraulodes* (Leptophlebiidae: Ephemeroptera). O *Thraulodes* geralmente indica que o ambiente apresenta boas condições. Por outro lado, o *Cloeodes* (Baetidae) é encontrado também em locais que apresentam algum tipo de alteração. As ninfas de Baetidae são abundantes em águas correntes, por incluir espécies com alta capacidade de natação e curto ciclo de vida nos trópicos (JACKSON e SWEENEY, 1995). Em função da diversidade das espécies de Ephemeroptera com hábitat específico (LANDA e SOLDÁN, 1995), e das distintas respostas apresentadas pelas espécies à degradação ambiental, as ninfas podem ser

consideradas indicadoras ambientais e utilizadas em programas de biomonitoramento de qualidade da água (DA SILVA, 2002).

**Tabela 26.** Táxons registrados nos troncos coletados em janeiro e julho de 2010.

| Táxons                  |                    | Janeiro/2010 |    |    | Julho/2010 |    |    |
|-------------------------|--------------------|--------------|----|----|------------|----|----|
|                         |                    | T1           | T2 | T3 | T1         | T2 | T3 |
| <b>Diptera</b>          | Chironomidae       | 2            | 0  | 2  | 2          | 5  | 0  |
|                         | pupa Chironomidae  | 0            | 0  | 0  | 1          | 0  | 0  |
|                         | Ceratopogonidae    | 2            | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  |
|                         | Simuliidae         | 0            | 0  | 0  | 0          | 3  | 0  |
| <b>Coleoptera</b>       | Elmidae            | 1            | 0  | 3  | 0          | 2  | 0  |
| <b>Ephemeroptera</b>    | <i>Cloeodes</i>    | 2            | 0  | 3  | 0          | 3  | 0  |
|                         | <i>Leptohyphes</i> | 1            | 0  | 2  | 0          | 0  | 0  |
|                         | <i>Thraulodes</i>  | 7            | 0  | 0  | 0          | 1  | 0  |
| <b>Trichoptera</b>      | <i>Smicridea</i>   | 0            | 0  | 0  | 0          | 2  | 0  |
| <b>Megaloptera</b>      | <i>Corydalus</i>   | 0            | 0  | 2  | 0          | 0  | 0  |
| <b>Abundância total</b> |                    | 15           | 0  | 12 | 3          | 16 | 0  |
| <b>Riqueza</b>          |                    | 6            | 0  | 5  | 2          | 6  | 0  |

Assim, de maneira geral, os táxons zoobentônicos identificados nos troncos coletados ao longo do rio Madeira, são comuns em substratos pedregosos, rochosos e/ou com grande quantidade de folhas. Tais táxons são freqüentemente registrados em diferentes tipos de substratos em outros locais estudados no Brasil, e podem ser encontrados em pedras ou troncos na própria margem do rio Madeira.

### Conclusão das Análises

Após a exposição desses resultados, foi enviado uma Nota Técnica ao IBAMA, solicitando o encerramento desse estudo.

Assim, no dia 30 de agosto de 2011, o IBAMA enviou Nota Técnica nº 56/2011, autorizando o encerramento do Estudo da Ecologia da Madeira, após a realização de 02 (duas) campanhas: janeiro e julho de 2010, em atendimento ao item "g" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação (LI) nº 621/2009, referente ao Estudo da Ecologia da Madeira.

## 5.11. Monitoramento Limnológico em Tempo Real

No presente relatório consolidado estão apresentados os resultados físicos e químicos da água obtidos com o sistema de monitoramento em tempo real instalado a jusante do eixo da barragem da UHE Jirau, no rio Madeira, desde o início do funcionamento, que ocorreu em 15 de outubro de 2009, até janeiro de 2012.

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de monitorar, automaticamente, 07 (sete) 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: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação de oxigênio.

### 5.11.1. Localização do Sistema de Monitoramento em Tempo Real

O sistema de monitoramento em tempo real está instalado a aproximadamente 900 m a montante do ponto denominado RS 3 LUCAS, a jusante do canteiro de obras da UHE Jirau, coordenadas (UTM): 8981607 (N) - 322853 (E).. Neste local, a plataforma se encontra mais protegido dos troncos a deriva do rio Madeira, tendo em vista que foi apoiada e fixada por cordas em dois pontos distintos da margem, de forma a possibilitar maior ancoragem do sistema (**Figura 97**). O mapa indicando o local atual de instalação da plataforma de monitoramento em tempo real está apresentado no **Anexo II**.



**Figura 97.** Local onde a plataforma de monitoramento em tempo real encontra-se instalada no rio Madeira.

### **5.11.2. Materiais e Métodos**

Conforme detalhado em Relatórios Técnicos anteriores, o sistema de monitoramento em tempo real na plataforma é composto fundamentalmente pelos seguintes componentes:

- Sonda multiparamétrica fixada na porção central da plataforma a uma profundidade de 0,5 m da superfície;
- bateria e um controlador de carga alimentados por um módulo solar fotovoltaico, necessários para acionar a sonda multiparamétrica e o sistema de aquisição e transmissão de dados;
- Antena, modem e demais acessórios instalados na plataforma para o envio dos dados via telefonia móvel (GPRS-Vivo).

A sonda possui sensores de pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, porcentagem de saturação de oxigênio e sólidos totais dissolvidos.

### **5.11.3. Resultados**

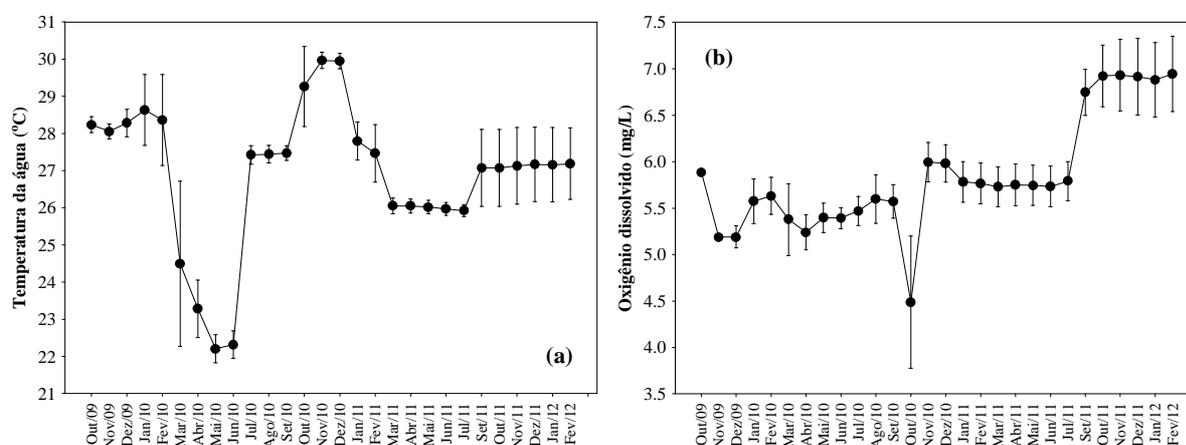
Na **Figura 98** estão apresentados os gráficos da variação de temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, porcentagem de saturação de oxigênio e sólidos totais dissolvidos, referentes aos dados obtidos no sistema de monitoramento em tempo real entre outubro de 2009 e janeiro de 2012. No **Anexo V** estão apresentados os valores mínimos, máximos e médios dessas variáveis para cada mês monitorado.

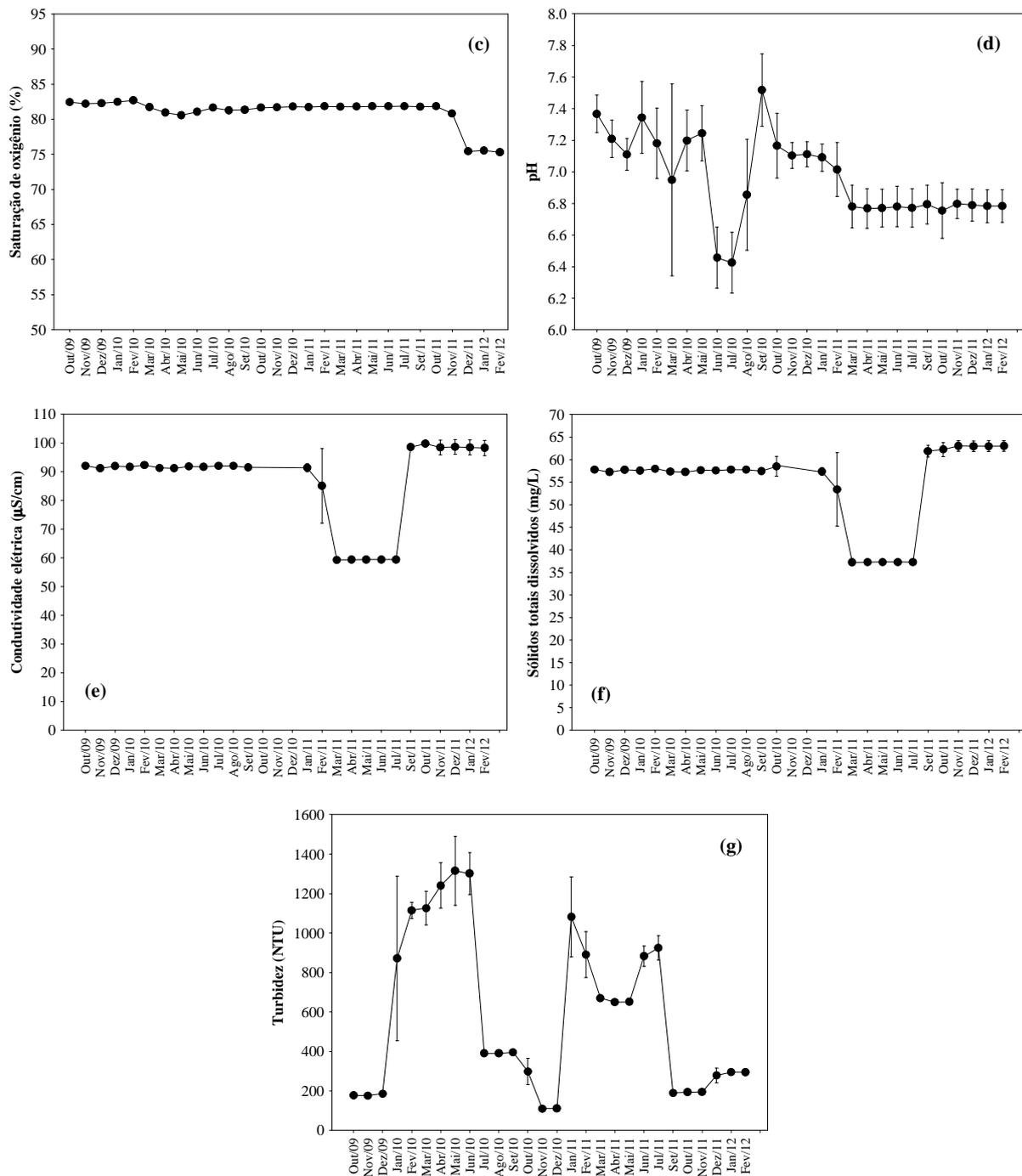
De maneira geral, a variação da temperatura no período monitorado esteve relacionada ao regime climático regional, com máximas entre dezembro e março no ano de 2010 e entre outubro e dezembro no ano de 2011, sendo que as temperaturas mínimas foram observadas entre maio e junho de 2010.

Os valores de turbidez estiveram mais elevados entre janeiro e junho no ano de 2010 e entre janeiro e junho no ano de 2011 (**Figura 98**), diminuindo continuamente até atingirem o mínimo no período de seca, entre julho e novembro de 2010 e entre setembro e novembro de 2011. Os valores de turbidez estiveram relacionados ao ciclo

hídrico do rio Madeira, ou seja, durante o período de enchente e de maior vazão, valores máximos de turbidez foram observados, causados pelo maior aporte de material particulado ao rio Madeira pelo escoamento superficial promovido pelas chuvas, bem como pela ressuspensão dos sedimentos do leito do rio promovida pela maior vazão, sendo que no período de seca e de menor aporte de material particulado no rio os valores de turbidez foram mais reduzidos.

As demais variáveis físicas e químicas não apresentaram variações muito significativas durante o período monitorado, muito provavelmente em função do fluxo turbulento das águas do rio Madeira na porção monitorada e a montante, que promove constante reaeração e mistura da água. De fato, as concentrações de oxigênio dissolvido frequentemente foram acima de 5,0 mg/L, com exceção apenas dos valores obtidos em outubro de 2010, provavelmente devido a necessidade de manutenção no eletrodo de oxigênio. Pode-se destacar também, os menores valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos registrados entre abril e junho de 2011. Os valores relativamente constantes de pH indicam uma forte capacidade de tamponamento do rio Madeira, característica dos rios de águas brancas da bacia Amazônica.

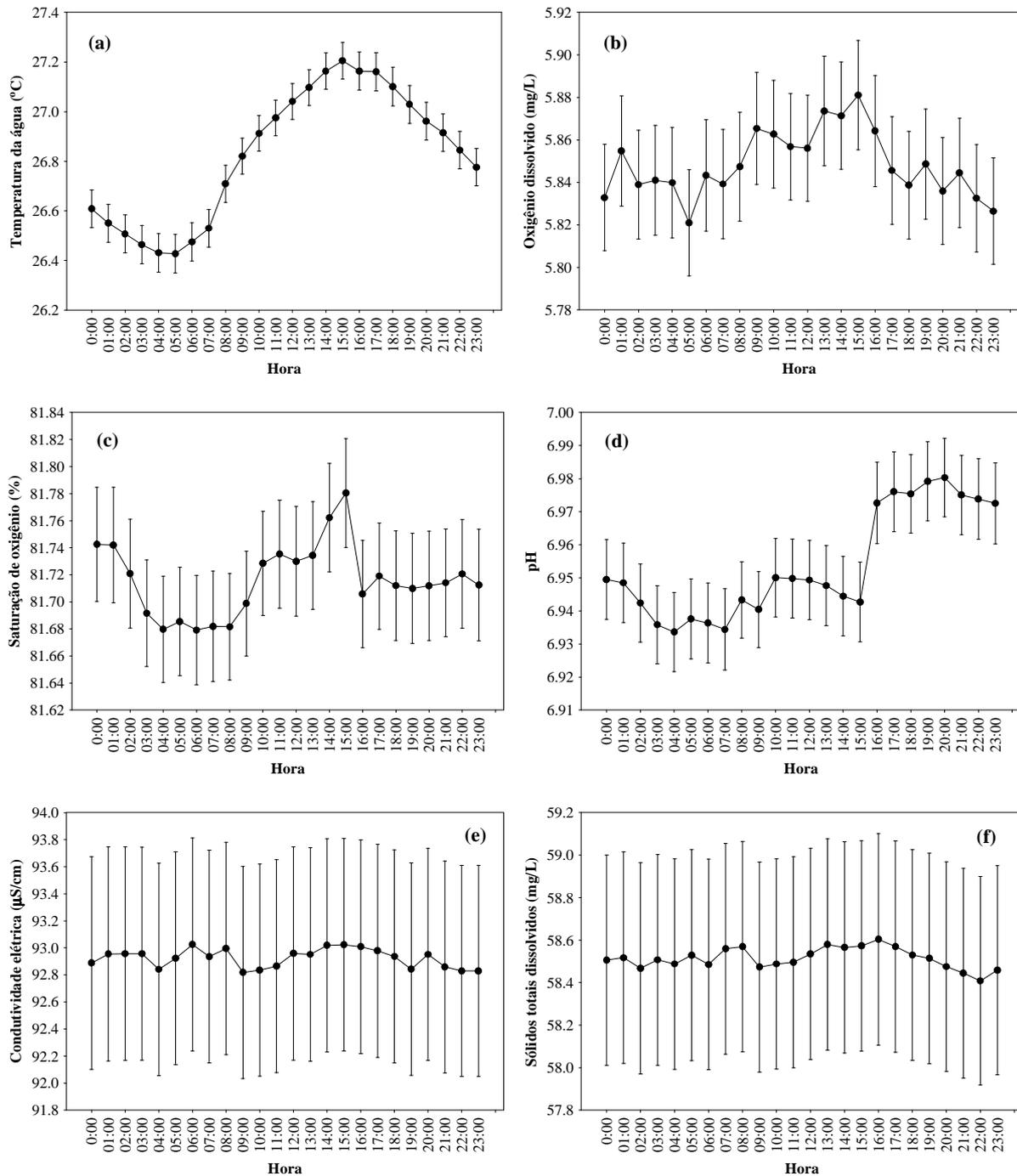


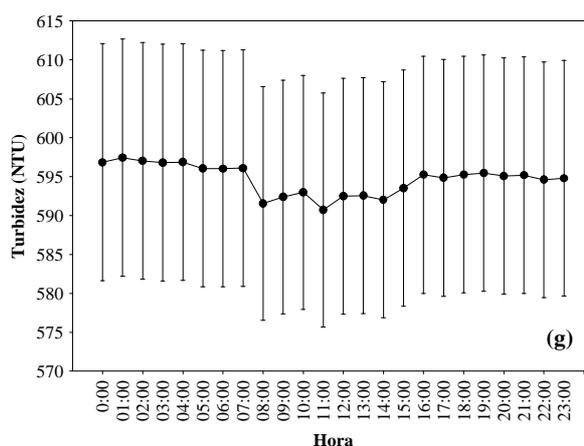


**Figura 98.** Média  $\pm$  desvio padrão dos valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez (a-g), mensurados entre outubro de 2009 a janeiro de 2012 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira, a jusante da futura barragem da UHE Jirau.

Considerando os diferentes horários de coleta, foi possível observar que ao longo dos diferentes meses de coleta, em média, não houve diferença entre os períodos noturnos e diurnos para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e

turbidez (**Figura 99**). Por outro lado, como esperado, os maiores valores de temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e pH foram registrados durante o período diurno, principalmente, entre as 09h:00min e 16h:00min.





**Figura 99.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão) dos valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez (a-g) mensurados em diferentes horários entre outubro de 2009 a janeiro de 2012 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira, a jusante da futura barragem do AHE Jirau.

#### 5.11.4. Conclusões

A variação da temperatura no período monitorado esteve relacionada ao regime climático regional, com máximas entre dezembro e março no ano de 2010 e entre outubro e dezembro no ano de 2011, sendo que as temperaturas mínimas foram observadas entre maio e junho de 2010

Os valores de turbidez estiveram relacionados ao ciclo hídrico do rio Madeira, ou seja, durante o período de enchente, os valores de turbidez foram mais elevados, causados pelo maior aporte de material particulado ao rio Madeira pelo escoamento superficial promovido pelas chuvas, bem como pela ressuspensão dos sedimentos do leito do rio promovida pela maior vazão, diminuindo continuamente até atingirem o mínimo no período de seca.

As demais variáveis físicas e químicas não apresentaram variações muito significativas durante o período monitorado em função do fluxo turbulento das águas do rio Madeira na porção monitorada e a montante, que promove constante reaeração e mistura da água.

## 5.12. Monitoramento de Elementos Traços

Os resultados apresentados a seguir se referem ao período compreendido entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, realizado no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau.

Os teores de elementos traço As, Cd, Cr, Pb e Se encontrados nas amostras de água superficial durante o ciclo hidrológico de setembro de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) estão abaixo de  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que o elemento traço Ni nos tributários do rio Madeira e os elementos traço Mg e Zn na calha do rio Madeira apresentaram maiores valores no período de águas altas correspondente aos períodos hidrológicos de enchente e cheia.

Os teores de elementos traço encontrados nas amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 referente aos corpos de água doce classe II e Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, com exceção dos elementos Ni e Mn que apresentaram valores superiores aos preconizados apenas no período de águas altas de 2010 e 2011.

O padrão monomodal de descarga dos rios amazônicos ou pulso de inundação, combinado com a topografia plana de grande parte da bacia (planície amazônica), inunda e drena anualmente grandes áreas adjacentes aos rios, que correspondem às planícies de inundação. O regime hidrológico do rio Madeira é monomodal caracterizado por um período de águas baixas, de julho a outubro, e um período de águas altas, de fevereiro a maio, sendo as vazões mínimas do ano com maior frequência em setembro e as máximas de março a abril. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, que, por sua vez, promove um ciclo de carreamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio.

Inicialmente as coletas semestrais dos perfis de solo foram propostas no Programa de Monitoramento de Elementos Traço nos períodos hidrológicos de seca e cheia do rio Madeira, entretanto visando a otimização dos estudos das possíveis fontes de mobilização de elementos traço no futuro reservatório da Usina Jirau as coletas dos perfis de solo foram deslocadas para os períodos hidrológicos de enchente e vazante do rio Madeira, permitindo a alocação dos pontos de coletas com maior distância das margens do rio Madeira e tributários, entretanto com grande probabilidade de serem alagados durante o período de

cheia, possibilitando os estudos em solos com geralmente maior cobertura vegetal aproximando aos possíveis efeitos das futuras áreas de alagamento permanente do reservatório da Usina Jirau. Este ajuste possibilitou a coleta de solo logo após a fase submersa, gerando resultados com maior proximidade as futuras variações das cotas de operação da Usina Jirau, respeitando a periodicidade prevista neste programa referente à avaliação semestral dos solos. Associado aos melhores resultados dos estudos ambientais, a coleta de amostras na fase de enchente minimiza significativamente os riscos de acidentes e exposição a risco de vida para os agentes de campo quando comparado as fase de cheia do rio Madeira.

Os elementos traços dos solos Ni, Pb e Zn apresentaram maior variabilidade no solo, cujas diferenças significativas indicam mobilização entre as fases hidrológicas de enchente e vazante do rio Madeira. Os valores de elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se e Zn observados na amostras de solo coletadas na 2ª campanha de campo (enchente-2010), 4ª campanha de campo (vazante-2010), na 6ª campanha de campo (período de enchente-2011), na 8ª campanha de campo (período de vazante-2011) e na 10ª campanha de campo (período de enchente-2011) estão abaixo dos valores de prevenção preconizados pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Os teores dos elementos traço nos perfis de solo mostram tendência de maiores valores em função da profundidade sendo característico de processos naturais de mobilização dos elementos traço nos solos da região Amazônica. Os teores dos elementos traço na amostras de solo coletadas no período hidrológico de agosto de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) não evidenciaram fontes de contaminação difusa na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

Visando as análises estatísticas pareadas foram considerados apenas os períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 e enchente e vazante de 2011. A **Tabela 27** mostra a estatística descritiva das concentrações dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn dos solos estão distribuídas por perfil em profundidades de 5, 20, 40, 60, 100 centímetros (fator perfil), fator período (enchente 2010, vazante 2010, enchente 2011 e vazante 2011), fator Pedologia (Latosolos, Gleissolos e Neossolos) e entre fatores. O fator perfil (profundidade), comparado inter profundidade, por meio de suas concentrações, os valores mais elevados para todos os elementos foi ao nível de 100 cm. O fator período, as concentrações tiveram diferenças significativas analisadas em

conjunto (**Tabelas 27 e 28**). As concentrações dos elementos comparadas por tipo de solo (fator pedologia), foram mais elevadas nos Neossolos, com destaque para as concentrações dos elementos Zn, Cd, Pb e Mn. Nos Gleissolos as concentrações mais elevadas foram encontradas no elemento Ni. Os Latossolos a concentração mais elevada foi a do Cr. A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA Multifatorial) (**Tabela 28**) foi realizada para averiguar as diferenças nas concentrações dos elementos traços Cd, Zn, Ni, Mn, Cr e Pb, entre os fator períodos de vazante de 2010 e 2011, fator níveis do perfil de solos ou profundidades e fator tipos de solos ou pedologia; e checar a existência das diferenças entre os fatores. Este teste mostrou haver diferenças significativas apenas entre os períodos hidrológicos e os tipos de solos e entre estes fatores. O fator níveis do perfil não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações dos elementos. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 para o teste de Wilks.

**Tabela 27.** Concentrações médias ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e desvios padrões dos elementos Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn dispostas por fator perfil do solo (profundidade), fator período hidrológico (enchente 2010 e enchente 2011; vazante 2010 e vazante 2011) e fator tipos de solos (Pedologia).

|                  | Fator    | N   | M<br>Cd | DP<br>Cd | Erro<br>Cd | M<br>Cr | DP<br>Cr | Erro<br>Cr | M<br>Mn | DP<br>Mn | Erro<br>Mn | M<br>Ni | DP<br>Ni | Erro Ni | M<br>Pb | DP<br>Pb | Erro<br>Pb | M<br>Zn | DP<br>Zn | Err<br>o<br>Zn |
|------------------|----------|-----|---------|----------|------------|---------|----------|------------|---------|----------|------------|---------|----------|---------|---------|----------|------------|---------|----------|----------------|
| <b>Total</b>     |          | 275 | 0,69    | 0,17     | 0,01       | 15,71   | 20,40    | 1,23       | 110,98  | 102,67   | 6,19       | 49,33   | 78,39    | 4,73    | 7,38    | 4,80     | 0,29       | 33,82   | 24,30    | 1,47           |
| <b>Perfil</b>    | P5       | 55  | 0,66    | 0,17     | 0,02       | 13,90   | 18,90    | 2,55       | 104,94  | 99,21    | 13,38      | 45,21   | 73,08    | 9,85    | 6,11    | 3,92     | 0,53       | 31,06   | 22,93    | 3,09           |
| <b>Perfil</b>    | P20      | 55  | 0,65    | 0,14     | 0,02       | 14,77   | 19,07    | 2,57       | 106,03  | 100,62   | 13,57      | 46,83   | 76,33    | 10,29   | 6,63    | 4,12     | 0,56       | 32,15   | 23,16    | 3,12           |
| <b>Perfil</b>    | P40      | 55  | 0,69    | 0,16     | 0,02       | 15,72   | 20,55    | 2,77       | 114,30  | 104,18   | 14,05      | 49,91   | 80,27    | 10,82   | 7,29    | 4,60     | 0,62       | 33,78   | 24,53    | 3,31           |
| <b>Perfil</b>    | P60      | 55  | 0,72    | 0,18     | 0,02       | 16,65   | 21,38    | 2,88       | 117,23  | 105,57   | 14,23      | 51,08   | 80,46    | 10,85   | 8,07    | 5,25     | 0,71       | 35,36   | 25,10    | 3,38           |
| <b>Perfil</b>    | P100     | 55  | 0,73    | 0,21     | 0,03       | 17,52   | 22,42    | 3,02       | 112,40  | 106,80   | 14,40      | 53,62   | 83,95    | 11,32   | 8,80    | 5,59     | 0,75       | 36,73   | 26,11    | 3,52           |
| <b>Período</b>   | Enc 2010 | 65  | 0,63    | 0,15     | 0,02       | 4,00    | 1,51     | 0,19       | 132,87  | 95,68    | 11,87      | 11,98   | 7,35     | 0,91    | 6,11    | 4,26     | 0,53       | 36,92   | 19,83    | 2,46           |
| <b>Período</b>   | V 2010   | 70  | 0,68    | 0,15     | 0,02       | 47,97   | 15,07    | 1,80       | 10,97   | 6,66     | 0,80       | 156,75  | 92,24    | 11,02   | 4,49    | 1,52     | 0,18       | 3,39    | 1,52     | 0,18           |
| <b>Período</b>   | Enc 2011 | 70  | 0,74    | 0,20     | 0,02       | 5,01    | 1,72     | 0,21       | 156,99  | 101,94   | 12,18      | 13,49   | 8,58     | 1,03    | 9,86    | 5,44     | 0,65       | 50,17   | 18,97    | 2,27           |
| <b>Período</b>   | V 2011   | 70  | 0,69    | 0,17     | 0,02       | 5,01    | 1,72     | 0,21       | 144,66  | 95,06    | 11,36      | 12,44   | 7,99     | 0,95    | 8,97    | 4,90     | 0,59       | 45,00   | 16,51    | 1,97           |
| <b>Pedologia</b> | Latosolo | 100 | 0,72    | 0,18     | 0,02       | 16,70   | 23,56    | 2,36       | 113,75  | 110,85   | 11,08      | 45,93   | 82,42    | 8,24    | 6,65    | 4,43     | 0,44       | 33,44   | 25,34    | 2,53           |
| <b>Pedologia</b> | Gleisolo | 155 | 0,67    | 0,18     | 0,01       | 15,19   | 18,59    | 1,49       | 103,17  | 97,17    | 7,80       | 53,03   | 79,81    | 6,41    | 7,64    | 5,14     | 0,41       | 33,00   | 23,74    | 1,91           |
| <b>Pedologia</b> | Neosolo  | 20  | 0,73    | 0,07     | 0,01       | 14,75   | 17,28    | 3,86       | 157,64  | 92,94    | 20,78      | 37,70   | 35,55    | 7,95    | 9,01    | 3,21     | 0,72       | 42,03   | 22,99    | 5,14           |

M – média; DP – desvio padrão; erro padrão; Enc – período hidrológico de enchente; V – período hidrológico de vazante.

**Tabela 28.** Análise de Variância Multifatorial elaborada para comparar as concentrações dos elementos traço entre os períodos hidrológicos de 2010 e 2011; os níveis do perfil do solos e os tipos de solos.

|                                 | Test  | Value    | F        | Effect | Erro     | p        |
|---------------------------------|-------|----------|----------|--------|----------|----------|
| <b>Intercepto</b>               | Wilks | 0,056751 | 581,7295 | 6      | 210,000  | 0,000000 |
| <b>Perfil</b>                   | Wilks | 0,919421 | 0,7453   | 24     | 733,813  | 0,806141 |
| <b>Período</b>                  | Wilks | 0,145679 | 32,2322  | 18     | 594,455  | 0,000000 |
| <b>Pedologia</b>                | Wilks | 0,787013 | 4,4527   | 12     | 420,000  | 0,000001 |
| <b>Perfil*Período</b>           | Wilks | 0,937183 | 0,1913   | 72     | 1148,328 | 1,000000 |
| <b>Perfil*Pedologia</b>         | Wilks | 0,969711 | 0,1355   | 48     | 1037,350 | 1,000000 |
| <b>Período*Pedologia</b>        | Wilks | 0,636239 | 2,7866   | 36     | 924,935  | 0,000000 |
| <b>Perfil*Período*Pedologia</b> | Wilks | 0,897713 | 0,1598   | 144    | 1235,182 | 1,000000 |

O teste univariado mostra o níveis de significância entre as interações dos elementos Cd, Cr, Mn, Zn, Ni, Pb e Zn com os níveis categóricos ou fatores (perfil, períodos e pedologia) e entre estes fatores (**Tabela 29**). Pode-se inferir de forma geral que o fator perfil as diferenças entre as concentrações dos elementos não foram significativas. As diferenças significativas foram observadas nas concentrações no fator período (2010 e 2011), com os todos os elementos com diferença significativa. O fator pedologia (latossolos, gleissolos e neossolos) as concentrações, cujas diferenças foram significativas são as dos elementos Cd, Mn e Pb (**Tabela 29**). As diferenças significativas nas concentrações, entre os fatores foram observadas, para o fator período e o fator pedologia, cujos elementos de destaque foram Cr e Pb.

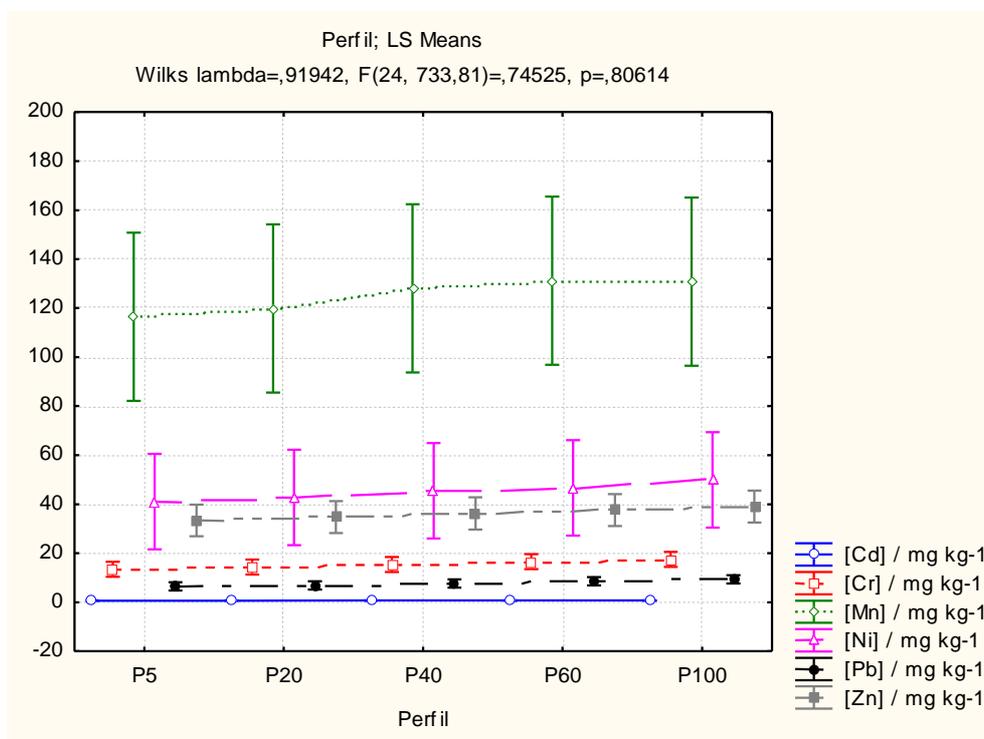
Os elementos estudados para cada tipo de solo, cujas médias e desvios de suas concentrações estão representados na **Tabela 28** e distribuídos por fator (período, nível do perfil do solo e o tipo de solo), tiveram suas concentrações dentro das faixas propostas por estudos realizados por Kabata-Pendias & Pendias (2001); solos do Brasil (expressos como média  $\pm$  desvio padrão) compilado de Pérez *et al.* (1997).

A Análise de Variâncias Multifatoriais, mostrou que os fatores analisados (período; perfil do solo, pedologia e entre fator) mostrou diferença significativas nos fatores período e pedologia e entre estes dois fatores (**Figura 100**).

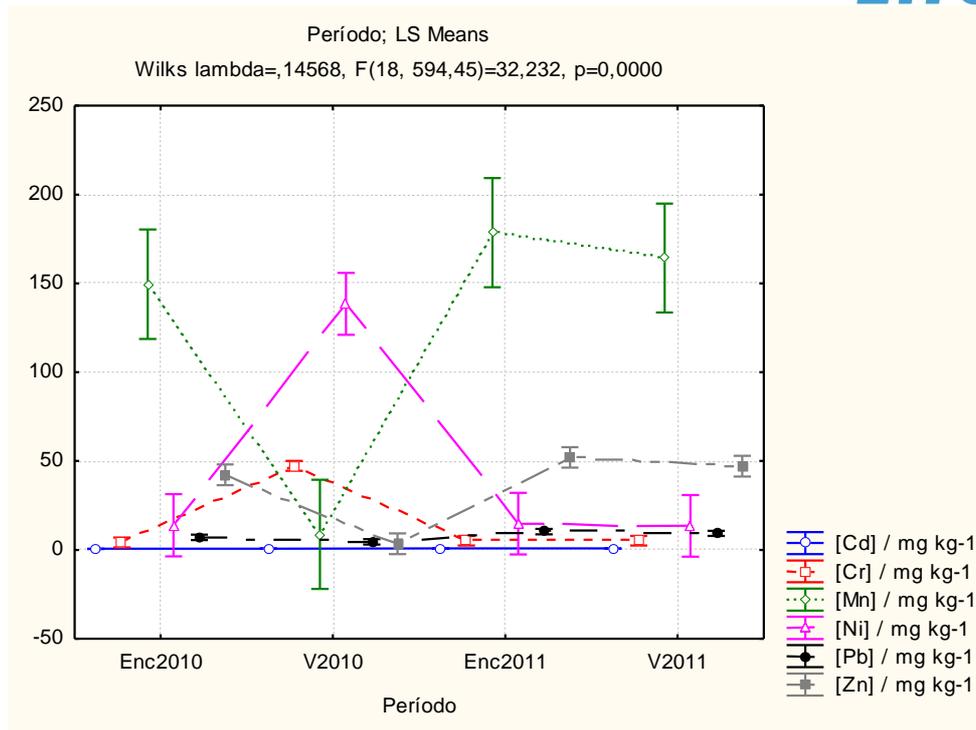
**Tabela 29.** Teste univariado elaborado para comparar as concentrações dos elementos traço entre os períodos hidrológicos de 2010 e 2011; os níveis do perfil do solos e os tipos de solos.

|                                      | <b>Grau</b> | <b>Cd</b><br><b>F</b> | <b>Cd</b><br><b>p</b> | <b>Cr</b><br><b>F</b> | <b>Cr</b><br><b>p</b> | <b>Mn</b><br><b>F</b> | <b>Mn</b><br><b>p</b> | <b>Ni</b><br><b>F</b> | <b>Ni</b><br><b>p</b> | <b>Pb</b><br><b>F</b> | <b>Pb</b><br><b>p</b> | <b>Zn</b><br><b>F</b> | <b>Zn</b><br><b>P</b> |
|--------------------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Intercepto</b>                    | 1           | 2119,35               | 0,00000               | 495,6797              | 0,000000              | 258,4794              | 0,000000              | 104,3752              | 0,000000              | 403,4574              | 0,000000              | 600,342               | 0,00000               |
| <b>Perfil</b>                        | 4           | 0,911                 | 0,45828               | 1,1133                | 0,351157              | 0,1473                | 0,964050              | 0,1218                | 0,974555              | 1,9481                | 0,10361               | 0,4579                | 0,76659               |
| <b>Período</b>                       | 3           | 2,978                 | 0,03244               | 235,8185              | 0,000000              | 25,4851               | 0,000000              | 49,6695               | 0,000000              | 11,0614               | 0,000000              | 56,7389               | 0,00000               |
| <b>Pedologia</b>                     | 2           | 3,227                 | 0,04162               | 1,7164                | 0,182156              | 3,0959                | 0,047256              | 0,8772                | 0,417447              | 2,8575                | 0,05959               | 2,4291                | 0,09053               |
| <b>Perfil*Período</b>                | 12          | 0,041                 | 1,00000               | 0,4913                | 0,918562              | 0,0949                | 0,999967              | 0,0476                | 0,999999              | 0,0782                | 0,99998               | 0,0664                | 0,99999               |
| <b>Perfil*Pedologia</b>              | 8           | 0,108                 | 0,99892               | 0,0898                | 0,999455              | 0,0509                | 0,999936              | 0,0021                | 1,000000              | 0,0416                | 0,99997               | 0,0465                | 0,99995               |
| <b>Período*Pedologia</b>             | 6           | 1,758                 | 0,10900               | 2,2850                | 0,036923              | 1,5402                | 0,166299              | 1,3218                | 0,248527              | 2,0679                | 0,05819               | 0,9706                | 0,44601               |
| <b>Perfil*Período*<br/>Pedologia</b> | 24          | 0,148                 | 0,99999               | 0,1125                | 1,000000              | 0,0329                | 1,000000              | 0,0042                | 1,000000              | 0,0302                | 1,000000              | 0,0292                | 1,00000               |

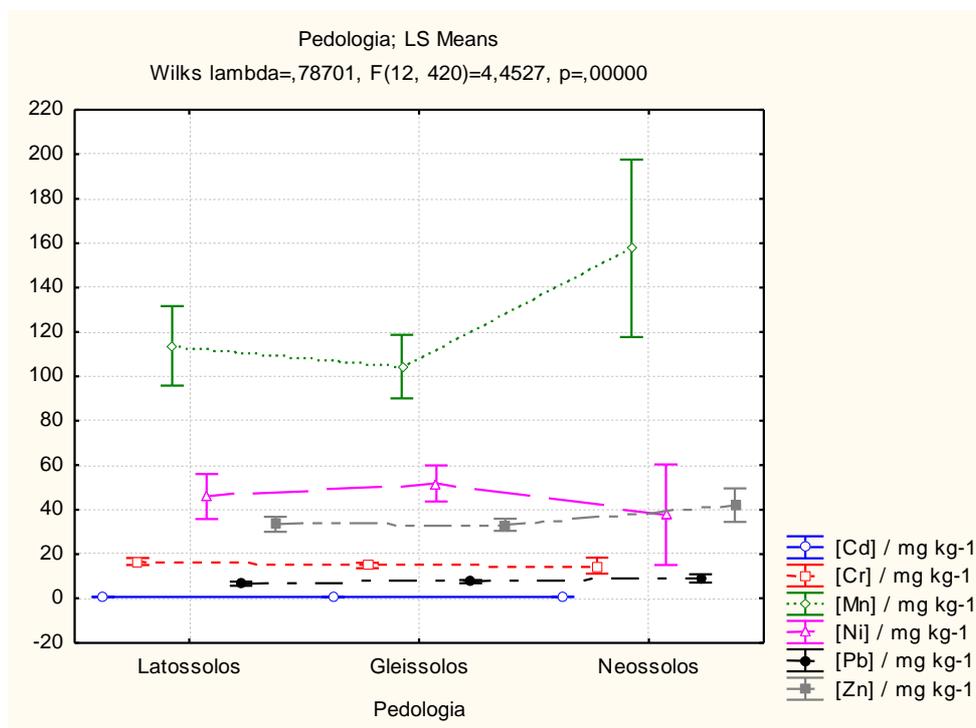
Neste caso a maior contribuição ficou com o fator período, que teve os elementos todos os elementos com diferença significativas, conforme valores de suas probabilidades. No fator pedologia as concentrações mais importantes e significativas foram as dos elementos Cd, Mn e Pb de acordo com suas probabilidades, conforme demonstrado pelo teste univariado. O fator perfil do solo não apresentou diferença significativa, isto sugere homogeneidade entre os níveis do perfil. As comparações univariadas do fator perfil do solo com os demais fatores não foram significativas as diferenças entre as concentrações dos elementos traços estudados. O teste univariado corrobora a MANOVA, reforçando a hipótese, de que os níveis estudados até 100 cm de profundidade homogêneos e as concentrações dos elementos não apresentaram diferenças significativas (**Figura 100**). A checagem dos fatores interagidos ou seja fator período com fator pedologia, houve diferença significativa (**Figura 101, 102 e 103**) e as variáveis ou elementos mais importantes, que apresentaram diferenças significativas foi o Cr e Pb. A significância encontrada na comparação destes dois fatores, reflete na complexa dinâmica destes elementos em solos tropicais e o potencial de estoque, principalmente dos solos, para estes elementos.



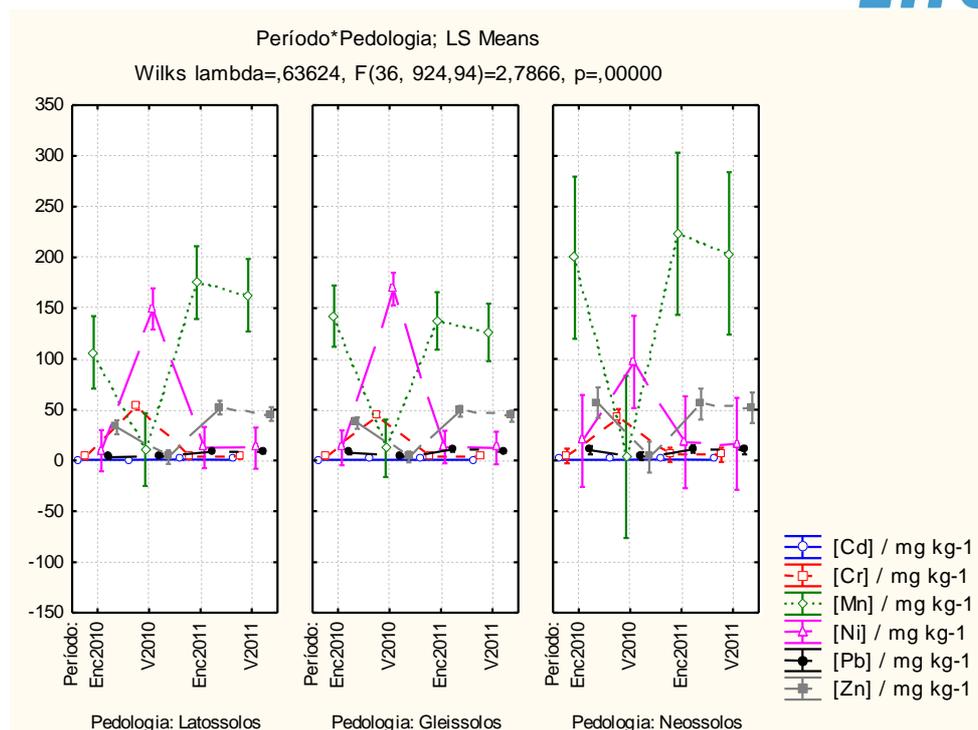
**Figura 100** - Variabilidade das concentrações dos elementos Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos níveis categóricos perfil de solo considerando a análise pareada dos períodos hidrológicos de enchente e seca de 2010/ enchente e seca de 2011.



**Figura 101** - Variabilidade das concentrações dos elementos Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn considerando a análise pareada dos períodos hidrológicos de enchente e seca de 2010/ enchente e seca de 2011.



**Figura 102** - Variabilidade das concentrações dos elementos Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos tipos de solo considerando a análise pareada dos períodos hidrológicos de enchente e seca de 2010/ enchente e seca de 2011.



**Figura 103** - Variabilidade das concentrações dos elementos Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos tipo de solo nas estações considerando a análise pareada dos períodos hidrológicos de enchente e seca de 2010/ enchente e seca de 2011.

Os solos possuem características únicas quando comparados aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como um tampão natural que controla o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001).

As reações que controlam a disponibilidade de elementos-traço em solos compreendem adsorção e dessorção, precipitação e dissolução, complexação e oxidação-redução. Estes processos resumidamente governam a solubilidade, disponibilidade e mobilidade de elementos químicos no solo. Esses processos sofrem influência de diferentes atributos dos solos, destacando-se pH, temperatura, potencial redox, textura, composição mineral, capacidade de troca de cátions (CTC), competição por sítios de adsorção, quelatação, teor e qualidade dos compostos orgânicos na fase sólida e na solução do solo, além das propriedades específicas de cada metal (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Pois, além de afetarem diretamente as reações supracitadas, são também os principais fatores que controlam a especiação de elementos-traço em solução.

Os teores de elementos traço As e Se encontrados nas amostras de sedimento de fundo durante o ciclo hidrológico de agosto de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) estão abaixo de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ . No período águas baixas correspondente aos períodos de vazante e seca os maiores teores de Cr foram observados nos tributários do rio Madeira, enquanto que no período de águas altas correspondente ao período hidrológico de enchente e cheia os maiores teores de Ni foram observados nos tributários e os teores de Mn, Pb e Zn na calha do rio Madeira. Os teores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn nas amostras de sedimento da calha e tributários do rio Madeira coletadas no período de agosto de 2009 a janeiro de 2012 estão abaixo dos teores orientadores preconizados na Resolução CONAMA 344/2004.

A **Tabela 30** mostra a estatística descritiva das concentrações dos elementos traços Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimento no fator período e entre fatores, considerando a análise pareada dos períodos hidrológicos de enchente e seca de 2010/ enchente e seca de 2011.

A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA Multifatorial) (**Tabela 31**) foi realizada para averiguar as diferenças nas concentrações dos elementos traços Cr, Mn, Ni, Pb e Zn entre os fator períodos hidrológico, estações de amostragem nos tributários e na calha do rio Madeira e entre os fatores.

A **Tabela 32** mostra o teste univariado mostra o níveis de significância entre as interações dos elementos Cr, Mn, Ni, Pb e Zn entre os fator períodos hidrológico, estações de amostragem nos tributários e na calha do rio Madeira e entre os fatores.

**Tabela 30.** Estatística descritiva das concentrações dos elementos traços Cr, Mn, Ni, Pb e Zn nos sedimento no fator período (enchente 2010, vazante 2010, enchente 2011 e vazante 2011) e entre fatores

|                         | Período       |    | N   | Média     | DP        | Erro      | Média     | DP        | Erro |
|-------------------------|---------------|----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| <b>Total</b>            |               |    | 261 | <b>Cr</b> | <b>Cr</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Mn</b> | <b>Mn</b> | <b>Ni</b> | <b>Ni</b> | <b>Ni</b> | <b>Pb</b> | <b>Pb</b> | <b>Pb</b> | <b>Zn</b> | <b>Zn</b> | 1,01 |
| <b>Total</b>            |               |    | 261 | 4,88      | 2,79      | 0,17      | 119,02    | 64,51     | 3,99      | 11,02     | 10,20     | 0,63      | 3,72      | 6,55      | 0,41      | 24,52     | 16,38     | 1,01 |
| <b>Período</b>          | Enchente 2010 |    | 33  | 3,48      | 1,44      | 0,25      | 196,47    | 77,76     | 13,54     | 15,36     | 7,47      | 1,30      | 2,49      | 1,90      | 0,33      | 41,62     | 14,77     | 2,57 |
| <b>Período</b>          | Cheia 2010    |    | 32  | 0,8       | 1,35      | 0,24      | 126,33    | 55,44     | 9,80      | 16,81     | 8,14      | 1,44      | 2,47      | 1,63      | 0,29      | 33,88     | 18,35     | 3,24 |
| <b>Período</b>          | vazante 2010  |    | 31  | 7,08      | 2,76      | 0,50      | 118,50    | 42,97     | 7,72      | 8,55      | 4,05      | 0,73      | 2,20      | 1,34      | 0,24      | 32,76     | 17,87     | 3,21 |
| <b>Período</b>          | Seca 2010     |    | 33  | 4,37      | 1,9       | 0,33      | 135,56    | 39,69     | 6,91      | 12,01     | 16,75     | 2,91      | 8,85      | 16,91     | 2,94      | 20,90     | 9,61      | 1,67 |
| <b>Período</b>          | Enchente 2011 |    | 33  | 4,83      | 1,81      | 0,32      | 105,30    | 67,73     | 11,79     | 9,21      | 16,75     | 2,92      | 2,52      | 1,45      | 0,25      | 9,92      | 4,93      | 0,86 |
| <b>Período</b>          | Cheia 2011    |    | 33  | 7,22      | 2,7       | 0,47      | 77,39     | 48,62     | 8,46      | 8,72      | 3,43      | 0,60      | 3,81      | 2,22      | 0,39      | 15,00     | 12,09     | 2,10 |
| <b>Período</b>          | Vazante 2011  |    | 33  | 5,87      | 1,99      | 0,35      | 111,65    | 48,56     | 8,45      | 10,99     | 5,54      | 0,97      | 3,25      | 2,77      | 0,48      | 23,29     | 10,62     | 1,85 |
| <b>Período</b>          | Seca 2011     |    | 33  | 5,44      | 1,9       | 0,33      | 81,17     | 46,17     | 8,04      | 6,55      | 4,24      | 0,74      | 4,03      | 2,36      | 0,41      | 19,55     | 12,33     | 2,15 |
| <b>Estação</b>          | AF            |    | 119 | 4,81      | 3,1       | 0,28      | 100,50    | 76,72     | 7,03      | 9,77      | 13,79     | 1,26      | 4,17      | 9,51      | 0,87      | 18,59     | 15,55     | 1,43 |
| <b>Estação</b>          | M             |    | 142 | 4,94      | 2,51      | 0,21      | 134,54    | 47,06     | 3,95      | 12,07     | 5,52      | 0,46      | 3,34      | 1,77      | 0,15      | 29,49     | 15,42     | 1,29 |
| <b>Período* Estação</b> | Enchente 2010 | AF | 15  | 3,81      | 1,89      | 0,49      | 184,93    | 103,96    | 26,84     | 12,42     | 8,75      | 2,26      | 2,50      | 2,69      | 0,69      | 34,09     | 17,58     | 4,54 |
| <b>Período* Estação</b> | Enchente 2010 | M  | 18  | 3,19      | 0,88      | 0,21      | 206,08    | 47,60     | 11,22     | 17,80     | 5,28      | 1,25      | 2,49      | 0,91      | 0,21      | 47,90     | 8,03      | 1,89 |
| <b>Período* Estação</b> | Cheia 2010    | AF | 14  | 1,02      | 1,97      | 0,53      | 124,22    | 64,81     | 17,32     | 13,59     | 9,01      | 2,41      | 0,77      | 0,71      | 0,19      | 15,72     | 11,85     | 3,17 |
| <b>Período* Estação</b> | Cheia 2010    | M  | 18  | 0,62      | 0,52      | 0,12      | 127,96    | 48,86     | 11,52     | 19,32     | 6,60      | 1,56      | 3,78      | 0,48      | 0,11      | 48,01     | 4,82      | 1,14 |

Tabela 30. continuação

|                             | Período          |    | N  | Média | DP   | Erro | Média  | DP    | Erro  | Média | DP    | Erro | Média | DP    | Erro | Média | DP    | Erro |
|-----------------------------|------------------|----|----|-------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Vazante<br>2010  | AF | 15 | 7,06  | 3,54 | 0,91 | 117,52 | 48,51 | 12,53 | 7,27  | 4,95  | 1,28 | 1,78  | 1,28  | 0,33 | 28,19 | 19,44 | 5,02 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Vazante<br>2010  | M  | 16 | 7,1   | 1,88 | 0,47 | 119,42 | 38,65 | 9,66  | 9,76  | 2,58  | 0,65 | 2,59  | 1,32  | 0,33 | 37,04 | 15,66 | 3,91 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Seca<br>2010     | AF | 15 | 4,53  | 2,04 | 0,53 | 119,87 | 54,76 | 14,14 | 14,45 | 24,76 | 6,39 | 12,91 | 24,73 | 6,39 | 18,67 | 12,30 | 3,18 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Seca<br>2010     | M  | 18 | 4,24  | 1,82 | 0,43 | 148,63 | 9,90  | 2,33  | 9,98  | 3,66  | 0,86 | 5,46  | 2,83  | 0,67 | 22,76 | 6,43  | 1,52 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Enchente<br>2011 | AF | 15 | 4,41  | 2,3  | 0,60 | 63,85  | 76,03 | 19,63 | 11,08 | 25,17 | 6,50 | 2,31  | 1,83  | 0,47 | 7,73  | 5,33  | 1,38 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Enchente<br>2011 | M  | 18 | 5,17  | 1,23 | 0,29 | 139,85 | 33,09 | 7,80  | 7,65  | 1,10  | 0,26 | 2,69  | 1,07  | 0,25 | 11,74 | 3,81  | 0,90 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Cheia<br>2011    | AF | 15 | 7,2   | 3,7  | 0,96 | 55,82  | 59,91 | 15,47 | 6,78  | 4,16  | 1,08 | 3,83  | 2,76  | 0,71 | 9,22  | 8,81  | 2,28 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Cheia<br>2011    | M  | 18 | 7,24  | 1,57 | 0,37 | 95,36  | 27,24 | 6,42  | 10,33 | 1,32  | 0,31 | 3,80  | 1,74  | 0,41 | 19,82 | 12,52 | 2,95 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Vazante<br>2011  | AF | 15 | 5,31  | 2,48 | 0,64 | 87,82  | 53,59 | 13,84 | 8,24  | 6,75  | 1,74 | 4,08  | 3,68  | 0,95 | 18,18 | 12,97 | 3,35 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Vazante<br>2011  | M  | 18 | 6,33  | 1,38 | 0,33 | 131,50 | 33,99 | 8,01  | 13,28 | 2,85  | 0,67 | 2,56  | 1,49  | 0,35 | 27,54 | 5,59  | 1,32 |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | Seca<br>2011     | AF | 15 | 4,92  | 2,12 | 0,55 | 51,54  | 45,61 | 11,78 | 4,60  | 4,69  | 1,21 | 4,93  | 3,11  | 0,80 | 16,73 | 14,36 | 3,71 |

A Análise de Variâncias Multifatoriais, mostrou que os fatores analisados (período; estações e entre fator) encontrou diferença significativos em todos os fatores e entre faotres, quando analisamos todos os elementos em conjunto (**Tabela 31**). As contribuições dos fatores pode ser checada pelo vapor da probabilidade do teste MANOVA. Neste caso as contribuições ficaram iguais, indicando flutuação geoquímica nas concentrações destes elementos entre os períodos e entre as estações. Os elementos mais importantes Zn, Mn e Pb e Cr, conforme demonstrado pelas probabilidades do teste univariado (**Tabela 32**).

**Tabela 31.** Análise de variâncias multivariada ANOVA/MANOVA comparando os fatores período hidrológicos, estações do Rio Madeira e Afluentes e entre os fatores.

|                        | Test  | Value    | F        | Effect | Error    | p        |
|------------------------|-------|----------|----------|--------|----------|----------|
| <b>Intercepto</b>      | Wilks | 0,072596 | 615,7500 | 5      | 241,000  | 0,000000 |
| <b>Período</b>         | Wilks | 0,176112 | 14,8396  | 35     | 1016,225 | 0,000000 |
| <b>Estação</b>         | Wilks | 0,761161 | 15,1243  | 5      | 241,000  | 0,000000 |
| <b>Período*Estação</b> | Wilks | 0,711628 | 2,4457   | 35     | 1016,225 | 0,000008 |

**Tabela 32.** Teste Univariado analisando os elementos nos fatores período hidrológicos, estações do Rio Madeira e Afluentes e entre os fatores.

|                             | Degr | Cr<br>F | Cr<br>p | Mn<br>F | Mn<br>p | Ni<br>F | Ni<br>p | Pb<br>F | Pb<br>p | Zn<br>F | Zn<br>p |
|-----------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Intercepto</b>           | 1    | 1473,6  | 0,0000  | 1346,0  | 0,0000  | 328,67  | 0,0000  | 93,31   | 0,0000  | 1171,61 | 0,0000  |
| <b>Período</b>              | 7    | 32,63   | 0,0000  | 17,62   | 0,0000  | 4,1199  | 0,0002  | 4,52    | 0,0000  | 27,24   | 0,0000  |
| <b>Estação</b>              | 1    | 0,56    | 0,4541  | 27,560  | 0,0000  | 3,4440  | 0,0646  | 1,08    | 0,2993  | 61,40   | 0,0000  |
| <b>Período*<br/>Estação</b> | 7    | 0,80    | 0,5845  | 1,915   | 0,0677  | 1,3716  | 0,2178  | 1,94    | 0,0629  | 5,31    | 0,0000  |
| <b>Erro</b>                 | 245  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| <b>Total</b>                | 260  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

As **Figuras 104, 105 e 106** mostram as relações estabelecidas entre concentrações dos elementos com os fatores períodos, estações e entre fatores pela técnica do Boxplot. Esta técnica ilustra bem as diferenças e igualdades encontradas nas concentrações dos elementos traço. A avaliação dos boxplot dos fatores corrobora com as probabilidades encontradas no teste multifatorial onde as probabilidades foram significativas.

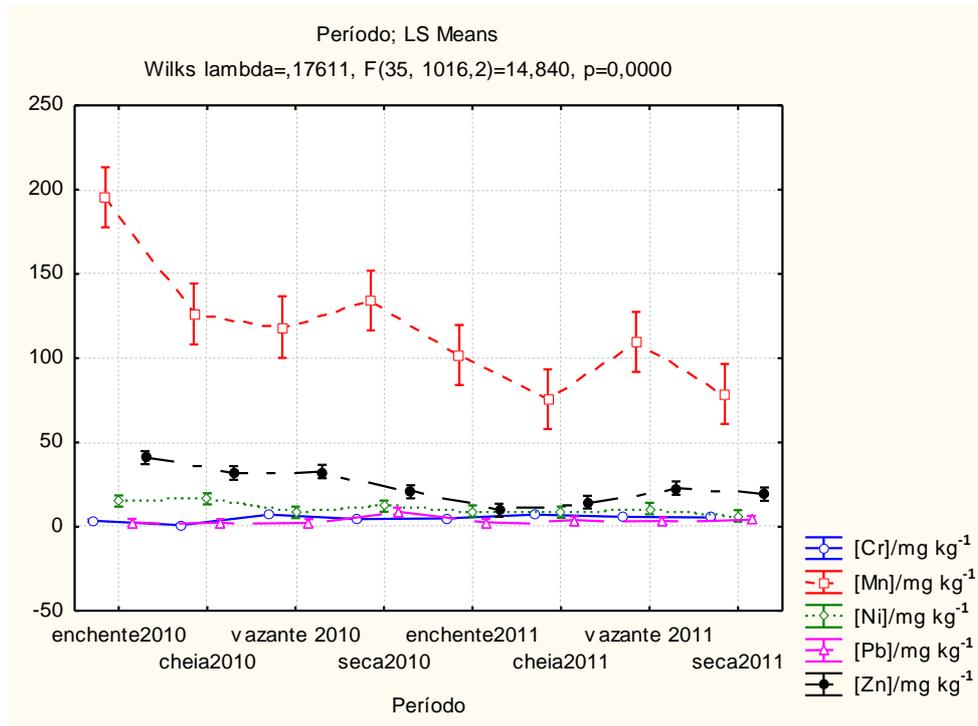


Figura 104. Boxplot comparando as concentrações dos elementos nos Períodos Hidrológicos

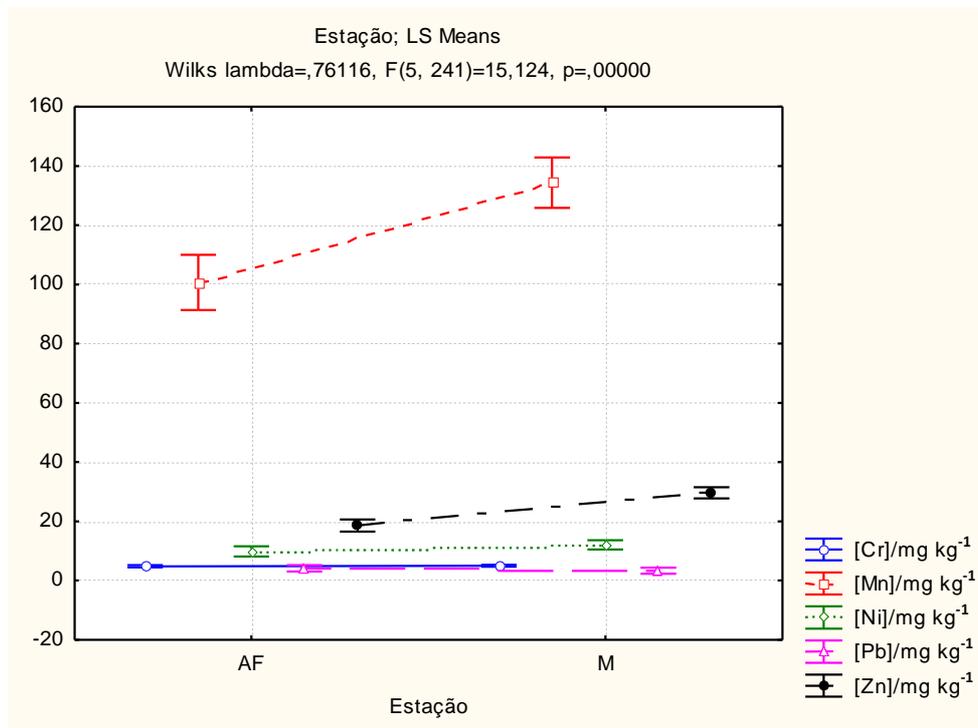
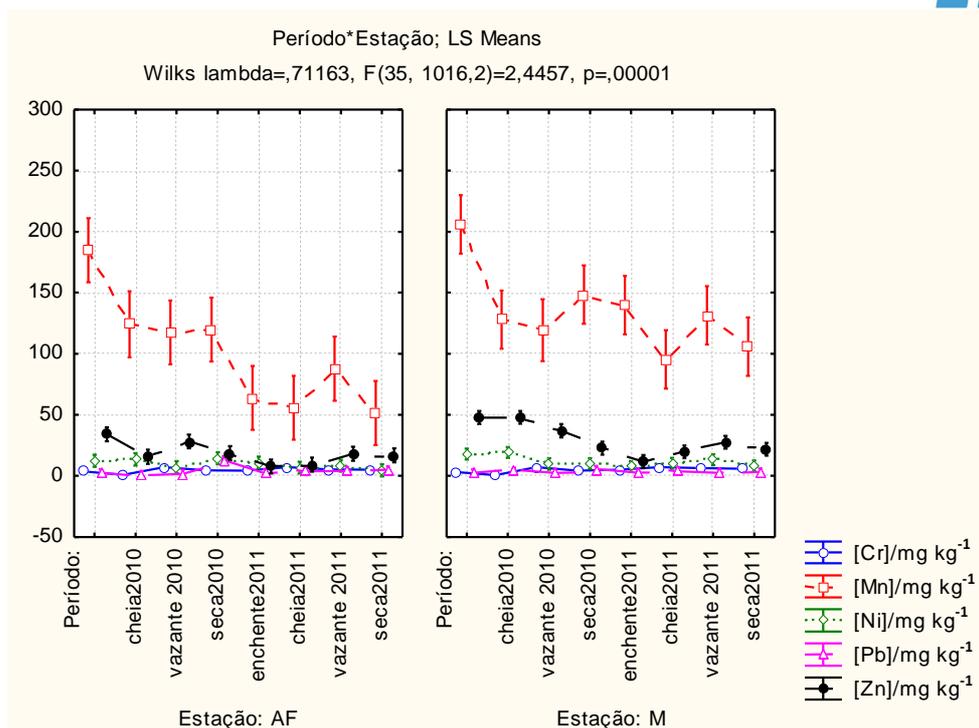


Figura 105. Boxplot comparando as concentrações dos elementos nas estações



**Figura 106.** Boxplot comparando as concentrações dos elementos entre os fatores períodos hidrológicos e as estações.

Os elementos traços Cr, Mn, Ni, Pb e Zn analisados estão associados a três fontes principais que são rocha/solo autoctone; transporte aéreo; transporte hidrico que pode ser via erosão/lixiviação e ainda do degelo das geleiras dos Andes. A área da bacia é bastante extensa sofrendo ainda impactos do desmatamento e queimadas das florestas tropicais, fontes antrópicas que por sua vez aumentam a entrada de elementos traços via cinzas. Uma das formas de se avaliar a dinâmica destes elementos nos ciclos biogeoquímicos é o estudo do sedimento e sua composição geoquímica. É notório que os elementos traços podem trazer sérios riscos a saúde humana, havendo assim a necessidade de técnicas estáticas e funcionais capazes de elucidar estes riscos. Neste sentido, o estudo da biogeoquímica associado aos testes estáticos multifatoriais são essenciais, para o entendimento e elucidação das respostas funcionais destes elementos na estrutura e composição deste ecossistema ou ecossistemas envolvidos. As dinâmicas são pouco conhecidas, assim a contribuição deste estudo possibilitará um aprofundamento do conhecimento desta dinâmica e sua complexidade nos processos de magnificação nas teias tróficas e por fim a susceptibilidade aos riscos a saúde humana.

As **Figuras 104, 105 e 106** mostram as relações estabelecidas entre concentrações dos elementos com os fatores períodos, estações e entre fatores pela

técnica do Boxplot. Esta técnica ilustra bem as diferenças e igualdades encontradas nas concentrações dos elementos traço. A avaliação dos boxplot dos fatores corrobora com as probabilidades encontradas no teste multifatorial onde as probabilidades foram significativas.

A Análise de Variâncias Multifatoriais, mostrou que os fatores analisados (período; estações e entre fator) encontrou diferença significativos em todos os fatores e entre faotres, quando analisamos todos os elementos em conjunto. As contribuições dos fatores pode ser checada pelo vapor da probabilidade do teste MANOVA. Neste caso as contribuições ficaram iguais, indicando flutuação geoquímica nas concentrações destes elementos entre os períodos e entre as estações. Os elementos mais importantes Zn, Mn e Pb e Cr, conforme demonstrado pelas probabilidades do teste univariado.

Os teores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn determinados nas 976 amostras de peixe (**Tabela 33**) analisadas no período de agosto de 2009 à janeiro de 2012 estão abaixo dos valores preconizados pela Portaria ANVISA nº. 685 de 27 de agosto de 1998 enquanto que os teores de Se estão abaixo do limite de tolerância recomendável pela Organização Mundial da Saúde, não evidenciando possíveis rotas de contaminação da população tradicional do rio Madeira pelos elementos As, Cd, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn.

O Programa de Conservação da Fauna Silvestre executa o monitoramento por avistamentos de mamíferos aquáticos e semiaquáticos e apenas amostras de material biológico (tecido muscular) de animais destinados para o tombamento em coleção científica ou descarte são destinados à análise de elementos traço, evitando o estressar os animais com a captura e retirada de material biológica. No período de agosto de 2009 a janeiro de 2012 não houve ocorrência de animais destinados para tombamento em coleção científica ou descarte. Os baixos níveis de elementos traço observados nas espécimes da ictiofauna piscívoras, onívoras e carnívoras associado a ausência de fontes de contaminação difusa de elementos traços na bacia do rio Madeira possibilita inferir tendência de baixos níveis de elemento traço nos elos superiores da cadeia alimentar correspondentes aos mamíferos aquáticos e semiaquáticos, sendo que a execução das análises de elementos traço na amostras de mamíferos aquáticos e semiaquáticos neste contexto são desconsideráveis à avaliação da dinâmica dos elementos traço nas áreas de influência direta e indireta da UHA Jirau.

**Tabela 33.** Resultados das concentrações (mg kg<sup>-1</sup>) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe.

| Espécime   |                      | As    | Cd    | Cr    | Mn        | Ni    | Pb        | Se    | Zn         |
|--|----------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|
| <b>Piau (<i>Leporinus fasciatus</i>)</b>                     | (n = 86 ) onívoro    | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,89±0,12 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 12,85±3,11 |
| <b>Sardinha (<i>Triportheus albus</i>)</b>                   | (n= 42 - onívoro)    | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,67±0,71 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 11,51±2,28 |
| <b>Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)</b>                | (n=38 - onívora)     | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,53±0,18 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 9,48±4,55  |
| <b>Mandi (<i>Pimelodus sp</i>)</b>                           | (n = 07 - onívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,58±0,15 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 10,53±2,90 |
| <b>Jatuarana (<i>Argonectes scapularis</i>)</b>              | (n = 23 - onívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,29±0,04 | < 0,5 | 0,28±0,15 | < 0,5 | 12,95±1,56 |
| <b>Jaraqui (<i>Semaprochilodus theraponera</i>)</b>          | (n = 33 - onívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,66±0,05 | < 0,5 | 0,13±0,02 | < 0,5 | 14,14±2,53 |
| <b>Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)</b>                      | (n = 18 - piscívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,62±0,10 | < 0,5 | 0,92±0,23 | < 0,5 | 15,22±2,20 |
| <b>Peixe cachoro (<i>Acestrorhynchus falcistrostris</i>)</b> | (n =10 - piscívoro)  | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,96±0,07 | < 0,5 | 0,62±0,05 | < 0,5 | 12,42±2,85 |
| <b>Apapá (<i>Pellona Castelnaeana</i>)</b>                   | (n=52 - psívoro)     | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,26±0,17 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 14,70±3,42 |
| <b>Pescada (<i>Plagioscion sp</i>)</b>                       | (n = 60 - piscívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,38±0,19 | < 0,5 | 0,60±0,06 | < 0,5 | 14,56±2,75 |
| <b>Barbado (<i>Pinirampus pirinampu</i>)</b>                 | (n=50 - carnívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,68±0,40 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 11,33±4,21 |
| <b>Piranha (<i>Serrasalmus sp</i>)</b>                       | (n=54 - carnívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 2,44±0,58 | < 0,5 | 1,26±0,52 | < 0,5 | 24,82±3,46 |
| <b>Traíra (<i>Hoplias malabaricus</i>)</b>                   | (n=18 - carnívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,68±0,35 | < 0,5 | < 0,5     | < 0,5 | 8,62±1,77  |
| <b>Dourada (<i>Brachyplatystoma avicans</i>)</b>             | (n=174 - carnívoro)  | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,99±0,34 | < 0,5 | 0,65±0,11 | < 0,5 | 19,81±3,85 |
| <b>Barba Chata (<i>Pinirampus pirinampu</i>)</b>             | (n=60 - carnívoro)   | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,65±0,16 | < 0,5 | 1,77±0,21 | < 0,5 | 20,53±2,38 |
| <b>Tucunaré (<i>Cichla ocellaris</i>)</b>                    | (n = 34 - carnívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 0,91±0,09 | < 0,5 | 1,21±0,47 | < 0,5 | 13,89±2,11 |
| <b>Pintado (<i>Pseudoplatystoma</i>)</b>                     | (n = 36 - carnívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,23±0,19 | < 0,5 | 1,02±0,15 | < 0,5 | 16,18±1,83 |
| <b>Arumará (<i>Acestrorhynchus</i>)</b>                      | (n = 23 - carnívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 2,17±0,26 | < 0,5 | 0,67±0,10 | < 0,5 | 19,98±2,50 |
| <b>Surubim (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>)</b>           | (n = 23 - carnívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,81±0,25 | < 0,5 | 1,68±0,25 | < 0,5 | 18,71±4,30 |
| <b>Filhote (<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>)</b>        | (n = 23 - carnívoro) | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | 1,47±0,07 | < 0,5 | 1,78±0,19 | < 0,5 | 18,06±1,42 |

### **5.13. Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras**

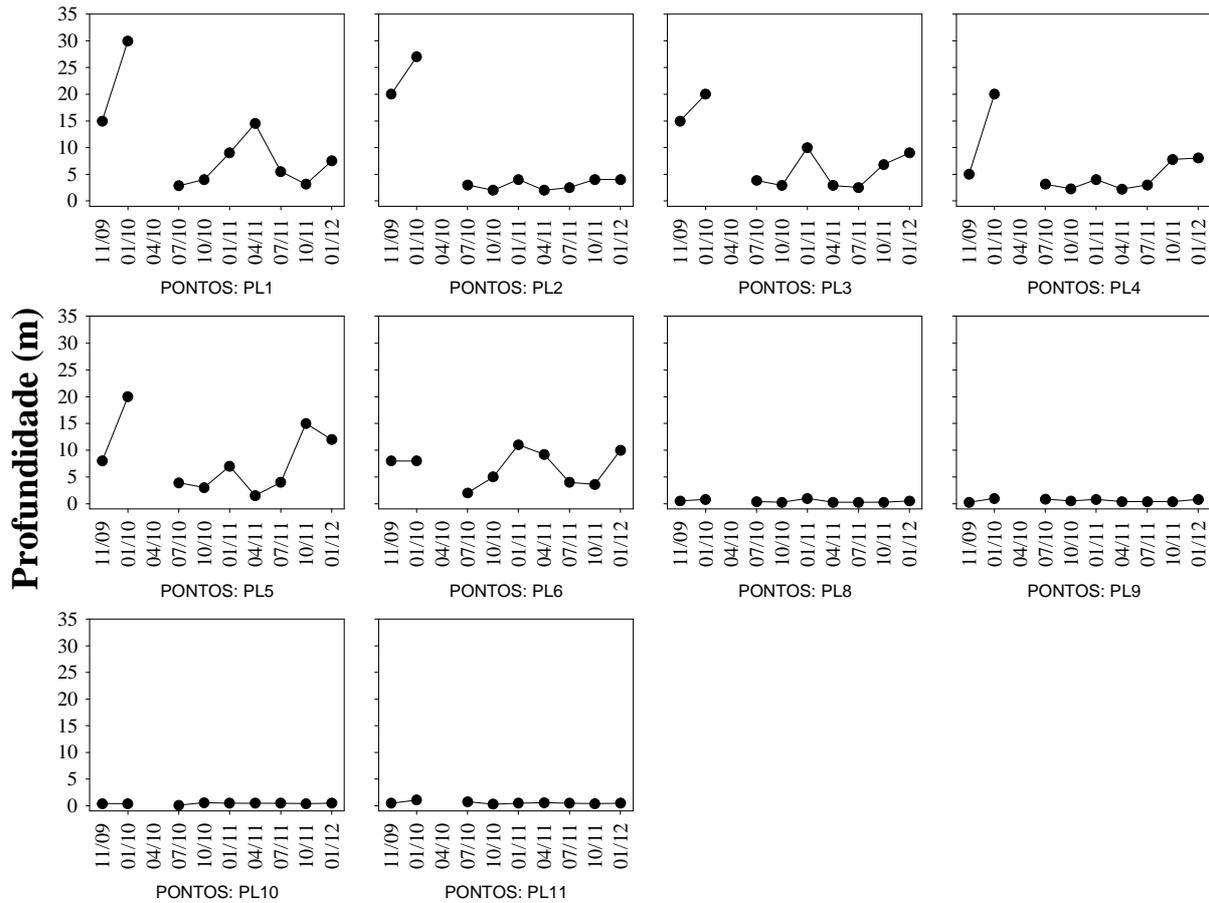
Os resultados apresentados a seguir se referem ao monitoramento limnológico realizado a montante e jusante do canteiro de obras do AHE Jirau, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

Conforme informado nos Relatórios Técnicos anteriores, as coletas foram realizadas em 10 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 (**Anexo VI**).

#### **5.13.1. Variáveis físicas e químicas**

##### ***Profundidade***

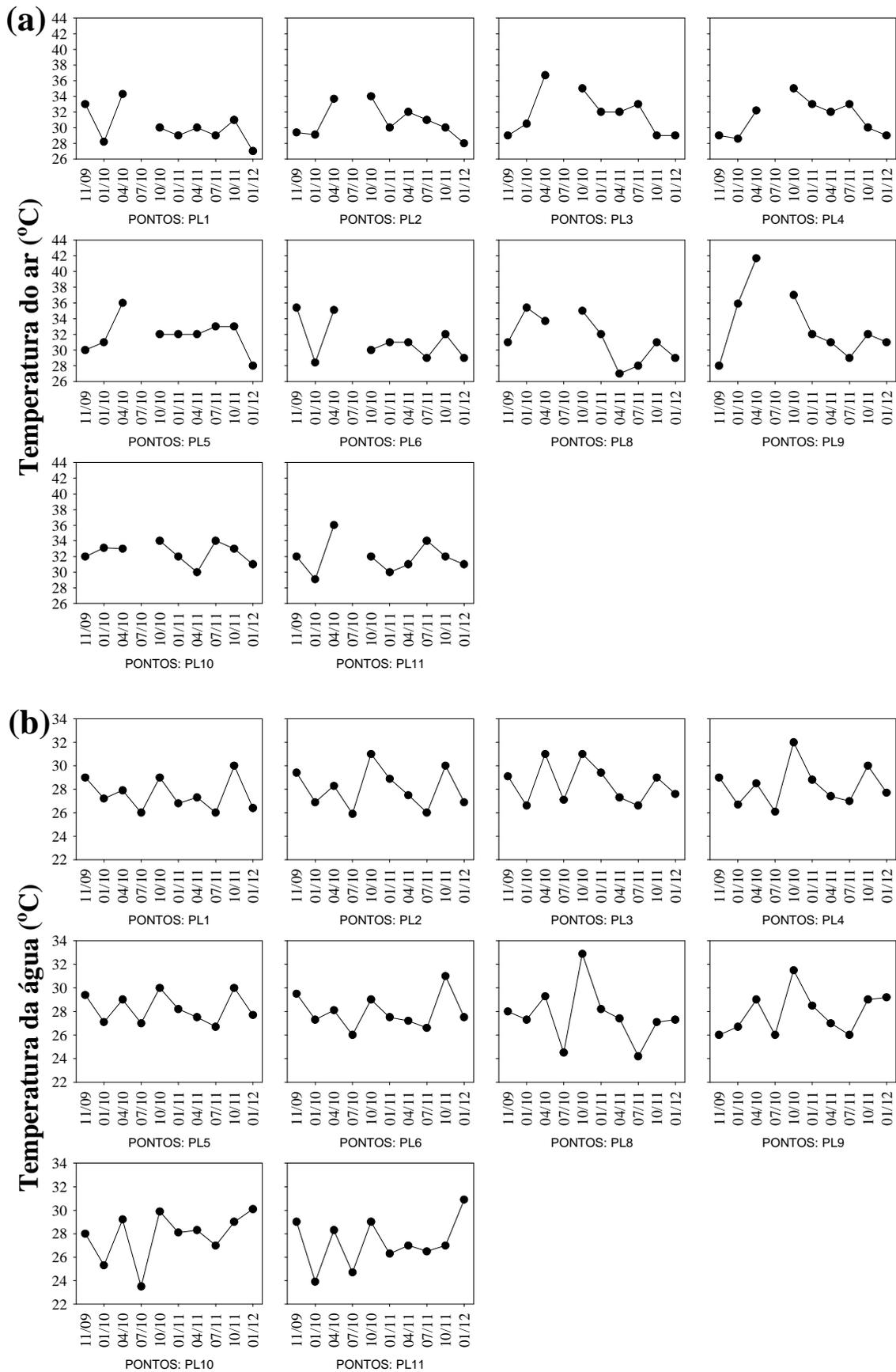
Em média, os maiores valores de profundidade foram registrados durante o período de chuvas na região, principalmente janeiro de 2010, janeiro de 2011 e janeiro de 2012. Além disso, as maiores profundidades frequentemente foram registradas nos pontos localizados no rio Madeira (PL1 até PL6) (**Figura 107**).



**Figura 107.** Variação temporal nos valores de profundidade registrados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *Temperatura do ar, água e oxigênio dissolvido*

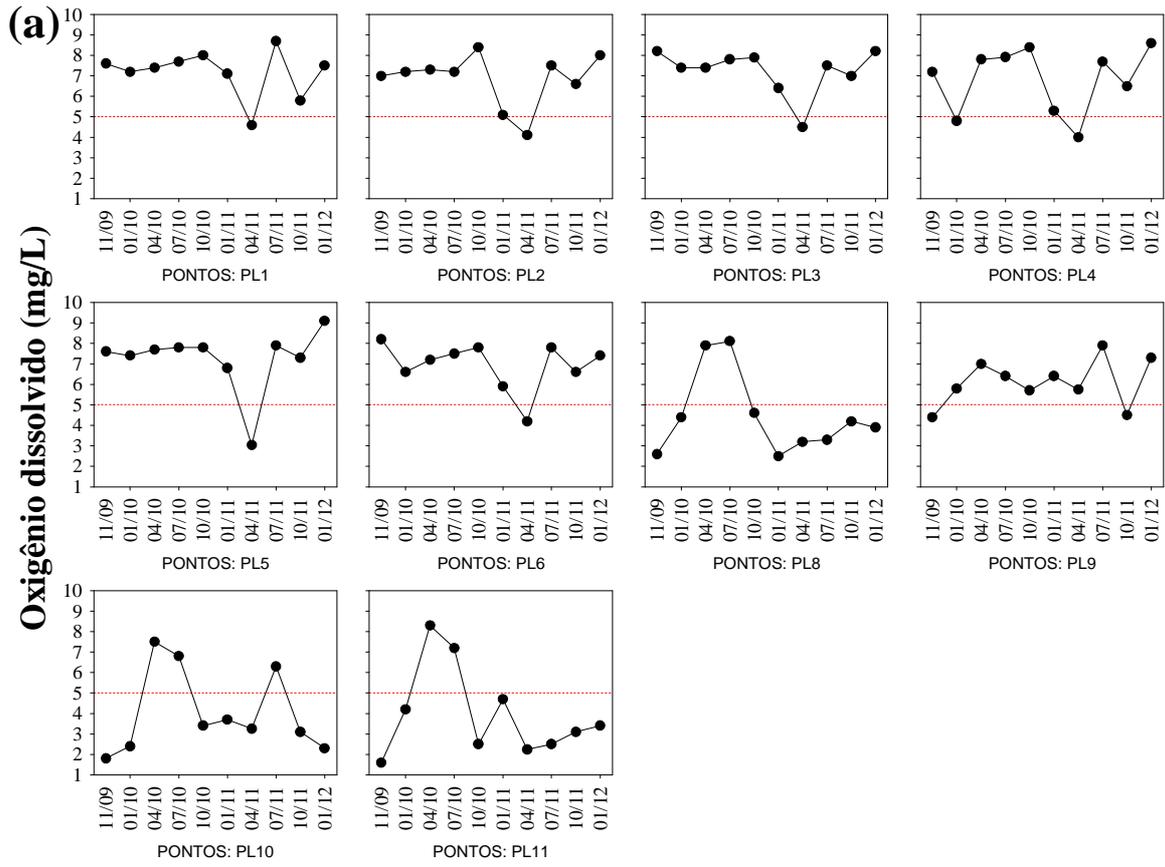
Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físicos e químicos. Em janeiro de 2012, o valor médio da temperatura do ar foi igual a 29,2°C (**Figura 108a**), enquanto que o valor médio da temperatura da água foi igual a 28,1°C (**Figura 108b**). Em média, os maiores valores de temperatura da água foram mensurados em outubro de 2010 e outubro de 2011 (média igual a 28,6°C em novembro de 2009; 26,5°C em janeiro de 2010; 28,9°C em abril; 25,7°C em julho; 30,5°C em outubro; 28,07°C em janeiro de 2011, 27,4°C em abril; 26,3°C em julho; 29,2°C em outubro e 28,13°C em janeiro de 2012). Padrão similar foi obtido no monitoramento limnológico na área de influencia do AHE Jirau, em 20 ponto de coleta.

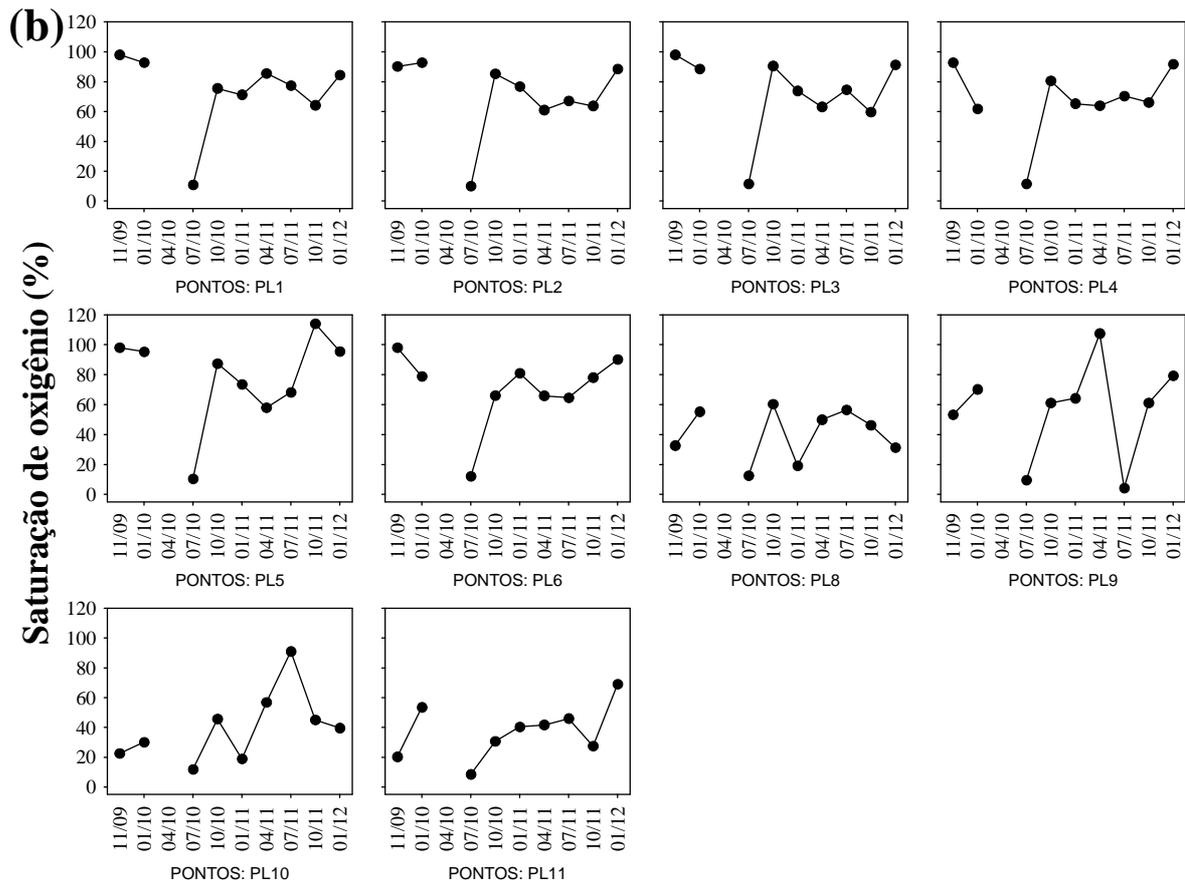


**Figura 108.** Variação temporal dos valores de temperatura do ar (a) e da água (b), mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

De maneira geral, as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas em novembro de 2009, janeiro de 2010, janeiro e abril de 2011 e outubro de 2011, ou seja, principalmente durante o período de chuvas (média igual a 5,6 mg/L em novembro de 2009; 5,74 mg/L em janeiro de 2010; 7,55 mg/L em abril; 7,44 mg/L em julho; 6,45 mg/L em outubro; 5,39 mg/L em janeiro de 2011; 3,89 mg/L em abril; 6,71 mg/L em julho; 5,5 mg/L em outubro e 6,6 mg/L em janeiro de 2012). Em janeiro de 2012, tais valores variaram entre 2,3 mg/L (ponto PL10) e 9,1 mg/L (ponto PL5, localizado no rio Madeira) (**Figura 109a**). Nesse mês, os pontos PL8, PL10 e PL11 apresentaram concentrações de oxigênio superiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357 (5,0 mg/L). Padrão similar foi obtido considerando a porcentagem de saturação de oxigênio (**Figura 109b**).

Ao longo de todo o período monitorado, em média, as menores concentrações de oxigênio foram registradas nos pontos localizados nos tributários (pontos PL08, PL09, PL10 e PL11) (média igual a 7,04 mg/L no rio Madeira e 4,65 mg/L nos tributários), principalmente nos pontos PL8, PL10 e PL11, que frequentemente apresentam pouca profundidade, pouca movimentação da água e grande influência do ambiente terrestre adjacente.





**Figura 109.** Variação temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (a) e porcentagem de saturação de oxigênio (b), mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *Transparência da água, turbidez, cor e sólidos totais*

A transparência da água é medida em campo utilizando-se o disco de Secchi. Em janeiro de 2012, os valores de transparência foram iguais a 5 cm nos pontos localizados no rio Madeira. De maneira geral, os maiores valores de transparência foram freqüentemente mensurados nos tributários do trecho estudado, que freqüentemente apresentam transparência total, tendo em vista a baixa profundidade desses locais (**Figura 110a**).

A turbidez indica a capacidade da água em dispersar a radiação luminosa, dependendo da concentração da matéria inorgânica e orgânica suspensa. Em janeiro de 2012, os valores de turbidez variaram entre 5 NTU (PL10) e 984 NTU (PL3, localizado no rio Madeira) (**Figura 110b**). Nesse mês, somente os pontos PL8, PL9 e PL10 (localizados no tributários) apresentaram valores de turbidez inferiores ao limite indicado na Resolução CONAMA n° 357/2005 (100 NTU).

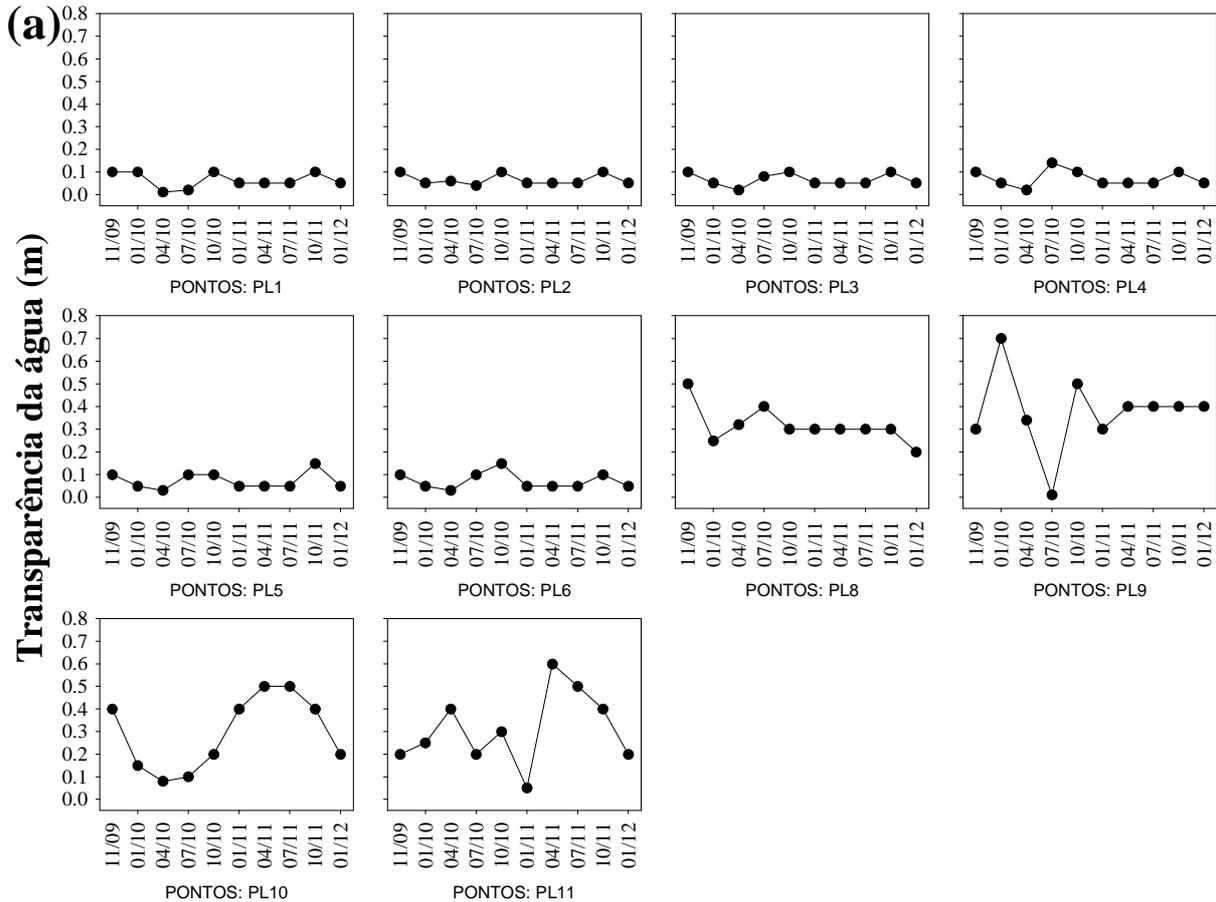
Em média, os maiores valores de turbidez foram registrados em janeiro de 2010, janeiro de 2011 e janeiro de 2012 (média igual a 459,8 NTU em novembro de 2009; 714,8 NTU em janeiro de 2010; 42,87 NTU em abril; 81,4 NTU em julho; 85,9 NTU em outubro; 717,4 NTU em janeiro de 2011; 315,16 NTU em abril; 106,2 NTU em julho; 214,3 NTU em outubro e 538,8 NTU em janeiro de 2012). Além disso, os maiores valores foram freqüentemente mensurados nos pontos localizados no rio Madeira (pontos PL1 a PL6). Resultado similar foi obtido através do monitoramento limnológico em 20 pontos na área de influência do AHE Jirau.

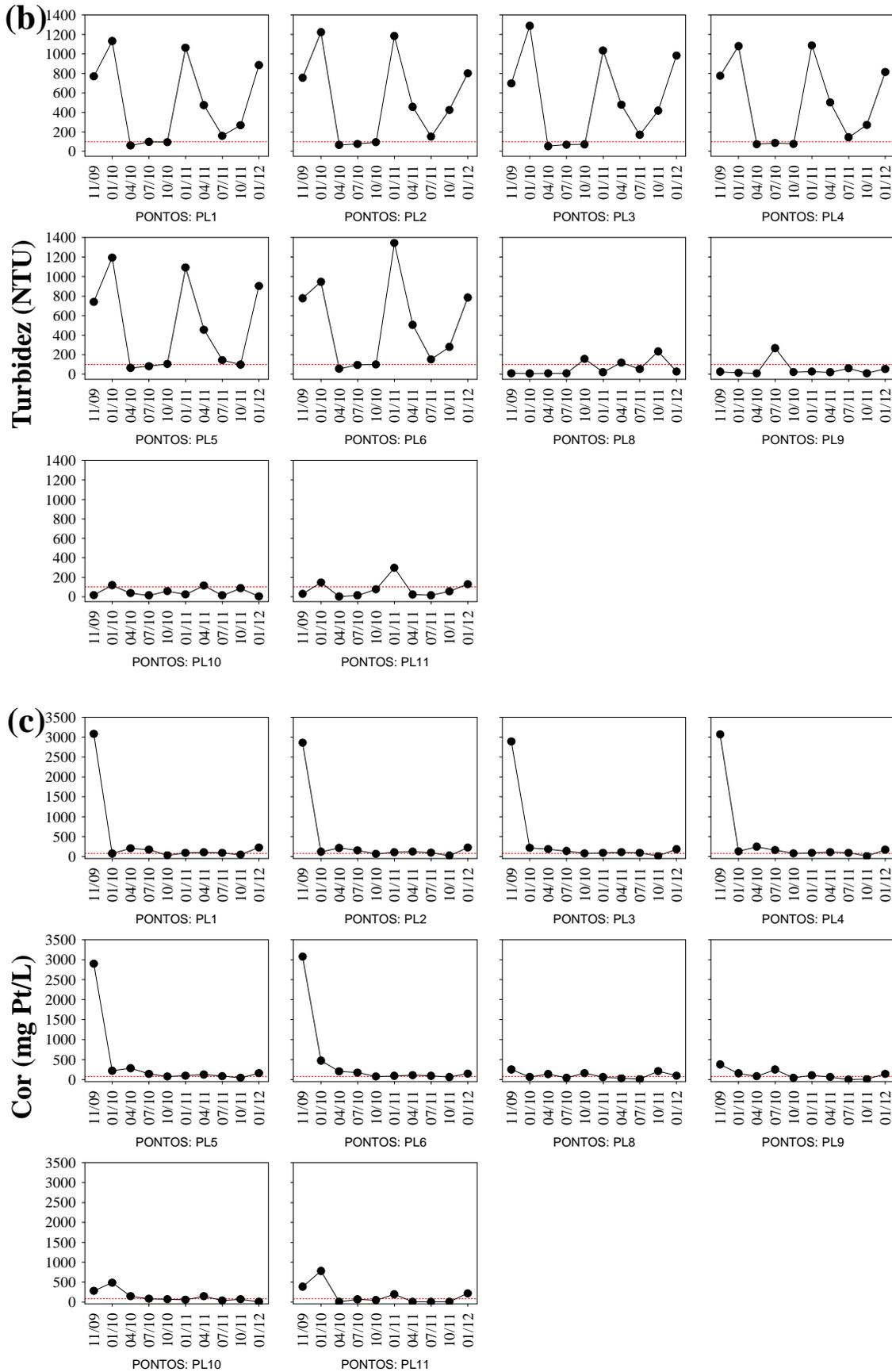
De maneira similar, elevados valores de cor foram obtidos nos pontos monitorados no rio Madeira (média igual a 415,5 mg Pt/L no rio Madeira e 134,2 mg Pt/L nos tributários) (**Figura 110c**). Além disso, maiores valores também foram mensurados em novembro de 2009, janeiro e abril de 2010 e janeiro de 2012 (média igual a 1917 mg Pt/L; 271,9 mg Pt/L; 179,8 mg Pt/L e 156,7 mg Pt/L, respectivamente). Em janeiro de 2012, somente o ponto PL10 apresentou valor de cor inferior ao limite indicado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (75 mg Pt/L).

De maneira similar ao observado para os valores de turbidez, os maiores valores de sólidos em suspensão foram registrados em janeiro de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012, durante o período de chuvas (média igual a 267,3 mg/L em novembro de 2009; 431,4 mg/L em janeiro de 2010; 79,7 mg/L em abril; 54,4 mg/L em julho; 46 mg/L em outubro; 507,8 mg/L em janeiro de 2011; 309,6 mg/L em abril; 121,6 mg/L em julho; 170,5 mg/L em outubro e 297,7 mg/L em janeiro de 2012). Além disso, as maiores concentrações de sólidos em suspensão também foram obtidas nos pontos monitorados no rio Madeira (média igual a 350,5 mg/L no rio Madeira e 45,8 mg/L nos tributários) (**Figura 111a**). As maiores concentrações de sólidos totais também foram mensuradas em janeiro de 2010 e janeiro de 2011 (média igual a 585 mg/L e 534,9 mg/L, respectivamente) (**Figura 111b**). Além disso, ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento, foi possível observar que a maior fração de sólidos na água foi de origem inorgânica (sólidos fixos) (média igual a 227,3 mg/L de sólidos fixos e 35,01 mg/L de sólidos voláteis) (**Figura 111c e 111d**).

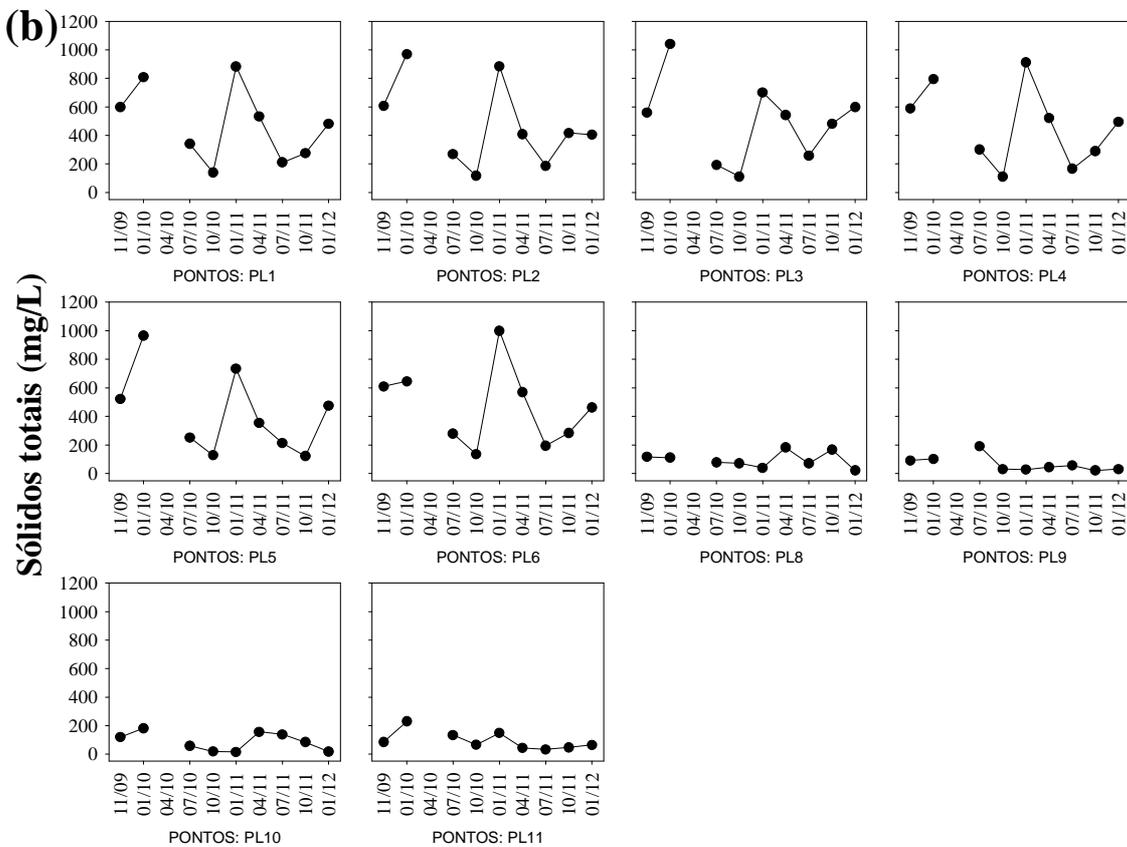
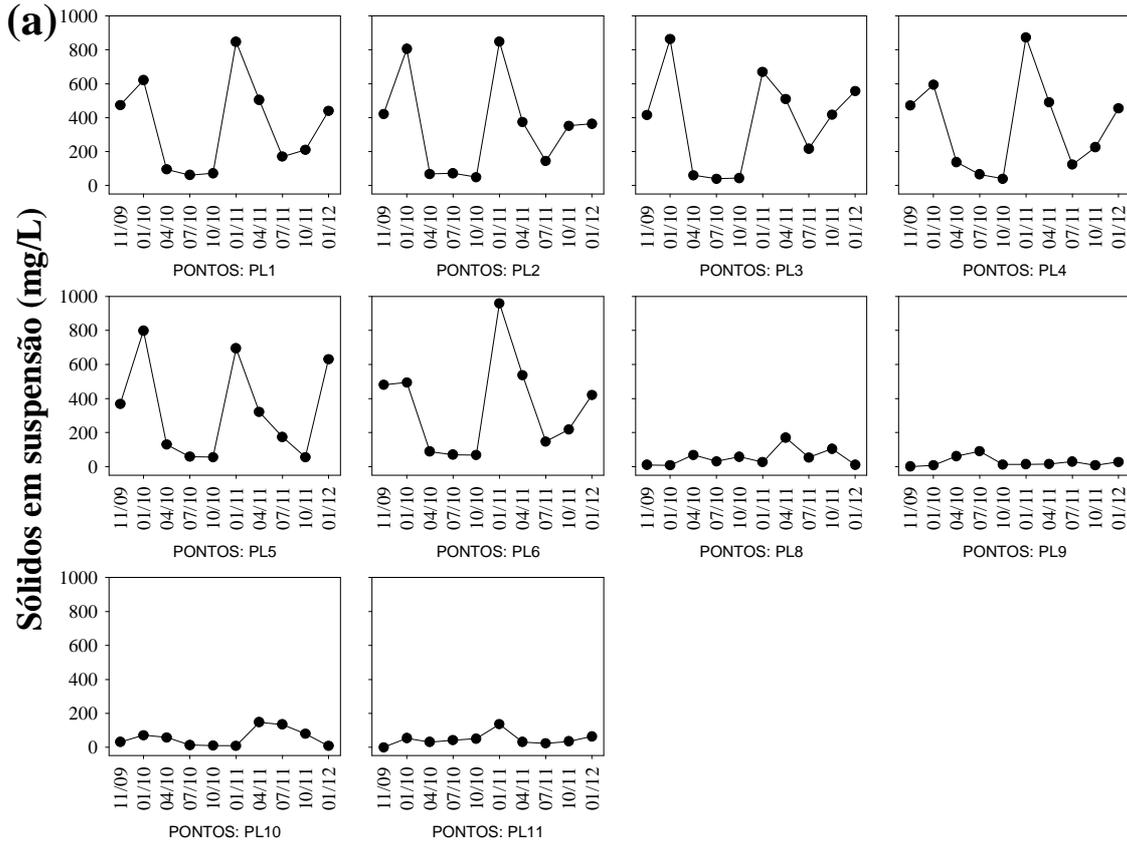
De maneira geral, foi possível observar um acréscimo significativo nos valores de turbidez, sólidos em suspensão e sólidos totais nos meses de janeiro e abril, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira. Tais resultados corroboram àqueles encontrados no Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau, o que pode ser explicado pelos maiores índices de precipitação pluviométrica na região e

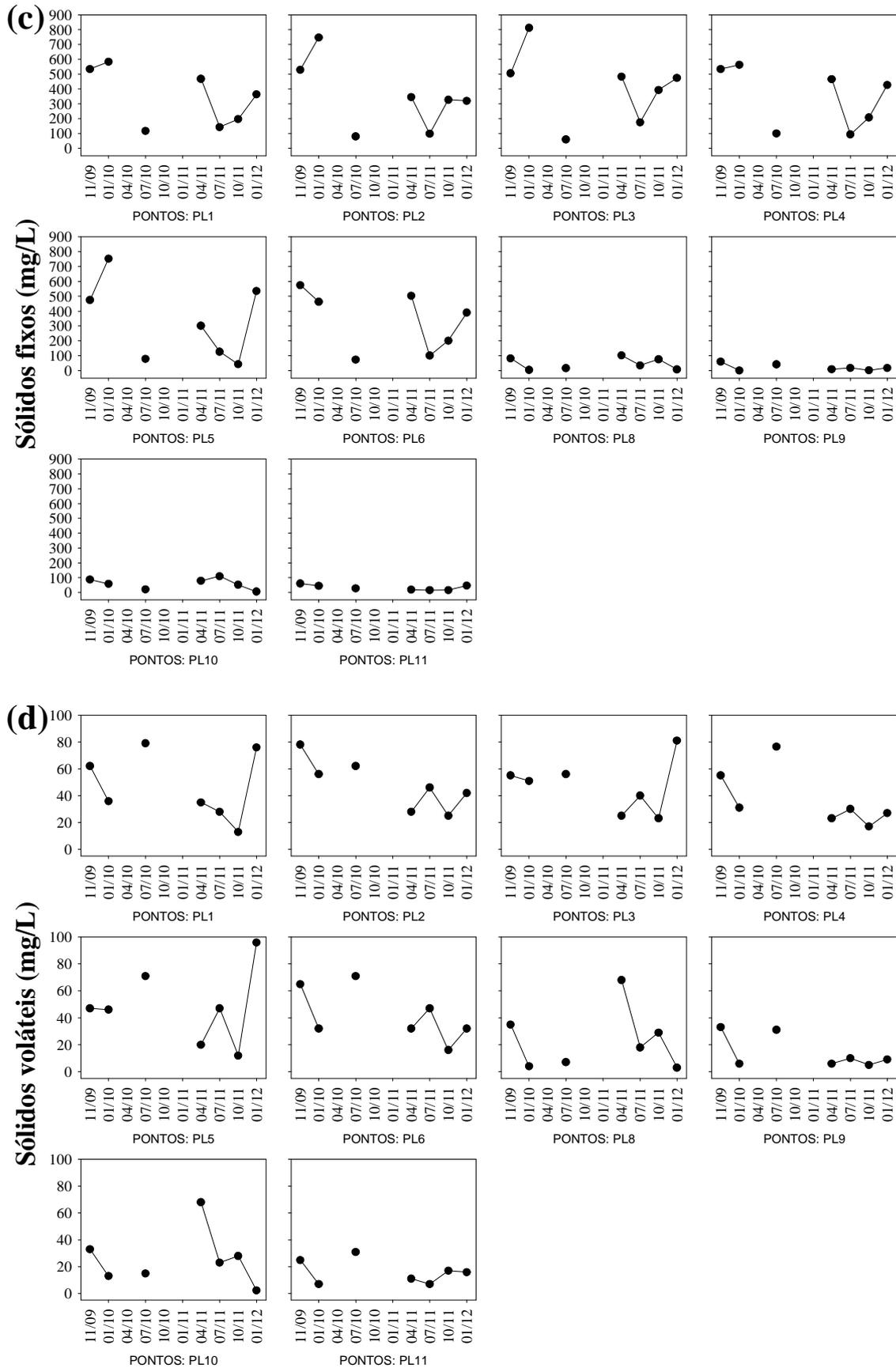
consequente escoamento superficial do ambiente terrestre para o ecossistema terrestre. Assim, tais resultados são características intrínsecas dos ambientes estudados, não sendo evidência de impacto das atividades do canteiro de obras sobre as características limnológicas desses locais





**Figura 110.** Variação temporal dos valores de transparência da água (a), turbidez (b) e cor verdadeira (c) mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.





**Figura 111.** Concentrações de sólidos em suspensão (a), sólidos totais (b), sólidos fixos (c) e sólidos voláteis (d) mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

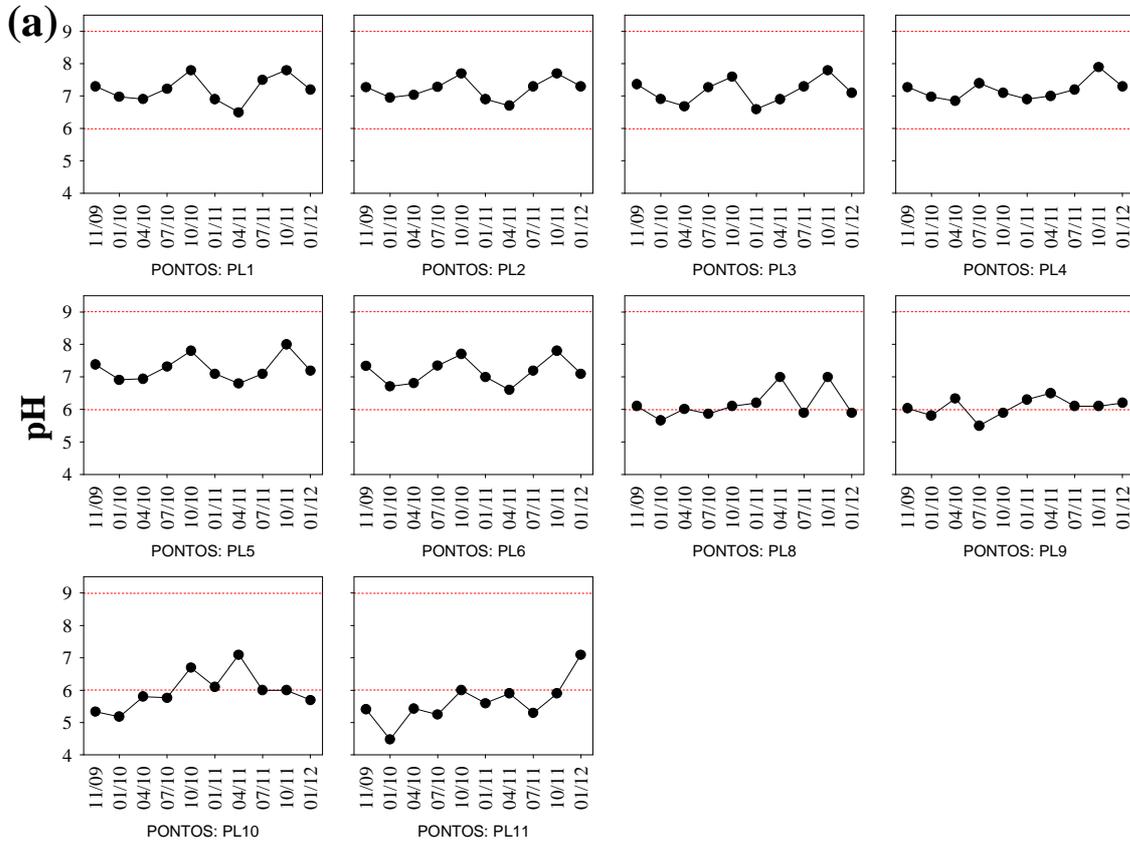
***pH, potencial óxido-redução, Condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos***

Em janeiro de 2012, os valores de pH variaram entre 5,7 (ponto PL10) e 7,3 (pontos PL2 e PL4). Em média, tais valores foram similares àqueles mensurados nos demais meses monitorados (**Figura 112a**). Nesse mês, somente os pontos PL8 e PL10 apresentaram valores inferiores a 6,0 (limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA). De maneira geral, ao longo de todo o período monitorado, foi possível observar que os menores valores de pH foram registrados nos igarapés estudados (média igual a 5,9 nos tributários e 7,2 no rio Madeira). Assim como observado no Programa de Monitoramento Limnológico, muitos desses igarapés estudados apresentam águas escuras, que tendem a apresentar baixos valores de pH, e baixas concentrações de íons e nutrientes. Ao longo de todo o período monitorado também foram obtidos elevados valores de potencial de óxido-redução (média igual a 119,4 mV, com intervalo de confiança  $IC_{95\%}=104,2-134,6$  mV), indicando a predominância de processos de oxidação no trecho estudado (**Figura 112b**).

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. Em janeiro de 2012, os valores de condutividade elétrica variaram entre 4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto PL11) e 83  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (pontos PL3 e PL6). Em média, ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados em outubro de 2010 e outubro de 2011, assim como observado nos 20 pontos amostrados no Programa de Monitoramento Limnológico. Provavelmente, durante o período de chuvas ocorra diluição dos íons na coluna da água. Além disso, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram os maiores valores de condutividade (média igual a 89,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no rio Madeira e 24,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nos tributários) (**Figura 113a**).

Padrão similar de variação foi obtido considerando as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), que apresentaram maiores concentrações nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 68 mg/L no rio Madeira e 35,7 mg/L nos tributários) (**Figura 113b**). De fato, 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.

Ao longo de todo o período monitorado, todos os locais apresentaram concentrações de sólidos totais dissolvidos inferiores ao limite máximo esperado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L),



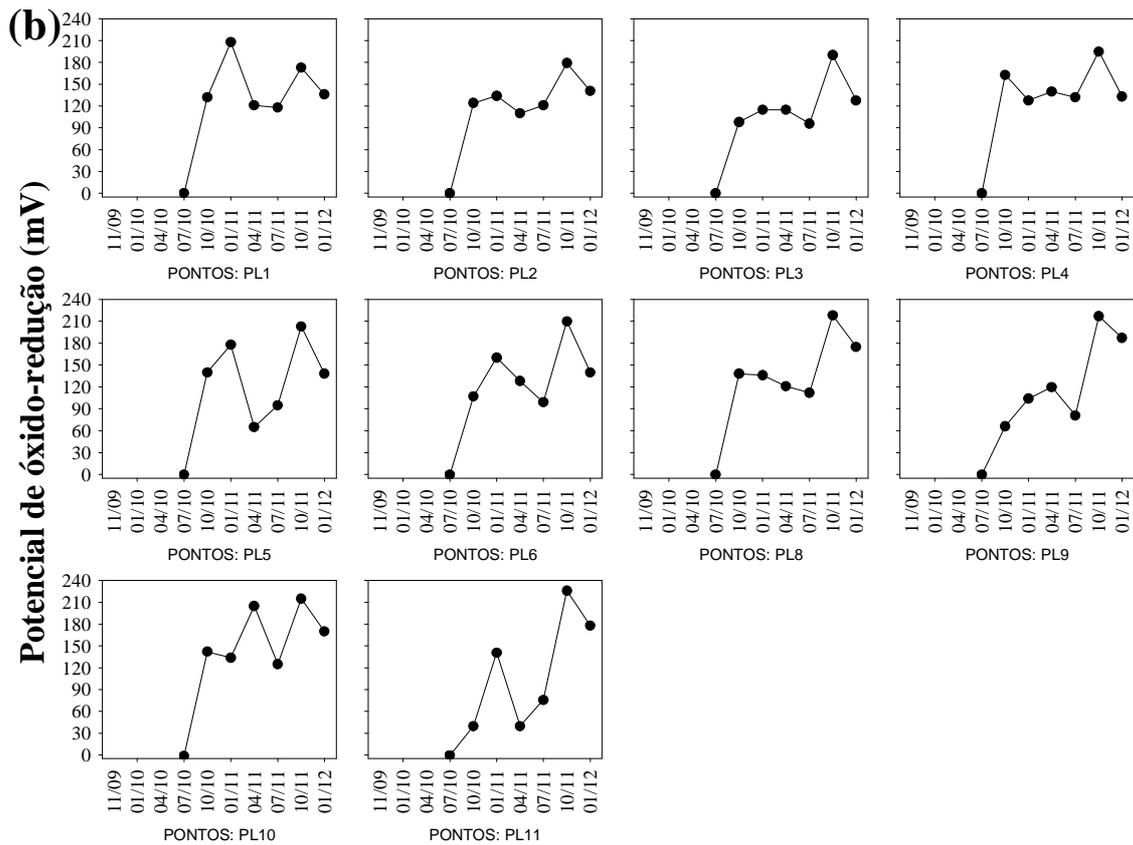
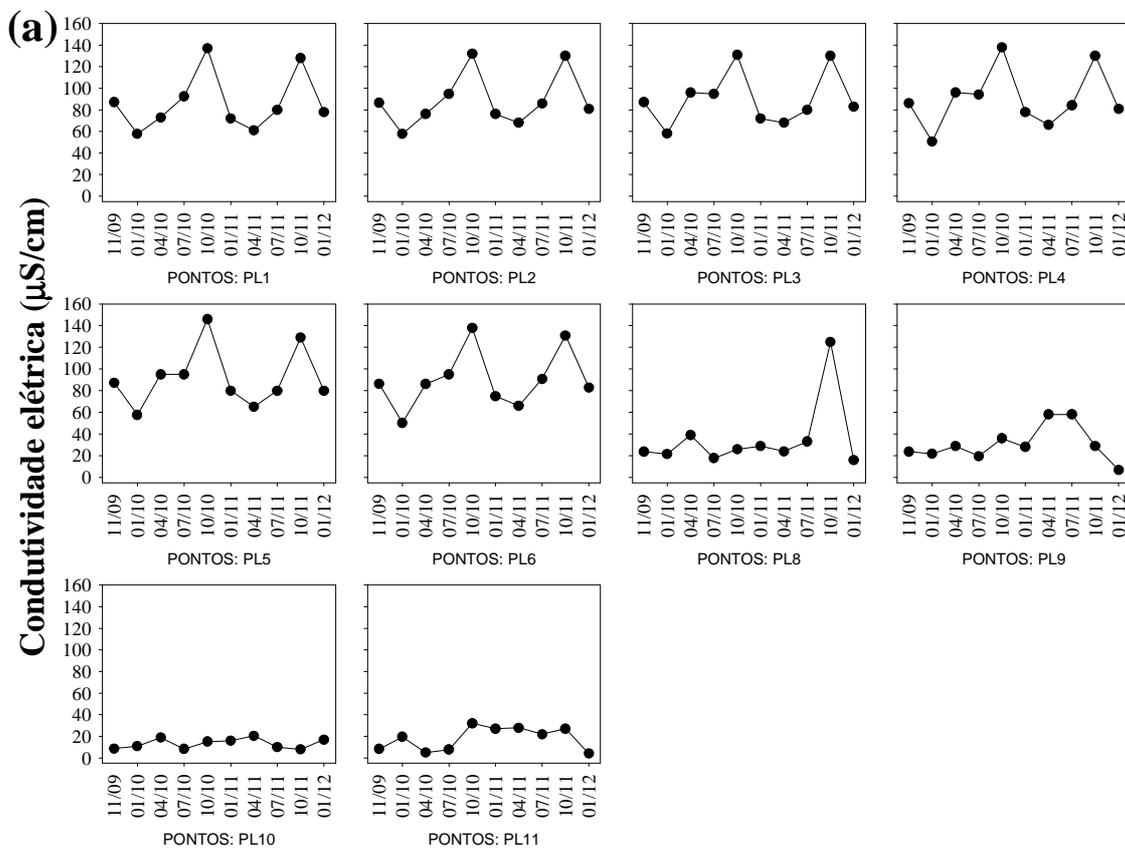
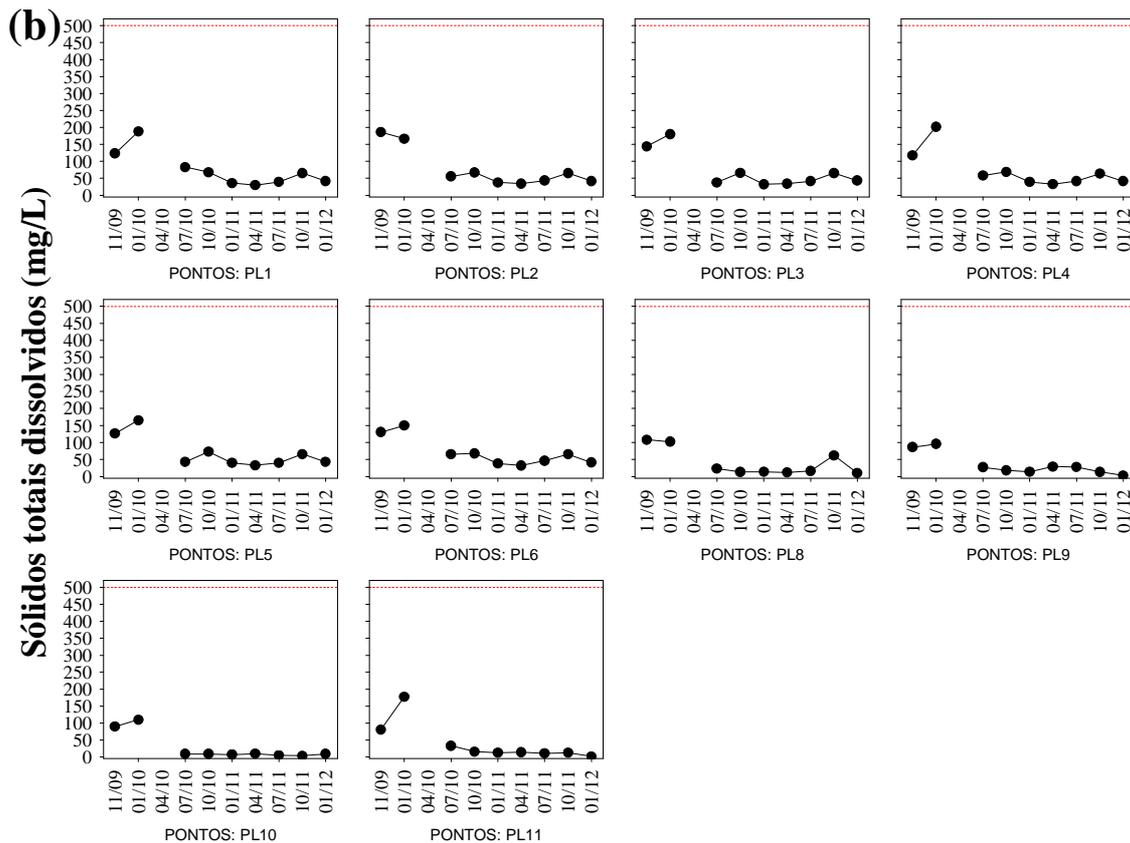


Figura 112. Valores de pH (a) e potencial de óxido-redução (b) mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.





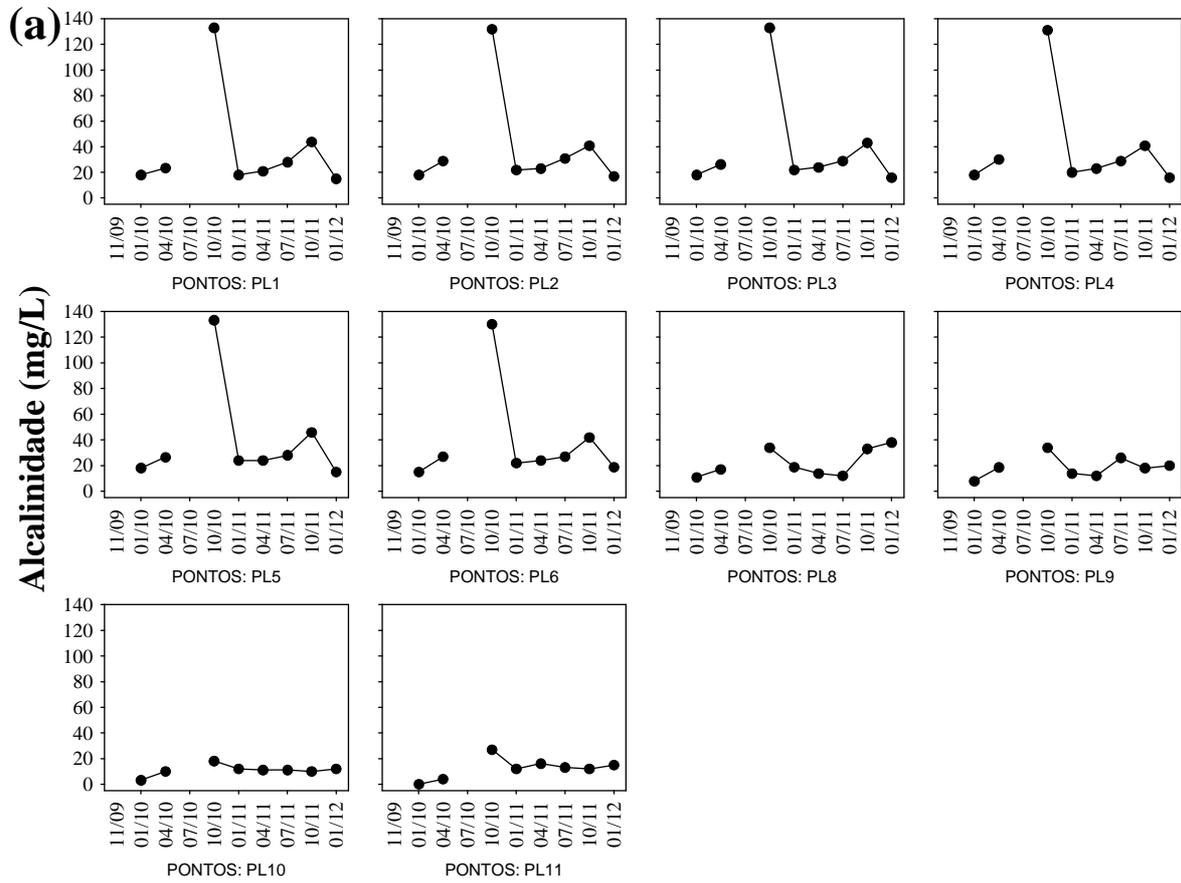
**Figura 113.** Valores de condutividade elétrica (a) e sólidos totais dissolvidos (b) mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

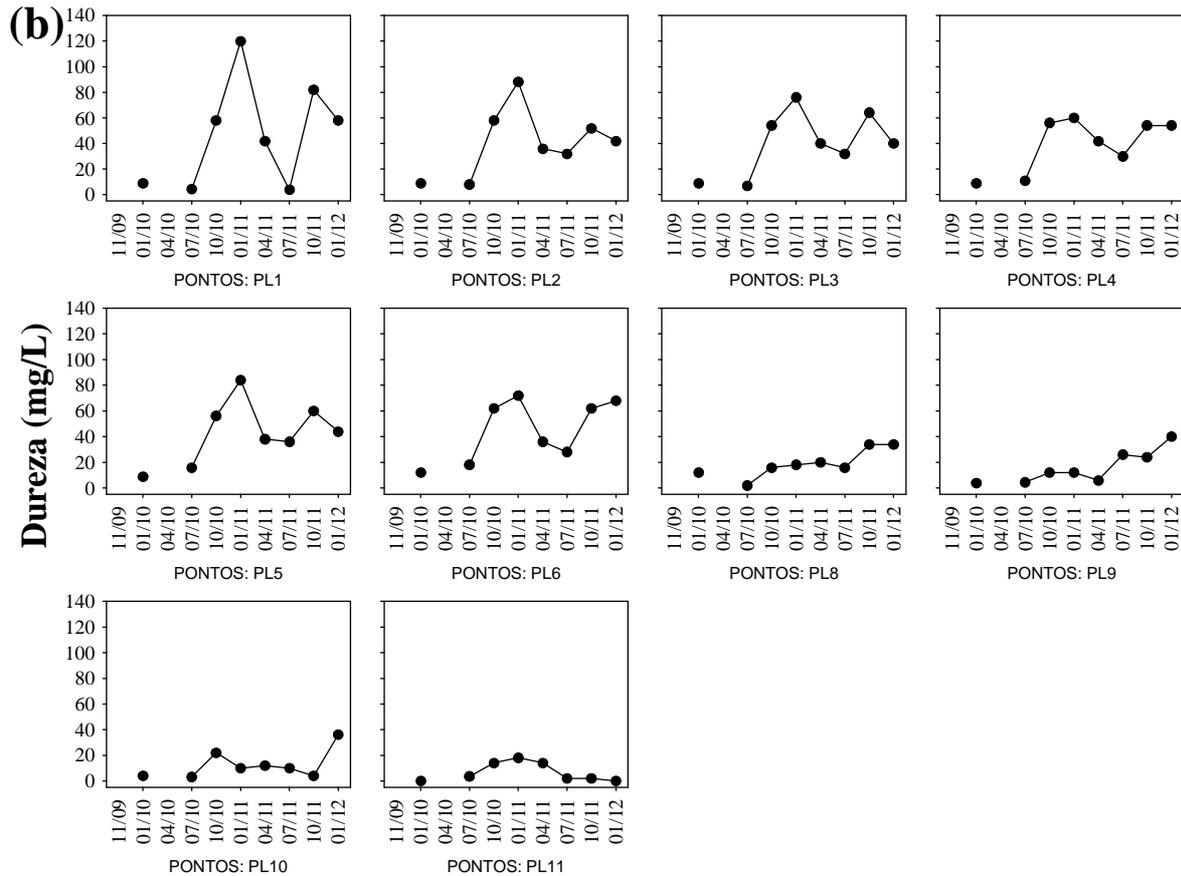
### *Alcalinidade e Dureza*

A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos em um ambiente aquático, e está associada à disponibilidade de carbonatos no meio (ESTEVEZ, 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).

Durante os 10 (dez) meses de monitoramento, os maiores valores de alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (média de alcalinidade igual a 38,6 mg/L e de dureza igual a 42,5 mg/L, nos pontos localizados no rio Madeira) (**Figura 114a e 114b**). Assim, o trecho monitorado pode ser classificado como

apresentando águas moles. Provavelmente, os pontos localizados nos tributários apresentam baixas concentrações de íons carbonato e bicarbonato, assim como também demonstrado através dos valores de condutividade elétrica e STD.

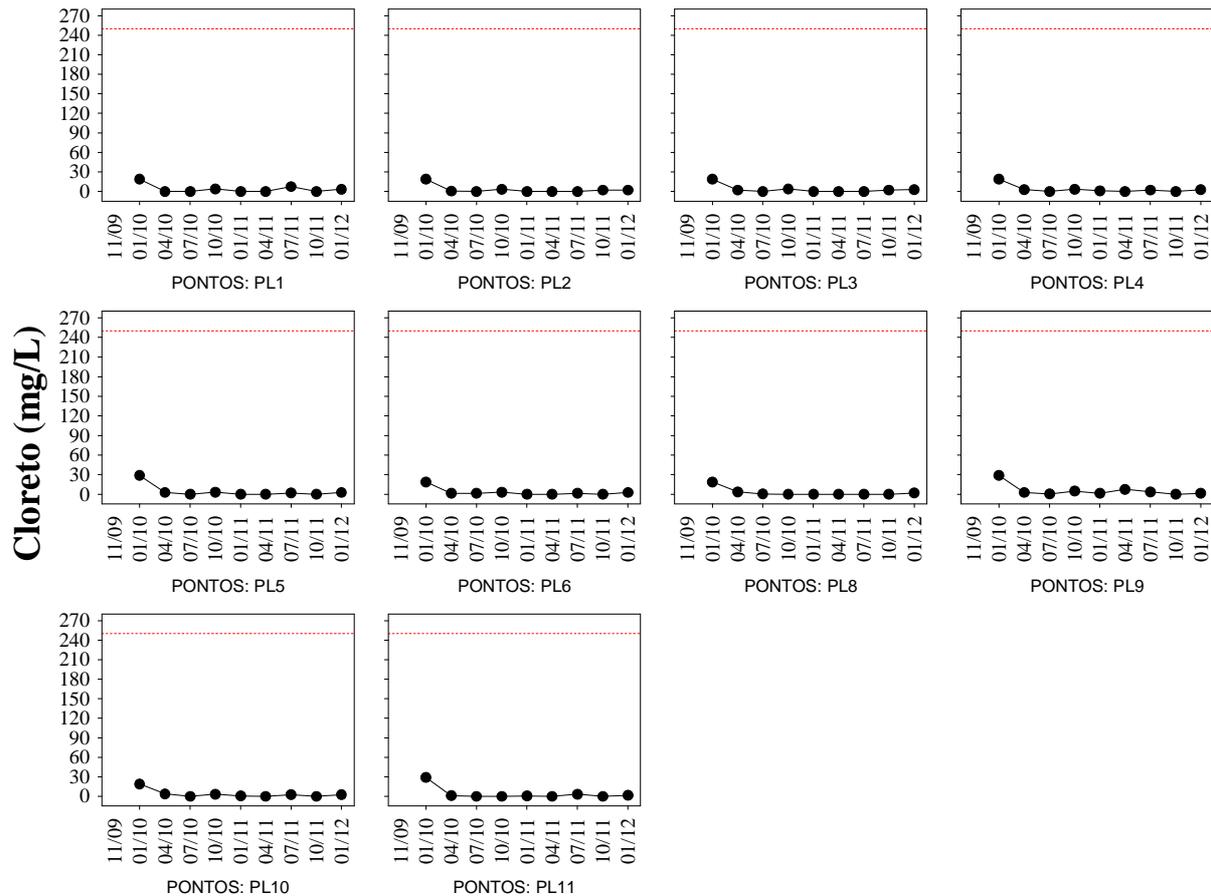




**Figura 114.** Valores de alcalinidade (a) e dureza (b) mensurados entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *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). Considerando todo o período de estudo (entre novembro de 2009 e janeiro de 2012), todos os locais apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L). (**Figura 115**). Durante esse período, a maior concentração de cloreto foi igual a 28,9, em novembro de 2009. Em janeiro, a maior concentração (3,5 mg/L) foi registrada no ponto PL1, localizado no rio Madeira.



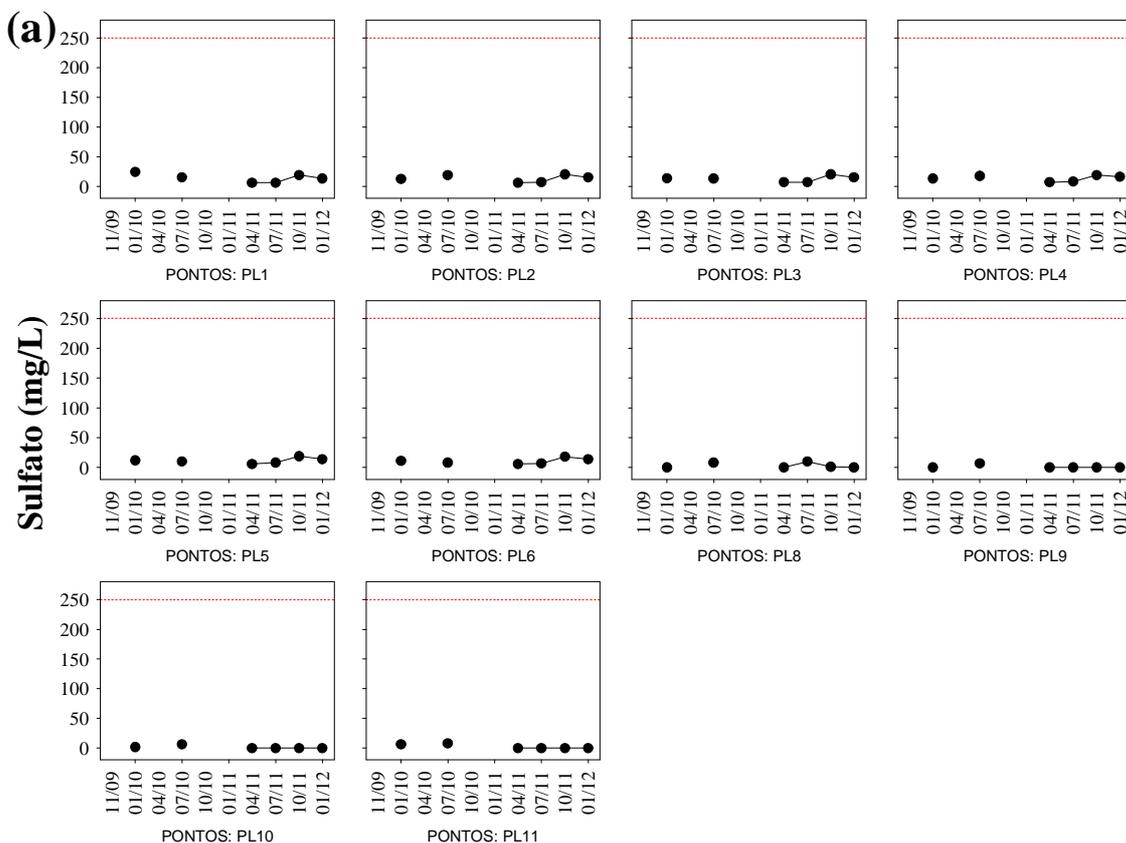
**Figura 115.** Concentrações de cloreto mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

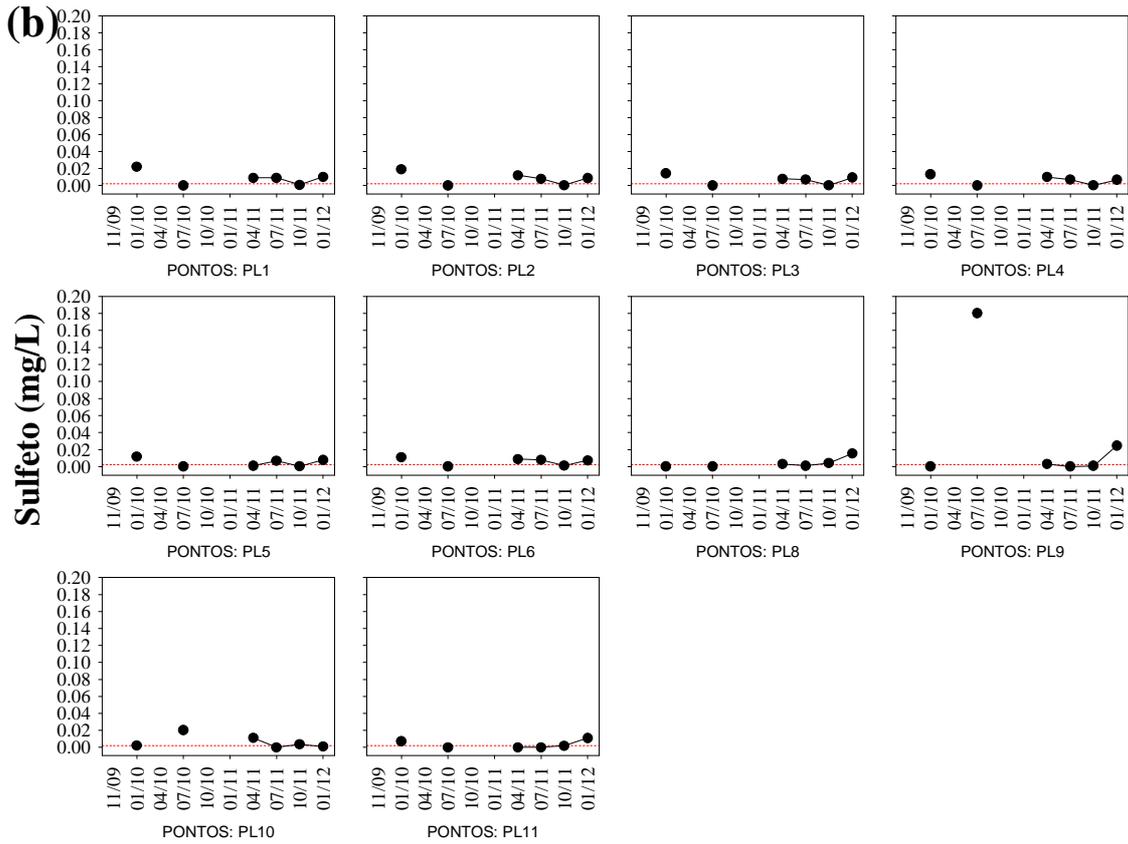
Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, como íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), íon sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, 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 janeiro de 2012, as concentrações de sulfato variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<1 \text{ mg/L}$ ) e  $16 \text{ mg/L}$  (ponto PL4, localizado no rio Madeira). De maneira geral, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012 foram detectadas baixas concentrações desse íon em todos os pontos monitorados, sendo inferiores ao limite estabelecido na Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe 2 ( $250 \text{ mg/L}$ ) (**Figura 1116a**). Por outro lado, as concentrações de sulfeto foram, frequentemente, acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA ( $0,002 \text{ mg/L}$ ), principalmente nos pontos localizados nos igarapés, provavelmente devido ao

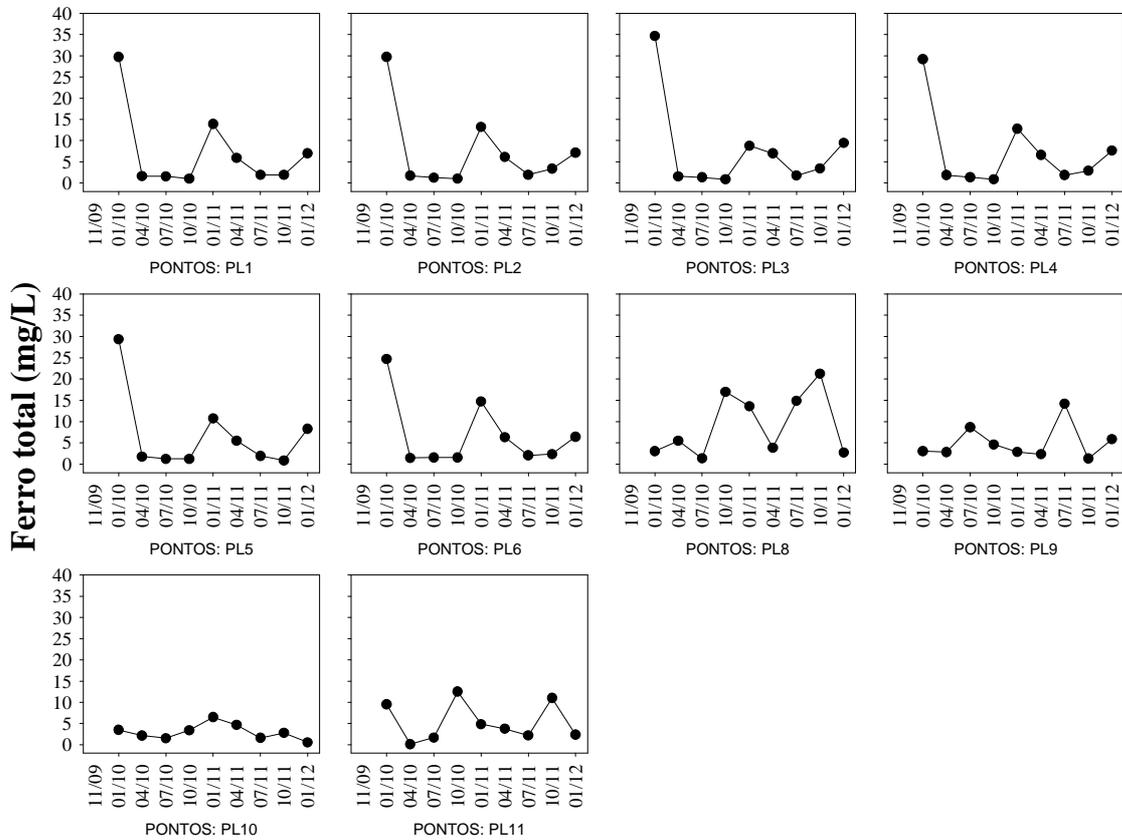
predomínio de condições hipóxicas (com baixas concentrações de oxigênio dissolvido) (média igual a 0,006 mg/L no rio Madeira e 0,012 mg/L nos tributários) (**Figura 116b**).

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 janeiro de 2012, as concentrações de ferro total foram similares àquela mensuradas em outubro de 2011. Ao longo de todo o período monitorado, as maiores concentrações de ferro total foram obtidas em janeiro de 2010 e janeiro de 2011 (valores médios iguais a 19,6 mg/L em janeiro de 2010; 2,06 mg/L em abril; 2,17 mg/L em julho; 4,42 mg/L em outubro; 10,2 mg/L em janeiro de 2011; 5,23 mg/L em abril; 4,43 mg/L em julho; 5,13 mg/L em outubro e 5,76 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 117**. Além disso, tais concentrações tenderam a ser similares entre os locais amostrados (média igual a 6,66 mg/L nos pontos localizados no rio Madeira e 5,52 mg/L nos tributários).





**Figura 116.** Concentrações de sulfato (a) e sulfato (b) mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.



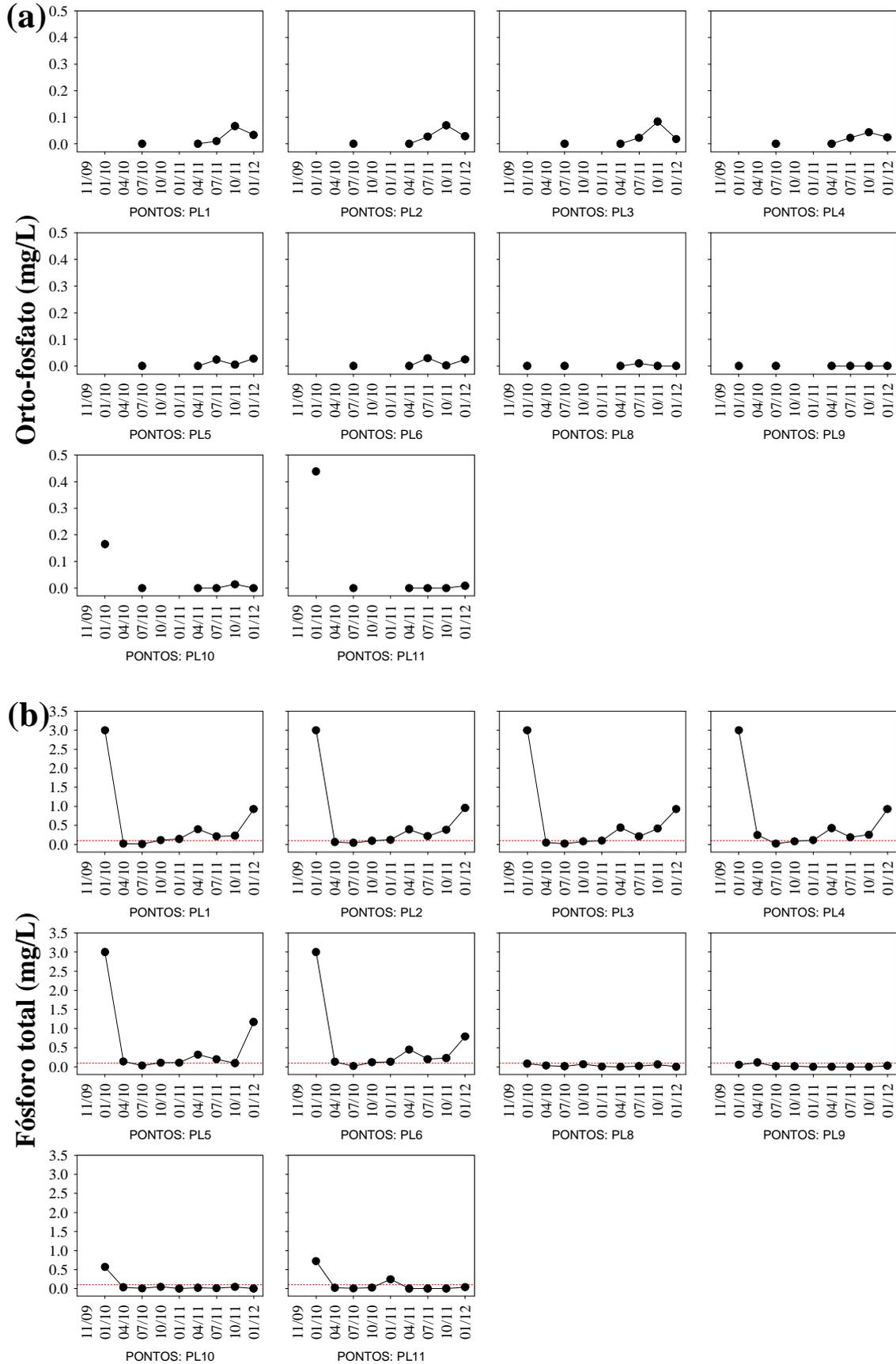
**Figura 117.** Concentrações de ferro total mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### *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 orto-fosfato foram frequentemente baixas. Ao longo de todo o período monitorado, o trecho monitorado frequentemente apresentou valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,001$  mg/L) (**Figura 118a**). Entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, as maiores concentrações de fósforo total foram mensuradas em janeiro de 2010, abril de 2011 e janeiro de 2012, ou seja, no período de águas altas (valores médios iguais a 1,94 mg/L em janeiro de 2010; 0,084 mg/L em abril; 0,018 mg/L em julho; 0,075 mg/L em outubro; 0,097 mg/L em janeiro de 2011; 0,24 mg/L em abril; 0,126 mg/L em julho; 0,17 mg/L em outubro; 0,578 mg/L em janeiro de 2012) (**Figura 118b**). Além disso, as maiores concentrações foram registradas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 0,545 mg/L no rio Madeira e 0,06 mg/L nos tributários). Em janeiro de 2012, a maior concentração de fósforo total (1,17 mg/L) foi registrada no ponto PL5 (situado no rio Madeira). Nesse mês, todos os pontos localizados no rio Madeira apresentaram concentrações superiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (0,1 mg/L).

Ressalta-se que o rio Madeira frequentemente apresenta elevadas concentrações de fósforo total, assim como observado nos 20 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.

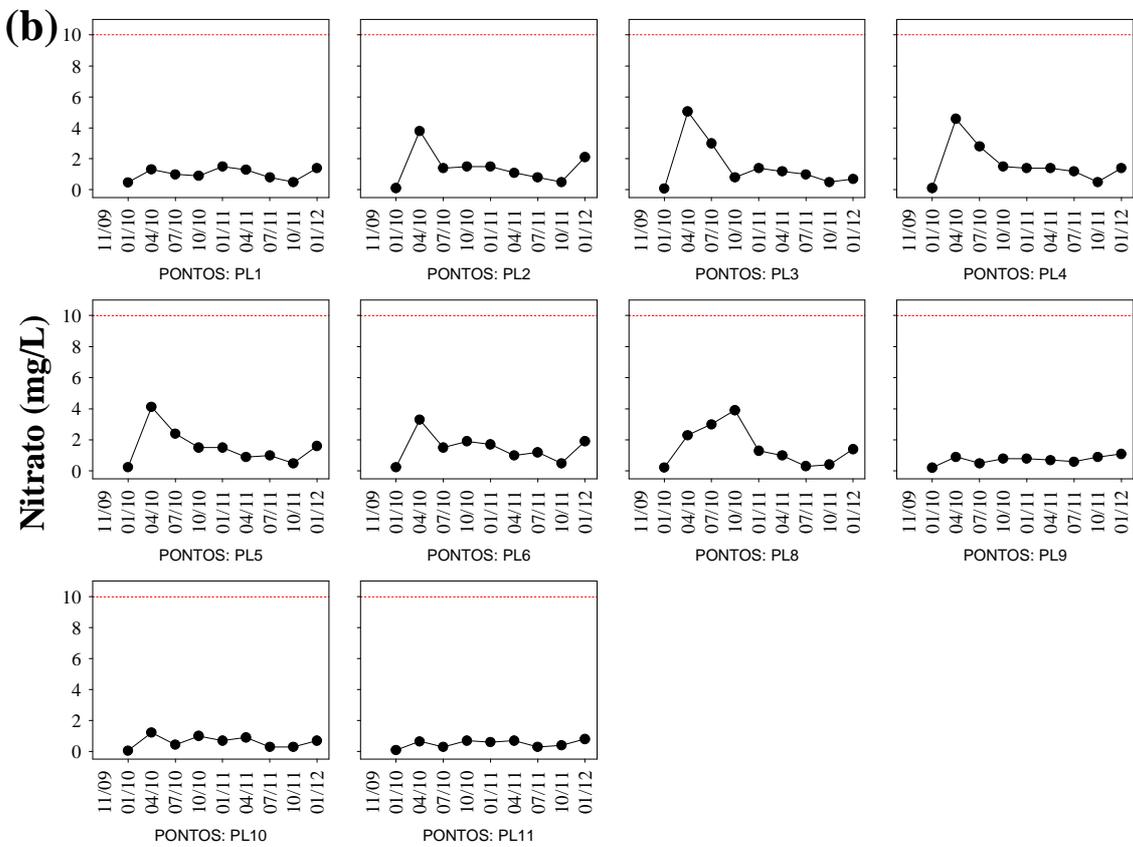
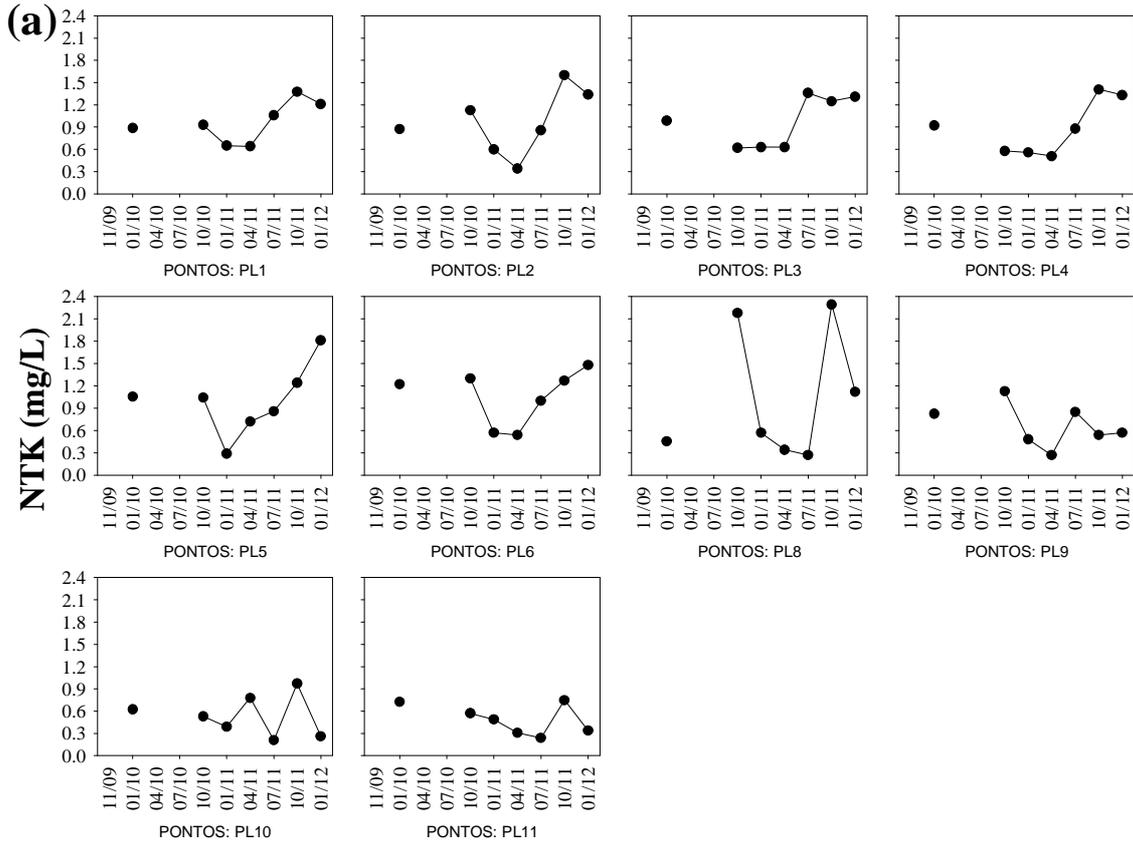


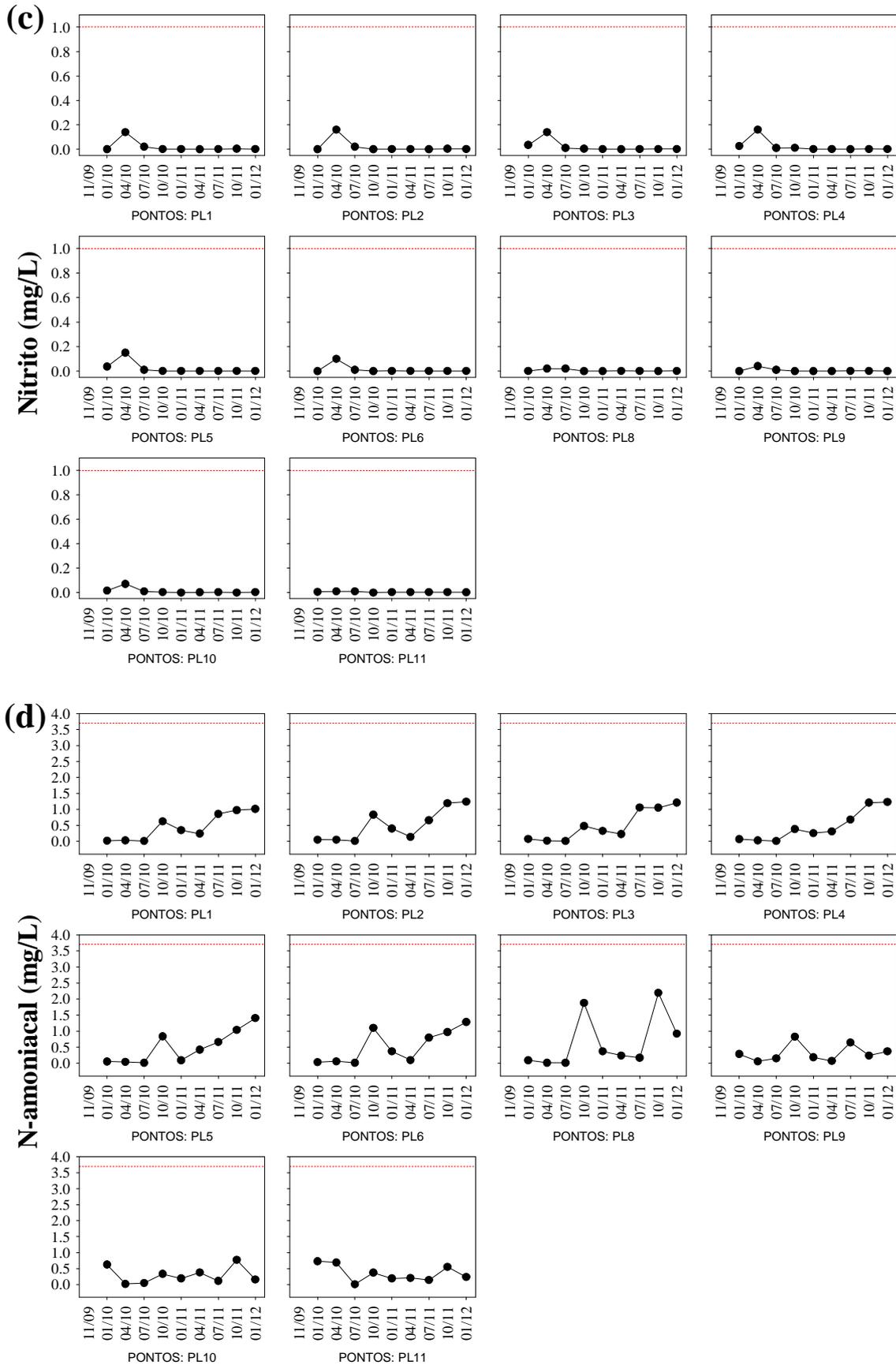
**Figura 118.** Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

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 janeiro de 2012, as concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) variaram entre 0,26 mg/L (ponto PL10) e 1,81 mg/L (ponto PL5), sendo similares às registradas em outubro de 2011 (**Figura 119a**). Ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento, assim como observado para as concentrações de fósforo total, as maiores concentrações de NTK foram registradas nos pontos monitorados no rio Madeira (média igual a 0,74 mg/L). De maneira similar, as maiores concentrações de nitrato (média igual a 1,44 mg/L), nitrito (média igual a 0,02 mg/L) e nitrogênio amoniacal (0,49 mg/L) também foram obtidas nos pontos monitorados do rio Madeira (**Figuras 119b, 119c e 119d**). Em janeiro de 2012, as maiores concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal foram mensuradas no rio Madeira (pontos PL2 e PL5, respectivamente).

No entanto, mesmo considerando essas maiores concentrações, ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento, 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.



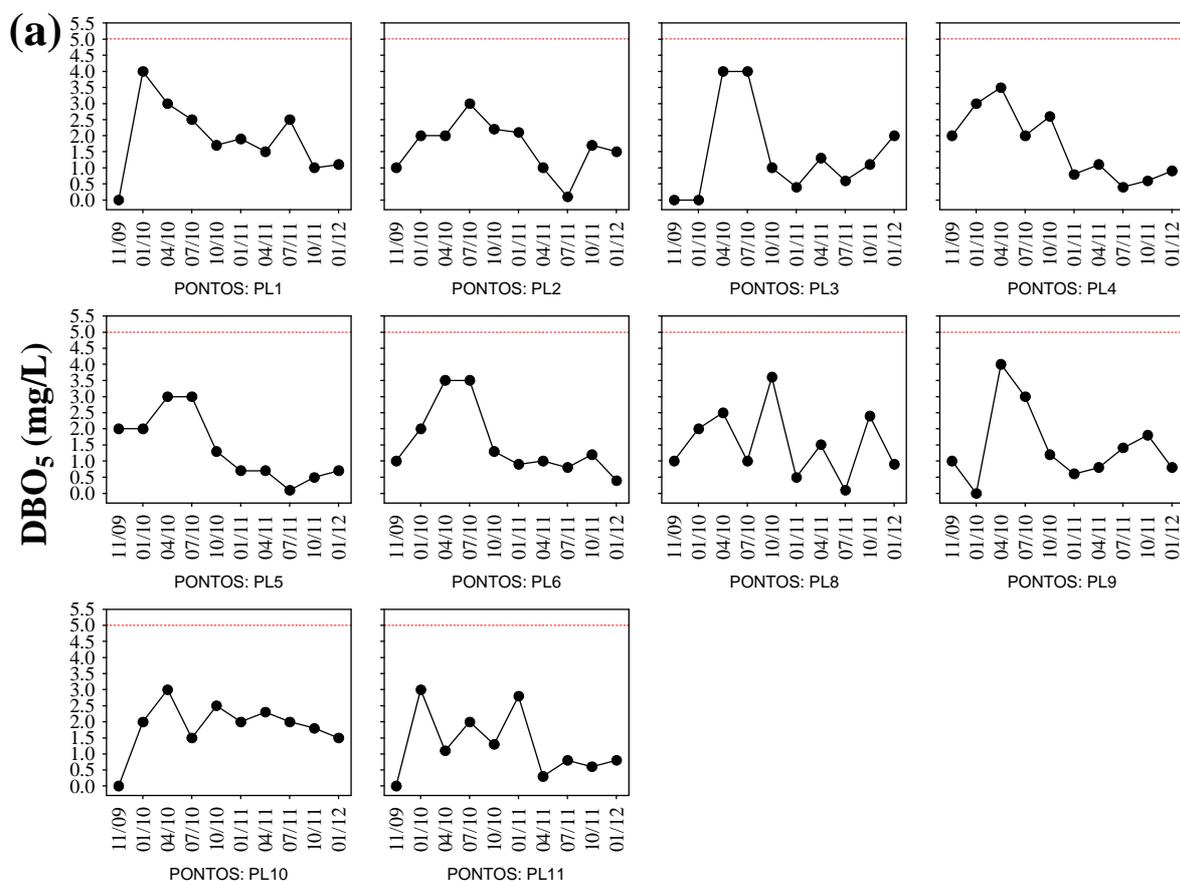


**Figura 119.** Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK; a), nitrato (b), nitrito (c) e nitrogênio amoniacoal (d) mensuradas entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### DBO<sub>5</sub> e DQO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) 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).

Entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, todos os pontos monitorados apresentaram valores de DBO<sub>5</sub> inferiores ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L) (**Figura 120a**). Em janeiro de 2012, o maior valor (2,0 mg/L) foi obtido no ponto PL3, localizado no rio Madeira. Nesse mês, o maior valor de DQO também foi registrado no ponto PL3 (7 mg/L). Elevados valores de DQO foram mensuradas em novembro de 2009, janeiro de 2010 e janeiro de 2011 e abril de 2011 (período de chuvas) (**Figura 120b**).



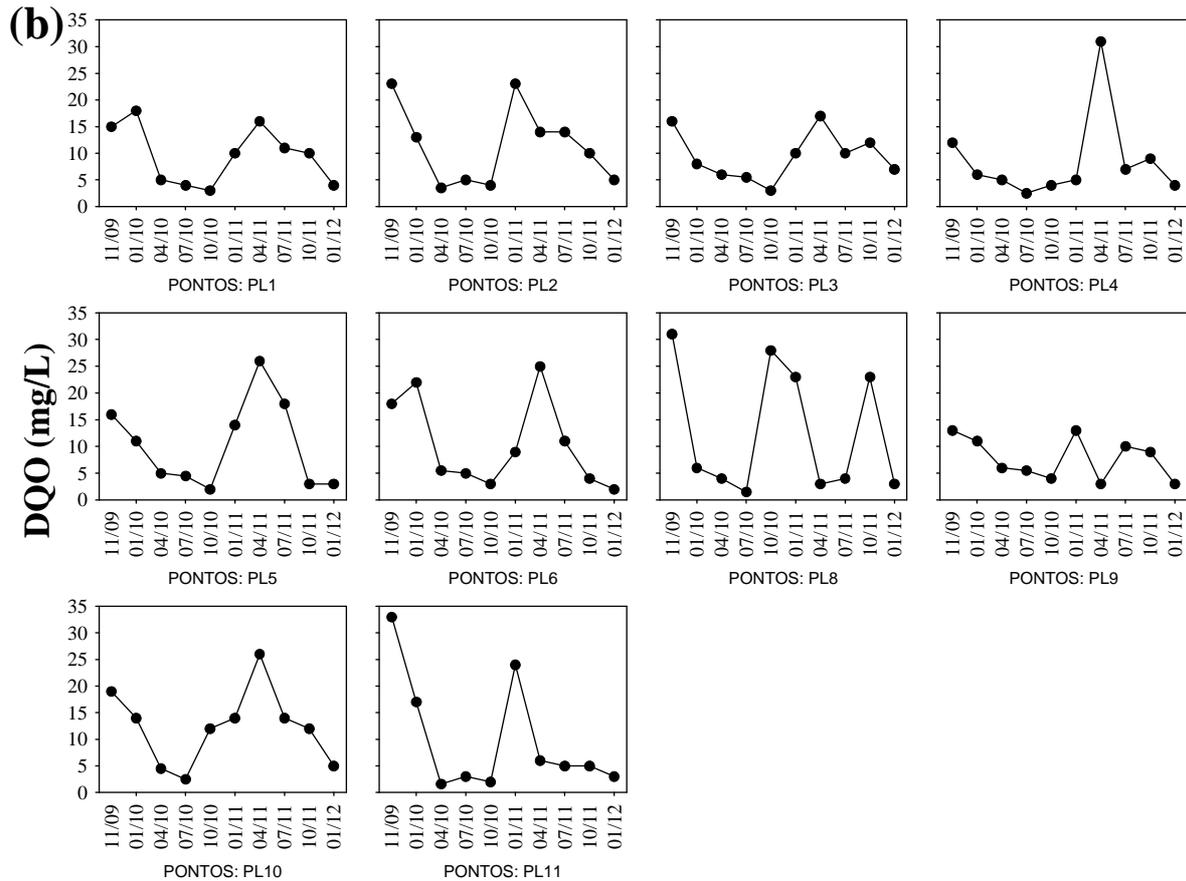
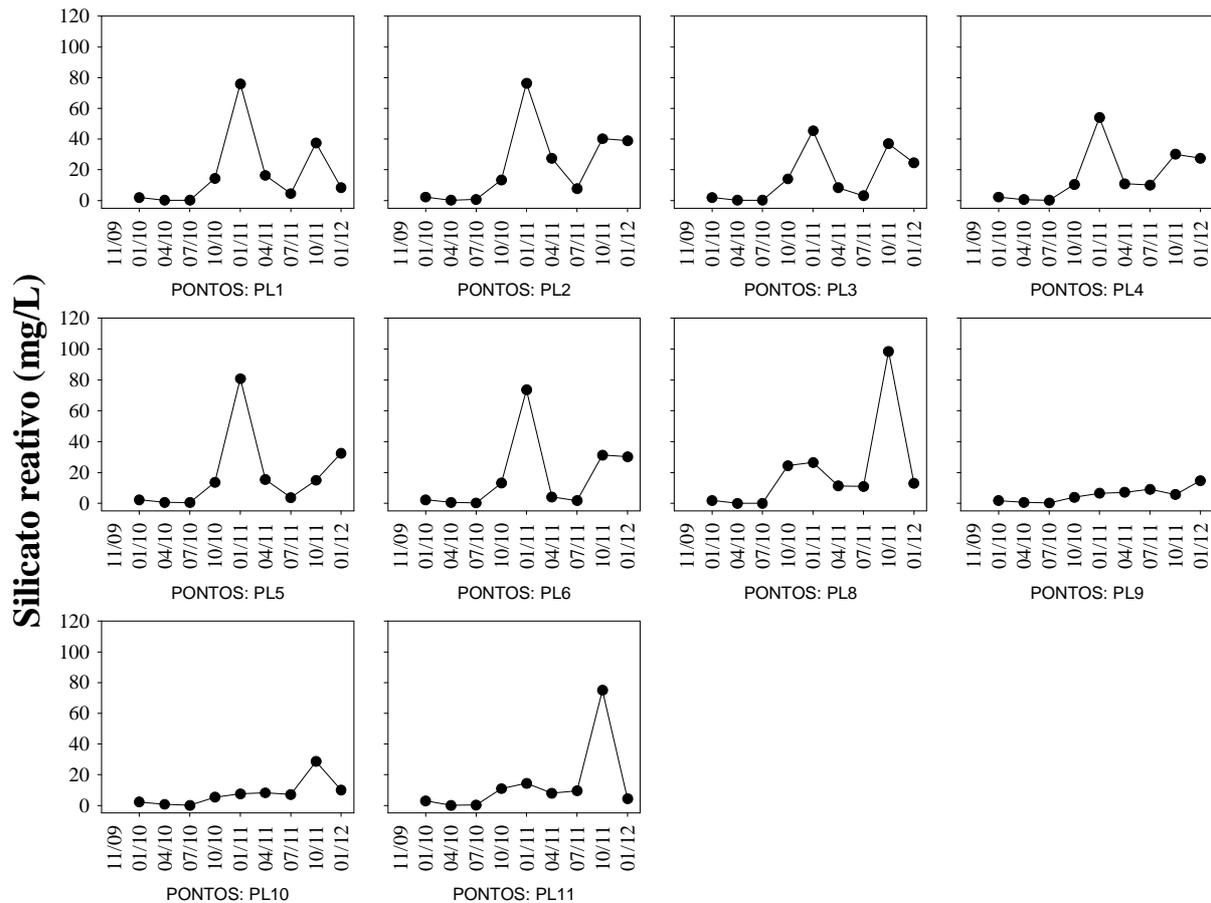


Figura 120. Valores de DBO<sub>5</sub> (a) e DQO (b).

### Silicato Reativo e clorofila-a

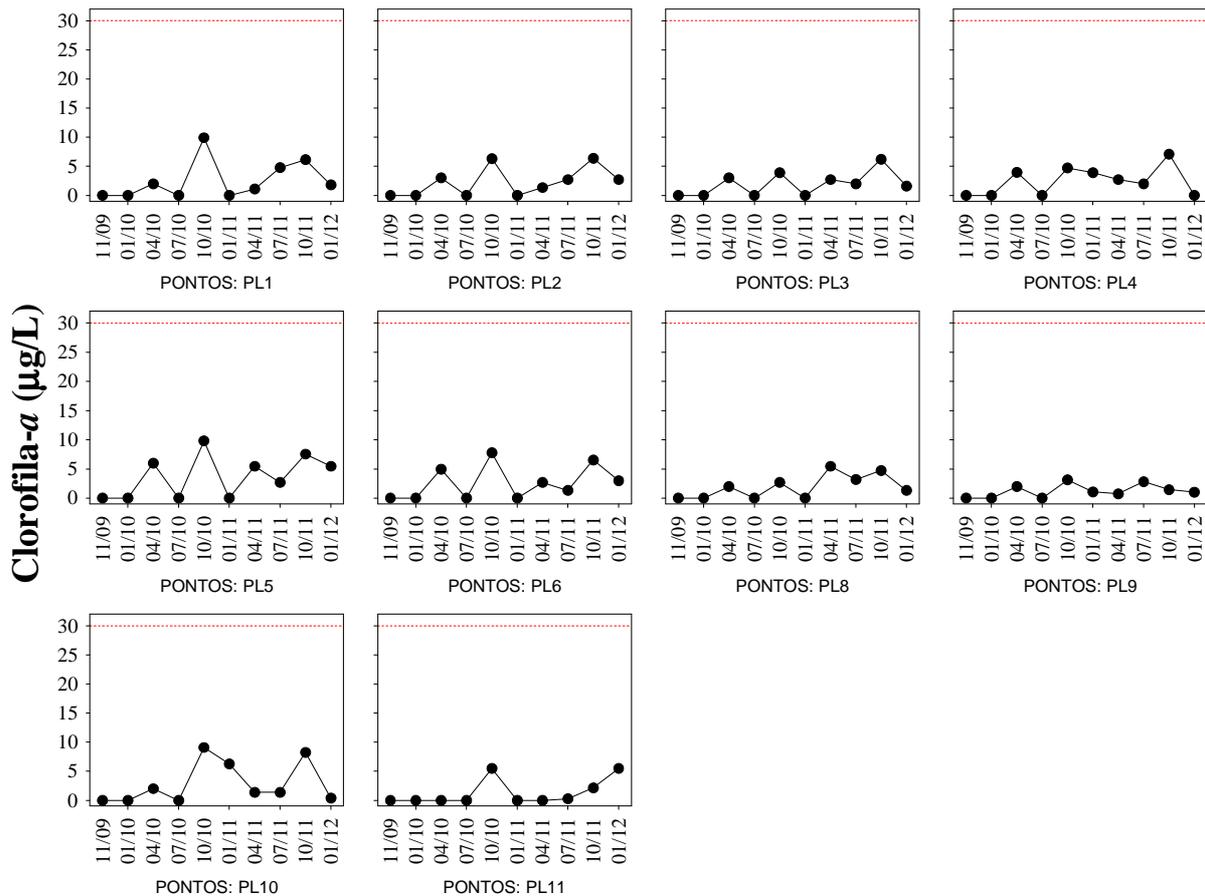
No ambiente aquático, a sílica, sob a forma solúvel (também chamada de sílica reativa) é um nutriente utilizado pelas diatomáceas (produtores primários) na elaboração de sua carapaça (ESTEVES, 1998). Frequentemente, a sílica não atua como fator limitante aos produtores primários, tendo em vista a abundância deste elemento nos solos tropicais. Em janeiro de 2012, tais concentrações variaram entre 4,2 mg/L (ponto PL11) e 39 mg/L (ponto PL2) (Figura 121). Além disso, os pontos localizados no rio Madeira apresentaram concentrações similares às registradas nos igarapés (média igual a 16,5 mg/L no rio Madeira e 12,02 mg/L nos tributários).



**Figura 121.** Concentrações 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.

Ao longo dos 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de clorofila-*a* inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (30 µg/L) (**Figura 122**). Em média, as maiores concentrações foram registradas em outubro de 2010 e outubro de 2011, (média igual a 6,2 µg/L e 5,67 µg/L, respectivamente). De maneira geral, as baixas concentrações de clorofila-*a* no trecho estudado, principalmente durante o período de chuvas, pode ser explicado pela elevada correnteza da água, e elevados valores de turbidez e sólidos em suspensão, principalmente no rio Madeira. Em janeiro de 2012, as concentrações de clorofila-*a* variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método (<0,001 µg/L) e 5,46 µg/L (pontos PL5 e PL11).



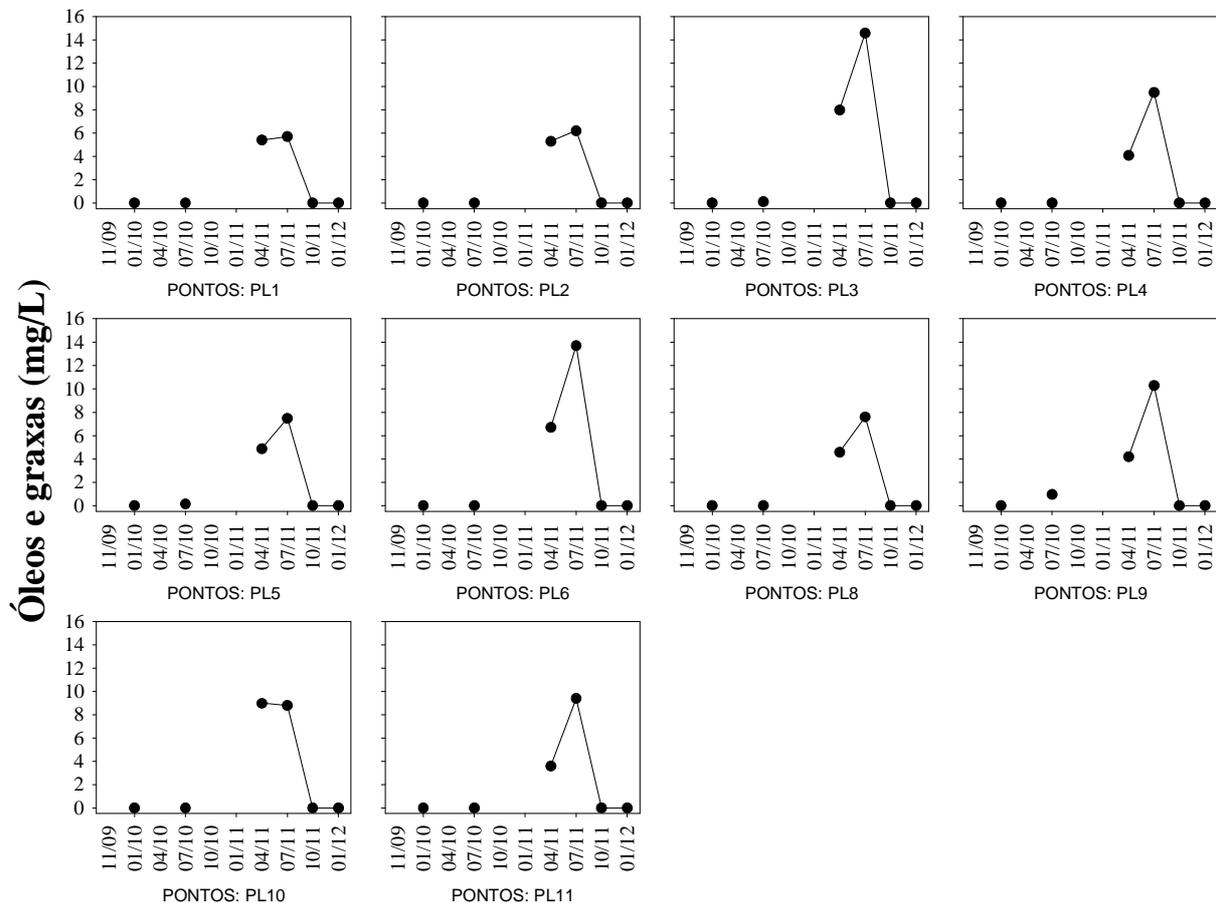
**Figura 122.** Concentrações de clorofila-a.

## 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 janeiro de 2012, todos os locais monitorados apresentaram valores de óleos e graxas virtualmente ausentes (V.A.), como estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (i.e., para águas de classe 2 as concentrações de óleos e graxas devem ser virtualmente ausentes - V.A.). Resultado similar foi observado em outubro de 2011 (**Figura 123**).

Em média, os maiores valores de óleos e graxas foram detectados nos igarapés, assim como observado nos 20 pontos de estudo do Programa de Monitoramento Limnológico. Assim, tais resultados indicam ausência de influência direta do canteiro de obras. Além disso, tais valores podem ter origem de óleo vegetal, resultado do processo de decomposição da vegetação.



**Figura 123.** Concentrações de óleos e graxas.

### 5.13.2. Variáveis bacteriológicas

#### *Coliformes Termotolerantes / Escherichia coli*

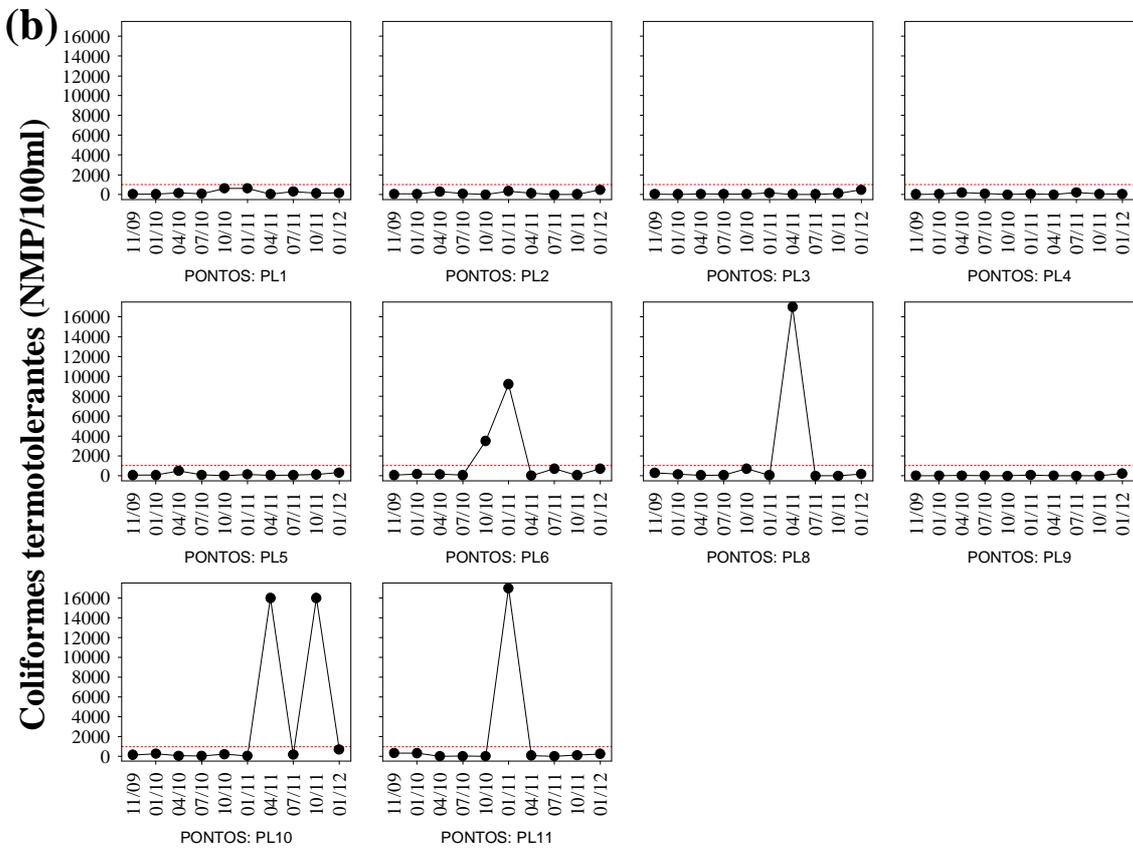
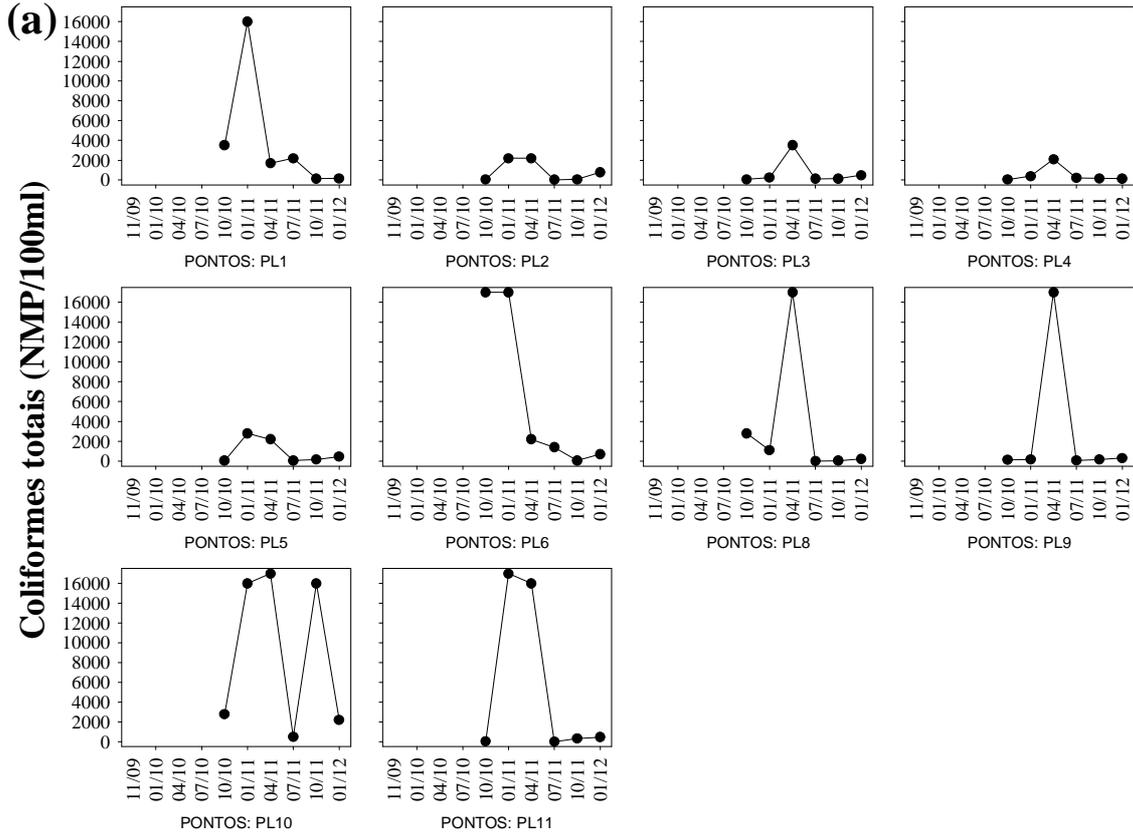
As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, 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

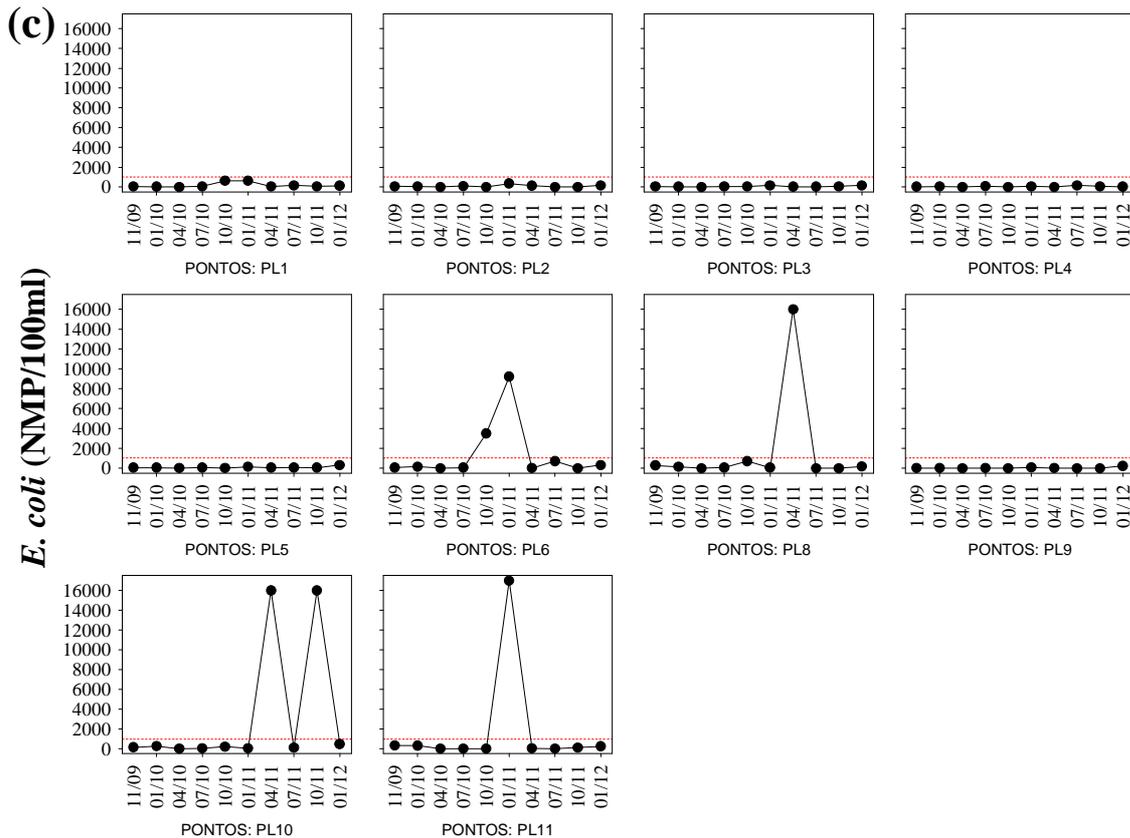
fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

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 janeiro de 2012, os valores de densidade de coliformes totais variaram entre 140 NMP/100ml e 2200 NMP/100ml (ponto PL10) (**Figura 124a**). Os valores de densidade de coliformes termotolerantes (fecais) variaram entre 45 NMP/100ml e 700 NMP/100ml (pontos PL6 e PL10) (**Figura 124b**). Assim, todos os locais monitorados nesse mês apresentaram valores de densidade inferiores ao limite máximo permitido preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 (1000 NMP/100ml). De maneira similar, o ponto PL10 apresentou o maior valor de densidade do grupo de bactérias *E. coli* (**Figura 124c**).

De maneira geral, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, as maiores densidades de coliformes termotolerantes e *E. coli* foram registradas em janeiro e abril de 2011, principalmente nos pontos PL8, PL10 e PL11 (localizado nos igarapés). De maneira geral, esses locais estão sendo influenciados pelo regime de chuvas na região, que transporta sedimento e matéria orgânica do ambiente terrestre para o sistema aquático. Além disso, ressalta-se que elevados valores de densidade de coliformes termotolerantes e *E. coli* foram raros. Assim, esse resultado não representa o impacto direto do canteiro de obras do AHE Jirau, tendo em vista que elevados valores de densidade não foram frequentes. Além disso, o monitoramento dos 20 pontos do Programa de Monitoramento Limnológico também demonstrou maiores densidades de coliformes termotolerantes, em alguns meses com maior precipitação pluviométrica, em tributários do rio Madeira, sendo que esses elevados valores também foram exceções.





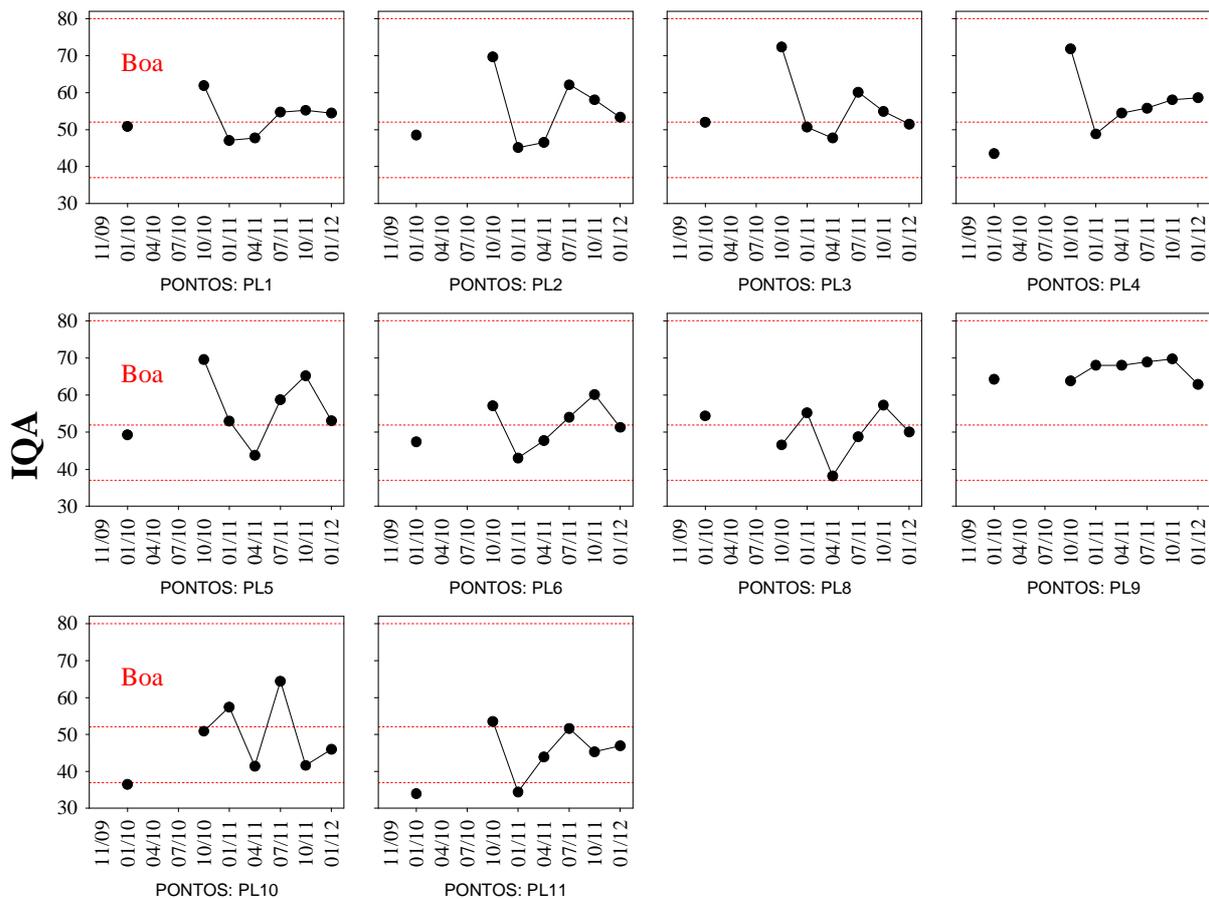
**Figura 124.** Valores de densidade de coliformes totais (a), termotolerantes (fecais; b) e *E. coli* (c).

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

Em janeiro de 2012 houve um decréscimo nos valores de IQA nos pontos monitorados, comparando com julho e outubro de 2011 (valores médios iguais a 48,1 em janeiro de 2010; 61,76 em outubro de 2010; 50,3 em janeiro de 2011; 47,95 em abril; 57,97 em julho; 56,6 em outubro e 52,8 em janeiro de 2012). Entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, os maiores valores de IQA foram registrados em outubro de 2010, julho e outubro de 2011, ou seja, durante o período de águas baixas (**Tabela 34 e Figura 125**). Tais resultados se devem, principalmente, aos menores valores de turbidez, fósforo total e coliformes termotolerantes durante o período de águas baixas. Em novembro de 2009 não foi possível calcular os valores de IQA tendo em vista a ausência das concentrações de fósforo total e nitrogênio total no trecho monitorado. Em abril de 2010 não há registro das concentrações de sólidos totais, e em julho de 2010 não foram mensuradas as concentrações de nitrogênio total Kjeldahl. No entanto, ressalta-se que esses valores ausentes não comprometeram a análise geral dos dados, tendo em vista que foi possível observar um padrão sazonal nos valores de IQA, como comentado anteriormente.

**Tabela 34.** Índice de Qualidade da Água (IQA) por ponto de coleta, entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012.

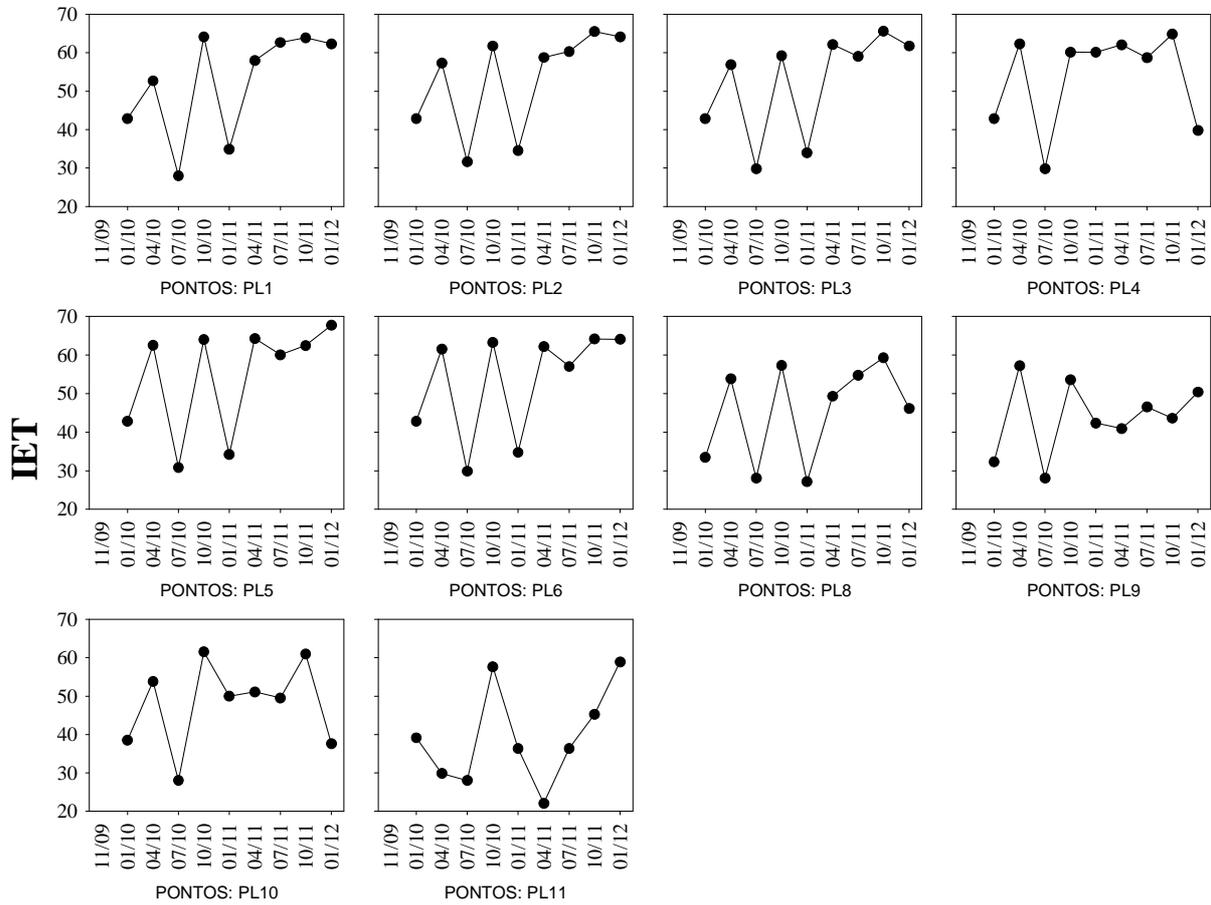
| Estações | Descrição                                   | Jan/10 |           | Out/10 |           | Jan/11 |           | Abr/11 |           | Jul/11 |           | Out/11 |           | Jan/12 |           |
|----------|---|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
|          |   | IQA    | Class.    |
| PL 01    | Jusante Limite Empreendimento - rio Madeira | 50,949 | Aceitável | 62,003 | Boa       | 47,073 | Aceitável | 47,74  | Aceitável | 54,775 | Boa       | 55,257 | Boa       | 54,485 | Boa       |
| PL 02    | Jusante Barragem - rio Madeira              | 48,564 | Aceitável | 69,742 | Boa       | 45,099 | Aceitável | 46,516 | Aceitável | 62,192 | Boa       | 58,110 | Boa       | 53,384 | Boa       |
| PL 03    | Jusante Ilha Pequena - rio Madeira          | 51,983 | Aceitável | 72,322 | Boa       | 50,682 | Aceitável | 47,74  | Aceitável | 60,152 | Boa       | 54,999 | Boa       | 51,474 | Aceitável |
| PL 04    | Cachoeira Inferno - rio Madeira             | 43,555 | Aceitável | 71,873 | Boa       | 48,837 | Aceitável | 54,48  | Boa       | 55,877 | Boa       | 58,094 | Boa       | 58,604 | Boa       |
| PL 05    | Foz Ribeirão Margem Direita - rio Madeira   | 49,349 | Aceitável | 69,581 | Boa       | 53,058 | Boa       | 43,763 | Aceitável | 58,765 | Boa       | 65,29  | Boa       | 53,137 | Boa       |
| PL 06    | Foz Ribeirão Margem Esquerda - rio Madeira  | 47,474 | Aceitável | 57,164 | Boa       | 43,052 | Aceitável | 47,723 | Aceitável | 54,083 | Boa       | 60,153 | Boa       | 51,285 | Aceitável |
| PL 08    | 1ª Etapa Montante                           | 54,375 | Boa       | 46,572 | Aceitável | 55,305 | Boa       | 38,168 | Aceitável | 48,754 | Aceitável | 57,324 | Boa       | 50,108 | Aceitável |
| PL 09    | 1ª Etapa Jusante                            | 64,32  | Boa       | 63,882 | Boa       | 68,038 | Boa       | 68,056 | Boa       | 68,961 | Boa       | 69,723 | Boa       | 62,945 | Boa       |
| PL 10    | 2ª Etapa Jusante                            | 36,539 | Ruim      | 50,906 | Aceitável | 57,446 | Boa       | 41,488 | Aceitável | 64,435 | Boa       | 41,595 | Aceitável | 45,971 | Aceitável |
| PL 11    | 2ª Etapa Montante                           | 33,959 | Ruim      | 53,56  | Boa       | 34,432 | Ruim      | 43,882 | Aceitável | 51,704 | Aceitável | 45,358 | Aceitável | 46,951 | Aceitável |



**Figura 125.** Valores de IQA (Índice de Qualidade da Água) calculados entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012.

De acordo com o Índice do Estado Trófico (IET), em janeiro de 2012, os locais monitorados foram classificados entre ultraoligotróficos e hipereutrófico (ponto PL5, que apresentou elevada concentração de fósforo total) (Tabela 35 e Figura 126). Entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012, foi possível observar que os maiores valores de IET foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (média igual 49,5 no rio Madeira e 44,1 nos tributários). Além disso, os menores valores de IET foram registrados em janeiro de 2010, julho de 2010 e janeiro de 2011 (média igual a 40,09 em janeiro de 2010; 54,85 em abril; 29,25 em julho; 60,29 em outubro; 38,86 em janeiro de 2011; 53,12 em abril; 54,5 em julho; 59,6 em outubro e 55,33 em janeiro de 2012). Em julho de 2010 foram detectadas baixas concentrações de fósforo total e clorofila-*a* no trecho monitorado, enquanto que em janeiro de 2010 e 2011, apesar do acréscimo nas concentrações de fósforo, também foram mensuradas baixas concentrações de clorofila-*a* (maior parte foi inferior ao limite de detecção do método). Em novembro de 2009 não

foi possível calcular os valores de IET tendo em vista a ausência na análise de fósforo total no trecho estudado. No entanto, ressalta-se que esses valores ausentes não comprometeram a análise geral dos dados.



**Figura 126.** Valores de IET (Índice de Estado Tráfico) calculados entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012.

**Tabela 35.** Índice de Estado Trófico (IET) por ponto de coleta, entre janeiro de 2010 e janeiro de 2012.

| Estações | Jan/10 |             | Abr/10 |             | Jul/10 |             | Out/10 |          | Jan/11 |             | Abr/11 |             | Jul/11 |             | Out/11 |             | Jan/12 |             |
|----------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|----------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
|          | IET    | Class.      | IET    | Class.      | IET    | Class.      | IET    | Class.   | IET    | Class.      | IET    | Class.      | IET    | Class.      | IET    | Class.      | IET    | Class.      |
| PL 01    | 42,880 | Ultraoligot | 52,799 | Mesot       | 28,068 | Ultraoligot | 64,184 | Supereut | 34,958 | Ultraoligot | 57,960 | Mesot       | 62,699 | Eutr        | 63,942 | Eutr        | 62,362 | Eutr        |
| PL 02    | 42,880 | Ultraoligot | 57,407 | Mesot       | 31,668 | Ultraoligot | 61,833 | Eutr     | 34,542 | Ultraoligot | 58,860 | Mesot       | 60,373 | Eutr        | 65,544 | Supereut    | 64,199 | Supereut    |
| PL 03    | 42,880 | Ultraoligot | 56,934 | Mesot       | 29,868 | Ultraoligot | 59,258 | Eutr     | 34,021 | Ultraoligot | 62,173 | Eutr        | 59,057 | Eutr        | 65,612 | Supereut    | 61,820 | Eutr        |
| PL 04    | 42,880 | Ultraoligot | 62,358 | Eutr        | 29,868 | Ultraoligot | 60,206 | Eutr     | 60,164 | Eutr        | 62,114 | Eutr        | 58,720 | Mesot       | 64,907 | Supereut    | 39,838 | Ultraoligot |
| PL 05    | 42,880 | Ultraoligot | 62,607 | Eutr        | 30,921 | Ultraoligot | 64,070 | Supereut | 34,198 | Ultraoligot | 64,346 | Supereut    | 60,100 | Eutr        | 62,541 | Eutr        | 67,713 | Hipereut    |
| PL 06    | 42,880 | Ultraoligot | 61,626 | Eutr        | 29,868 | Ultraoligot | 63,321 | Supereut | 34,788 | Ultraoligot | 62,232 | Eutr        | 57,126 | Mesot       | 64,221 | Supereut    | 64,149 | Supereut    |
| PL 08    | 33,532 | Ultraoligot | 53,852 | Mesot       | 28,068 | Ultraoligot | 57,324 | Mesot    | 27,141 | Ultraoligot | 49,367 | Oligot      | 54,814 | Mesot       | 59,288 | Mesot       | 46,220 | Ultraoligot |
| PL 09    | 32,349 | Ultraoligot | 57,226 | Mesot       | 28,068 | Ultraoligot | 53,606 | Mesot    | 42,401 | Ultraoligot | 40,945 | Ultraoligot | 46,589 | Ultraoligot | 43,681 | Ultraoligot | 50,484 | Oligot      |
| PL 10    | 38,567 | Ultraoligot | 53,852 | Mesot       | 28,068 | Ultraoligot | 61,576 | Eutr     | 49,986 | Oligot      | 51,146 | Oligot      | 49,594 | Oligot      | 61,051 | Eutr        | 37,646 | Ultraoligot |
| PL 11    | 39,181 | Ultraoligot | 29,868 | Ultraoligot | 28,068 | Ultraoligot | 57,620 | Mesot    | 36,395 | Ultraoligot | 22,088 | Ultraoligot | 36,401 | Ultraoligot | 45,287 | Ultraoligot | 58,946 | Mesot       |

#### 5.13.4. Síntese dos parâmetros limnológicos

As diferentes variáveis físicas, químicas e biológicas obtidas em monitoramentos não representam processos ecológicos independentes e distintos. Assim, é possível salientar duas características gerais dos dados obtidos em monitoramentos ambientais: (i) obtenção simultânea de diferentes variáveis ambientais e (ii) a existência de grupos de variáveis fortemente correlacionadas. Técnicas matemáticas e estatísticas denominadas, análises multivariadas ou multidimensionais, são especialmente adequadas para a interpretação e síntese de dados com essas características.

Do ponto de vista limnológico, as técnicas de ordenação buscam resumir o conjunto de dados produzindo um número menor de variáveis que expressa parte da variabilidade contida nas variáveis originais. Quanto mais forte for a estrutura de correlação entre essas variáveis, maior será o poder de síntese das novas variáveis. Essas, que podem ser consideradas índices, são então utilizadas para ordenar, através de um gráfico uni, bi ou tridimensional, os pontos de monitoramento. Desta forma, os padrões de similaridade entre os pontos são avaliados considerando um número reduzido de variáveis.

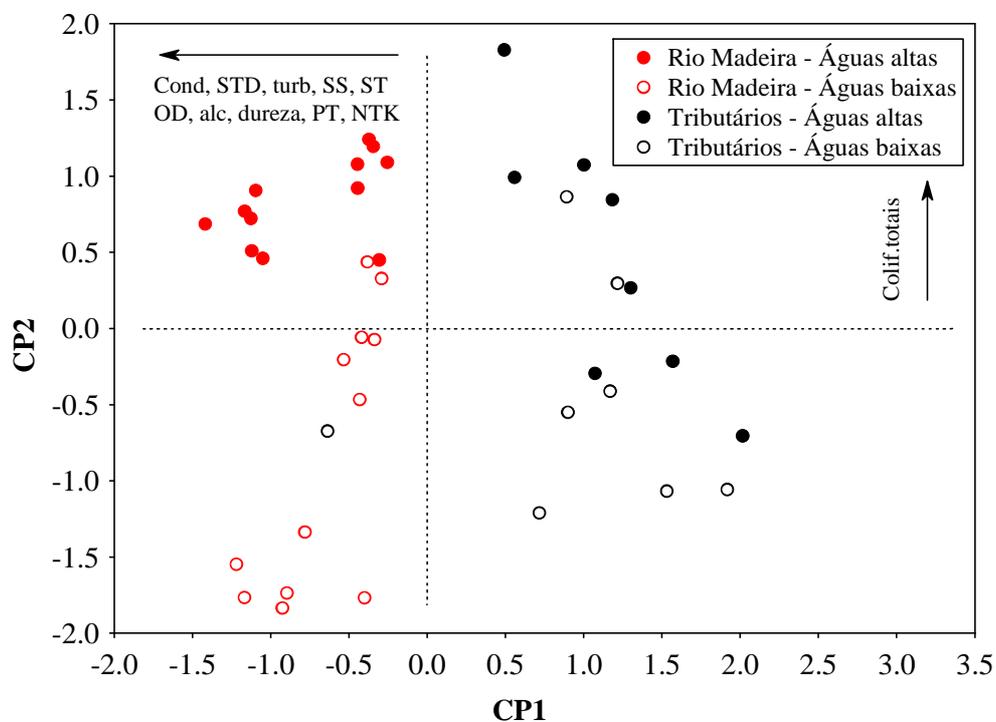
A Análise de Componentes Principais ("Principal Component Analysis" - PCA) é uma técnica de ordenação com uso freqüente em estudos limnológicos. Desta maneira, para realizar a redução da dimensionalidade dos dados (síntese dos dados) uma análise de componentes principais (PCA, ver BINI, 2004) foi realizada para os dados obtidos. Primeiramente, os valores das variáveis físicas e químicas foram transformados em logaritmos (com exceção dos valores de pH).

De maneira geral, os principais padrões de variação foram sintetizados pelo primeiro eixo de ordenação. Especificamente, o primeiro componente principal foi positivamente correlacionado com a maioria das variáveis analisadas. Todos os pontos monitorados no rio Madeira apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, fósforo total e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (**Figura 127**).

Por outro lado, os pontos de monitoramento localizados nos tributários apresentaram menores valores das variáveis listadas acima, relacionadas com luminosidade subaquática, nutrientes e íons (**Figura 127**). O resultado da análise de ordenação foram consistentes com as descrições univariadas discutidas anteriormente.

O segundo componente (CP 2) indicou, principalmente, diferenças entre os meses de coleta. Assim, de maneira geral, nos pontos localizados no rio Madeira, os meses de janeiro e abril (período de águas altas) foram mais similares entre si, comparando com os demais meses de estudo, que caracterizam o período de águas baixas. Destacam-se, somente, as maiores densidades de coliformes totais registradas durante o período de águas altas.

Assim, quando o objetivo é diferenciar os pontos de monitoramento e avaliar a variabilidade das características físicas e químicas, os resultados demonstraram que a PCA é uma estratégia extremamente eficiente.



**Figura 127.** Escores dos 10 pontos de monitoramento obtidos com o uso de uma análise de componentes principais (PCA). As variáveis apresentadas são aquelas com maiores correlações com o primeiro eixo de ordenação e a direção da seta indica se essas variáveis estão positivamente ou negativamente correlacionadas com esse eixo. Cond=condutividade elétrica; STD=sólidos totais dissolvidos; turb=turbidez; SS=sólidos suspensos totais; ST=sólidos totais; OD=oxigênio dissolvido; alc=alcalinidade; PT=fósforo total; NTK=nitrogênio total Kjeldahl.

### 5.13.5. 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 fitoplancônicos 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 zooplancônica 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 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. 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).

### ***Fitoplâncton***

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau nos meses correspondentes aos períodos de águas altas (janeiro e abril) e águas baixas (julho e outubro) mostrou alta complexidade taxonômica. Maior número de táxons foi registrado durante o período de águas baixas, com alta contribuição de Chlorophyceae e Zygnemaphyceae. Os demais grupos fitoplanctônicos apresentaram baixa contribuição com número de táxons similar nos dois períodos do ciclo hidrológico (**Tabela 36**).

Em janeiro de 2012 foram registrados 64 táxons, número inferior ao registrado em outubro de 2011 (98 táxons) e estiveram distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Os grupos mais especiosos foram, em ordem de importância, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae e Chlorophyceae (**Tabela 37**), os quais são comumente registrados como os mais especiosos em rios e reservatórios do mundo todo. A proporção de dominância dos mesmos está associada ao tipo de ambiente estudado e aos requerimentos ecológicos de cada grupo.

**Tabela 36.** Composição fitoplanctônica na área de influência do Canteiro de obras do AHE Jirau durante o período de estudo.

| Grupos            | Águas altas | Águas baixas |
|-------------------|-------------|--------------|
| Bacillariophyceae | 36          | 39           |
| Cyanobacteria     | 30          | 30           |
| Chlorophyceae     | 18          | 53           |
| Chrysophyceae     | 5           | 6            |
| Euglenophyceae    | 19          | 18           |
| Cryptophyceae     | 3           | 6            |
| Zygnemaphyceae    | 25          | 48           |
| Dinophyceae       | 1           | 6            |
| Oedogoniophyceae  | 1           | 1            |
| Raphidophyceae    | 1           | 1            |
| Xanthophyceae     | 0           | 1            |
| <b>Total</b>      | <b>139</b>  | <b>209</b>   |

**Tabela 37.** Ocorrência dos táxons fitoplanctônicos nos pontos monitorados na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau em janeiro de 2012.

| Táxons   | PL01 | PL02 | PL03 | PL04 | PL05 | PL06 | PL08 | PL09 | PL10 | PL11 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>BACILLARIOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.           |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                              | x    |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) 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    |      |      |      |      |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee             | x    | x    |      | x    |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                   |      |      | x    | x    |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cymbella</i> sp.  |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Eunotia</i> sp.   |      |      | x    | x    |      |      |      |      | x    | x    |
| <i>Frustulia</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | x    | x    |      |
| <i>Girosygma</i> sp.   | x    |      |      |      | x    |      |      |      |      |      |
| <i>Gomphonema</i> sp.  |      |      | x    |      |      |      |      | x    |      |      |
| <i>Melosira varians</i> Agardh   |      | x    |      |      |      |      | x    |      |      |      |
| <i>Nitzschia</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |
| <i>Nitzschia</i> sp1   |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |
| <i>Pinnularia</i> sp.  |      |      |      | x    | x    |      |      | x    |      | x    |
| <i>Surirella</i> sp.   | x    |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Surirella</i> sp2   |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Pennales não identificada 1  | x    |      | x    |      | x    |      | x    | x    |      | x    |
| Pennales não identificada 2  |      |      |      | x    |      |      |      | x    |      |      |
| Pennales não identificada 3  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| <b>CYANOBACTERIA</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West                      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |      |
| <i>Chroococcus</i> sp.   |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |      |
| <i>Dolichospermum</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| <i>Limnotrix</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| <i>Phormidium</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      | x    |      | x    |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.  |      |      | x    | x    |      |      |      |      |      |      |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Closteriopsis</i> sp.   |      |      |      | x    | x    |      |      |      |      |      |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard                                |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>                     |      |      |      |      | x    |      |      |      |      |      |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat                            |      |      | x    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Scenedesmus</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | x    |
| Chlorophyceae não identificada   |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Mallomonas</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Euglena</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | x    |      |      |

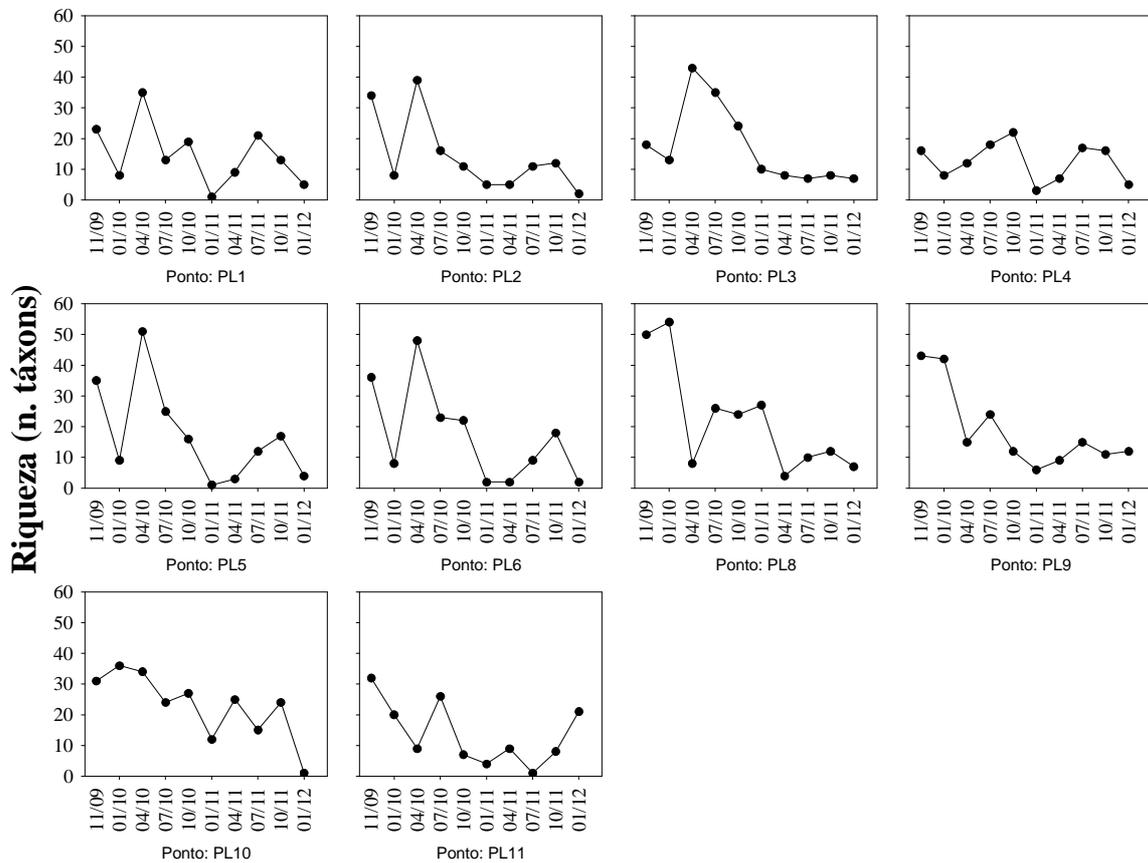
| Táxons   | PL01 | PL02 | PL03 | PL04 | PL05 | PL06 | PL08 | PL09 | PL10 | PL11 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Monomorphina</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Phacus longicauda</i> var. <i>longicauda</i> (Ehrenb.) Dujard.      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenb.) Dujard. var. <i>tortus</i> Lemmerm. |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Phacus</i> sp.  |      |      |      |      |      |      | X    | X    |      |      |
| <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmerm.)Deflandre                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> (Ehrenb.) Stein         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas cylindrica</i> (Klebs) Hubner                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas rugulosa</i>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                                 | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko                            |      |      |      |      |      | X    |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas</i> sp1   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Trachelomonas</i> sp.   |      |      |      |      |      | X    | X    |      |      | X    |
| <b>CRYPTOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                     |      |      |      |      |      |      | X    |      |      | X    |
| <i>Cryptomonas</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | X    |      |      |
| <b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Actinotaenium</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | X    |      |      |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehrenb. ex Ralfs                            |      | X    |      | X    |      | X    |      |      |      |      |
| <i>Closterium setaceum</i> C. G. Ehrenb. ex Ralfs                      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |      |
| <i>Closterium</i> sp.  | X    |      |      |      |      |      | X    |      |      |      |
| <i>Closterium</i> sp2  |      |      |      |      |      |      |      | X    |      |      |
| <i>Cosmarium</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <i>Staurastrum leptocladum</i> Nordsted.                               |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Xanthidium regulare</i> Norsdted.                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |
| <b>DINOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Peridinium</i> sp.  | X    |      |      |      |      |      |      | X    |      | X    |
| <b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Oedogonium</i> sp.  |      |      |      |      |      | X    |      | X    |      |      |

Os valores de diversidade alfa (riqueza total de espécies fitoplanctônicas por amostra) foram maiores no período de menores níveis hidrométricos do rio Madeira (águas baixas). As maiores diferenças entre os distintos períodos do ciclo hidrológico foram verificados no rio Madeira. Maiores valores foram obtidos nos tributários em ambos os períodos (**Figura 128**).

A hidrodinâmica de sistemas lóticos, caracterizada por alto fluxo e alta turbidez, limita o estabelecimento das populações tipicamente planctônicas, sendo comum o registro de baixos valores de riqueza nestes sistemas. O aumento da vazão e turbidez no período de altos níveis fluviométricos nos rios estudados, contribuiu para a menor diversidade alfa registrada.

Por outro lado, o incremento no número de táxons registrados nos tributários no período de águas altas pode ser atribuído à entrada de inóculos devido a maior influência das margens e maior efeito de confluência com ambientes adjacentes (BENDA et al., 2004).

Em janeiro de 2012 foram registrados baixos valores de diversidade alfa na maioria dos pontos (**Figura 128**). Os valores de riqueza variaram de 1 no ponto PL10 a 21 no ponto PL11 (**Figura 128, Tabela 38**), com média de 7 táxons por amostra.



**Figura 128.** Variação temporal e espacial da riqueza total de espécies fitoplânctônicas nos pontos amostrados na área de influência do canteiro de obras do futuro AHE Jirau, durante o período de estudo.

As bacilariofíceas foram as principais contribuintes da diversidade alfa no período de águas altas. Em janeiro de 2012 este padrão foi mantido. As euglenofíceas apresentaram maior contribuição, em janeiro de 2012 principalmente nos pontos PL08 e PL11. Consideradas mixotróficas, as euglenofíceas foram as principais responsáveis pelo incremento da riqueza e maior valor registrado no ponto PL11, o que pode estar relacionado ao maior aporte e concentração de matéria orgânica durante o período de águas altas.

### Índice de frequência das espécies

De acordo com o índice de frequência de Dajoz (1973), no período de águas baixas foi verificado maior número de espécies constantes (> 50% de frequência) tanto no rio Madeira, quanto nos tributários (**Tabela 38**). As bacilariofíceas foram mais frequentes no rio Madeira, principalmente *Aulacoseira granulata* a qual ocorreu em mais de 60% das amostras no período de águas baixas. Nos tributários, representantes de Cryptophyceae, Euglenophyceae e Chlorophyceae foram mais frequentes.

Houve elevada contribuição de espécies raras em ambos os períodos do ciclo hidrológico, sendo maior no período de águas altas, no rio Madeira (93%). Nos tributários as espécies raras constituíram mais de 70% do total (**Tabela 38**).

### Espécies abundantes e dominantes

Foi registrado maior número de táxons abundantes no período de águas baixas no rio Madeira em nos tributários, o que pode estar relacionado às condições de menor velocidade de fluxo e maior disponibilidade luminosa durante esse período. O número de espécies abundantes foi similar nos dois períodos do ciclo hidrológico tanto entre os pontos situados no rio Madeira, quanto os situados nos tributários (**Tabela 38**).

Quanto às espécies dominantes, considerando o rio Madeira e os tributários, ocorreu um padrão inverso, com maior número de espécies no rio Madeira no período de águas altas e maior número de espécies nos tributários, durante o período de águas baixas. As espécies *Aulacoseira granulata* var. *granulata* e *Cyclotella meneghiniana*, dominantes no rio Madeira, no período de águas altas (**Tabela 38**), são componentes comuns do plâncton de rios e lagos rasos e adaptadas a condições de instabilidade da coluna de água e baixa disponibilidade luminosa (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009).

*Cryptomonas marssonii* e *Pediastrum duplex*, dominantes no rio Madeira, no período de águas altas (**Tabela 38**), representaram 100% da densidade total nos pontos PL01 e PL05, respectivamente, em janeiro de 2011. Essa dominância pode ser atribuída ao favorecimento destas espécies a determinadas condições registradas neste ambiente, e também ao maior efeito de confluência entre o canal principal e os tributários (BENDA et al., 2004). Isso é devido ao fato destas espécies apresentarem baixos valores de densidade e serem as únicas representantes da comunidade.

Para os tributários foi registrada dominância de *Planktothrix agardhii* no ponto PL11 em julho de 2011 e *Frustulia* sp. no ponto PL10 em janeiro de 2012. A despeito

de estas espécies terem representado 100% da densidade nestes pontos, as mesmas apresentaram baixos valores. Assim como registrado para o rio Madeira, essas espécies não efetivaram a colonização, o que indica que podem ser tanto de origem autóctone quanto alóctone.

**Tabela 38.** Frequência de ocorrência (% e cores) e dominância (cores) dos táxons fitoplanctônicos na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, nos períodos de águas altas (AA) e águas baixas (AB).

| Dominância |                  | Frequência |                  |
|------------|------------------|------------|------------------|
|            | <b>dominante</b> |            | <b>constante</b> |
|            | <b>abundante</b> |            | <b>acessória</b> |
|            |                  |            | <b>rara</b>      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

| Táxons   | Frequência |    |             |    | Dominância |    |             |    |
|--|------------|----|-------------|----|------------|----|-------------|----|
|  | Madeira    |    | Tributários |    | Madeira    |    | Tributários |    |
|  | AB         | AA | AB          | AA | AB         | AA | AB          | AA |
| <i>Achnantes exigua</i> Grunow   |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Achnanthes</i> sp.  | 6          |    | 6           |    |            |    |             |    |
| <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.                      | 6          | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow                                  |            |    | 6           | 6  |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Sim.           | 33         | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                              | 44         | 6  | 6           | 6  |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.                            | 11         | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | 89         | 17 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.      | 67         | 28 | 6           |    |            |    |             |    |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmerm.) Sim.                            | 11         |    |             | 6  |            |    |             |    |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee             | 17         | 17 | 6           |    |            |    |             |    |
| <i>Discostella</i> sp.   | 39         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                   | 44         | 11 | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Cyclotella</i> sp.  | 17         | 11 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cymbella affinis</i> Kütz.  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Cymbella</i> sp.  |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Eunotia</i> sp.   | 11         |    | 8           | 17 |            |    |             |    |
| <i>Fragilaria</i> sp.  | 61         | 6  | 8           | 8  |            |    |             |    |
| <i>Frustulia</i> sp.   |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Girosygma</i> sp.   | 33         | 11 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.  |            |    | 25          |    |            |    |             |    |
| <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenb.                                      |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Gomphonema</i> sp.  |            |    | 8           | 25 |            |    |             |    |
| <i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.                               |            |    | 25          |    |            |    |             |    |
| <i>Navicula</i> sp.  | 39         | 6  | 42          | 25 |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>gracilis</i> Hantzsch.                         | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>sigmoide</i>                                   |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith                                | 61         | 6  | 8           | 17 |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia tubicola</i> Grunow                                       | 17         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia</i> sp.   | 33         |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Nitzschia</i> sp1   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenb.) Ehrenb.                              |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve                         |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Pinnularia</i> sp.  | 6          | 17 | 42          | 33 |            |    |             |    |
| <i>Pinnularia</i> sp1  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenb.) Compere                             | 6          |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Synedra gouldardii</i> Bréb.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Surirella</i> sp.   |            | 6  | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.                                   | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round e Craw.                   | 17         |    |             |    |            |    |             |    |

| Táxons  | Frequência |    |             |    | Dominância |    |             |    |
|---|------------|----|-------------|----|------------|----|-------------|----|
|   | Madeira    |    | Tributários |    | Madeira    |    | Tributários |    |
|   | AB         | AA | AB          | AA | AB         | AA | AB          | AA |
| Pennales não identificada 1   | 39         | 33 | 25          | 58 |            |    |             |    |
| Pennales não identificada 2   |            | 6  | 8           | 8  |            |    |             |    |
| Pennales não identificada 3   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| Centrales   |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Dolichospermum circinalis</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al. | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.   | 11         |    | 25          |    |            |    |             |    |
| <i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek                                  | 28         |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.  |            |    | 8           | 25 |            |    |             |    |
| <i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström   |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West                               |            | 6  |             | 25 |            |    |             |    |
| <i>Aphanocapsa</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cyanoduction</i> sp.   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cylindrospermopsis</i> sp.   |            | 11 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Dolichospermum</i> sp.   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Geitlerinema</i> sp.   | 33         | 6  | 25          | 25 |            |    |             |    |
| <i>Gloeocapsa</i> sp.   |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Komvophoron groenlandicum</i> Anag. & Komárek                                | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Komvophoron</i> sp.  | 11         |    | 33          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Limnotrix</i> sp.  |            |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Lyngbya</i> sp.  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.                                      | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmerm.   | 11         | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Oscillatoria</i> sp.   | 33         |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Planktolynbya limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek-Legn. e Cronb.                | 6          | 6  |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek                           | 17         |    | 33          | 25 |            |    |             |    |
| <i>Phormidium</i> sp.   |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmerm.) Komárek                               |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.   | 11         | 22 | 8           | 25 |            |    |             |    |
| <i>Romeria gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex. Geitler                             |            | 6  |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Romeria</i> sp.  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| Phormidiaceae não identificada  |            |    | 8           | 8  |            |    |             |    |
| Oscillatoriales não identificada  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| Chroococales não identificada   |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| Cyanobacteria filamentosa   |            | 6  |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Actinastrum aciculare</i> Playf.   | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.   | 17         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Cor.   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott  | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.  | 33         | 11 | 67          | 17 |            |    |             |    |
| <i>Chlamydomonas</i> sp1  | 6          |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Closteriopsis</i> sp.  | 17         | 11 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn.                                     |            |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Crucigeniella</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West                            |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Desmodesmus communis</i> (E. E. Hegew.) E. Hegew                             | 17         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugliel.) E. E. Hegew.       | 6          |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Desmodesmus maximus</i> (W. et G. S. West) E. E. Hegew.                      | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Scenedesmus westii</i> (G. M. Smith) Chodat                                  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Desmodesmus</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek sensu Komárek                       | 17         |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Eutetramorus</i> sp.   | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák                                | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Komárek. - Legn.                         | 28         | 6  |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Komárek. - Legn.                         |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Komárek.-Legn.                          |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Komárek.-Legn.                    |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard   | 11         | 11 |             |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium minutum</i> (Naegeli) Komárek. - Legn.                         | 17         |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárek. - Legn.                  | 33         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Monoraphidium</i> sp.  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>                              | 11         | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen  | 17         | 6  |             |    |            |    |             |    |

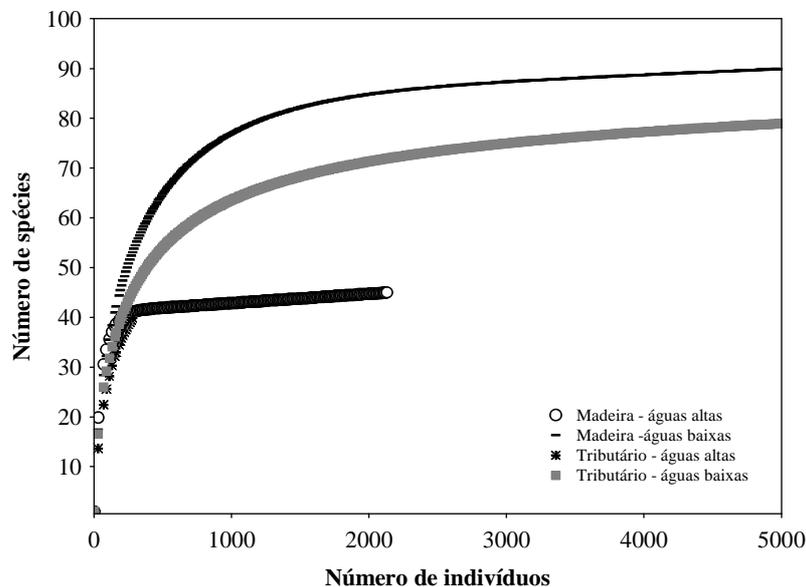
| Táxons   | Frequência |    |             |    | Dominância |    |             |    |
|--|------------|----|-------------|----|------------|----|-------------|----|
|  | Madeira    |    | Tributários |    | Madeira    |    | Tributários |    |
|  | AB         | AA | AB          | AA | AB         | AA | AB          | AA |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat                         | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Scenedesmus ecomis</i> (Ehrenb.) Chodat                             | 11         | 11 | 8           | 8  |            |    |             |    |
| <i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat                                   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Scenedesmus westii</i> (G. M. Smith) Chodat                         | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Scenedesmus</i> sp.   | 6          |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemmerm.                         | 6          | 6  |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Scroederia spirallis</i> (Printz) Kors.                             | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Scroederia</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Selenodictyum brasiliense</i> Uherk. e Schm.                        |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Sphaerellopsis</i> sp   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.                                      |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| Chlorococcales não identificada 1                                      | 11         |    |             |    |            |    |             |    |
| Chlorococcales não identificada 2                                      |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| Chlorophyceae não identificada   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof                                 | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Dinobryon sertularia</i> C. G. Ehrenb.                              |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Epipyxis</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Kephyrion</i> sp.   | 6          |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Mallomonas</i> sp.  |            |    | 8           | 17 |            |    |             |    |
| Chrysophyceae perifítica n. identificada                               |            |    | 8           | 17 |            |    |             |    |
| Crysophyceae unicelular n. identificada                                |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Euglena</i> sp.   | 6          |    | 67          | 42 |            |    |             |    |
| <i>Euglena</i> sp1   |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  |            |    | 42          | 17 |            |    |             |    |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenb.) Lemmerm.                             |            |    | 25          | 17 |            |    |             |    |
| <i>Lepocinclis</i> sp.   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Monomorphina</i> sp.  |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Phacus</i> sp.  |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehrenb.) Dujard. var. <i>tortus</i> Lemmerm. |            |    | 8           | 8  |            |    |             |    |
| <i>Phacus</i> sp.  |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmerm.)Deflandre                    | 6          |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Strombomonas</i> sp.  | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas abrupta</i> Swir. emend. Deflandre                    |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> (Ehrenb.) Stein         |            | 6  | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes                                  |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas cylindrica</i> (Klebs) Hubner                         |            |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein                             |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.                                  |            |    | 25          |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas rugulosa</i>  |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas scabra</i> Playfair                                   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas similis</i> Stokes var. <i>spinosa</i> Hub.-Pest.     |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                                 |            | 6  |             |    |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.                               | 17         | 11 | 5           | 33 |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas</i> sp1   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Trachelomonas</i> sp.   | 6          |    | 17          | 42 |            |    |             |    |
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm.   | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. e Bic.                    |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenb. Emend. Pen.                         | 6          |    | 25          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                     | 44         | 33 | 58          | 42 |            |    |             |    |
| <i>Cryptomonas</i> sp.   | 44         |    | 67          | 33 |            |    |             |    |
| <i>Actinotaenium</i> sp.   |            |    | 8           | 8  |            |    |             |    |
| <i>Closterium aciculare</i> T. West                                    | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehrenb. ex Ralfs                            | 17         |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Closterium Kuetzingii</i> L. A. Bréb.                               |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Closterium setaceum</i> C. G. Ehrenb. ex Ralfs                      |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Closterium ralfsii</i> Bréb. ex Ralfs                               |            |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Closterium</i> sp.  | 6          |    | 8           | 33 |            |    |             |    |
| <i>Cosmarium margaritatum</i> (P Lundell) J.Roy& Bisset                | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Cosmarium</i> sp.   |            |    | 17          | 8  |            |    |             |    |
| <i>Cosmarium</i> sp1   |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Desmidium Bailey</i> (Halfs ) Nordst.                               |            |    |             | 17 |            |    |             |    |
| <i>Euastrum brasiliense</i> Borge                                      |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Euastrum</i> sp.  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh.                           | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Netrium</i> sp.   |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Pleurotaenium trabecula</i> (Ehrenberg) Nageli                      |            |    | 8           |    |            |    |             |    |

| Táxons   | Frequência |    |             |    | Dominância |    |             |    |
|--|------------|----|-------------|----|------------|----|-------------|----|
|  | Madeira    |    | Tributários |    | Madeira    |    | Tributários |    |
|  | AB         | AA | AB          | AA | AB         | AA | AB          | AA |
| <i>Pleurotaenium</i> sp.                           |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Spyrogira</i> sp.                               |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Staurastrum setigerum</i> Cleve                 |            |    |             | 8  |            |    |             |    |
| <i>Staurastrum</i> sp.                             | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Triploceras gracile</i> Bailey                  |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Gimnodinium</i> sp.                             |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Peridinium gatunense</i> Nyg.                   |            |    | 8           |    |            |    |             |    |
| <i>Peridinium</i> sp.                              |            |    | 33          | 17 |            |    |             |    |
| <i>Peridinium</i> sp 1                             |            |    | 25          |    |            |    |             |    |
| <i>Peridinium</i> sp2                              |            |    | 17          |    |            |    |             |    |
| <i>Tetraplektron tribulus</i> (Pascher) A R. Loeb. | 6          |    |             |    |            |    |             |    |
| <i>Gonyostomum</i> sp.                             |            | 17 | 8           |    |            |    |             |    |

### Análise de rarefação

A análise de rarefação realizada para comparar a riqueza de espécies entre os ambientes do rio Madeira e tributários, considerando um mesmo valor de densidade, evidenciou maiores valores de riqueza no período de águas baixas (**Figura 129**).

Assim, considerando um mesmo valor de densidade, os valores de riqueza foram similares aos dados originais, o que demonstra que os valores de riqueza não foram influenciados pelos valores de densidade.



**Figura 129.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, nos períodos de águas altas e águas baixas no rio Madeira e tributários na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau.

### Diversidade Beta

Os valores de diversidade beta foram baixos, tanto para rio Madeira, quanto para os tributários, sendo os maiores verificados no período de águas baixas (**Tabela 39**). Neste período ocorre maior taxa de modificação na composição de espécies ao longo do gradiente ambiental, devido provavelmente a menor conectividade entre os pontos amostrados. A alta variabilidade ambiental está associada com aumento na diversidade beta (HARRISON *et al.*, 1992).

**Tabela 39.** Valores de diversidade beta temporal para a área de influência do canteiro de obras do futuro AHE Jirau, nos períodos de águas baixas e águas altas.

|             | Águas altas | Águas baixas |
|-------------|-------------|--------------|
| Madeira     | 13          | 17           |
| Tributários | 15          | 17           |

### Densidade e biomassa fitoplanctônica

Foram registrados baixos valores de densidade e biovolume fitoplanctônico em todos os pontos amostrados na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante o período de estudo (**Tabela 40, Figuras 130 e 131**), sendo muito superiores no período de águas baixas, principalmente para os pontos situados nos tributários. Quanto ao biovolume, no período de águas altas os maiores valores ocorreram nos pontos situados no rio Madeira.

No período de águas altas, os valores de densidade fitoplanctônica foram similares entre os pontos situados nos tributários e os situados no rio Madeira. Já no período de águas baixas, a variabilidade espacial foi muito evidente, sendo verificados valores muito superiores nos tributários.

A menor variabilidade temporal verificada para os valores de densidade nos pontos situados no rio Madeira está associada à hidrodinâmica deste rio, caracterizada por elevada vazão. Além das condições ideais de luz e nutrientes, um rio precisa apresentar um fluxo relativamente lento, para permitir o desenvolvimento algal (REYNOLDS e DESCY, 1996). De fato, maior estabilidade temporal dos fatores limnológicos é comum em grandes rios, a despeito das oscilações do nível hidrométrico (THOMAZ *et al.*, 2004).

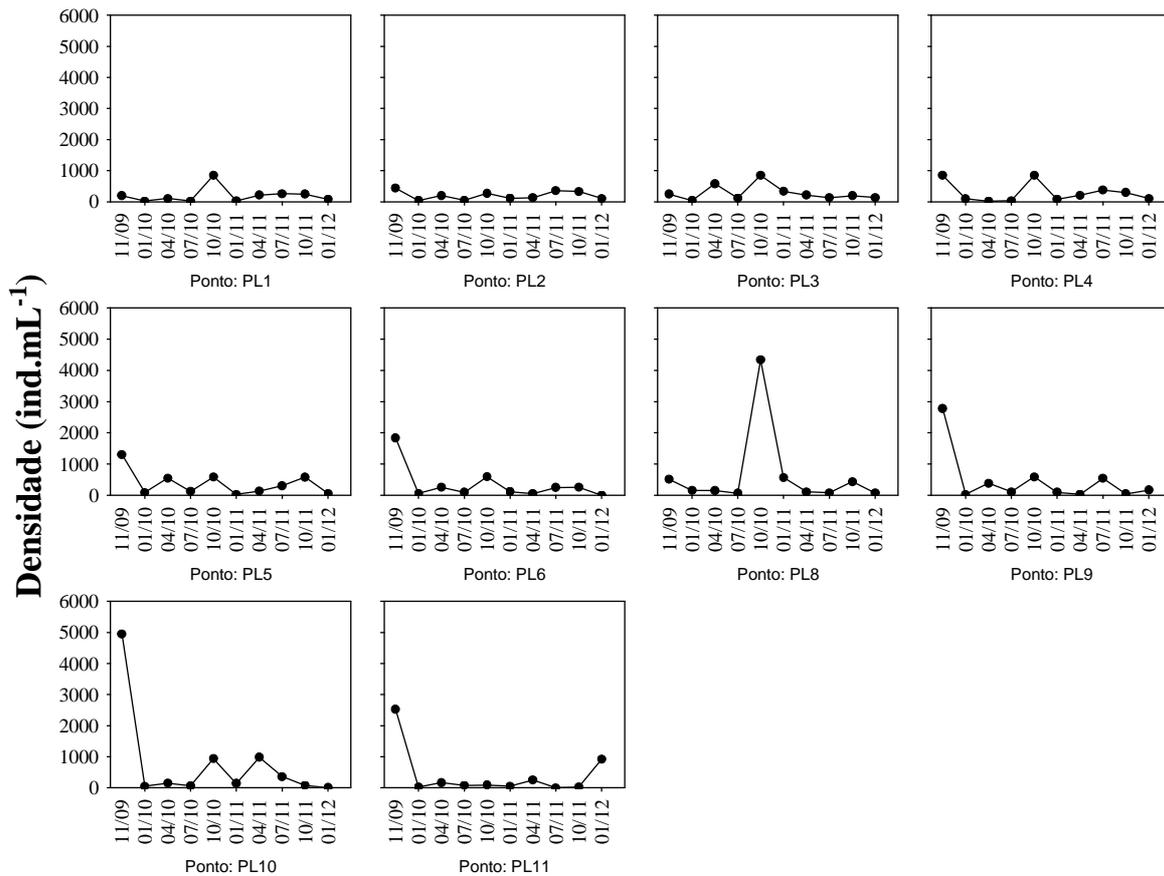
Em janeiro de 2012, maiores valores ocorreram no ponto PL08 (**Figura 130, 131**). Os valores médios por amostra foram  $83 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,12 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$  nos pontos situados no rio Madeira, e  $293 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,2 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ , nos tributários.

**Tabela 40.** Densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) dos táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

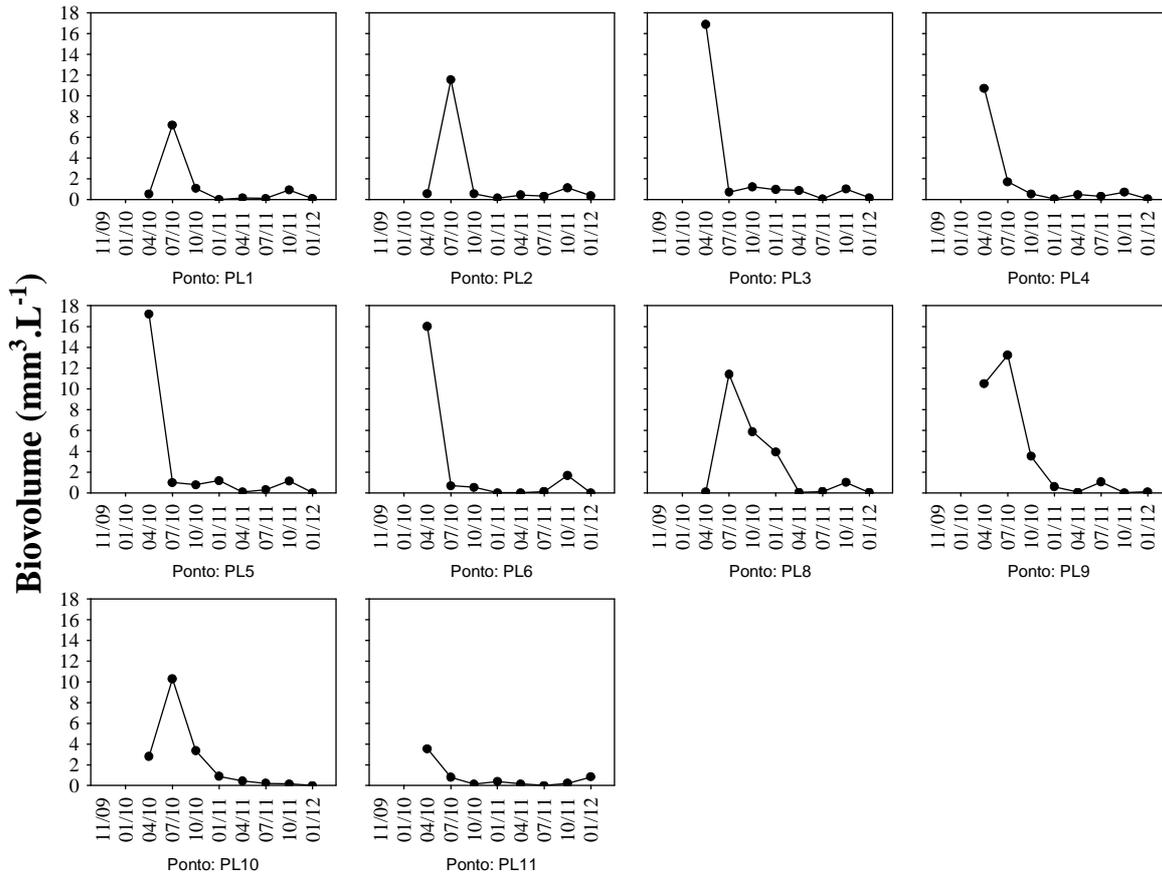
| Táxons   | PL01 | PL02 | PL03 | PL04 | PL05 | PL06 | PL08 | PL09 | PL10 | PL11 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>BACILLARIOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                              |      |      |      | 27   |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | 27   |      | 27   |      |      | 1    |      |      |      |      |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.      |      | 81   | 27   |      | 1    | 1    |      |      |      |      |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve e Grunow) Holk e Klee             |      | 27   |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                   |      |      | 27   |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cymbella</i> sp.  |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Eunotia</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| <i>Frustulia</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | 1    | 9    |      |
| <i>Girosygma</i> sp.   | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Gomphonema</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      | 36   |      |      |
| <i>Nitzschia</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |
| <i>Nitzschia</i> sp1   |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |
| <i>Pinnularia</i> sp.  |      |      |      | 27   |      |      |      | 9    |      | 9    |
| <i>Surirella</i> sp.(51x25,5)  | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Pennales não identificada 1  | 27   |      | 27   |      | 27   |      | 9    | 36   |      | 198  |
| Pennales não identificada 2  |      |      |      | 27   |      |      |      | 18   |      |      |
| Pennales não identificada 3  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 27   |
| <b>CYANOBACTERIA</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 261  |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West                      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |
| <i>Dolichospermum</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Limnotrix</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 45   |
| <i>Phormidium</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      | 18   |      | 54   |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.  |      |      | 1    | 1    |      |      |      |      |      |      |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Closteriopsis</i> sp.   |      |      |      | 27   | 27   |      |      |      |      |      |
| <i>Pediastrum simplex</i> Mey. var. <i>simplex</i>                     |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenb.) Chodat                            |      |      | 27   |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Scenedesmus</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Mallomonas</i> sp.  |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Euglena</i> sp.   |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |      |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Monomorphina</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Phacus</i> sp.  |      |      |      |      |      |      | 9    | 9    |      |      |
| <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmerm.)Deflandre                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Trachelomonas cylindrica</i> (Klebs) Hubner                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Trachelomonas rugulosa</i> Stein ex Deflandre                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 18   |
| <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.                                 | 27   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Trachelomonas</i> sp1   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9    |
| <i>Trachelomonas</i> sp.   |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      | 72   |
| <b>CRYPTOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja                                     |      |      |      |      |      |      | 18   |      |      | 144  |
| <i>Cryptomonas</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |
| <b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Actinotaenium</i> sp.   |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      |      |
| <b>DINOPHYCEAE</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Peridinium</i> sp.  |      |      |      |      |      |      |      | 9    |      | 9    |

Bacillariophyceae foi o grupo com maior contribuição aos valores de densidade e biomassa no rio Madeira durante todo o período de estudo. Cyanobacteria, Bacillariophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Cryptophyceae apresentaram maior contribuição nos tributários.

As bacilariofíceas foram representadas principalmente por táxons meroplânctônicos, como *Aulacoseira* spp. O desenvolvimento das diatomáceas está estreitamente relacionado com o regime de mistura da coluna de água, as quais são adaptadas à mistura turbulenta e por isso constituem componentes comuns do potamoplâncton (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009).



**Figura 130.** Variação espacial da densidade fitoplânctônica na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante o período de estudo.



**Figura 131.** Variação espacial da biomassa fitoplanctônica na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante o período de estudo.

### Cianobactérias na área de influência do canteiro de obras do futuro AHE Jirau

As cianobactérias apresentaram baixa contribuição aos valores de densidade e biomassa durante todo o período de estudo. Valores mais altos de densidade foram verificados no período de águas baixas no rio Madeira, e no período de águas altas nos tributários. Já os valores de biovolume foram maiores no rio Madeira, no período de maiores níveis fluviométricos, sendo superiores aos verificados nos tributários.

As cianobactérias foram representadas principalmente por táxons planctônicos e potencialmente toxigênicos, os quais são característicos de ambientes eutróficos, como *Planktothrix* e *Aphanizomenom*. O número de células e o biovolume registrado em janeiro de 2012 foi baixo (**Tabela 41**), sendo inferiores a 5000 células.mL<sup>-1</sup> e 1,0 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>, 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<sup>o</sup> 357/2005, as quais podem ser destinadas aos usos previstos para esta classe de água.

A despeito das cianobactérias apresentarem muitas vantagens adaptativas, podendo dominar em uma gama de variabilidade ambiental, estas requerem certa constância ambiental para seu desenvolvimento (REYNOLDS et al., 2002) o que explica seu baixo desenvolvimento no sistema estudado.

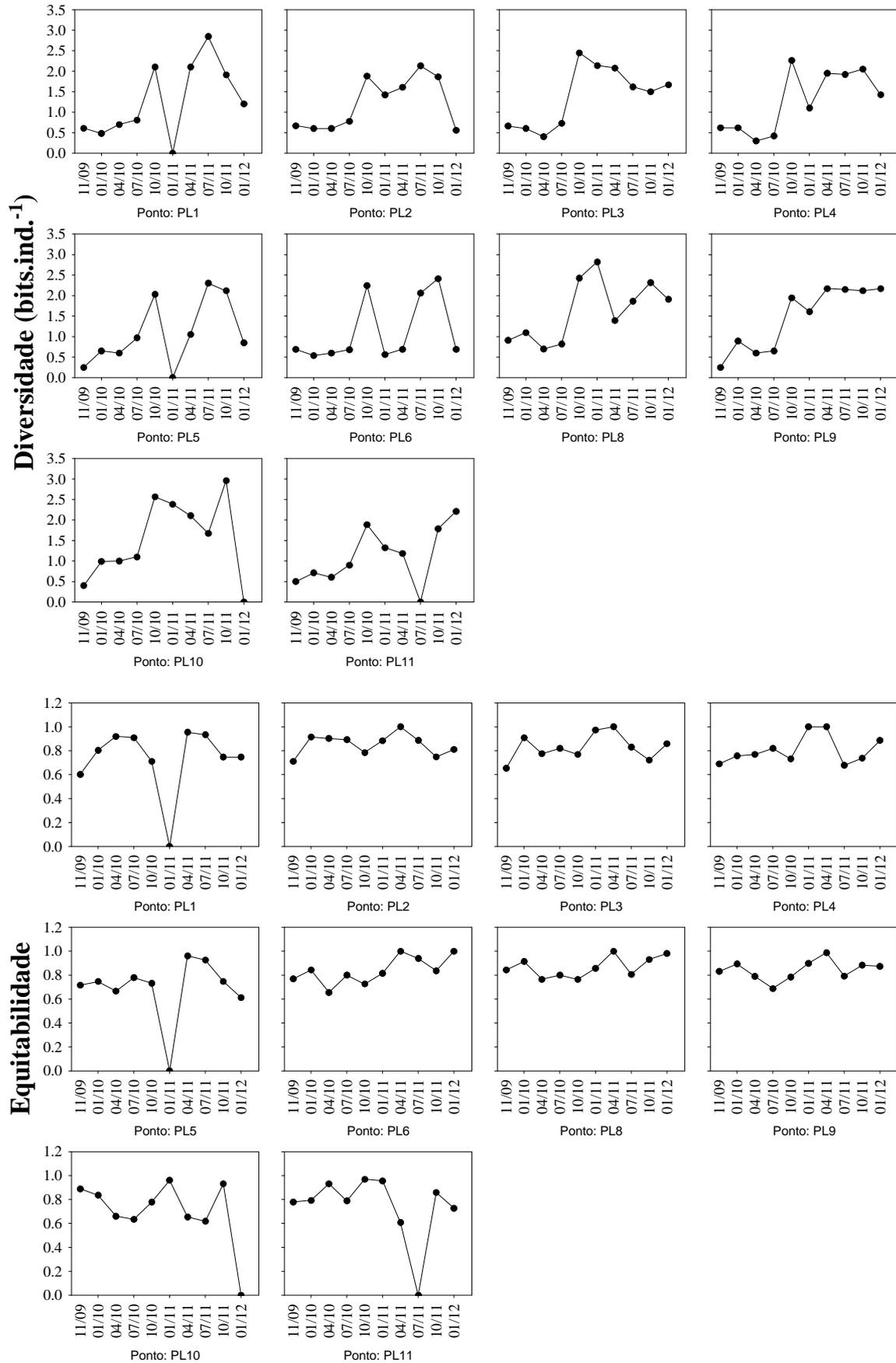
**Tabela 41.** Densidade (células.mL<sup>-1</sup>) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, em janeiro de 2012.

| Táxons  | PL01     | PL02     | PL03      | PL04      | PL05     | PL06     | PL08       | PL09       | PL10     | PL11        |
|---|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|------------|----------|-------------|
| <b>CYANOBACTERIA</b>                                  |          |          |           |           |          |          |            |            |          |             |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.                              |          |          |           |           |          |          |            |            |          | 2610        |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West     |          |          |           |           |          |          | 270        |            |          |             |
| <i>Dolichospermum</i> sp.                             |          |          |           |           |          |          |            |            |          | 180         |
| <i>Limnothrix</i> sp.                                 |          |          |           |           |          |          |            |            |          | 180         |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anag. & Komárek |          |          |           |           |          |          |            |            |          | 900         |
| <i>Phormidium</i> sp.                                 |          |          |           |           |          |          |            | 360        |          | 1080        |
| <i>Pseudoanabaena</i> sp.                             |          |          | 10        | 10        |          |          |            |            |          |             |
| <b>Total</b>  | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>10</b> | <b>10</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>270</b> | <b>360</b> | <b>0</b> | <b>4950</b> |

### Diversidade de espécies e equitabilidade

Foram verificados baixos valores do índice de diversidade de Shannon para comunidade fitoplanctônica, sendo similares entre os pontos situados no rio Madeira e tributários, exceto no período de águas altas, quando menores valores ocorreram nos pontos do rio Madeira (**Figura 132**). No rio Madeira foi verificado maior variabilidade temporal, sendo registrados menores valores no período de águas altas. Em janeiro de 2012, os maiores valores de diversidade foram obtidos nos pontos PL09 e PL10, localizados nos tributários.

Os valores de equitabilidade foram altos em ambos os períodos hidrológicos, sendo maiores nos tributários. Sistemas lóticos em geral possuem altos valores de equitabilidade, devido à alta proporção de espécies raras que possuem.



**Figura 132.** Variação espacial e temporal da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante o período de estudo.

### **Espécies indicadoras (IndVAL)**

Considerando os períodos do ciclo hidrológico, foram registradas espécies significativamente indicadoras das condições ambientais no rio Madeira, apenas no período de águas baixas. Este resultado foi influenciado por baixos valores de densidade e baixa frequência das espécies no rio Madeira durante o período de águas altas (**Tabela 42**).

No período de águas baixas foram registradas, no rio Madeira, sete espécies de bacilariofíceas significativamente indicadoras, duas cianobactérias e duas clorofíceas (**Tabela 42**). Como já ressaltado, as bacilariofíceas possuem vantagens adaptativas em condições de turbulência, por apresentarem altas taxas de sedimentação e necessitarem da mistura para se manterem em suspensão na camada fótica, evidenciando as condições registradas no rio Madeira.

Foi registrado maior número de espécies indicadoras para os tributários no período de águas baixas, sendo três bacilariofíceas, uma cianobactéria, uma clorofíceas, quatro euglenofíceas, uma criptofíceas e duas dinofíceas. No período de águas altas foram registradas uma bacilariofíceas, uma cianobactéria, uma euglenofíceas e uma zygemaifíceas (**Tabela 42**). O maior número de espécies indicadoras nos tributários, e a contribuição de espécies epífitas, epipélicas e mixotróficas ressaltaram as maiores concentrações de matéria orgânica, maior transparência da água e maior influência das margens no transporte de inóculos nestes ambientes.

**Tabela 42.** Espécies fitoplanctônicas indicadoras das estações amostradas no rio Madeira e nos tributários, nos períodos de águas altas (AA) e águas baixas (AB). (A = abundância, F = frequência, IV = valor indicador - %). (Altos valores indicadores estão em negrito).

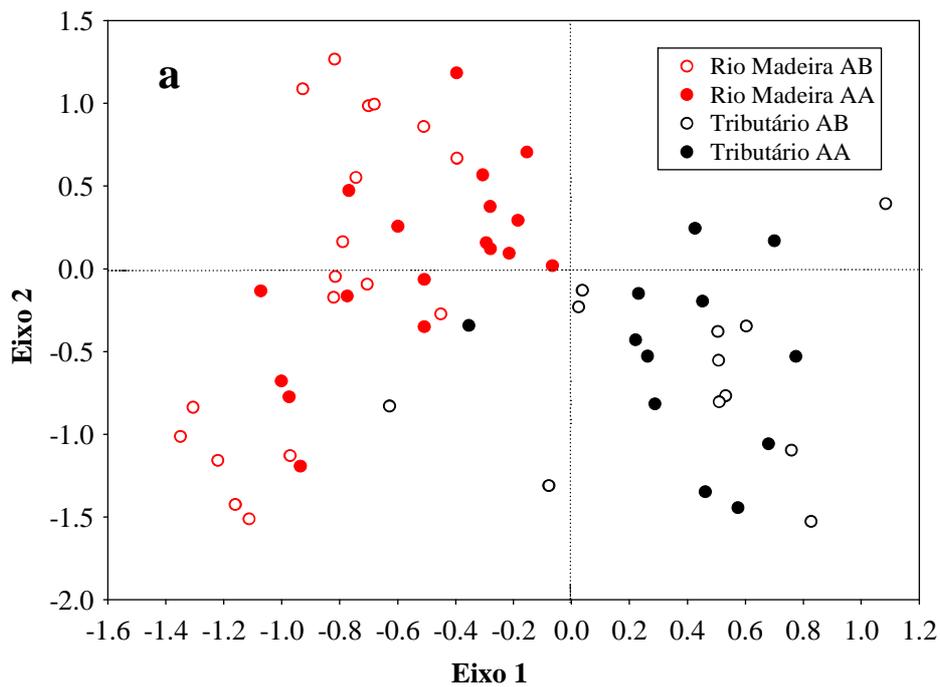
| Táxons   | Madeira |    |           |    |    |    | Tributário |    |           |     |    |           | p     |
|--|---------|----|-----------|----|----|----|------------|----|-----------|-----|----|-----------|-------|
|  | AB      |    |           | AA |    |    | AB         |    |           | AA  |    |           |       |
|  | A       | F  | IV        | A  | F  | IV | A          | F  | IV        | A   | F  | IV        |       |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenb.) Sim.                              | 62      | 44 | <b>28</b> | 14 | 6  | 1  | 16         | 8  | 1         | 7   | 8  | 1         | 0,023 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | 87      | 89 | <b>77</b> | 13 | 17 | 2  | 0          | 0  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0,001 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Sim.      | 74      | 67 | <b>49</b> | 26 | 28 | 7  | 0          | 8  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0,001 |
| <i>Discostella</i> sp.   | 100     | 39 | <b>39</b> | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0,001 |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.                                   | 83      | 44 | <b>37</b> | 6  | 11 | 1  | 11         | 17 | 2         | 1   | 8  | 0         | 0,006 |
| <i>Fragilaria</i> sp.  | 82      | 61 | <b>50</b> | 3  | 6  | 0  | 0          | 8  | 0         | 15  | 8  | 1         | 0,001 |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehrenb.  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 100        | 25 | <b>25</b> | 0   | 0  | 0         | 0,01  |
| <i>Gomphonema</i> sp.  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 16         | 8  | 1         | 84  | 25 | <b>21</b> | 0,047 |
| <i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.                               | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 100        | 25 | <b>25</b> | 0   | 0  | 0         | 0,012 |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith                                | 81      | 61 | <b>50</b> | 6  | 6  | 0  | 0          | 8  | 0         | 12  | 17 | 2         | 0,002 |
| <i>Pinnularia</i> sp.  | 0       | 6  | 0         | 7  | 17 | 1  | 89         | 42 | <b>37</b> | 4   | 33 | 1         | 0,031 |
| <i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.                                  | 3       | 11 | 0         | 0  | 0  | 0  | 97         | 25 | <b>24</b> | 0   | 0  | 0         | 0,023 |
| <i>Aphanizomenon tropicale</i> Hor. et Komárek                         | 95      | 28 | <b>26</b> | 0  | 0  | 0  | 5          | 8  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0,022 |
| <i>Aphanizomenon</i> sp.   | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0          | 8  | 0         | 100 | 25 | <b>25</b> | 0,015 |
| <i>Oscillatoria</i> sp.  | 93      | 33 | <b>31</b> | 0  | 0  | 0  | 7          | 8  | 1         | 0   | 0  | 0         | 0,002 |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.   | 39      | 33 | <b>13</b> | 6  | 11 | 1  | 48         | 67 | <b>32</b> | 7   | 17 | 1         | 0,053 |
| <i>Monoraphidium tortile</i> (W. e G.S. West) Komárek. - Legn.         | 100     | 33 | <b>33</b> | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0         | 0   | 0  | 0         | 0,003 |
| <i>Euglena</i> sp.   | 17      | 6  | 1         | 0  | 0  | 0  | 66         | 67 | <b>44</b> | 17  | 42 | 7         | 0,002 |
| <i>Euglena acus</i> Ehrenb.  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 85         | 42 | <b>35</b> | 15  | 17 | 3         | 0,002 |
| <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.                                  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 100        | 25 | <b>25</b> | 0   | 0  | 0         | 0,016 |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.                               | 7       | 17 | 1         | 10 | 11 | 1  | 69         | 50 | <b>35</b> | 13  | 33 | 4         | 0,023 |
| <i>Trachelomonas</i> sp.   | 5       | 6  | 0         | 0  | 0  | 0  | 7          | 17 | 1         | 88  | 42 | <b>36</b> | 0,003 |
| <i>Cryptomonas</i> sp.   | 37      | 44 | 17        | 0  | 0  | 0  | 50         | 67 | <b>33</b> | 13  | 33 | 4         | 0,03  |
| <i>Closterium</i> sp.  | 0       | 6  | 0         | 0  | 0  | 0  | 15         | 8  | 1         | 85  | 33 | <b>28</b> | 0,014 |
| <i>Peridinium</i> sp.  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 93         | 33 | <b>31</b> | 7   | 17 | 1         | 0,013 |
| <i>Peridinium</i> sp 1   | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 100        | 25 | <b>25</b> | 0   | 0  | 0         | 0,015 |

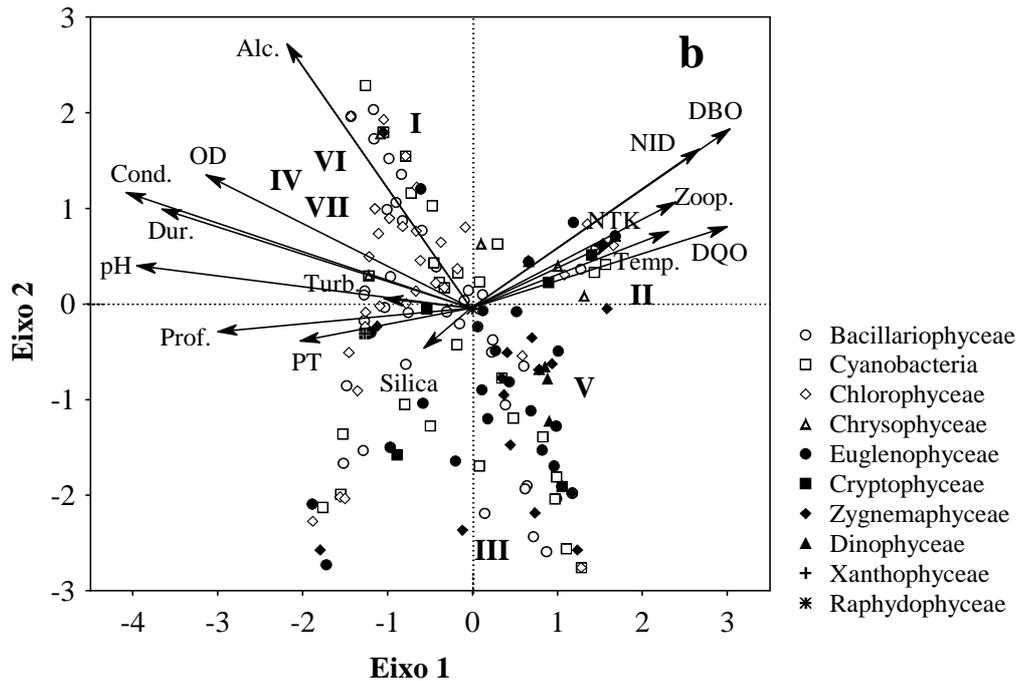
### Análise de Correlação Canônica (CCA) e Análise de Correspondência (DCA)

A CCA mostrou os dois primeiros eixos canônicos significativos de acordo com o teste de Monte Carlo ( $p = 0,001$ ). A variabilidade espacial dos pontos localizados no rio Madeira e nos tributários foi bastante evidente, com a discriminação destes no eixo 1. Estes resultados indicaram maior influência do gradiente espacial quando comparado à variabilidade temporal, sendo que os períodos de águas altas e águas baixas não foram discriminados no diagrama (**Figura 133**).

A variabilidade espacial da composição fitoplanctônica foi influenciada pela dominância de bacilariofíceas e clorofíceas nos pontos situados no rio Madeira, e dominância de crisofíceas, euglenofíceas, zygnefíceas e dinofíceas nos tributários. As cianobactérias e criptofíceas estiveram representadas em ambos os sistemas (**Figura 133**). Padrão similar de discriminação foi obtido quando foi realizada a análise de correspondência (DCA) (**Figura 133a**).

A separação espacial das bacilariofíceas (grupo VI) e clorofíceas (grupo IV) no rio Madeira, a esquerda do diagrama, esteve associada aos maiores valores de condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo total e sílica. O posicionamento das crisofíceas (grupo II), euglenofíceas (grupo V), zygnumafíceas (grupo IV) e dinofíceas (V), a direita do diagrama, dominante nos tributários, esteve associado às maiores concentrações de nitrogênio, DBO, DQO e maior densidade zooplanctônica (**Figura 133**).





**Figura 133.** Dispersão dos escores das estações de amostragem no rio Madeira e tributários nos períodos de águas altas (AA) e águas baixas (AB) (a) e escores dos táxons fitoplânctônicos e das variáveis ambientais (b) ao longo dos dois primeiros eixos da CCA. Grupos morfológicos funcionais (I, II, III, IV, V, VI e VII), profundidade (Prof.), temperatura da água (Temp.), condutividade (cond.), oxigênio dissolvido (OD), turbidez (Turb.), alcalinidade (Alc.), dureza (Dur.), fósforo total (PT), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e densidade zooplânctônica (Zoop.)

### Zooplâncton

#### Composição

Os resultados das análises qualitativas das amostras de zooplâncton coletadas ao longo do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem do AHE Jirau evidenciaram, até o momento, a ocorrência de 178 táxons, com destaque para protozoários testáceos (66 espécies) e rotíferos (69 espécies) que, ao longo do monitoramento têm se alternado como grupo mais especioso. Entre os cladóceros foram identificadas 31 espécies e entre os copépodes, 12 táxons. Como discutido em relatório anterior, a dominância de rotíferos ocorre, especialmente, sob condições de menor velocidade de corrente, enquanto que a importância relativa de protozoários testáceos aumenta com a transição para ambientes lóticos (LANSAC-TÔHA et al., 1999; 2004; 2005; VIEIRA et al., 2007). Assim, essas alterações temporais na comunidade

zooplânctônica estão, certamente, associadas a modificações hidrodinâmicas na área de estudo.

Em relação aos diferentes tipos de ambientes amostrados no monitoramento, rio Madeira e tributários, apesar do maior esforço amostral empregado no rio Madeira, uma maior diversidade do zooplâncton foi registrada nos tributários, 144 espécies, enquanto que no rio Madeira observou-se a ocorrência de 133 táxons.

Como ressaltado em relatórios anteriores, embora as diferenças entre os meses de amostragens tenham sido, em geral, pouco representativas (número de espécies entre 80 e 90, na maioria dos meses de coleta), no último período de amostragem observou-se um decréscimo expressivo na diversidade do zooplâncton na área de estudo (63 espécies). Apesar desta tendência, entre os períodos de amostragem, observou-se um maior número de espécies (ressalta-se a reduzida diferença) em períodos de chuva (141 espécies) do que na seca (134 espécies).

Nesse último período de amostragem os protozoários testáceos predominaram, mais uma vez, em termos de número de espécies, representados por 36 espécies, seguidos por rotíferos, com 18 espécies, cladóceros por 7 espécies, e copépodes representados por apenas 2 espécies (**Tabela 43**). Destaca-se para este período a marcada redução no número de espécies de rotíferos, cladóceros e copépodes, quando comparados aos últimos meses de amostragem. Como discutido acima, tal redução na diversidade destes grupos tipicamente planctônicos está associado, provavelmente, a um incremento substancial na vazão/velocidade de corrente da região estudada.

**Tabela 43.** Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas densidades (ind.m<sup>-3</sup>), nos diferentes pontos de amostragem na área de influência do canteiro de obras do AHE de Jirau, em janeiro de 2012.

| GRUPO                  | FAMÍLIA                     | ESPÉCIES / PONTOS                         | PL 01      | PL 02       | PL 03      | PL 04    | PL 05     | PL 06      | PL 08     | PL 09      | PL 10       | PL 11      |
|------------------------|-----------------------------|---|------------|-------------|------------|----------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|
| Testáceos              | Arcellidae                  | <i>Arcella arenaria</i>                   | 40         | 80          | 0          | 0        | 1         | 1          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella artocrea</i>                   | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 840         | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella brasiliensis</i>               | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 1          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella cf. brasiliensis</i>           | 0          | 0           | 40         | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella crenulata</i>                  | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 320         | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella dentata</i>                    | 0          | 0           | 1          | 0        | 1         | 0          | 0         | 80         | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella discoides</i>                  | 40         | 240         | 1          | 0        | 0         | 80         | 0         | 40         | 0           | 40         |
|                        |                             | <i>Arcella hemisphaerica</i>              | 40         | 80          | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella megastoma</i>                  | 0          | 1           | 0          | 0        | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella mitrata</i>                    | 0          | 0           | 1          | 0        | 0         | 0          | 30        | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Arcella rota</i>                       | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        | <i>Arcella vulgaris</i>     | 1   | 40         | 1           | 0          | 1        | 0         | 0          | 0         | 40         | 0           |            |
|                        | Centropxyidae               | <i>Centropyxis aculeata</i>               | 120        | 360         | 40         | 1        | 2         | 1          | 0         | 1          | 40          | 0          |
|                        |                             | <i>Centropyxis aerophila</i>              | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 160        |
|                        |                             | <i>Centropyxis constricta</i>             | 0          | 240         | 0          | 0        | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Centropyxis ecornis</i>                | 80         | 240         | 0          | 0        | 40        | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Centropyxis hirsuta</i>                | 0          | 80          | 0          | 0        | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Centropyxis marsupiformis</i>          | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 40          | 0          |
|                        |                             | <i>Centropyxis platystoma</i>             | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
|                        | Difflogiidae                | <i>Cucurbitella mespiliformis</i>         | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 40         |
|                        |                             | <i>Difflogia corona tuberculata</i>       | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
|                        |                             | <i>Difflogia correntina</i>               | 0          | 40          | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia difficilis</i>               | 0          | 40          | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia echinulata</i>               | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 40          | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia gramen</i>                   | 0          | 1           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia nebeloides</i>               | 0          | 40          | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia oblonga</i>                  | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 1           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia schuurmanni</i>              | 0          | 0           | 1          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia sp.</i>                      | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 1          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Difflogia ventricosa</i>               | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 40         | 0           | 0          |
|                        | Hyalosphenidae              | <i>Nebela sp.</i>                         | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        | Plagiopyxidae               | <i>Plagiopyxis callida</i>                | 0          | 120         | 40         | 0        | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 80         |
| Trigonopyxidae         | <i>Cyclopyxis eurystoma</i> | 0   | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           |            |
|                        | <i>Cyclopyxis kahli</i>     | 0   | 200        | 0           | 0          | 1        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           |            |
|                        | <i>Trygonopyxis arcuata</i> | 0   | 0          | 0           | 0          | 0        | 40        | 0          | 0         | 0          | 0           |            |
| Trinematidae           | <i>Trinema sp.</i>          | 40  | 80         | 0           | 0          | 40       | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           |            |
| <b>TOTAL TESTÁCEOS</b> |                             |   | <b>481</b> | <b>1922</b> | <b>125</b> | <b>1</b> | <b>86</b> | <b>283</b> | <b>30</b> | <b>162</b> | <b>1321</b> | <b>480</b> |
| Rotíferos              | Brachionidae                | <i>Keratella americana</i>                | 240        | 40          | 40         | 40       | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Keratella cochlearis</i>               | 0          | 40          | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Keratella lensi</i>                    | 80         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 160        |
|                        |                             | <i>Plationus patulus macrachantus</i>     | 0          | 0           | 1          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 40         |
|                        |                             | <i>Plationus patulus patulus</i>          | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 120        |
|                        |                             | <i>Platytas quadricornis quadricornis</i> | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 1          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Dicranophorus sp.</i>                  | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
|                        | Hexarthridae                | <i>Hexarthra mira</i>                     | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        | Lecanidae                   | <i>Lecane bulla</i>                       | 40         | 0           | 1          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 40          | 0          |
|                        |                             | <i>Lecane leontina</i>                    | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 40         | 40          | 40         |
|                        |                             | <i>Lecane luna</i>                        | 0          | 0           | 40         | 40       | 1         | 0          | 0         | 80         | 40          | 40         |
|                        |                             | <i>Lecane lunaris</i>                     | 40         | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 30        | 2          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Lecane papuana</i>                     | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 40         | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        | Notommatidae                | <i>Cephalodella sp.</i>                   | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 1          | 0         | 0          | 0           | 0          |
|                        |                             | <i>Monommata sp.</i>                      | 0          | 0           | 0          | 0        | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
|                        | Philodinidae                | Bdelloidea                                | 0          | 0           | 40         | 40       | 0         | 40         | 0         | 0          | 120         | 0          |

**Tabela 43.** Continuação.

| GRUPO                   | FAMÍLIA                | ESPÉCIES / PONTOS                 | PL 01      | PL 02      | PL 03      | PL 04      | PL 05     | PL 06      | PL 08     | PL 09      | PL 10       | PL 11      |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|
|                         | Proalidae              | <i>Proales</i> sp.                | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 40          | 0          |
|                         | Testudinellidae        | <i>Testudinella patina patina</i> | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
| <b>TOTAL ROTÍFEROS</b>  |                        |                                   | <b>480</b> | <b>80</b>  | <b>122</b> | <b>120</b> | <b>1</b>  | <b>121</b> | <b>30</b> | <b>123</b> | <b>280</b>  | <b>640</b> |
| Cladóceros              | Bosminidae             | <i>Bosminopsis deitersi</i>       | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 160        |
|                         | Chydoridae             | <i>Alona guttata</i>              | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 2          | 0           | 0          |
|                         |                        | <i>Alonella dadayi</i>            | 40         | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 40         | 0           | 640        |
|                         |                        | <i>Alonella</i> sp.               | 40         | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 40         | 0           | 80         |
|                         | Daphniidae             | <i>Simocephalus</i> sp.           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 80          | 0          |
|                         | Macrothricidae         | <i>Macrothrix spinosa</i>         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 80         |
|                         | Sididae                | <i>Diaphanosoma spinulosum</i>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 360        |
| <b>TOTAL CLADÓCEROS</b> |                        |                                   | <b>80</b>  | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>82</b> | <b>80</b>  | <b>1320</b> |            |
| Copépodes               | Cyclopidae             | náuplio Cyclopoida                | 40         | 120        | 0          | 40         | 80        | 0          | 0         | 1          | 40          | 280        |
|                         |                        | copepodito Cyclopoida             | 120        | 1          | 1          | 40         | 0         | 0          | 0         | 0          | 80          | 240        |
|                         |                        | <i>Thermocyclops decipiens</i>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 40         |
|                         | Diaptomidae            | <i>Notodiaptomus</i> sp.          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0          | 0         | 0          | 0           | 1          |
|                         | <b>TOTAL COPÉPODES</b> |                                   |            | <b>160</b> | <b>121</b> | <b>1</b>   | <b>80</b> | <b>80</b>  | <b>0</b>  | <b>0</b>   | <b>1</b>    | <b>120</b> |

Em relação à composição dos diferentes grupos, entre os testáceos destacaram-se, assim como ao longo de todo o monitoramento, as famílias Arcellidae, Diffugiidae e Centropyxidae (**Tabela 43**), corroborando o padrão frequentemente registrado para o plâncton, bentos e região litorânea de ambientes dulcícolas (VELHO et al., 1999; LANSAC-TÔHA et al., 2004, VIEIRA et al., 2007).

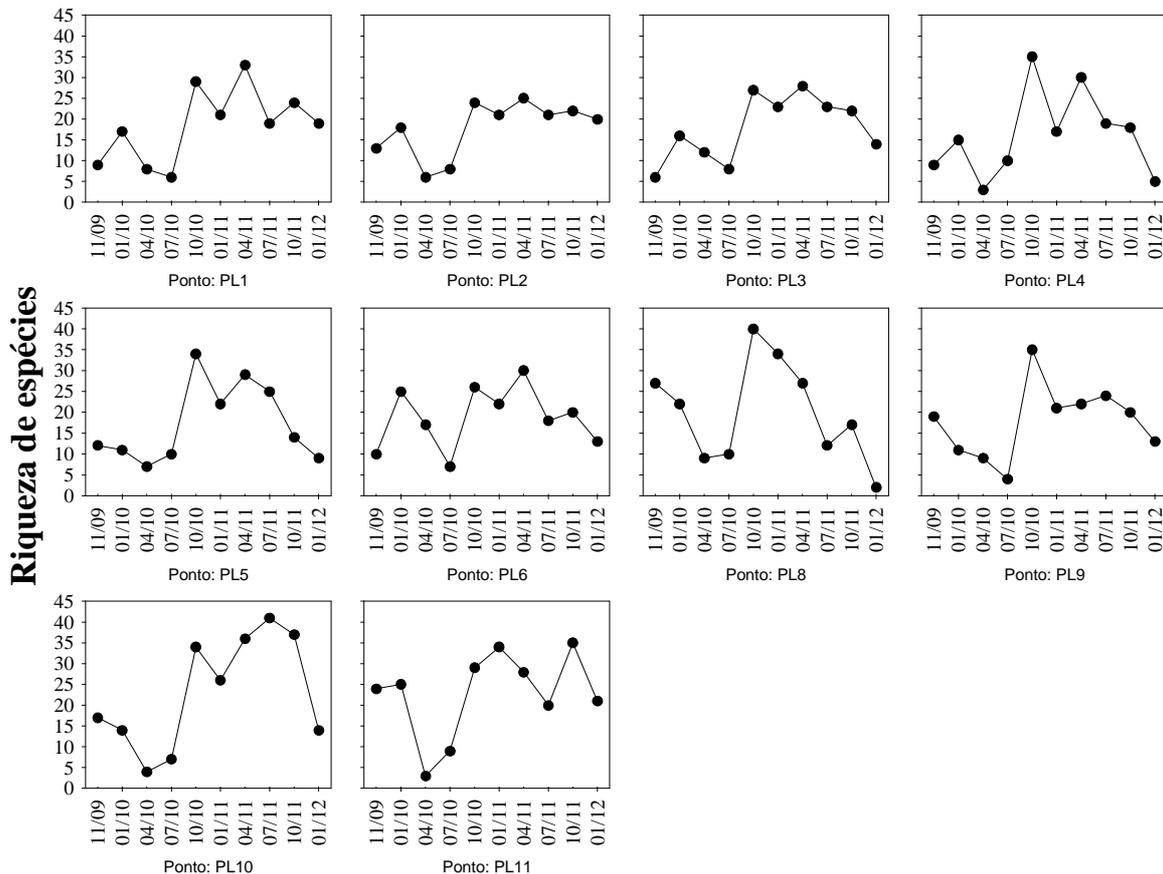
Da mesma forma, para os rotíferos, a dominância de Brachionidae e Lecanidae, em número de espécies, reforça o padrão frequentemente registrado para os rotíferos no plâncton de ambientes de água doce tropicais (LANSAC-TÔHA et al., 2004).

Entre os cladóceros, em janeiro de 2012, assim como ao longo de todo o monitoramento, foi observado o predomínio dos Chydoridae (**Tabela 43**), família mais especiosa entre os cladóceros e constituída, em grande parte, por espécies de hábito litorâneo. Assim como os cladóceros, os copépodes têm sido representados especialmente por uma família de hábito litorâneo, os ciclopídeos, enquanto que os diaptomídeos, tipicamente planctônicos, têm sido pobremente representados. Em janeiro último, no entanto, apenas uma espécie de cada família foi registrada nas amostras analisadas (**Tabela 43**).

Como já amplamente discutido em relatórios anteriores, a dominância de grupos de hábito litorâneo e bentônico como testáceos, quidoriídeos e ciclopídeos sugere o predomínio de condições lóxicas na área de estudo, considerando que, sob tais condições, os organismos que habitam os compartimentos litorâneo e bentônico são carregados para a coluna de água, enquanto que aqueles tipicamente planctônicos tem seu estabelecimento limitado pela elevada velocidade de corrente.

### Riqueza de espécies (diversidade alfa)

Os resultados de riqueza de espécies, obtidos ao longo de todo o monitoramento (entre novembro de 2009 e janeiro de 2012) têm evidenciado, em geral, valores bem variáveis, tanto entre os pontos quanto entre os períodos de amostragem (**Figura 134**), sugerindo uma marcada heterogeneidade espacial e temporal da área de estudo.



**Figura 134.** Variação espacial e temporal da riqueza de espécies dos diferentes grupos zooplancônicos, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

Espacialmente, têm sido observadas, em geral, diferenças na riqueza de espécies entre os pontos de amostragem do rio Madeira, em geral com menor diversidade, e dos tributários, que tem apresentado maiores valores de riqueza de espécies, especialmente os igarapés de segunda ordem (pontos PL10 e PL11) (**Figura 134**). Em janeiro de 2012, maiores valores de riqueza de espécies foram, novamente, registrados no ponto PL11, embora elevados valores deste atributo tenham sido verificados também no rio Madeira, especialmente nos pontos PL1 e PL2 (**Figura 134**).

Temporalmente, observou-se, em geral, para todos os pontos de amostragem, menores valores de riqueza no início do monitoramento (novembro de 2009 a julho de 2010), maiores valores da riqueza de espécies entre outubro de 2010 e julho de 2011, e

um novo declínio na riqueza a partir de outubro de 2011, culminando em reduzidos valores deste atributo em janeiro de 2012 (**Figura 134**). Ressalta-se ainda, para a variação temporal da riqueza, uma maior flutuação nos valores de riqueza nos pontos localizados nos tributários (PL8 a PL11) do que nos pontos do rio Madeira (PL1 a PL6), o que sugere uma menor heterogeneidade temporal nas condições ambientais vigentes neste rio, do que aquela observada para os tributários.

Em relação à contribuição dos diferentes grupos para a riqueza total do zooplâncton, tem-se observado, também, uma alteração na dominância de rotíferos e testáceos, entre as amostras do rio Madeira e os igarapés de 1ª e 2ª etapa. Nesse sentido, rotíferos foram os mais especiosos, por exemplo, em outubro de 2011, nas amostras do rio Madeira, enquanto testáceos predominaram nos tributários. Em janeiro de 2012, os testáceos foram os mais especiosos no rio Madeira, enquanto que os rotíferos se destacaram nos tributários. Como discutido no tópico composição de espécies, essa alteração na contribuição dos diferentes grupos nos atributos da comunidade zooplanctônica estão, certamente associados a alterações hidrodinâmicas determinadas pelo regime sazonal de chuvas.

### **Frequência de ocorrência e dominância das espécies**

Como relatado anteriormente, ao longo de todo o período de monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem do AHE Jirau, das 178 espécies registradas, 134 foram registradas durante os períodos de estiagem, e 141 ocorreram nos períodos de chuvas.

Durante os períodos de chuvas, 118 espécies cerca de 80% das espécies registradas nesse período, apresentaram ocorrência inferior a 25% das amostras e foram, portanto, consideradas de ocorrência rara. Dentre as demais espécies, 15 foram acessórias e apenas 7 foram consideradas constantes nesse período (**Tabela 44**). Para os meses de estiagem, 100 espécies (cerca de 70% das espécies), foram consideradas de ocorrência rara, 18 foram consideradas acessórias e 14 constantes (**Tabela 44**).

Em termos de abundância, nenhuma das 178 espécies registradas foi considerada dominante (abundância maior que 50% da densidade total). No entanto, 36 delas foram consideradas abundantes, dentre as quais 23 espécies foram classificadas como abundantes no período de chuvas e 25 foram abundantes no período de estiagem (**Tabela 44**).

As espécies de testáceos *Arcella artocrea*, *A. vulgaris*, *A. costata*, *Centropyxis aculeata* e *C. ecornis*; o rotífero *Platyonus patulus patulus*; os cladóceros *Bosminopsis deitersi*, *D. spinulosum*, *A. dadayi* e *Illyocryptus spinifer*; e os copépodes *Thermocyclops minutus* e *Notodiaptomus* sp foram abundantes em ambos os períodos, de chuva e estiagem (**Tabela 44**).

Destacaram-se, ainda, como abundantes no período de chuvas um grande número de espécies de rotíferos como *Platyonus patulus macracanthus*, *Phlatyas quadricornis*, *Conochilus coenobasis*, *Lecane curvicornis* e *L. leontina*, *P. vulgares*, *Testudinella mucronata* e *T. ohlei*; o cladóceros *Ceriodaphnia cornuta*, e o copépode *Metacyclops mendocinus* (**Tabela 44**).

No período de estiagem, várias espécies de cladóceros foram abundantes, como *Bosmina hagmanni*, *Moina minuta*, *Chydorus eurynotus* e *Macrothrix cf. elegans*. Entre os rotíferos *B. calicyflorus*, *K. tropica*, *Lecane bulla*, *L. papuana*, *M. sericus* e ainda os bdelóideos foram considerados abundantes para este período, como também as espécies de copépodes *T. decipiens* e *T. prassinus* (**Tabela 44**).

**Tabela 44.** Frequência de ocorrência (%) e dominância das espécies do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau ao longo de todo o monitoramento.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

| Espécies                    | Abundância (%) |          | Dominância(%) |          |
|-----------------------------|----------------|----------|---------------|----------|
|                             | chuva          | estiagem | chuva         | estiagem |
| <i>Arcella arenaria</i>     | 0,155          | 0,000    | 13            | 0        |
| <i>Arcella artocrea</i>     | 1,095          | 2,704    | 13            | 23       |
| <i>A. brasiliensis</i>      | 0,103          | 0,017    | 10            | 3        |
| <i>A. catinus</i>           | 0,025          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>A. crenulata</i>         | 0,457          | 0,537    | 10            | 3        |
| <i>A. dentata</i>           | 0,234          | 0,000    | 27            | 0        |
| <i>A. vulgaris</i>          | 0,745          | 2,152    | 53            | 33       |
| <i>A. vulgaris undulata</i> | 0,025          | 5,183    | 3             | 17       |
| <i>A. megastoma</i>         | 0,131          | 0,337    | 23            | 20       |
| <i>A. discoides</i>         | 1,139          | 0,850    | 80            | 67       |
| <i>A. conica</i>            | 0,408          | 0,034    | 23            | 7        |
| <i>A. costata</i>           | 0,827          | 1,375    | 10            | 23       |
| <i>A. gibbosa</i>           | 0,001          | 0,772    | 3             | 20       |
| <i>A. hemisphaerica</i>     | 0,257          | 0,096    | 20            | 37       |
| <i>A. mitrata</i>           | 0,067          | 0,143    | 17            | 13       |

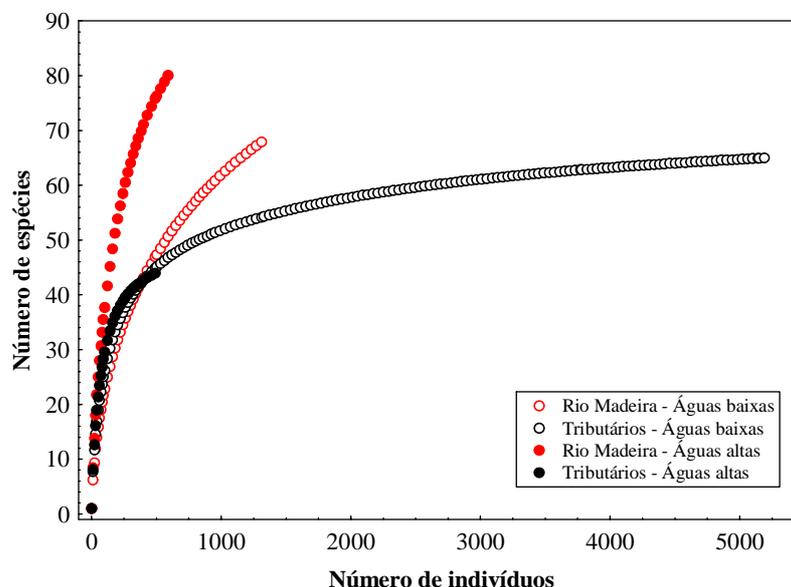
| Espécies                              | Abundância (%) |          | Dominância(%) |          |
|---------------------------------------|----------------|----------|---------------|----------|
|                                       | chuva          | estiagem | chuva         | estiagem |
| <i>A. mitrata spectabilis</i>         | 0,051          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>A. cf. penardi</i>                 | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>A. rota</i>                        | 0,254          | 0,168    | 7             | 7        |
| <i>Centropyxis aerophyla</i>          | 0,254          | 0,018    | 7             | 7        |
| <i>Centropyxis aculeata</i>           | 2,522          | 3,052    | 93            | 83       |
| <i>C. cf. cassis</i>                  | 0,039          | 0,152    | 10            | 10       |
| <i>C. ecornis</i>                     | 1,195          | 1,390    | 60            | 80       |
| <i>C. constricta</i>                  | 0,409          | 0,102    | 20            | 20       |
| <i>C. discoides</i>                   | 0,133          | 0,068    | 27            | 17       |
| <i>C. gibba</i>                       | 0,025          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Centropyxis hirsuta</i>            | 0,152          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>C. platystoma</i>                  | 0,128          | 0,084    | 10            | 10       |
| <i>C. marsupiformis</i>               | 0,076          | 0,002    | 7             | 7        |
| <i>C. spinosa</i>                     | 0,001          | 0,084    | 3             | 7        |
| <i>Cyclopyxis kahli</i>               | 0,744          | 0,554    | 37            | 37       |
| <i>Trigonopyxis arcula</i>            | 0,178          | 0,017    | 13            | 3        |
| <i>Cyclopyxis sp.</i>                 | 0,056          | 0,000    | 17            | 0        |
| <i>C. impressa</i>                    | 0,000          | 0,002    | 0             | 7        |
| <i>Cyclopyxis eurytoma</i>            | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Cucurbitella sp.</i>               | 0,051          | 0,001    | 3             | 3        |
| <i>Cucurbitella dentata</i>           | 0,229          | 0,570    | 7             | 7        |
| <i>Protocucurbitella coroniformis</i> | 0,001          | 0,001    | 3             | 3        |
| <i>D. acuminata</i>                   | 0,001          | 0,268    | 3             | 7        |
| <i>D. cf. bryophyla</i>               | 0,003          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>D. lingula</i>                     | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>D. cf. penardi</i>                 | 0,000          | 0,017    | 0             | 3        |
| <i>D. lanceolata</i>                  | 0,000          | 0,003    | 0             | 7        |
| <i>D. cf. brevicolla</i>              | 0,000          | 0,134    | 0             | 3        |
| <i>Diffflugia correntina</i>          | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Diffflugia difficilis</i>          | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>D. cf. muriculata</i>              | 0,000          | 0,008    | 0             | 3        |
| <i>Diffflugia corona</i>              | 0,204          | 0,573    | 20            | 20       |
| <i>D. echinulata</i>                  | 0,052          | 0,152    | 7             | 10       |
| <i>D. cf. gramen</i>                  | 0,333          | 0,134    | 23            | 3        |
| <i>D. lobostoma</i>                   | 0,003          | 0,035    | 7             | 10       |
| <i>Diffflugia nebeloides</i>          | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Diffflugia oblonga</i>             | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Diffflugia schuurmanni</i>         | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Diffflugia ventricosa</i>          | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>D. urceolata</i>                   | 0,006          | 0,000    | 10            | 0        |
| <i>Diffflugia sp.</i>                 | 0,058          | 0,035    | 23            | 13       |
| <i>Hoongeradia criptostomica</i>      | 0,001          | 0,034    | 3             | 7        |
| <i>D. elegans</i>                     | 0,000          | 0,002    | 0             | 7        |
| <i>Euglypha filifera</i>              | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>Heleoptera petricola</i>           | 0,029          | 0,034    | 10            | 3        |
| <i>Nebella sp1.</i>                   | 0,130          | 0,034    | 17            | 7        |
| <i>Nebella sp2.</i>                   | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Lesquereusia spiralis</i>          | 0,231          | 0,490    | 13            | 20       |
| <i>L. modesta</i>                     | 0,003          | 0,304    | 7             | 13       |
| <i>Plagiopyxis sp</i>                 | 0,650          | 0,420    | 37            | 10       |
| <i>Trinema sp.</i>                    | 0,203          | 0,000    | 10            | 0        |
| <i>Asplanchna sieboldi</i>            | 0,083          | 0,000    | 13            | 0        |
| <i>Anueropsis sp.</i>                 | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>Brachionus angularis</i>           | 0,000          | 0,017    | 0             | 3        |
| <i>B. mirus</i>                       | 0,051          | 0,000    | 7             | 0        |

| Espécies                               | Abundância (%) |          | Dominância(%) |          |
|--|----------------|----------|---------------|----------|
|  | chuva          | estiagem | chuva         | estiagem |
| <i>B. calyciflorus</i>                 | 0,000          | 1,225    | 0             | 47       |
| <i>B. caudatus</i>                     | 0,103          | 0,448    | 17            | 47       |
| <i>B. falcatus</i>                     | 0,000          | 0,221    | 0             | 43       |
| <i>B. quadridentatus</i>               | 0,457          | 0,370    | 13            | 40       |
| <i>B. zahnenseri</i>                   | 0,107          | 0,051    | 17            | 10       |
| <i>Keratella americana</i>             | 0,508          | 0,136    | 17            | 27       |
| <i>K. cochlearis</i>                   | 0,077          | 0,034    | 10            | 10       |
| <i>K. tropica</i>                      | 0,029          | 7,879    | 13            | 50       |
| <i>Keratella lensi</i>                 | 0,305          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Plathyonus patulus macracanthus</i> | 1,506          | 0,003    | 27            | 10       |
| <i>P. patulus patulus</i>              | 6,887          | 1,768    | 37            | 67       |
| <i>Plathyas quadricornis</i>           | 2,010          | 0,054    | 43            | 20       |
| <i>Colurella</i> sp.                   | 0,025          | 0,001    | 3             | 3        |
| <i>conochilus coenobasis</i>           | 0,000          | 0,017    | 0             | 3        |
| <i>Conochilus dossuarius</i>           | 4,421          | 0,000    | 23            | 0        |
| <i>Epiphanis cf. clavatula</i>         | 0,001          | 0,001    | 3             | 3        |
| <i>Euchlanis dilatata</i>              | 0,638          | 0,035    | 13            | 10       |
| <i>Dipleuchlanis propatula</i>         | 0,107          | 0,252    | 23            | 23       |
| <i>Filinia longiseta</i>               | 0,307          | 0,084    | 23            | 13       |
| <i>F. opoliensis</i>                   | 0,127          | 0,017    | 10            | 3        |
| <i>F. saltator</i>                     | 0,102          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Pitygura</i> sp.                    | 0,025          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Hexarthra cf. mira</i>              | 0,076          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Lecane bulla</i>                    | 2,432          | 3,915    | 63            | 73       |
| <i>L. cornuta</i>                      | 0,104          | 0,187    | 17            | 17       |
| <i>L. curvicornis</i>                  | 1,572          | 0,179    | 40            | 40       |
| <i>L. dorissa</i>                      | 0,027          | 0,042    | 7             | 7        |
| <i>L. hastata</i>                      | 0,000          | 0,135    | 0             | 7        |
| <i>L. hornemanni</i>                   | 0,063          | 0,001    | 10            | 3        |
| <i>L. leontina</i>                     | 0,730          | 0,119    | 40            | 20       |
| <i>L ludwigi</i>                       | 0,000          | 0,076    | 0             | 10       |
| <i>L. cf. luna</i>                     | 0,306          | 0,018    | 20            | 10       |
| <i>L. lunaris</i>                      | 0,227          | 0,486    | 43            | 20       |
| <i>L. papuana</i>                      | 0,231          | 1,630    | 23            | 57       |
| <i>L. quadridentata</i>                | 0,001          | 0,034    | 3             | 10       |
| <i>L. projecta</i>                     | 0,077          | 0,088    | 10            | 20       |
| <i>L. stenroosi</i>                    | 0,028          | 0,001    | 10            | 3        |
| <i>L. strichea</i>                     | 0,140          | 0,000    | 17            | 0        |
| <i>Lecane</i> sp1.                     | 0,251          | 0,026    | 20            | 10       |
| <i>Lecane</i> sp2.                     | 0,000          | 0,034    | 0             | 7        |
| <i>Lepadella benjamini</i>             | 0,000          | 0,008    | 0             | 3        |
| <i>Lepaella ovalis</i>                 | 0,017          | 0,050    | 13            | 7        |
| <i>Dissotroca cf. aculeata</i>         | 0,535          | 0,000    | 13            | 0        |
| <i>Bdeloidea</i>                       | 5,679          | 8,531    | 77            | 93       |
| <i>Dicranophorus</i> sp.               | 0,132          | 0,027    | 17            | 13       |
| <i>Mytilinia macrocera</i>             | 0,025          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Cephalodella</i> sp1                | 0,287          | 0,339    | 33            | 33       |
| <i>Cephalodella</i> sp2                | 0,013          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Notommata</i> sp.                   | 0,127          | 0,076    | 10            | 13       |
| <i>M. cf. sacigera</i>                 | 0,103          | 0,034    | 7             | 3        |
| <i>Polyarthra vulgaris</i>             | 1,854          | 0,252    | 7             | 27       |
| <i>Synchaeta pectinata</i>             | 0,013          | 0,059    | 3             | 13       |
| <i>Testudinella mucronata</i>          | 10,467         | 0,000    | 17            | 0        |
| <i>T. ohlei</i>                        | 0,814          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Testudinella patina</i>             | 0,356          | 0,067    | 27            | 10       |

| Espécies                           | Abundância (%) |          | Dominância(%) |          |
|------------------------------------|----------------|----------|---------------|----------|
|                                    | chuva          | estiagem | chuva         | estiagem |
| <i>Trichocerca cilindrica</i>      | 0,000          | 0,068    | 0             | 13       |
| <i>Trichocerca bicristata</i>      | 0,027          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Trichocerca iernis</i>          | 0,814          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Trichocerca similis</i>         | 0,000          | 0,050    | 0             | 7        |
| <i>Trichocerca</i> sp.             | 0,000          | 0,001    | 0             | 3        |
| <i>M. sericus</i>                  | 0,128          | 1,000    | 17            | 40       |
| <i>Manfredium eudactulodum</i>     | 0,216          | 0,034    | 7             | 3        |
| <i>Trichotria tetractis</i>        | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>Proales</i> sp.                 | 0,051          | 0,000    | 3             | 0        |
| Rotífero não identificado          | 0,013          | 0,086    | 3             | 13       |
| <i>Bosmina hagmanni</i>            | 0,132          | 2,507    | 20            | 67       |
| <i>Bosminopsis deitersi</i>        | 21,263         | 6,736    | 23            | 47       |
| <i>Ceriodaphnia cornuta</i>        | 1,068          | 0,072    | 17            | 17       |
| <i>C. silvestrii</i>               | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>Simocephalus</i> sp.            | 0,102          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Diaphanosoma spinulosum</i>     | 9,313          | 7,533    | 23            | 43       |
| <i>Diaphanosoma</i> sp.            | 0,000          | 0,017    | 0             | 3        |
| <i>Pseudosida latissima</i>        | 0,000          | 0,001    | 0             | 3        |
| <i>Alonella dadayi</i>             | 0,918          | 4,705    | 17            | 13       |
| <i>Alonella</i> sp.                | 0,203          | 0,000    | 10            | 0        |
| <i>Alona</i> sp.                   | 0,222          | 0,151    | 27            | 37       |
| <i>Alona glabra</i>                | 0,000          | 0,001    | 0             | 3        |
| <i>Alona gutatta</i>               | 0,015          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>A. cf. verrucosa</i>            | 0,000          | 0,052    | 0             | 10       |
| <i>Alona hamulata</i>              | 0,003          | 0,034    | 3             | 7        |
| <i>Dunhenvedia odontoplax</i>      | 0,000          | 0,034    | 0             | 3        |
| <i>Ephemeropurus cf. barroisi</i>  | 0,000          | 0,134    | 0             | 3        |
| <i>Leydigioopsis curvirostris</i>  | 0,000          | 0,003    | 0             | 10       |
| <i>Oxiurella cf. longicaldis</i>   | 0,000          | 0,001    | 0             | 3        |
| <i>Camptocercus australis</i>      | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Chydorus eurynotus</i>          | 0,406          | 1,291    | 3             | 17       |
| <i>Chydorus</i> sp.                | 0,013          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Disparalona dadayi</i>          | 0,433          | 0,187    | 10            | 17       |
| <i>Notoalona globulosa</i>         | 0,000          | 0,001    | 0             | 3        |
| <i>Euryalona brasiliensis</i>      | 0,025          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Graptoleberis testudinaria</i>  | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Ilyocryptus spinifer</i>        | 0,838          | 0,933    | 17            | 37       |
| <i>Macrothrix cf. elegans</i>      | 0,640          | 1,174    | 17            | 30       |
| <i>Macrothrix cf. trisserialis</i> | 0,103          | 0,000    | 7             | 0        |
| <i>Moina minuta</i>                | 0,665          | 11,986   | 23            | 57       |
| <i>M. reticulata</i>               | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Eucyclops</i> sp.               | 0,000          | 0,151    | 0             | 7        |
| <i>Thermocyclops minutus</i>       | 1,552          | 1,577    | 70            | 80       |
| <i>T. decipiens</i>                | 0,263          | 1,142    | 30            | 50       |
| <i>Mesocyclops cf. elipticus</i>   | 0,001          | 0,000    | 3             | 0        |
| <i>Mesocyclops kieferi</i>         | 0,000          | 0,184    | 0             | 10       |
| <i>Mesocyclops</i> sp.             | 0,000          | 0,003    | 0             | 13       |
| <i>Metacyclops mendocinus</i>      | 0,841          | 0,371    | 13            | 37       |
| <i>Microcyclops anceps</i>         | 0,038          | 0,001    | 7             | 3        |
| <i>Paracyclops cf. chiltoni</i>    | 0,025          | 0,050    | 3             | 7        |
| <i>Tropocyclops prasinus</i>       | 0,000          | 3,660    | 0             | 50       |
| <i>Notodiaptomus amazonicus</i>    | 0,000          | 0,186    | 0             | 17       |
| <i>Notodiaptomus</i> sp.           | 0,766          | 1,516    | 27            | 73       |

## Análise de rarefação

Com o objetivo de avaliar um possível efeito da densidade sobre os padrões de riqueza de espécies, foram plotadas curvas de rarefação de espécies, e os resultados evidenciaram que, em geral, para uma mesma densidade, são esperados maiores valores de riqueza de espécies no rio Madeira, especialmente durante o período de águas altas (**Figura 135**). Assim, considerando que o padrão descrito para as curvas de rarefação é distinto daquele observado para os dados originais de riqueza de espécies, que tem evidenciado maiores valores de riqueza nos tributários, parece que o padrão de riqueza observado (dados originais) é fortemente influenciado pelos maiores valores de densidade registrados nos tributários (**Figura 135**).



**Figura 135.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, para o rio Madeira e os igarapés de 1ª e 2ª etapa (tributários), nos períodos de águas altas e águas baixas, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

## Diversidade Beta

Em relação aos resultados obtidos para a diversidade Beta, embora diferenças expressivas tenham sido descritas para a estrutura da comunidade zooplancônica, entre o rio Madeira e igarapés, os resultados de diversidade Beta, obtidos entre os pontos de amostragem, para cada período de estudo, sugerem, em geral, uma reduzida alteração da composição de espécies do zooplâncton. Assim, ao longo do monitoramento, a diversidade Beta variou entre aproximadamente 13 e 23%, uma alteração espacial relativamente baixa da composição de espécies. Temporalmente, resultados

interessantes são evidenciados, tendo em vista que, maiores valores de diversidade Beta são observados durante os períodos de chuva (janeiro e abril – entre 17,9 e 22,2), enquanto que uma baixa alteração espacial da composição de espécies é evidenciada no período de estiagem (julho e outubro – entre 12,4 e 13,9).

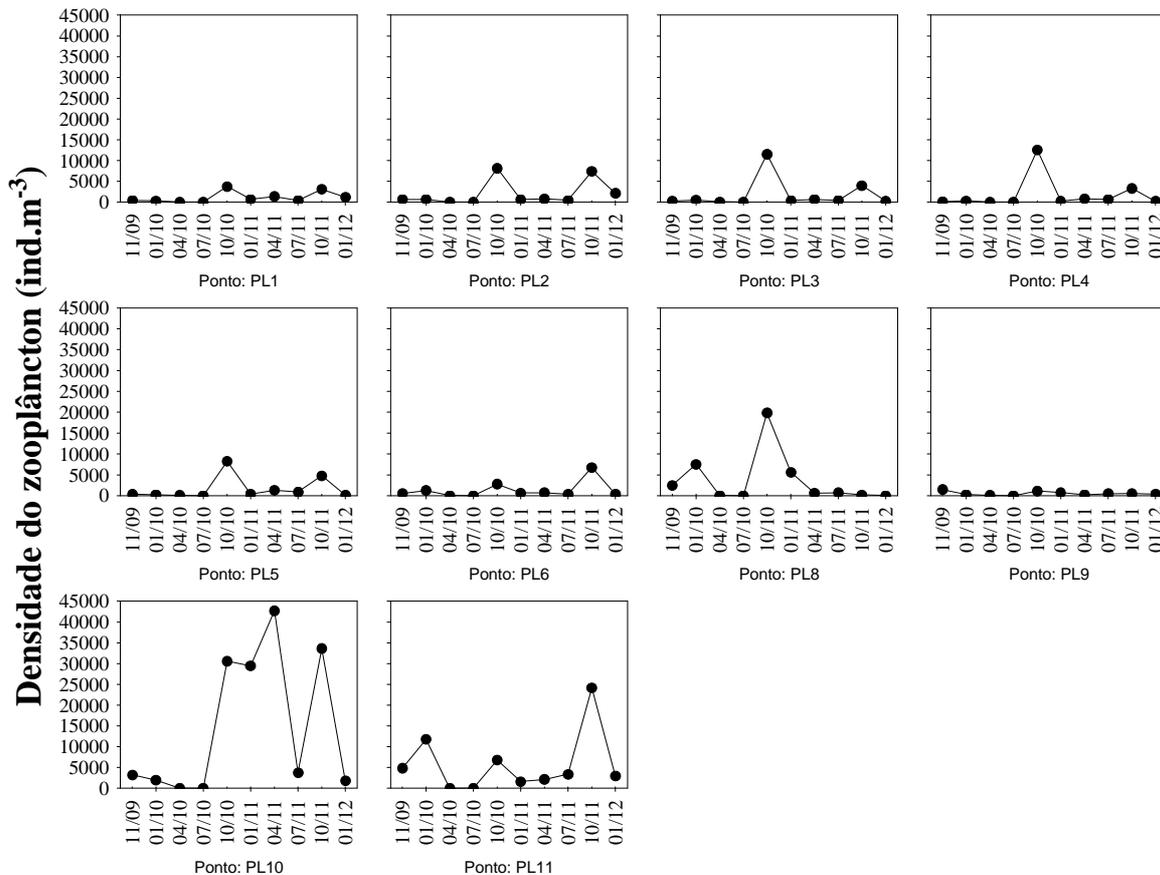
Considerando que a cheia do rio Madeira, durante o período de chuvas, deveria produzir um efeito homogeneizador das condições ambientais entre o rio e seus tributários, a expectativa era que menores valores de diversidade Beta seriam registrados na chuva. No entanto o resultado encontrado é oposto ao preconizado. Provavelmente, as alterações limnológicas, entre os períodos de chuva e estiagem, sejam extremas no rio Madeira, e a cheia tenha um efeito diferenciado nos igarapés estudados, produzindo, dessa forma, uma maior heterogeneidade ambiental durante o período de chuvas.

### **Densidade zooplancônica (Abundância numérica)**

Os resultados de abundância do zooplâncton obtidos ao longo de todo o monitoramento têm também evidenciado, em geral, valores bem variáveis, tanto espacial quanto temporalmente (**Figura 136**). No entanto, esses valores podem ser considerados, em grande parte, como valores reduzidos de densidade, se comparados ao zooplâncton lacustre que, em ambientes eutróficos podem atingir densidades próximas a 1.000.000 indivíduos/m<sup>3</sup> (LANSAC-TÔHA et al., 2005). Como já discutido em relatórios anteriores, baixas densidades do zooplâncton são esperadas para ambientes lóticos (KOBAYASHI et al., 1997, 1998; POURRIOT et al, 1997; BURGER et al., 2002; MWEBASA-NDAWULA et al., 2005). Isso ocorre porque populações planctônicas têm seu desenvolvimento fortemente limitado pela velocidade de corrente, considerando que os organismos na coluna de água são exportados, rio abaixo, numa taxa, frequentemente, muito superior que o recrutamento de indivíduos via reprodução (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI et al., 1998).

Neste sentido, os resultados de densidade têm evidenciado valores, na grande maioria dos pontos e meses de amostragem, inferiores a 5000 indivíduos/m<sup>3</sup>, com algumas poucas exceções (**Figura 136**). Tais exceções são mais evidentes nos igarapés, especialmente de 2ª etapa (pontos PL10 e PL11), onde as densidades atingiram valores superiores a 40.000 indivíduos/m<sup>3</sup> (**Figura 136**). Por outro lado, os mais baixos valores de abundância numérica do zooplâncton têm sido, também observados nos tributários,

especialmente em um igarapé de 1ª etapa, representado pelo ponto PL9, onde as densidades tem sido, em geral, inferiores a 1000 indivíduos/m<sup>3</sup> (**Figura 136**).



**Figura 136.** Variação espacial e temporal da densidade dos diferentes grupos zooplancctônicos, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

Temporalmente, assim como para a riqueza de espécies, também para a densidade os valores observados para o rio Madeira têm sido menos variáveis, ao longo do tempo, que aqueles registrados para os tributários, e em especial os de 2ª etapa (PL10 e PL11) (**Figura 136**). Exceção é observada para o ponto PL9 (tributário de 1ª etapa) cujas densidades marcadamente reduzidas ao longo de todo o estudo, determinam as menores flutuações temporais da densidade para este ponto (**Figura 136**).

Em relação à variação temporal, ressalta-se ainda, para o rio Madeira, as maiores densidade registradas em outubro de 2010 e 2011. Entre os tributários, embora não se observe um padrão comum para todos, maiores valores de densidade para estes ambientes foram também registrados em outubro, mas também em janeiro de 2010 e 2011, e em abril de 2011 (**Figura 136**). Para janeiro de 2012, destaca-se a redução expressiva da densidade em todos os pontos de amostragem (**Figura 136**).

## **Biomassa**

Os resultados de biomassa do zooplâncton têm, em geral, corroborado os padrões descritos para a densidade. Nesse sentido, elevados valores de biomassa têm sido observados para os igarapés de 2ª etapa, valores médios tem sido registrados no rio Madeira, e os mais baixos valores deste atributo tem sido observados no ponto PL9, um igarapé de 1ª etapa (**Figura 137**).

Nesta fase do estudo, os valores de biomassa do zooplâncton têm sido baixos, inferiores, em grande parte dos pontos e períodos de amostragem, a  $500 \mu\text{g PS.m}^{-3}$  (**Figura 137**), com exceção dos resultados obtidos em outubro de 2011, onde a biomassa foi superior a  $1000 \mu\text{g PS.m}^{-3}$  em grande parte dos pontos de amostragem (**Figura 137**). Esses resultados podem ser considerados ainda baixos se comparados aos obtidos em ambientes lênticos, onde a biomassa do zooplâncton tem variado entre 4000 (LEITÃO e ROCHA, 2000) e  $357.000 \mu\text{g PS.m}^{-3}$  (SENDACZ et al., 2006).

Embora os padrões gerais da biomassa sejam semelhantes aos observados para a densidade, em relação à contribuição dos diferentes grupos para a biomassa e densidade total do zooplâncton, diferenças substanciais têm sido observadas. Neste sentido, enquanto rotíferos e testáceos constituíram-se, em geral, no grupo mais representativo em termos de densidade, para a biomassa, os microcrustáceos têm sido amplamente dominantes. Em janeiro de 2012, por exemplo, cladóceros, e especialmente copépodes, foram os grupos de maior biomassa em grande parte dos pontos de amostragem, da área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau (**Tabela 45**).

**Tabela 45.** Inventário de espécies registradas nas amostras de zooplâncton e suas respectivas biomassas (ug PS.m<sup>-3</sup>), nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do canteiro de obras do Jirau, em janeiro de 2012.

| GRUPO                         | FAMÍLIA                                     | ESPÉCIE / PONTO                      | PL1          | PL2          | PL3         | PL4         | PL5         | PL6          | PL8         | PL9         | PL10         | PL11         |        |       |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------|-------|
| Testáceos                     | Arcellidae                                  | <i>Arcella arenaria</i>              | 1,160        | 2,320        |             |             | 0,029       | 0,029        |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Arcella artocrea</i>              |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 31,920       |        |       |
|                               |   | <i>Arcella brasiliensis</i>          |              |              | 0,240       |             |             |              |             |             | 0,006        |              |        |       |
|                               |   | <i>Arcella cf. brasiliensis</i>      |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 10,240 |       |
|                               |   | <i>Arcella crenulata</i>             |              |              | 0,019       |             | 0,019       |              |             |             | 1,520        |              |        |       |
|                               |   | <i>Arcella dentata</i>               | 1,000        | 6,000        | 0,025       |             |             |              | 2,000       |             | 1,000        |              | 1,000  |       |
|                               |   | <i>Arcella discoides</i>             | 0,360        | 0,720        |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Arcella hemisphaerica</i>         | 2,520        |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 0,000  |       |
|                               |   | <i>Arcella megastoma</i>             | 0,062        | 2,480        | 0,062       |             | 0,062       |              |             |             |              |              | 2,480  | 0,000 |
|                               |   | <i>Arcella mitrata</i>               |              | 0,120        |             |             |             |              |             | 4,800       |              |              |        |       |
|                               | <i>Arcella rota</i>                         |                                      |              | 0,039        |             |             |             |              |             | 1,170       |              |              |        |       |
|                               | Centropxyidae                               | <i>Arcella vulgaris</i>              | 2,280        | 6,840        | 0,760       | 0,019       | 0,038       | 0,019        |             |             | 0,019        | 0,760        |        |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis aculeata</i>         |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 1,600  |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis aerophila</i>        | 3,600        | 10,800       |             |             | 1,800       |              |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis constricta</i>       |              | 7,680        |             |             |             |              | 1,280       |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis ecornis</i>          |              | 2,640        |             |             |             |              | 1,320       |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis hirsuta</i>          |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 3,000        |        |       |
|                               |   | <i>Centropxyxis marsupiformis</i>    |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 4,240  |       |
|                               | Hyalosphaenidae                             | <i>Centropxyxis platystoma</i>       | 0,680        |              |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               | Trigonopyxidae                              | <i>Cucurbitella mespiliformis</i>    |              | 2,600        |             |             | 0,013       |              |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Diffflugia corona tuberculata</i> |              | 1,120        |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               | Diffflugidae                                | <i>Diffflugia correntina</i>         |              |              |             |             |             |              | 1,080       |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Diffflugia difficilis</i>         |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 12,480 |       |
|                               |   | <i>Diffflugia echinulata</i>         |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              | 14,320 |       |
|                               |   | <i>Diffflugia gramen</i>             |              | 11,840       |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Diffflugia nebeloides</i>         |              | 4,680        |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               |   | <i>Diffflugia oblonga</i>            |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 10,960       |        |       |
| <i>Diffflugia schuurmanni</i> |   |                                      | 0,029        |              |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
| <i>Diffflugia sp.</i>         |   |                                      |              |              |             |             |             |              |             | 0,000       |              |              |        |       |
| <i>Diffflugia ventricosa</i>  |   |                                      | 14,320       |              |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
| <i>Nebela sp.</i>             |   |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 0,229        |        |       |
| Plagiopyxidae                 | <i>Plagiopyxis callida</i>                  |                                      |              | 0,287        |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               | <i>Cyclopyxis eurystoma</i>                 |                                      |              |              |             |             |             |              |             | 4,840       |              |              |        |       |
|                               | <i>Cyclopyxis kahli</i>                     |                                      |              |              |             |             |             | 0,059        |             |             |              |              |        |       |
| Trinematidae                  | <i>Trygonopyxis arcula</i>                  |                                      | 2,640        | 0,880        |             |             | 0,880       |              |             |             |              | 1,760        |        |       |
|                               | <i>Trinema sp.</i>                          | 0,480                                | 0,960        |              |             | 0,480       |             |              |             |             |              |              |        |       |
| <b>TOTAL TESTÁCEOS</b>        |   |                                      | <b>12,14</b> | <b>77,79</b> | <b>2,31</b> | <b>0,02</b> | <b>2,44</b> | <b>11,47</b> | <b>1,17</b> | <b>7,39</b> | <b>59,59</b> | <b>35,40</b> |        |       |
| Brachionidae                  | <i>Keratella americana</i>                  | 2,640                                | 0,440        | 0,440        | 0,440       |             |             | 0,440        |             |             |              |              |        |       |
|                               | <i>Keratella cochlearis</i>                 |                                      | 0,400        |              |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
|                               | <i>Keratella lensi</i>                      | 0,720                                |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 1,440        |        |       |
|                               | <i>Plationus patulus macrachantus</i>       |                                      |              | 0,081        |             |             |             |              |             |             |              | 3,240        |        |       |
|                               | <i>Plationus patulus patulus</i>            | 0,000                                |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 7,080        |        |       |
|                               | <i>Platylabus quadricornis quadricornis</i> |                                      |              |              |             |             |             |              |             | 0,057       |              |              |        |       |
| Dicranophoridae               | <i>Dicranophorus sp.</i>                    |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 13,120       |        |       |
| Hexarthridae                  | <i>Hexarthra mira</i>                       |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             |              |              |        |       |
| Lecanidae                     | <i>Lecane bulla</i>                         | 1,720                                |              | 0,043        |             |             |             |              |             |             | 1,720        |              |        |       |
|                               | <i>Lecane leontina</i>                      | 2,440                                |              |              |             |             |             |              |             | 2,440       | 2,440        | 2,440        |        |       |
|                               | <i>Lecane luna</i>                          |                                      |              | 0,720        | 0,720       | 0,018       |             |              |             | 1,440       | 0,720        | 0,720        |        |       |
|                               | <i>Lecane lunaris</i>                       | 0,960                                |              |              |             |             |             |              | 0,720       | 0,048       |              |              |        |       |
|                               | <i>Lecane papuana</i>                       |                                      |              |              |             |             |             | 0,840        |             |             |              |              |        |       |
| Philodinidae                  | <i>Cephalodella sp.</i>                     | 0,000                                |              | 1,880        | 1,880       |             | 1,880       |              |             |             | 5,640        |              |        |       |
| Proalidae                     | <i>Monommata sp.</i>                        |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             | 4,440        |              |        |       |
| Notomatidae                   | Bdelloidea                                  |                                      |              |              |             |             |             | 0,046        |             |             |              |              |        |       |
|                               | <i>Proales sp.</i>                          |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 5,040        |        |       |
| Testudinellidae               | <i>Testudinella patina patina</i>           |                                      |              |              |             |             |             |              |             |             |              | 3,520        |        |       |
| <b>TOTAL ROTÍFEROS</b>        |   |                                      | <b>8,48</b>  | <b>0,84</b>  | <b>3,16</b> | <b>3,04</b> | <b>0,02</b> | <b>3,21</b>  | <b>0,72</b> | <b>3,99</b> | <b>14,96</b> | <b>36,60</b> |        |       |

| GRUPO                   | FAMÍLIA                        | ESPÉCIE / PONTO                | PL1          | PL2          | PL3          | PL4         | PL5          | PL6         | PL8         | PL9          | PL10         | PL11           |               |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
| Cladóceros              | Bosminidae                     | <i>Bosminopsis deiteri</i>     |              |              |              |             |              |             |             |              |              | 33,600         |               |
|                         | Chydoridae                     | <i>Alona guttata</i>           |              |              |              |             |              |             | 0,652       |              |              |                |               |
|                         |                                | <i>Alonella dadayi</i>         | 3,440        |              |              |             |              |             |             | 3,440        |              |                | 55,040        |
|                         |                                | <i>Alonella</i> sp.            | 15,480       |              |              |             |              |             |             | 15,480       |              |                | 30,960        |
|                         | Daphnidae                      | <i>Simocephalus</i> sp.        |              |              |              |             |              |             |             |              | 52,480       |                |               |
|                         | Macrothricidae                 | <i>Macrothrix spinosa</i>      |              |              |              |             |              |             |             |              |              | 39,120         |               |
| Sididae                 | <i>Diaphanosoma spinulosum</i> |                                |              |              |              |             |              |             |             |              | 846,720      |                |               |
| <b>TOTAL CLADÓCEROS</b> |                                |                                | <b>18,92</b> | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>19,57</b> | <b>52,48</b> | <b>1005,44</b> |               |
| Copépodes               | Cyclopidae                     | náuplio Cyclopoida             |              |              |              |             |              |             |             |              |              | 63,560         |               |
|                         |                                | copepodito Cyclopoida          | 1,280        | 10,080       | 0,084        | 3,360       | 6,720        |             |             | 0,084        | 3,360        | 23,520         |               |
|                         |                                | <i>Thermocyclops decipiens</i> | 60,360       | 0,503        | 0,503        | 20,120      |              |             |             |              | 40,240       | 120,720        |               |
|                         | Diaptomidae                    | <i>Notodiaptomus</i> sp.       |              |              |              |             |              |             |             |              |              | 4,753          |               |
|                         | <b>TOTAL COPEÓPODES</b>        |                                |              | <b>61,64</b> | <b>10,58</b> | <b>0,59</b> | <b>23,48</b> | <b>6,72</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b>  | <b>0,08</b>  | <b>43,60</b>   | <b>212,55</b> |

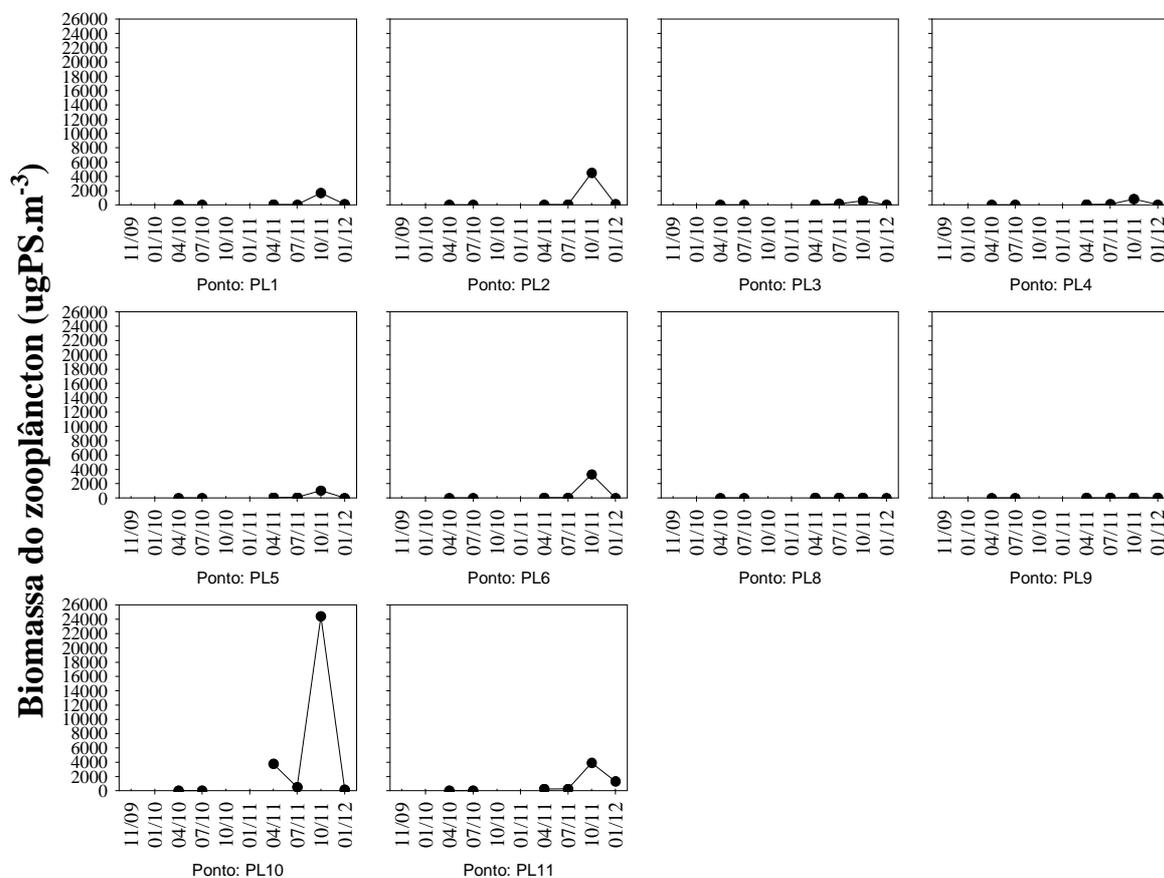


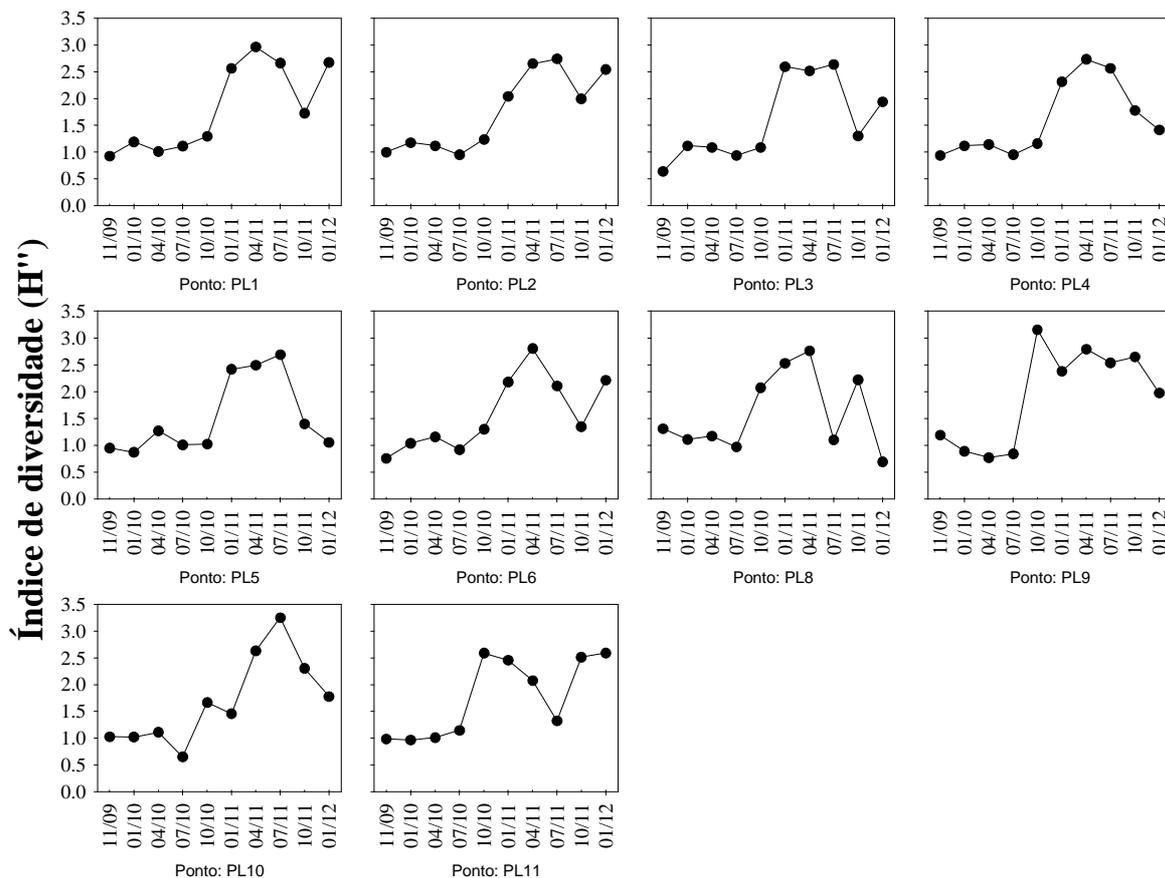
Figura 137. Variação espacial e temporal da biomassa dos diferentes grupos zooplânctônicos, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

### Índice de Diversidade e equitabilidade

Os resultados de índice de diversidade foram, aparentemente, fortemente influenciados pelos resultados de riqueza de espécies. Nesse sentido, os padrões observados para o índice de diversidade são, em geral, muito similares àqueles já descritos para a riqueza. Assim, observou-se, em geral, para todos os pontos de

amostragem, menores valores de índice de diversidade no início do monitoramento, maiores valores desse índice entre outubro de 2010 e julho de 2011, e uma nova redução de seus valores a partir de outubro de 2011, (**Figura 138**).

Espacialmente, pelo menos em grande parte dos períodos estudados, maiores valores deste índice têm sido observados nos igarapés, e os menores no rio Madeira (**Figura 138**).

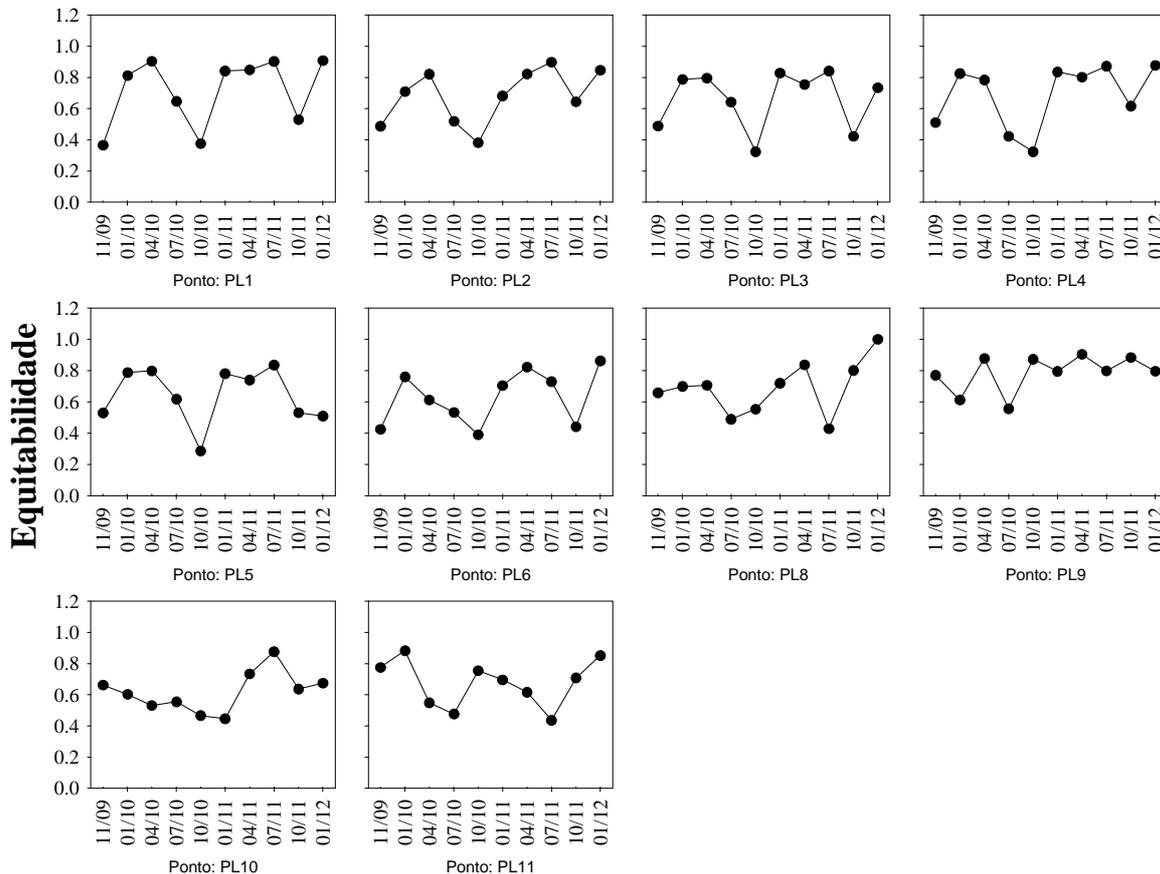


**Figura 138.** Variação espacial e temporal do Índice de diversidade ( $H'$ ) do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

Para a equitabilidade, ao contrário do observado para a riqueza e densidade, os valores têm sido, em geral, mais variáveis no rio Madeira que nos tributários. Além disso, maiores valores deste atributo têm sido observados, em grande parte, nos pontos localizados nos tributários, considerando que no rio Madeira, em alguns períodos, valores bastante reduzidos foram observados (**Figura 139**).

Nesse sentido, temporalmente, para os pontos localizados no rio Madeira, reduzidos valores deste atributo foram observados no mesmo período de amostragem, nos 3 anos estudados: novembro de 2009, outubro de 2010 e outubro de 2011 (**Figura 139**). Esse padrão temporal é bastante consistente em todos os pontos do rio Madeira,

enquanto que nos igarapés de 1ª e 2ª etapa, não se observa uma similaridade nas flutuações temporais da equitabilidade (**Figura 139**). Esse resultado parece evidenciar, mais uma vez, uma maior similaridade das condições ambientais entre os pontos do rio Madeira do que entre os pontos dos igarapés estudados.



**Figura 139.** Variação espacial e temporal da Equitabilidade (E) do zooplâncton nos diferentes pontos de amostragem na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau.

### Espécies indicadoras

Os resultados de uma Análise de Valor Indicador (**INDVAL**), realizada com o objetivo de identificar potenciais espécies indicadoras revelaram a ocorrência de 56 táxons indicadores das condições ambientais vigentes no rio Madeira e seus tributários (igarapés de 1ª e 2ª etapa), durante os períodos de águas baixas e águas altas, na área de influência do canteiro de obras da barragem do AHE Jirau. Desta forma, 15 espécies apresentaram potencial indicador para as condições ambientais que vigoram no rio durante o período de cheia; 14 foram indicadoras do rio Madeira, no período de seca; 7

táxons foram indicadores dos tributários na cheia; e 20 espécies foram indicadoras das condições ambientais vigentes nos tributários durante a seca (**Tabela 46**).

Entre os grupos zooplancônicos, os protozoários testáceos apresentaram o maior número de espécies indicadoras (23 espécies) seguidos por rotíferos com 20, cladóceros com 8 e copépodes com 6 espécies (**Tabela 46**).

As espécies de protozoários testáceos foram, em grande parte, indicadoras dos tributários, especialmente na seca, enquanto que as espécies de copépodes foram indicadoras do rio neste mesmo período hidrológico (**Tabela 46**). Dentre os cladóceros, predominaram aqueles da família Chydoridae, tipicamente litorâneos, indicadores especialmente das condições vigentes nos tributários durante a seca. Duas espécies 2 de cladóceros planctônicos, *Bosmina haggmani* e *Diaphanosoma* sp., foram no entanto, indicadoras do rio Madeira durante a seca. A maioria das espécies de rotíferos, com potencial indicador, caracterizaram também os tributários, mas especialmente o rio durante o período de seca, enquanto que, muito poucas espécies deste grupo foram indicadoras do rio na cheia (**Tabela 46**).

**Tabela 46.** Relação das espécies zooplancônicas indicadoras do Rio Madeira (grupo 1) e de seus tributários (grupo 2), derivadas de uma análise de Indival, baseada nos dados de ocorrência e densidade das espécies, obtidos ao longo de todo monitoramento da área de influência do AHE Jirau. (AB= densidade relativa; FR= frequência relativa; IV= valor indicador;  $p$ = significância -  $< 0,05$ ; valores em negrito indicam o grupo no qual o IV da espécie foi significativo).

| ESPÉCIE                      | Rio Madeira |     |           |              |    |    | Tributários |    |           |              |     |           | $p$  |
|------------------------------|-------------|-----|-----------|--------------|----|----|-------------|----|-----------|--------------|-----|-----------|------|
|                              | Águas altas |     |           | Águas baixas |    |    | Águas altas |    |           | Águas baixas |     |           |      |
|                              | AB          | FR  | IV        | AB           | FR | IV | AB          | FR | IV        | AB           | FR  | IV        |      |
| <i>Arcella arenaria</i>      | 100         | 22  | <b>22</b> | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .044 |
| <i>A. artocrea</i>           | 0           | 11  | 0         | 0            | 11 | 0  | 21          | 17 | 3         | 79           | 42  | <b>33</b> | .042 |
| <i>A. dentata</i>            | 9           | 22  | 2         | 0            | 0  | 0  | 91          | 33 | <b>30</b> | 0            | 0   | 0         | .007 |
| <i>A. vulgaris</i>           | 4           | 61  | 2         | 0            | 11 | 0  | 13          | 42 | 5         | 83           | 67  | <b>55</b> | .026 |
| <i>A. vulgaris undulata</i>  | 0           | 6   | 0         | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 100          | 42  | <b>42</b> | .002 |
| <i>A. discoides</i>          | 23          | 83  | 19        | 6            | 56 | 3  | 19          | 75 | 14        | 52           | 83  | <b>43</b> | .027 |
| <i>A. cônica</i>             | 8           | 17  | 1         | 0            | 0  | 0  | 80          | 33 | <b>27</b> | 12           | 17  | 2         | .045 |
| <i>A. costata</i>            | 0           | 0   | 0         | 0            | 0  | 0  | 28          | 25 | 7         | 72           | 58  | <b>42</b> | .003 |
| <i>A. gibbosa</i>            | 0           | 0   | 0         | 1            | 6  | 0  | 0           | 8  | 0         | 98           | 42  | <b>41</b> | .001 |
| <i>Centropyxis aculeata</i>  | 18          | 100 | 18        | 7            | 72 | 5  | 12          | 83 | 10        | 63           | 100 | <b>63</b> | .006 |
| <i>C. eornis</i>             | 27          | 83  | 22        | 8            | 78 | 6  | 3           | 25 | 1         | 62           | 83  | <b>52</b> | .008 |
| <i>C. gibba</i>              | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Cyclopyxis eurystoma</i>  | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>D cf. bryophyla</i>       | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Diffugia correntina</i>   | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Diffugia difficilis</i>   | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Diffugia corona</i>       | 5           | 22  | 1         | 0            | 6  | 0  | 12          | 17 | 2         | 83           | 42  | <b>35</b> | .016 |
| <i>Diffugia nebeloides</i>   | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Diffugia schuurmanni</i>  | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Nebella</i> sp.           | 72          | 28  | <b>20</b> | 28           | 11 | 3  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .051 |
| <i>Nebella</i>               | 100         | 6   | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Lesquereusia spiralis</i> | 0           | 0   | 0         | 0            | 6  | 0  | 24          | 33 | 8         | 76           | 42  | <b>32</b> | .033 |

| ESPÉCIE                                 | Rio Madeira |    |           |              |    |           | Tributários |    |           |              |     |           | p    |
|---|-------------|----|-----------|--------------|----|-----------|-------------|----|-----------|--------------|-----|-----------|------|
|   | Águas altas |    |           | Águas baixas |    |           | Águas altas |    |           | Águas baixas |     |           |      |
|   | AB          | FR | IV        | AB           | FR | IV        | AB          | FR | IV        | AB           | FR  | IV        |      |
| <i>L. modesta</i>                       | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 1           | 17 | 0         | 99           | 33  | <b>33</b> | .010 |
| <i>Anueropsis</i> sp.                   | 0           | 0  | 0         | 100          | 6  | <b>6</b>  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Brachionus angularis</i>             | 0           | 0  | 0         | 100          | 6  | <b>6</b>  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>B. calyciflorus</i>                  | 0           | 0  | 0         | 88           | 67 | <b>59</b> | 0           | 0  | 0         | 12           | 17  | 2         | .001 |
| <i>B. falcatus</i>                      | 0           | 0  | 0         | 89           | 67 | <b>59</b> | 0           | 0  | 0         | 11           | 8   | 1         | .001 |
| <i>Keratella tropica</i>                | 0           | 22 | 0         | 0            | 67 | <b>66</b> | 0           | 0  | 0         | 0            | 25  | 0         | .001 |
| <i>conochilus coenobasis</i>            | 0           | 0  | 0         | 100          | 6  | <b>6</b>  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Dipleuchlanis propatula</i>          | 12          | 28 | 3         | 4            | 11 | 0         | 6           | 17 | 1         | 78           | 42  | <b>33</b> | .028 |
| <i>Filinia longiseta</i>                | 71          | 39 | <b>28</b> | 29           | 22 | 6         | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .040 |
| <i>F. saltator</i>                      | 100         | 6  | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Lecane hornemanni</i>                | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 98          | 25 | <b>25</b> | 2            | 8   | 0         | .012 |
| <i>L. leontina</i>                      | 6           | 11 | 1         | 0            | 6  | 0         | 74          | 83 | <b>62</b> | 20           | 42  | 8         | .001 |
| <i>L. ludwigi</i>                       | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 100          | 25  | <b>25</b> | .011 |
| <i>L. papuana</i>                       | 5           | 28 | 1         | 4            | 44 | 2         | 2           | 17 | 0         | 90           | 75  | <b>67</b> | .001 |
| <i>L. strichea</i>                      | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 100         | 42 | <b>42</b> | 0            | 0   | 0         | .002 |
| <i>Lecane</i> sp.                       | 6           | 6  | 0         | 9            | 11 | 1         | 84          | 42 | <b>35</b> | 0            | 8   | 0         | .013 |
| <i>Lepadella benjamini</i>              | 0           | 0  | 0         | 100          | 6  | <b>6</b>  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Dissotroca</i> cf. <i>aculeata</i>   | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 100         | 33 | <b>33</b> | 0            | 0   | 0         | .003 |
| Bdeloidea                               | 7           | 78 | 5         | 5            | 89 | 5         | 22          | 75 | 17        | 66           | 100 | <b>66</b> | .006 |
| <i>Synchaeta pectinata</i>              | 0           | 0  | 0         | 82           | 22 | <b>18</b> | 18          | 8  | 1         | 0            | 0   | 0         | .038 |
| <i>Macrochaetus sericus</i>             | 0           | 0  | 0         | 5            | 22 | 1         | 8           | 42 | 3         | 87           | 67  | <b>58</b> | .001 |
| <i>Bosmina hagmanni</i>                 | 2           | 17 | 0         | 56           | 94 | <b>53</b> | 1           | 25 | 0         | 41           | 25  | 10        | .002 |
| <i>Diaphanosoma</i> sp.                 | 0           | 0  | 0         | 100          | 6  | <b>6</b>  | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Alonella dadayi</i>                  | 0           | 6  | 0         | 0            | 0  | 0         | 11          | 33 | 4         | 89           | 33  | <b>30</b> | .066 |
| <i>Chydorus eurynotus</i>               | 0           | 0  | 0         | 0            | 0  | 0         | 17          | 8  | 1         | 83           | 42  | <b>34</b> | .002 |
| <i>Euryalona brasiliensis</i>           | 100         | 6  | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Graptoleberis testudinaria</i>       | 100         | 6  | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Ilyocryptus spinifer</i>             | 1           | 6  | 0         | 4            | 22 | 1         | 37          | 33 | 12        | 58           | 58  | <b>34</b> | .033 |
| <i>Macrothrix</i> cf. <i>elegans</i>    | 0           | 11 | 0         | 2            | 11 | 0         | 27          | 25 | 7         | 71           | 58  | <b>42</b> | .008 |
| <i>Thermocyclops decipiens</i>          | 0           | 17 | 0         | 60           | 61 | <b>36</b> | 17          | 50 | 8         | 23           | 33  | 8         | .016 |
| <i>Mesocyclops</i> cf. <i>elipticus</i> | 100         | 6  | <b>6</b>  | 0            | 0  | 0         | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .000 |
| <i>Mesocyclops</i> sp.                  | 0           | 0  | 0         | 100          | 22 | <b>22</b> | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .013 |
| <i>Tropocyclops prasinus</i>            | 0           | 0  | 0         | 99           | 61 | <b>61</b> | 0           | 0  | 0         | 1            | 33  | 0         | .001 |
| <i>Notodiptomus amazonicus</i>          | 0           | 0  | 0         | 100          | 28 | <b>28</b> | 0           | 0  | 0         | 0            | 0   | 0         | .011 |

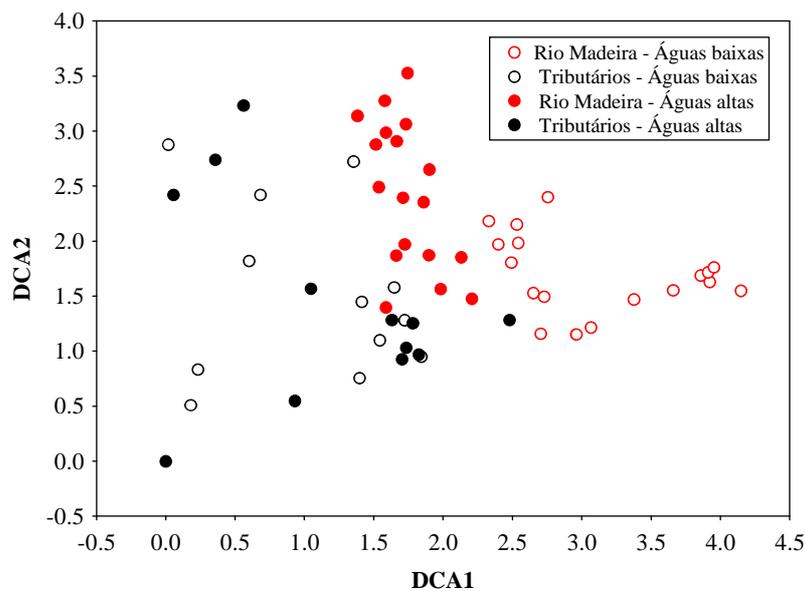
### Estrutura da comunidade (Análises de DCA e CCA)

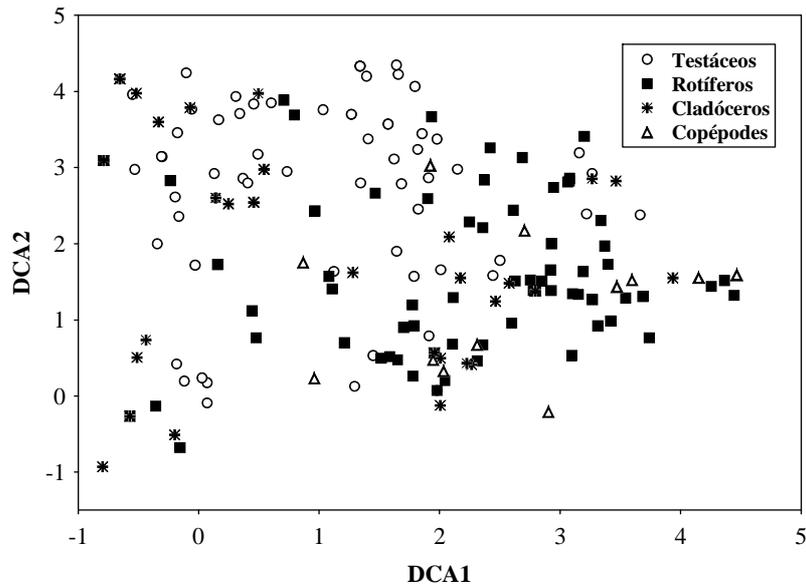
Com objetivo de sintetizar os resultados de composição e abundância das espécies zooplancônicas, bem como identificar as espécies descritoras das condições ambientais vigentes nos períodos de amostragem (estiagem e seca) e pontos de amostragem (especialmente entre o rio Madeira e tributários), foi realizada uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA).

Os resultados evidenciam que as principais diferenças na organização das assembleias zooplancônicas se dão em uma escala espacial, ou seja, entre o rio Madeira e os igarapés de 1ª e 2ª etapas, de forma que as amostras do rio Madeira, ao longo do eixo 1 da DCA estão a direita do diagrama, enquanto que as amostras dos tributários estão plotadas a esquerda do diagrama (**Figura 140**).

Ao contrário do descrito para os resultados de diversidade Beta, que considera apenas a ocorrência das espécies, a distribuição das unidades amostrais na DCA (realizada a partir dos dados de ocorrência e abundância das espécies) sugere que rio e tributários são mais semelhantes durante o período de cheias (tendo em vista a sobreposição de diversos pontos desses grupos ao longo do eixo 1), enquanto que as amostras de rio e tributários na estiagem foram bastante discriminadas ao longo do eixo 1 da DCA (**Figura 140**).

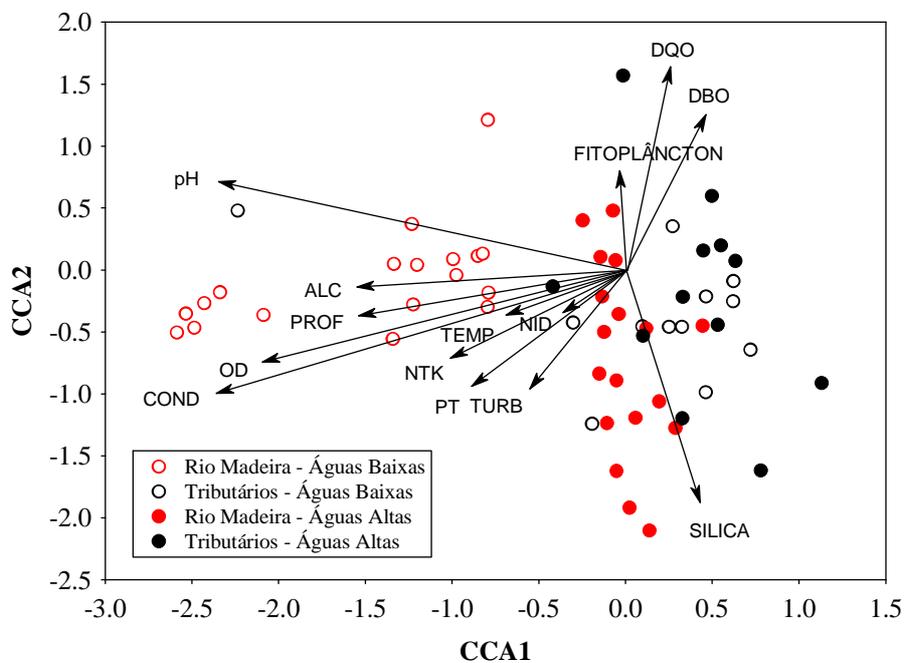
Em relação às espécies, a análise sugere que, em geral, o rio Madeira é caracterizado pelo predomínio de rotíferos, como também algumas espécies de microcrustáceos, enquanto que nos tributários observa-se a dominância de protozoários testáceos, assim como algumas poucas espécies de rotíferos, cladóceros e copépodes (**Figura 140**), especialmente espécies de hábito litorâneo.

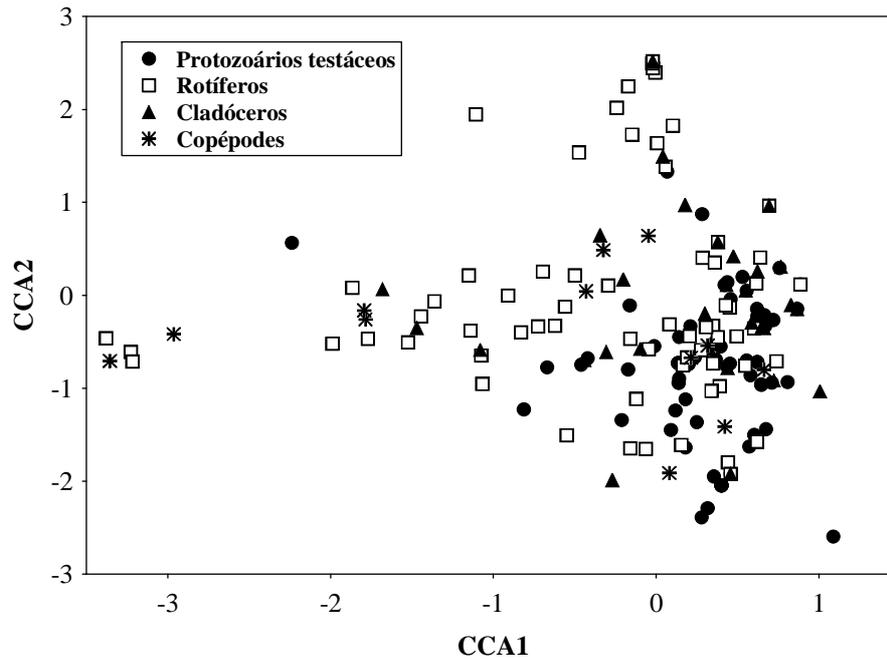




**Figura 140.** Distribuição dos escores das espécies, dos diferentes grupos zooplancntônicos, e dos pontos de amostragem, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau a partir da análise de DCA baseada nos dados obtidos ao longo de todo o monitoramento.

Da mesma forma que observado para a DCA, evidencia-se, mais uma vez, a partir dos resultados de uma CCA, uma maior distinção espacial (entre o rio Madeira e os igarapés) do que temporal (entre os períodos de amostragem) (**Figura 141**).





**Figura 141.** Distribuição dos escores das espécies, dos diferentes grupos zooplancônicos, das variáveis físicas e químicas da água e dos pontos de amostragem, na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau a partir de uma análise de CCA baseada nos dados obtidos ao longo de todo o monitoramento.

Nesse sentido, a CCA discriminou essencialmente as amostras do rio Madeira, especialmente aquelas do período de águas baixas (negativamente correlacionadas com este eixo), caracterizadas pelos maiores valores de pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, daquelas dos tributários (positivamente correlacionadas com este eixo), onde se observam os maiores valores de DBO, DQO e sílica (**Figura 141**). De maneira geral, as amostras do rio no período de águas altas são mais similares às amostras dos tributários (**Figura 141**) sugerindo, mais uma vez, um efeito homogeneizador do cheia sobre as características bióticas e abióticas da área de estudo.

Os resultados da CCA parecem evidenciar ainda, uma maior heterogeneidade ambiental durante o período de águas baixas, especialmente nas águas baixas considerando a grande dispersão das amostras neste período, ao longo do eixo 1 (**Figura 141**).

Em relação à comunidade zooplancônica, assim como evidenciado pela DCA, os resultados da CCA evidenciam, em geral, que os diferentes grupos têm caracterizado as amostras do rio Madeira e de seus tributários, de forma que as espécies de protozoários testáceos e algumas espécies de rotíferos têm, em geral, caracterizado o

zooplâncton dos tributários, enquanto grande parte das espécies de rotíferos, bem como de copépodes e cladóceros, têm caracterizado as amostras do rio Madeira (**Figura 141**).

## **Zoobentos**

### **Riqueza de espécies**

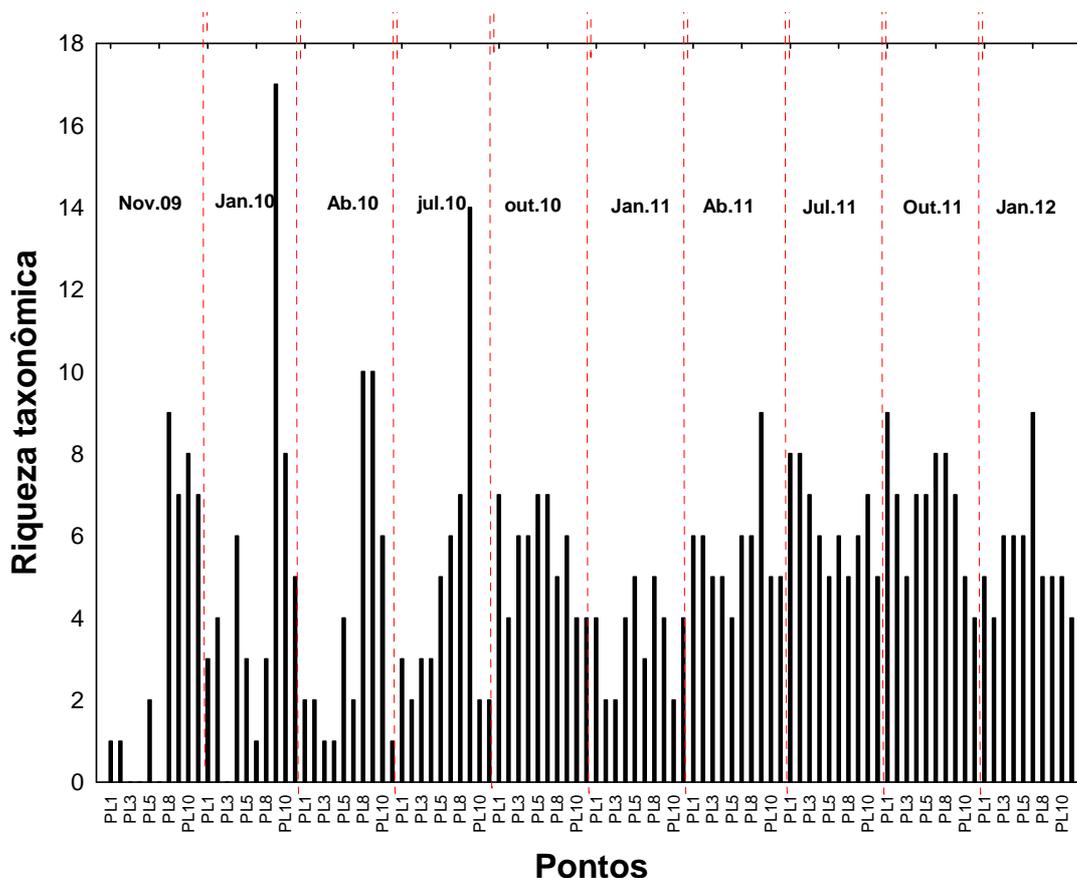
Em geral, considerando o monitoramento trimestral realizado entre novembro de 2009 e janeiro de 2012 na área do canteiro de obras do AHE Jirau, a comunidade bentônica apresentou baixa diversidade, formada especialmente por táxons mais resistentes. Os táxons identificados estão distribuídos entre os insetos, anelídeos, microcrustáceos, nematóides, moluscos e ácaros, sendo a maior densidade e diversidade atribuída aos insetos. Os insetos aquáticos são muito bem sucedidos em ambientes de água doce. Isso é demonstrado pela sua diversidade e abundância, ampla distribuição e habilidade de explorar diversos tipos de habitats aquáticos. Devido à sua grande diversidade, ocupam vários nichos nas redes tróficas, podendo ser predadores, detritívoros ou herbívoros, além de possuir formas diversas de obter alimentos, ao perfurar, retalhar, coletar ou filtrar partículas nutritivas (PECKARSKY et al., 1990).

Foi verificado um padrão ao longo das amostragens, sendo Chironomidae e Oligochaeta os táxons que apresentaram maior sucesso, freqüentes em praticamente todos os pontos, em quase todas as amostragens. A predominância de Chironomidae e Oligochaeta na comunidade bentônica é comum e recorrente em diversos tipos de ambientes aquáticos. A família Chironomidae é reconhecidamente um dos grupos de invertebrados aquáticos que possui maior capacidade de tolerância a uma grande variedade de condições ambientais, possuindo desde gêneros extremamente tolerantes a poluição até outros bastante sensíveis. Segundo Higuti e Takeda (2002), alguns gêneros são capazes de resistir a baixas concentrações de oxigênio e podem apresentar metabolismo anaeróbico.

De forma geral, destaca-se a contribuição de Ephemeroptera e Trichoptera para a riqueza taxonômica total, com 8 táxons registrados, ainda que a maioria com pouca expressão em termos de abundância. É importante mencionar que estes grupos possuem diversos representantes característicos de ambientes lóticos, portanto, podem também ser utilizados como bioindicadores dos impactos sofridos pela comunidade, em função das alterações que venham a ocorrer no ambiente a partir da formação do reservatório. A maioria desses gêneros foram registrados no rio Madeira (pontos 1 ao 6), uma vez

que ele apresenta o leito formado por rocha e areia, favorecendo-os. Segundo Vinson e Hawkins (1998) substratos estruturalmente mais simples como areia e leito rochoso possuem menor riqueza taxonômica, como é o caso verificado rio Madeira. Além do tipo de substrato (arenoso), a velocidade da água desse rio, independente do período hidrológico podem ser considerados fatores limitantes para a maioria dos macroinvertebrados bentônicos.

Entre novembro de 2009 e janeiro de 2012 os maiores valores de riqueza foram registrados no período de águas baixas. Verifica-se uma maior similaridade entre os valores de riqueza registrados entre abril de 2011 e janeiro de 2012. Os menores valores para este atributo foram registrados em novembro de 2009 e janeiro de 2011 (**Figura 142**). Variações entre a composição de espécies é normalmente registrada, pois além da comunidade estar diretamente associada à diferentes tipos substrato, o entorno tende a apresentar características sempre diferentes, além da pressão antrópica, que sempre ocorre. Todos estes fatores influenciam significativamente na estrutura, composição, abundância e riqueza da comunidade.



**Figura 142.** Riqueza dos táxons obtida nos locais amostrados, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

## Índice de Frequência das Espécies

De acordo com o índice de frequência de Dajoz (1973) foi registrada alta contribuição de espécies raras, considerando todo o período amostrado, sendo a maior contribuição verificada no período de águas baixas. Apenas Chironomidae e Oligochaeta foram consideradas espécies constantes e Elmidae e Nematoda, espécies acessórias, com frequência intermediária (**Tabela 47**).

Grupos mais sensíveis como Ephemeroptera e Trichoptera (*Cloeodes* - Ephemeroptera, *Leptonema*, *Macronema*, *Smicridea*, *Hydroptila*, *Dicaminus* e *Nectopsyche* - Trichoptera) foram registrados com baixa frequência, consideradas como acidental ou rara. Plecoptera ainda não foi registrado neste estudo.

**Tabela 47.** Frequência de ocorrência (%) e dominância das espécies zoobentônicas na área de influência do AHE Jirau ao longo de todo o monitoramento.

| Dominância |           | Frequência |           |
|------------|-----------|------------|-----------|
|            | dominante |            | constante |
|            | abundante |            | acessória |
|            |           |            | rara      |

Frequência (**constante**, igual ou maior que 50%; **acessória**, menor que 50% e igual ou maior que 25%; **rara**, menor que 25%) e dominância (**dominante**, maior que 50% da densidade total da amostra; **abundante**, maior que 50% da densidade média da amostra).

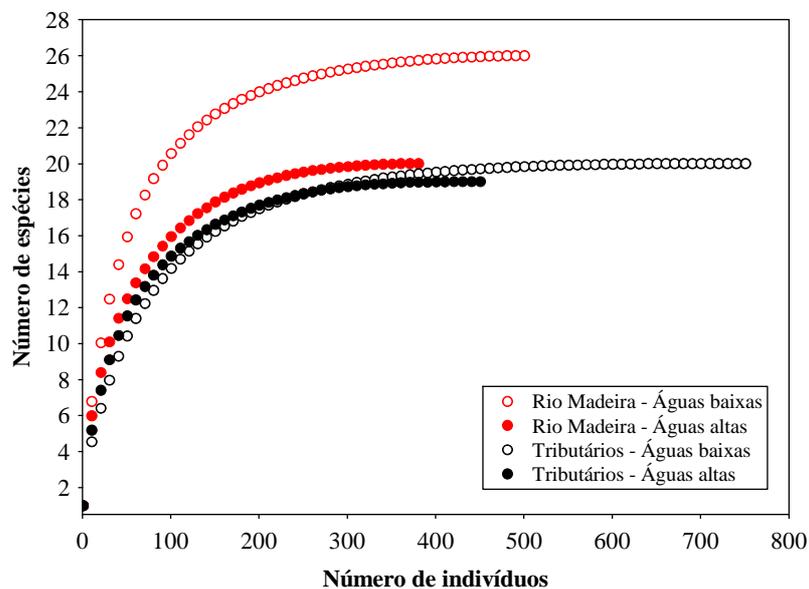
| Táxon              | Frequência | Freq. Relativa |
|--------------------|------------|----------------|
| Chironomidae       | 55         | 91             |
| Ceratopogonidae    | 11         | 18,33          |
| Tipulidae          | 12         | 20             |
| Simuliidae         | 14         | 23,33          |
| Cloeodes           | 6          | 10             |
| Leptonema          | 7          | 11,66          |
| Macronema          | 3          | 5              |
| Smicridea          | 3          | 5              |
| Hydroptilidae      | 1          | 1,66           |
| <i>Hydroptila</i>  | 5          | 8,3            |
| <i>Dicaminus</i>   | 4          | 6,6            |
| <i>Nectopsyche</i> | 7          | 11,66          |
| Naucoridae         | 4          | 6,66           |
| Elmidae            | 19         | 31,66          |
| Elmidae adulto     | 3          | 5              |
| Aeshenidae         | 6          | 10             |
| Libellulidae       | 9          | 15             |
| Coenagrionidae     | 4          | 6,66           |
| Collembola         | 6          | 10             |
| Oligochaeta        | 59         | 98,33          |
| Hirudinea          | 27         | 45             |
| Hydracarina        | 8          | 13,33          |

| Táxon          | Frequência | Freq. Relativa |
|----------------|------------|----------------|
| Nematoda       | 20         | 33,33          |
| Nemertine      | 12         | 20             |
| Cladocera      | 1          | 1,66           |
| Ostracoda      | 18         | 30             |
| Bivalvia jovem | 4          | 6,6            |
| Gastropoda     | 7          | 11,66          |

### Análise de rarefação

A análise de rarefação realizada para comparar a riqueza de espécies entre os ambientes do rio Madeira e tributários, considerando um mesmo valor de densidade, evidenciou maiores valores de riqueza no período de águas baixas, principalmente no rio Madeira (**Figura 143**).

Assim, considerando um mesmo valor de densidade, os valores de riqueza foram similares aos dados originais, o que demonstra que os valores de riqueza não foram influenciados pelos valores de densidade.



**Figura 143.** Curvas de rarefação expressas como o número esperado de espécies em função do número de indivíduos, nos períodos de águas altas e águas baixas no rio Madeira e tributários na área de influência do Canteiro de Obras do AHE Jirau.

### Diversidade Beta

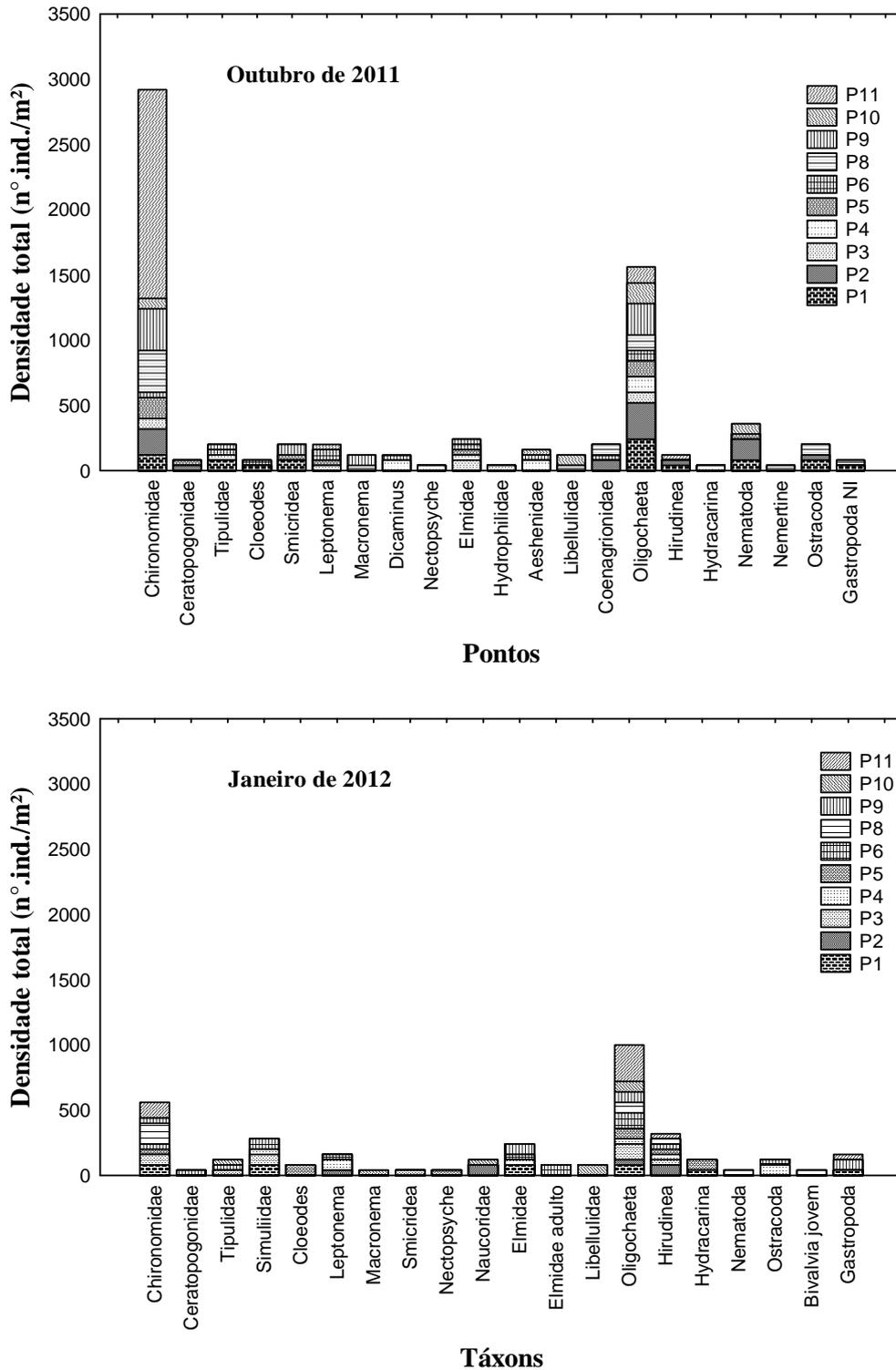
Os valores de diversidade beta foram baixos, sendo os maiores obtidos durante o período de águas baixas (**Tabela 48**). De maneira geral, a similaridade na composição das espécies entre os pontos de coleta (baixos valores de diversidade beta) indicam similaridade entre os pontos, principalmente considerando o tipo de substrato desses locais, que tem influência direta sobre a comunidade bentônica.

**Tabela 48.** Valores de diversidade beta temporal para a área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, nos períodos de águas baixas e águas altas.

|                    | Águas altas (meses de janeiro e abril) | Águas baixas (meses de julho e outubro) |
|--------------------|--|---|
| <b>Rio Madeira</b> | 12                                     | 19                                      |
| <b>Tributários</b> | 17                                     | 22                                      |

### Densidade

Em janeiro de 2012, houve um decréscimo nos valores de densidade, comparando com outubro de 2012 (**Figuras 144 e 145**). As chuvas geram uma série de modificações naturais ao ambiente, mas que acarretam na diminuição da abundância e riqueza da comunidade: o aumento da velocidade e vazão geram maior instabilidade do sedimento e o arraste da comunidade, o aumento do transporte de sedimentos possui um efeito abrasador sobre dos invertebrados, o maior volume de água gera um efeito diluidor da comunidade, contribuindo para os menores valores para os atributos da comunidade.

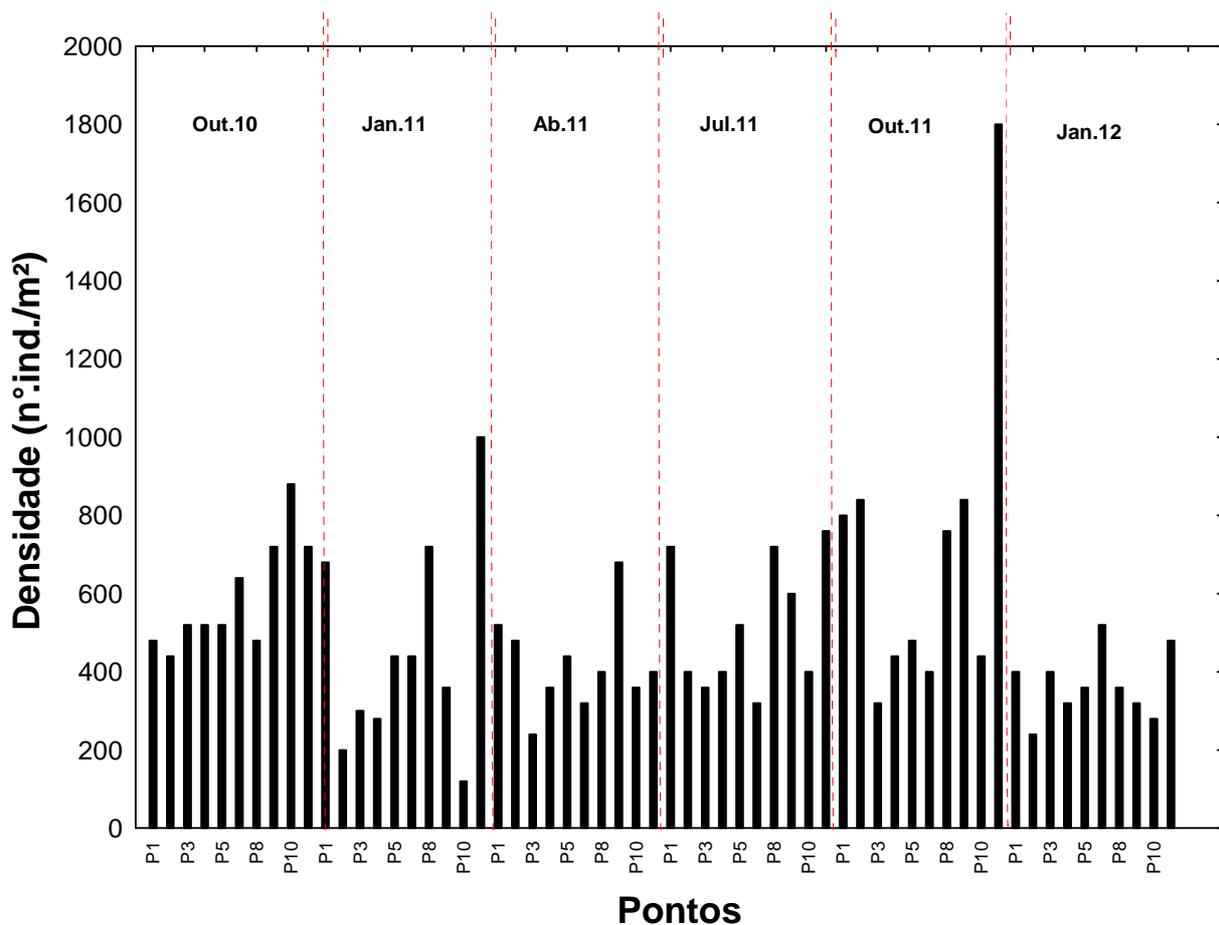


**Figura 144.** Densidade dos táxons registrados em outubro de 2011 e janeiro de 2012.

Dentre os locais e meses estudados, em outubro de 2011 foi registrado o maior valor de densidade (abundância), no ponto 11 (1800ind./m<sup>2</sup>), devido à maior densidade de Chironomidae registrada. (**Figura 144**). Possivelmente, neste mês ocorreu algum fato esporádico que causou o aumento da densidade desse táxon. Em janeiro de 2012,

esse aumento não foi verificado. Em quase todos os pontos os táxons Chironomidae e Oligochaeta apresentaram altos valores de densidade, quando comparados aos demais táxons que em sua maioria apresentaram valores inexpressivos.

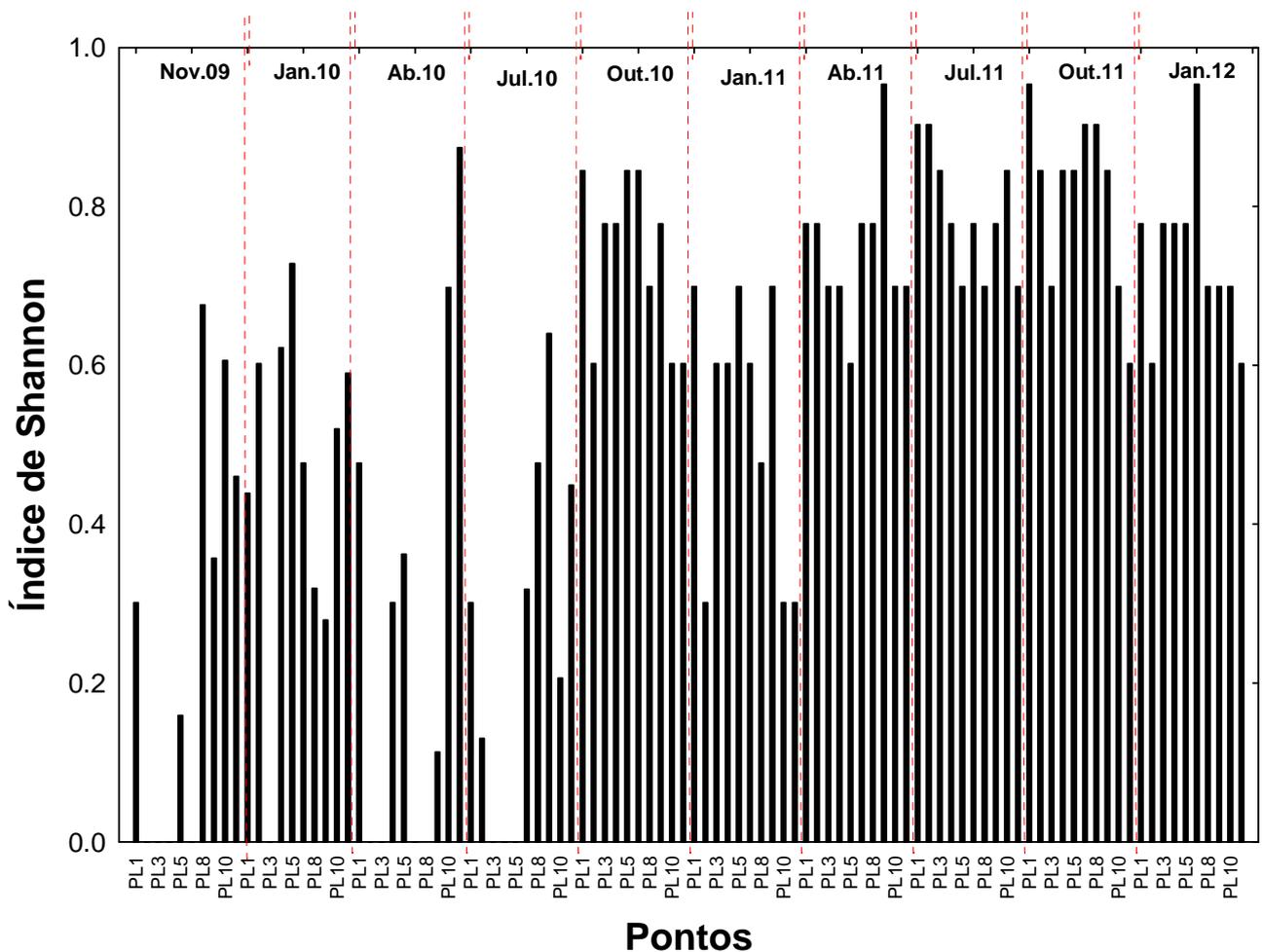
É importante mencionar que nos períodos de águas baixas a abundância e a riqueza taxonômica dos locais monitorados apresentaram maiores valores, comparando com o período de águas altas (**Figuras 145 e 142**). A chuva age negativamente na comunidade, pois através dela ocorre o escoamento do ambiente terrestre ao aquático, que provoca o soterramento da comunidade e um aumento da concentração de nutrientes, além da “lavagem” do fundo da calha do rio. Todos esses fatores agem na estrutura da comunidade, demonstrada pela diminuição dos valores de riqueza e abundância dos locais monitorados. Outro fator de grande importância na distribuição dos organismos é a velocidade da correnteza, que pode variar nas diferentes estações do ano. A correnteza pode agir sobre a natureza do substrato, interferindo assim na estrutura das comunidades de invertebrados (WHITTON, 1975).



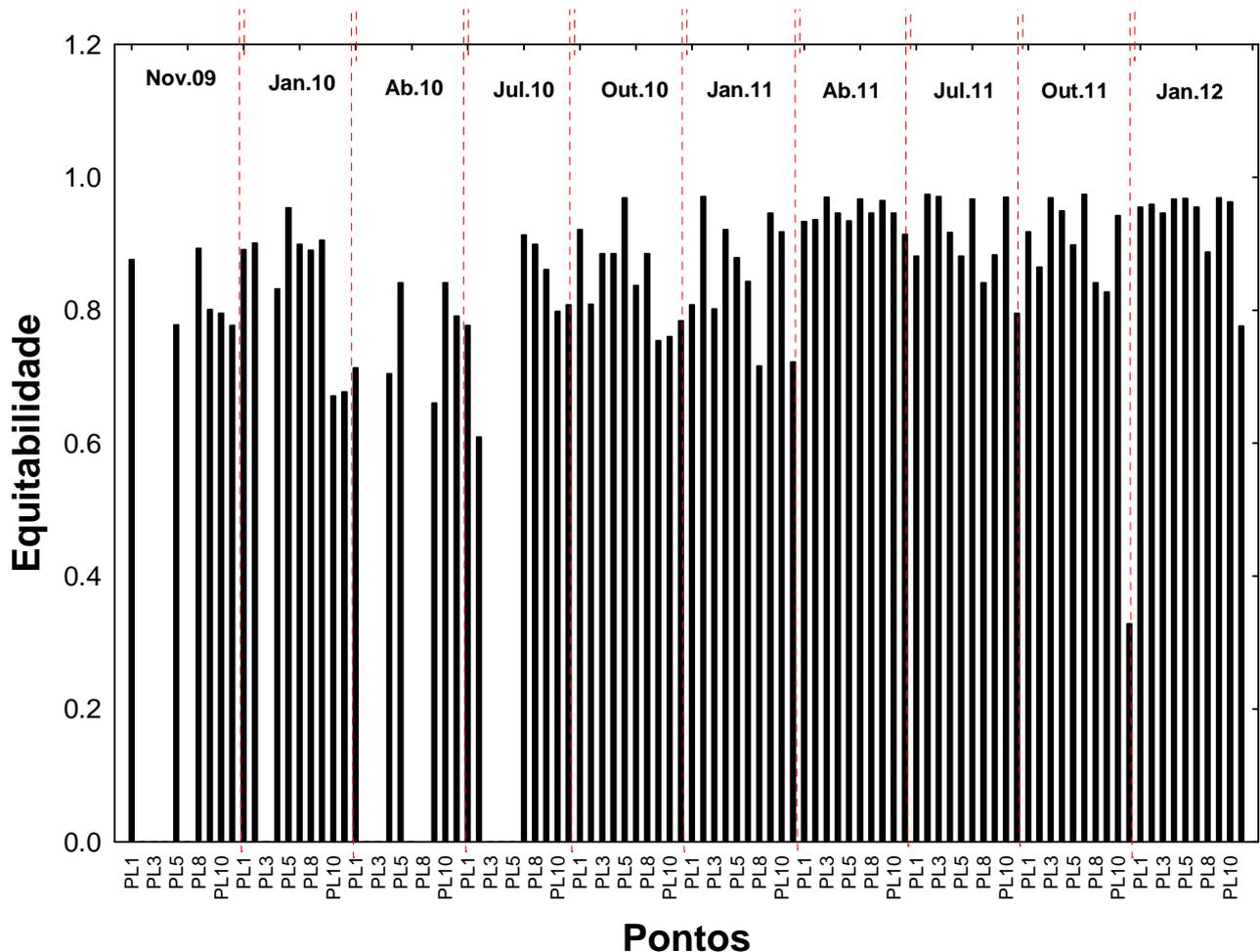
**Figura 145.** Densidade (abundância) obtida nos locais amostrados entre outubro de 2010 e janeiro de 2012.

### Diversidade de espécies e equitabilidade

Os pontos que obtiveram maiores valores de riqueza taxonômica apresentaram os maiores índices de diversidade de Shannon (**Figura 146**). De maneira geral, não foram registrados locais com baixa riqueza e elevada densidade, confirmados pelos altos valores de equitabilidade registrados nos meses estudados (**Figura 147**). Os maiores valores de riqueza registrados nos períodos de águas baixas podem ser atribuídos ao menor volume de água associado à uma maior heterogeneidade ambiental.



**Figura 146.** Índice de diversidade de Shannon, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.



**Figura147.** Equitabilidade, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012.

### Espécies indicadoras (IndVAL)

A Análise de Valor Indicador (**INDVAL**) foi realizada com o objetivo de identificar potenciais espécies indicadoras das condições ambientais vigentes no rio Madeira ou nos igarapés, durante o período de águas baixas e águas altas. Desta forma, considerando os 28 táxons identificados, somente o táxon Simuliidae foi indicador das condições do rio Madeira, durante o período de águas altas (**Tabela 49**).

A maior abundância de Simuliidae no período chuvoso e em corredeiras pode estar relacionada à alta velocidade da corrente, através da qual estes obtém os alimentos, e à presença de estruturas que permitem a sua fixação em objetos submersos (de origem vegetal ou rochoso). Segundo Merritt e Cummins (1996), Simuliidae são habitantes de ambiente lóticos, sendo frequentemente encontrados em correntes rápidas, aderido a substratos submersos, como rochas ou vegetação, por meio de um "falso pé" modificado na região posterior, e através de uma secreção de seda depositada pela larva. Seus "leques" labrais expandem-se e permanecem continuamente expostos à corrente para

filtrar partículas alimentares microscópicas (Merritt e Cummins, 1996). Como o rio Madeira apresenta elevada concentração de sólidos, no qual essas larvas se alimentam e substrato formado por rocha, a colonização dessas larvas é favorecida. Estes táxons provavelmente utilizam o substrato rochoso como suporte para fixação, enquanto retiram o alimento carregado pela corrente, pelo mecanismo da filtração.

**Tabela 49.** Relação das espécies zoobentônicas indicadoras do Rio Madeira e de seus tributários, derivadas de uma análise de Indival, baseada nos dados de ocorrência e densidade das espécies, obtidos ao longo de todo monitoramento da área de influência do AHE Jirau. (AB= densidade relativa; FR= frequência relativa; IV= valor indicador;  $p$ = significância - < 0,05; valores em negrito indicam o grupo no qual o IV da espécie foi significativo).

| TÁXONS             | Rio Madeira |           |           |              |     |    | Tributários |     |    |              |     |    | $p$          |
|--------------------|-------------|-----------|-----------|--------------|-----|----|-------------|-----|----|--------------|-----|----|--------------|
|                    | Águas altas |           |           | Águas baixas |     |    | Águas altas |     |    | Águas baixas |     |    |              |
|                    | AB          | FR        | IV        | AB           | FR  | IV | AB          | FR  | IV | AB           | FR  | IV |              |
| Chironomidae       | 24          | 89        | 21        | 24           | 89  | 21 | 25          | 92  | 23 | 27           | 100 | 27 | 0.667        |
| Ceratopogonidae    | 43          | 28        | 12        | 43           | 28  | 12 | 13          | 8   | 1  | 0            | 0   | 0  | 0.403        |
| Tipulidae          | 13          | 11        | 1         | 19           | 17  | 3  | 39          | 33  | 13 | 29           | 25  | 7  | 0.525        |
| Simuliidae         | <b>67</b>   | <b>56</b> | <b>37</b> | 13           | 11  | 1  | 20          | 17  | 3  | 0            | 0   | 0  | <b>0.003</b> |
| Cloeodes           | 15          | 6         | 1         | 62           | 22  | 14 | 0           | 0   | 0  | 23           | 8   | 2  | 0.221        |
| Leptonema          | 40          | 17        | 7         | 40           | 17  | 7  | 0           | 0   | 0  | 20           | 8   | 2  | 0.513        |
| Macronema          | 0           | 0         | 0         | 0            | 0   | 0  | 33          | 8   | 3  | 67           | 17  | 11 | 0.275        |
| Smicridea          | 29          | 6         | 2         | 29           | 6   | 2  | 0           | 0   | 0  | 43           | 8   | 4  | 0.852        |
| Hydroptilidae      | 0           | 0         | 0         | 100          | 6   | 6  | 0           | 0   | 0  | 0            | 0   | 0  | 1            |
| <i>Hydroptila</i>  | 40          | 11        | 4         | 60           | 17  | 10 | 0           | 0   | 0  | 0            | 0   | 0  | 0.202        |
| <i>Dicaminus</i>   | 0           | 0         | 0         | 67           | 17  | 11 | 33          | 8   | 3  | 0            | 0   | 0  | 0.201        |
| <i>Nectopsyche</i> | 27          | 11        | 3         | 53           | 22  | 12 | 20          | 8   | 2  | 0            | 0   | 0  | 0.339        |
| Naucoridae         | 20          | 6         | 1         | 20           | 6   | 1  | 30          | 8   | 3  | 30           | 8   | 3  | 1            |
| Elmidae            | 28          | 33        | 9         | 37           | 44  | 17 | 14          | 17  | 2  | 21           | 25  | 5  | 0.376        |
| Elmidae adulto     | 29          | 6         | 2         | 29           | 6   | 2  | 0           | 0   | 0  | 43           | 8   | 4  | 0.856        |
| Aeshenidae         | 0           | 0         | 0         | 57           | 22  | 13 | 0           | 0   | 0  | 43           | 17  | 7  | 0.295        |
| Libellulidae       | 9           | 6         | 0         | 26           | 17  | 4  | 13          | 8   | 1  | 52           | 33  | 17 | 0.125        |
| Coenagrionidae     | 0           | 0         | 0         | 40           | 11  | 4  | 30          | 8   | 3  | 30           | 8   | 3  | 0.896        |
| Collembola         | 0           | 0         | 0         | 57           | 22  | 13 | 0           | 0   | 0  | 43           | 17  | 7  | 0.316        |
| Oligochaeta        | 24          | 94        | 23        | 25           | 100 | 25 | 25          | 100 | 25 | 25           | 100 | 25 | 1            |
| Hirudínea          | 31          | 56        | 17        | 18           | 33  | 6  | 23          | 42  | 10 | 28           | 50  | 14 | 0.761        |
| Hydracarina        | 24          | 11        | 3         | 59           | 28  | 16 | 18          | 8   | 1  | 0            | 0   | 0  | 0.136        |
| Nematoda           | 16          | 22        | 4         | 24           | 33  | 8  | 30          | 42  | 13 | 30           | 42  | 13 | 0.859        |
| Nemertine          | 7           | 6         | 0         | 41           | 33  | 14 | 10          | 8   | 1  | 41           | 33  | 14 | 0.359        |
| Cladocera          | 0           | 0         | 0         | 100          | 6   | 6  | 0           | 0   | 0  | 0            | 0   | 0  | 1            |
| Ostracoda          | 36          | 39        | 14        | 41           | 44  | 18 | 8           | 8   | 1  | 15           | 17  | 3  | 0.226        |
| Bivalvia jovem     | 0           | 0         | 0         | 0            | 0   | 0  | 75          | 25  | 19 | 25           | 8   | 2  | 0.056        |
| Gastropoda         | 11          | 6         | 1         | 22           | 11  | 2  | 33          | 17  | 6  | 33           | 17  | 6  | 1            |

**Tabela 50.** Comunidade de invertebrados bentônicos (n°. ind./m<sup>2</sup>) registrada em janeiro de 2012.

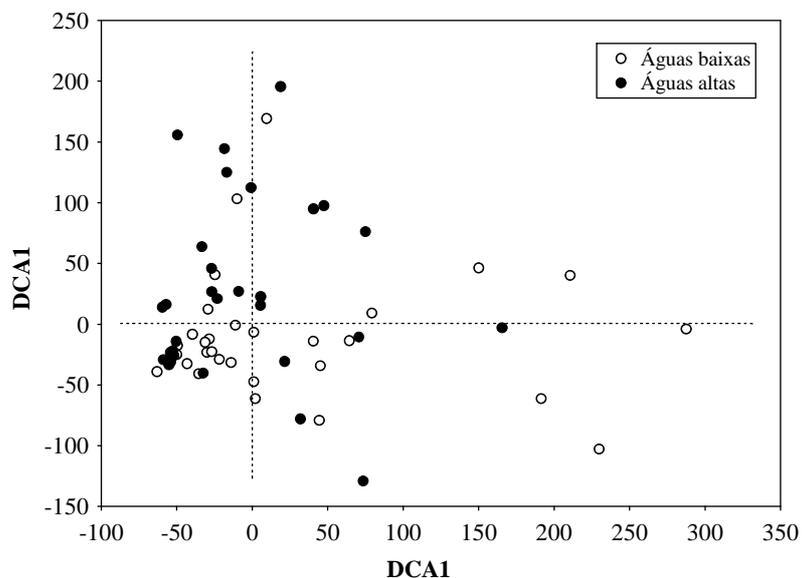
| Táxons                | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    | P6    | P8    | P9    | P10   | P11   |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Diptera</b>        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Chironomidae          | 80    | 0     | 80    | 0     | 40    | 40    | 160   | 40    | 0     | 120   |
| Ceratopogonidae       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Tipulidae             | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 40    | 0     |
| Simuliidae            | 80    | 0     | 80    | 40    | 0     | 80    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Ephemeroptera</b>  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Cloeodes</i>       | 0     | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Trichoptera</b>    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Leptonema</i>      | 0     | 40    | 0     | 80    | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <i>Macronema</i>      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     |
| <i>Smicridea</i>      | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <i>Nectopsyche</i>    | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Heteroptera</b>    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Naucoridae            | 0     | 80    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     |
| <b>Coleoptera</b>     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Elmidae               | 80    | 0     | 0     | 40    | 0     | 40    | 0     | 80    | 0     | 0     |
| Elmidae adulto        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Odonata</b>        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Libellulidae          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     |
| <b>Annelida</b>       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Oligochaeta           | 80    | 40    | 120   | 40    | 80    | 120   | 80    | 80    | 80    | 280   |
| Hirudinea             | 0     | 80    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 0     | 0     | 40    |
| <b>Hydracarina</b>    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       | 40    | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Nematoda</b>       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     |
| <b>Microcrustacea</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Ostracoda             | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Mollusca</b>       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Bivalvia jovem        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 40    | 0     | 0     | 0     |
| Gastropoda            | 40    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 80    | 0     | 40    |
| Abundância            | 400   | 240   | 400   | 320   | 360   | 520   | 360   | 320   | 280   | 480   |
| Riqueza               | 5     | 4     | 6     | 6     | 6     | 9     | 5     | 5     | 5     | 4     |
| Índice de Shannon     | 0,778 | 0,602 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,954 | 0,699 | 0,699 | 0,699 | 0,602 |
| Equitabilidade        | 0,955 | 0,959 | 0,946 | 0,967 | 0,968 | 0,955 | 0,887 | 0,969 | 0,963 | 0,776 |

### Estrutura da comunidade (Análises de DCA e CCA)

A análise de correspondência destendenciada (DCA) não demonstrou padrão de discriminação entre as espécies amostradas nos diferentes períodos hidrológicos (águas altas e águas baixas) e nos diferentes sistemas amostrados (rio Madeira e igarapés). Os

grupos mais abundantes (Chironomidae e Oligochaeta) foram registrados em ambos os períodos e sistemas amostrados. Assim, pode-se afirmar que a DCA não evidenciou nenhum padrão espacial ou temporal para os dados (**Figura 148**).

De acordo com os resultados da análise de correlação canônica (CCA), os dados de composição e densidade da comunidade zoobentônica não foram significativamente correlacionados com os dados ambientais ( $P = 0,13$  com base em um teste de Monte Carlo utilizando 1000 permutações). É importante destacar que esse resultado foi obtido mesmo com a inclusão de diferentes variáveis ambientais (da água e do sedimento) na CCA. Assim, pode-se afirmar que essa comunidade apresenta elevada estocasticidade, é de difícil predição e, pelo menos no sistema monitorado, apresenta um baixo potencial para ser usada como indicador ecológico.



**Figura 148.** Escores originados a partir da análise de correspondência destendenciada (DCA).

### 5.13.6. Considerações Finais

Considerando a classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 para o sistema em estudo, grande parte do trecho monitorado, em janeiro de 2012, 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 PL8, PL10 e PL11 (localizados nos igarapés);

- Valor de pH inferior a 6,0 nos pontos PL8 e PL10;
- valores de turbidez superiores a 100 NTU em todos os pontos localizados no rio Madeira (pontos PL1 a PL6) e no ponto PL11;
- valores de cor superiores a 75 mg Pt/L na maior parte dos pontos monitorados, com exceção somente do ponto PL10;
- concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L em todos os pontos localizados no rio Maderia (pontos PL1 a PL6);
- concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L na maior parte dos pontos de coleta, com exceção somente do ponto PL10.

Considerando todo o período de estudo (entre novembro de 2009 e janeiro de 2012), os parâmetros limnológicos do Monitoramento do Canteiro de Obras foram definitivamente padronizados a partir de abril de 2011. Assim, conforme explicado nos relatórios anteriores, algumas lacunas são observadas para alguns parâmetros limnológicos. No entanto, é possível afirmar que essas lacunas não comprometem as discussões dos resultados, ou seja, mesmo considerando as ausências de medidas de alguns parâmetros limnológicos em alguns meses, foi possível visualizar e discutir alguns padrões temporais e espaciais das características limnológicas do trecho estudado.

Durante todo o período de estudo, as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas em novembro de 2009, janeiro de 2010, janeiro e abril de 2011 e outubro de 2011, ou seja, principalmente durante o período de águas altas. Além disso, em média, as menores concentrações desse gás foram registradas nos pontos localizados nos igarapés.

Foi possível observar um acréscimo significativo nos valores de turbidez, sólidos em suspensão e sólidos totais em janeiro e abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira. Tais resultados corroboram àqueles encontrados no Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau, o que pode ser explicado pelos maiores índices de precipitação pluviométrica na região e conseqüente escoamento superficial do ambiente terrestre para o ecossistema terrestre. Assim, fatores extrínsecos ao empreendimento faz com alguns desses valores não se enquadrem na Resolução CONAMA 357/2005.

Os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira.

Provavelmente, os pontos localizados nos tributários apresentam baixas concentrações de íons.

Considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível observar que elevadas concentrações de fósforo total foram registradas em janeiro de 2010, abril de 2011 e janeiro de 2012. Além disso, as maiores concentrações desse nutriente foram registradas nos pontos monitorados no rio Madeira. Tal resultado é consequência do aumento nas concentrações de sólidos em suspensão no rio Madeira, principalmente durante o período de chuvas, o que também resulta nas baixas concentrações de clorofila-*a* no trecho monitorado. Ressalta-se que o rio Madeira freqüentemente apresenta elevadas concentrações de fósforo total, assim como observado nos 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.

De maneira geral, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, os maiores valores de IQA foram registrados em outubro de 2010, julho e outubro de 2011, ou seja, durante o período de águas baixas. Tais resultados se devem, principalmente, aos menores valores de turbidez, fósforo total e coliformes termotolerantes durante o período de águas baixas.

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência do Canteiro de obras do AHE Jirau mostrou alta complexidade taxonômica nos períodos de águas altas (meses de janeiro e abril) e águas baixas (meses de julho e outubro). Maior número de táxons foi registrado durante o período de águas baixas, com redução acentuada de Chlorophyceae e Zygnemaphyceae no período de águas altas, provavelmente limitadas pela menor disponibilidade luminosa.

Em janeiro de 2012 foram registrados 64 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Os grupos mais especiosos foram, em ordem de importância, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae e Chlorophyceae, os quais são comumente registrados como os mais especiosos em rios e reservatórios do mundo todo.

Foram registrados baixos valores de riqueza, diversidade, densidade e biovolume fitoplanctônico na maioria dos pontos amostrados na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante os períodos de águas baixas e águas altas.

Utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND et al., 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, por meio dos valores de biovolume, os pontos monitorados podem ser caracterizados como oligotróficos. Os valores de biovolume e o número de células de cianobactérias foram baixos e permitiram 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 características hidrodinâmicas dos pontos monitorados foram determinantes para o baixo desenvolvimento fitoplanctônico e também para a estrutura fitoplanctônica registrada, com dominância principalmente de bacilariofíceas no rio Madeira.

Os resultados das análises qualitativas do zooplâncton, obtidos a partir das amostras coletadas ao longo dos primeiros anos do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem do AHE Jirau, evidenciaram um zooplâncton composto principalmente por rotíferos e protozoários testáceos, que se alternaram como mais especiosos ao longo do estudo, evidenciando assim não apenas o predomínio de condições lóticis na área de estudo, mas também uma alteração temporal nas condições hidrodinâmicas das áreas estudadas.

Foram identificadas nesta primeira fase de estudo 178 espécies zooplanctônicas, sendo 69 espécies de rotíferos, 66 de protozoários testáceos, 31 espécies de cladóceros e 12 de copépodes.

Espacialmente, observaram-se diferenças substanciais nos valores dos diferentes atributos analisados para a comunidade zooplanctônica entre o rio Madeira e seus tributários. Assim, de maneira geral, maiores valores de riqueza, densidade, biomassa e índice de diversidade têm sido registrados nos igarapés, especialmente naqueles de 2ª etapa. Destaca-se, ainda, que os valores destes atributos foram, frequentemente, mais variáveis nos igarapés, do que no rio Madeira, sugerindo uma maior homogeneidade espacial e temporal das condições limnológicas neste rio, do que nos igarapés.

Em relação à abundância numérica e biomassa do zooplâncton, é importante enfatizar que, embora bem variáveis, tanto espacial como temporalmente, os valores desses atributos obtidos nessa fase de estudos devem ser considerados baixos, se comparados a ambientes lênticos, especialmente a ambientes lênticos com elevado grau de trofia onde as densidades podem ser 200 vezes maiores e os valores de biomassas cerca de 1000 vezes superiores aos aqui registrados.

Em termos de abundância, nenhuma das 178 espécies registradas foi considerada dominante. No entanto, 36 delas foram consideradas abundantes, das quais 23 espécies foram abundantes no período de chuvas e 25 no período de estiagem.

Em relação à frequência de ocorrência, das 178 espécies registradas ao longo do monitoramento, 15 foram consideradas acessórias e 7 constantes, para o período de chuva, enquanto que, no período de estiagem, 18 foram acessórias e 14 táxons constantes. Todas as demais foram classificadas como espécies raras.

Por fim, os resultados de análises de ordenação, CCA e DCA, evidenciam que as principais diferenças na organização das assembleias zooplanctônicas se dão em uma escala espacial, ou seja, entre o rio Madeira e os igarapés de 1ª e 2ª etapas. Além disso, essa análise parece evidenciar que rio e tributários são mais semelhantes durante o período de cheias. Em relação às espécies, a análise sugere que, em geral, o rio Madeira é caracterizado pelo predomínio de rotíferos, como também algumas espécies de microcrustáceos, enquanto que nos tributários observa-se a dominância de protozoários testáceos.

Considerando a comunidade zoobentônica, os resultados dos atributos ecológicos obtidos nos locais monitorados da área de influência do canteiro do AHE Jirau entre novembro de 2009 e janeiro de 2012 indicaram a presença de uma comunidade com riqueza e diversidade relativamente baixa, relacionada às características naturais dos locais monitorados (especialmente rio Madeira), como sedimento arenoso (formação pedológica) e fluxo intenso, o que provoca certa instabilidade a comunidade bentônica, desfavorecendo sua colonização.

A sazonalidade influenciou na comunidade bentônica, uma vez que na seca foram registrados os maiores valores de riqueza e abundância da comunidade.

Chironomidae e Oligochaeta foram os táxons mais frequentes durante os meses monitorados, além dos mais abundantes. Esse resultado é comumente verificado em ambientes aquáticos, devido ao grau de tolerância e plasticidade alimentar desses táxons.

Como a comunidade apresentou-se relativamente pobre durante todo o monitoramento, e com uma composição mais resistente, pode-se dizer que as obras não causaram influência negativa sobre a comunidade.

## 6. Interfaces

A **Tabela 51** apresenta de forma sucinta as interfaces elencadas no Projeto Básico Ambiental (PBA) do AHE Jirau e o status quanto ao seu atendimento.

**Tabela 51.** Interfaces elencadas ao Programa de Monitoramento Limnológico.

| PROGRAMAS SOB INTERFACE                          | PROPOSTA (PBA)   | STATUS DE ATENDIMENTO   |
|--|--|---|
| Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.    | Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.  | Atendida<br>Resultados do Monitoramento Limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.   |
| Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas | Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.  | Atendida.<br>Resultados do Monitoramento Limnológico tem sido efetivamente utilizados no Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.  |
| Conservação da Ictiofauna                        | Fornecer informações sobre as variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água.<br><br>A partir das informações sobre a comunidade fito, zooplancônica e bentônica serão feitas possíveis análises sobre hábitos alimentares | Em atendimento.<br>Conforme a necessidade do Programa, os resultados do Monitoramento Limnológico são encaminhados.<br><br>O conteúdo estomacal da ictiofauna também vem sendo relacionada com os resultados da comunidade planctônica no trecho monitorado. Essa discussão está presente nesse relatório consolidado (página 167). |
| Conservação da Fauna                             | Fornecer informações sobre a comunidade biológica.   | Não atendido.<br>Os locais monitorados não são os mesmos do Monitoramento da Fauna. Assim, os dados gerados pelo Programa de Monitoramento Limnológico não foram requisitados.  |
| Saúde Pública                                    | Fornecer informações sobre a presença de coliformes termotolerantes e cianobactérias.  | As informações constantes nos Relatórios Técnicos são repassados ao Programa de Saúde Pública sempre que solicitado.  |





## 8. Atividades Futuras

Considerando os resultados obtidos ao longo das 10 (dez) campanhas de monitoramento limnológico na fase pré-enchimento, sugere-se que se mantenham as mesmas análises físicas, químicas e biológicas (coliformes, fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos) da água, no trecho estudado. As metodologias utilizadas para tais análises deverão ser mantidas, tendo em vista a importância da padronização destas metodologias, para futuras comparações entre as fases pré e pós-enchimento.

Durante a fase pré-enchimento, foi verificada redundância em alguns parâmetros limnológicos, tais como:

- condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, dureza, carbono inorgânico e CO<sub>2</sub> total.

De fato, todos esses parâmetros representam, de maneira indireta, concentrações de íons dissolvidos na coluna da água, principalmente carbono dissolvido. Tendo em vista o objetivo de otimização do monitoramento, alguns desses parâmetros limnológicos poderiam ser retirados do escopo do monitoramento, tais como dureza e carbono inorgânico. Assim, a necessidade da manutenção de todos esses parâmetros deve ser avaliada.

Assim como previsto no PBA, no primeiro ano após o início do enchimento do reservatório as campanhas serão mensais para as análises físicas, químicas e bacteriológicas e bimestrais para as análises do material biológico (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos), permitindo acompanhar de maneira intensiva possíveis mudanças nas características limnológicas do trecho estudado. Durante a fase de operação, as campanhas de campo voltarão a ser trimestrais, no entanto, sugere-se que, após os primeiros 03 (três) anos de operação, seja avaliada a possibilidade de realizar o monitoramento do material biológico em intervalos semestrais, contemplando os principais períodos hidrológicos (águas altas e águas baixas).

### *Variabilidade espacial*

Considerando a extensão e heterogeneidade espacial (especialmente entre o rio Madeira e seus tributários) da área de estudo, bem como a necessidade de avaliação dos impactos do barramento sobre as características físicas e químicas da água e os diferentes atributos das comunidades planctônicas, realizou-se uma análise para otimizar a malha amostral do monitoramento limnológico do AHE Jirau. Com o

objetivo de otimizar a malha amostral que vem sendo utilizada no monitoramento limnológico realizado durante a fase pré-enchimento, foi utilizado o conceito de coerência temporal. Diz-se que existe coerência quando as séries temporais de dados obtidas entre pares de pontos estão fortemente correlacionadas. Assim, se a série de um determinado ponto de monitoramento  $X$  pode prever confiavelmente a série de dados obtida em um outro ponto  $Y$ , então a malha amostral poderia ser otimizada com a escolha de um desses pontos somente. Além disso, para aumentar a confiabilidade desse processo de otimização, é importante avaliar também se os pontos com dinâmicas temporais coerentes são também conectados pela hidrologia.

A abordagem explicada acima foi feita utilizando os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (PCA; demonstrada na Figura 25 da página 89 do Relatório Consolidado), que explicaram uma grande proporção da variabilidade dos dados (61 %). Os resultados mostraram as seguintes possibilidades para otimizar o programa de monitoramento considerando as fortes correlações observadas entre as séries temporais e as claras conexões hidrológicas entre os pontos:

- Pontos P1-MAM, P2-MAD 1 e P6-MAD2: correlação entre escores  $>0,7$ . Tendo em vista a grande similaridade limnológica entre esses pontos, e a distância dos pontos P1 e P2 da área de influência do reservatório do AHE Jirau, sugere-se a retirada dos pontos P1 e P2 da futura malha amostral.
- Pontos P9-MAD 3 e P6-MAD 2: correlação entre escores = 0,85 (Eixo 1) e 0,95 (Eixo 2). Além dos pontos P9-MAD 3 e P18-MAD5: correlação entre escores = 0,90 (Eixo 1) e 0,95 (Eixo 2). Nesse exemplo, tendo em vista a grande similaridade do ponto P9 com outros 2 locais, poderíamos sugerir a retirada do ponto P9. Apesar da similaridade do ponto P18 com P6 e P9, o ponto P18 deve ser mantido na malha amostral, pois representa o local monitorado logo acima da barragem.

Dentre os pontos localizados no rio Madeira, o P14 - MAD 4 não foi correlacionado significativamente com nenhum dos pontos situados nesse rio. Esse local, provavelmente sofre maior influência do rio Mutum e rio Cotia, localizados logo a montante desse ponto. Assim, esse local deve ser mantido em futuros monitoramentos limnológicos no trecho estudado.

- Pontos P7-SIZ e P17-JIR: correlação entre escores = 0,84 (Eixo 1) e 0,47 (Eixo 2). Ambos os tributários apresentam forte correlação entre suas

características limnológicas, apesar da distancia entre esses locais. Pensando em uma otimização dos locais de coleta, poderíamos sugerir a retirada do ponto P7, tendo em vista que a manutenção do ponto P17 é interessante tendo em vista sua proximidade com a barragem. Além disso, existem outros tributários próximos ao ponto P7 que podem influenciar o rio Madeira, tais como o ponto P5-ABU e P8-SIM.

- Pontos P3-RIB e P4-ARA: esses tributários estão localizados a montante da influência do reservatório, não sendo justificada a permanência desses locais no monitoramento durante a fase de operação do reservatório.

Assim, a partir dos resultados obtidos ao longo das 10 (dez) campanhas limnológicas na área de influência do AHE Jirau, é possível inferir que 06 (seis) pontos (P1, P2, P3, P4, P9 e P7) poderiam ser retirados da malha amostral sem influenciar significativamente a representatividade espacial do monitoramento.

Além disso, assim como especificado no Projeto Básico Ambiental (PBA), pontos adicionais localizados a montante dos tributários serão incluídos, com o objetivo de verificar a influência dos ambientes lóticos (e do uso do solo no entorno desses tributários) sobre o reservatório. Nesse sentido, sugere-se a inserção de 07 (sete) novos pontos localizados acima do limite da influência do reservatório, sendo estes:

- ponto localizado a montante da vila Abunã (acima do ponto P5-ABU);
- ponto no igarapé Castanho (acima do ponto P10-CAS);
- ponto no rio Mutum Paraná (acima do ponto P11-MTP1);
- ponto no rio Cotia (acima do ponto P12-COT);
- ponto no igarapé São Lourenço (acima do ponto P15-LOU);
- ponto no igarapé Caiçara (acima do ponto P16-CAI);
- ponto no igarapé Jirau (acima do ponto P17-JIR).

A necessidade da manutenção desses novos pontos será avaliada ao longo do monitoramento limnológico durante a fase de operação do reservatório. Qualquer sugestão de modificação será enviada imediatamente ao IBAMA.

Em suma, assim, como demonstrado no **Anexo VII**, durante a fase de operação do reservatório, com o objetivo de otimizar a malha amostral sem influenciar a representatividade espacial do monitoramento, sugere-se a retirada de 06 (seis) pontos do monitoramento da fase pré-enchimento, além da adição de 07 (sete) novos pontos de coleta.

### ***Perfil vertical e ciclo nictemeral***

É desejável a manutenção dos estudos do perfil vertical das características físicas e químicas da água e da distribuição vertical das comunidades planctônicas, especialmente nas áreas onde as alterações de fluxo serão mais expressivas. Assim, sugere-se a manutenção da análise do perfil vertical do ponto P18 - MAD 5, localizado no rio Madeira, a montante do futuro barramento. Essa análise poderá ser trimestral ao longo dos 03 (três) primeiros anos de operação do empreendimento. Caso seja detectado um padrão de estratificação térmica ou ausência constante desta, a necessidade da continuidade desta análise poderá ser avaliada através de um relatório técnico. Comparações com os resultados obtidos na fase pré-enchimento devem auxiliar no entendimento dos processos que regem a distribuição vertical dessas comunidades na coluna de água.

Dentro desse mesmo contexto, de acordo com o último Seminário Técnico, realizado no dia 02 de fevereiro de 2012, o IBAMA solicitou realizar durante o período de enchimento e de operação, nos tributários e no bolsão de Mutum Paraná, o detalhamento do perfil vertical (PV) dos seguintes parâmetros: temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, Sólidos totais dissolvidos (STD) e pH. A ESBR irá avaliar a importância de manter o detalhamento do PV após início da operação, considerando a análise da estratificação vertical da coluna d'água, podendo interromper este monitoramento.

Considerando os resultados dos estudos nictemerais, como demonstrado através de análises de componentes de variância, as variações desta distribuição vertical ao longo de 24 horas, durante a fase pré-enchimento, foram claramente estocásticas e não tiveram nenhuma relação com os diferentes tipos de migração vertical experimentados pelo zooplâncton, sejam de migração diária normal ou reversa. No entanto, conforme determinado pelo IBAMA no PT nº 142/2011, a análise do ciclo nictemeral será retomada durante a fase de enchimento e operação do reservatório. Sugere-se que, durante a fase de operação do reservatório, a permanência da análise do ciclo nictemeral seja novamente avaliada.

Além disso, ressalta-se que a análise dos padrões verticais no ponto P18-MAD 5, localizado no rio Madeira, além dos padrões verticais obtidos nos tributários durante o período de cheia serão suficientes para verificar a existência de estratificação térmica e química da coluna da água no trecho monitorado. Ou seja, o ponto P18-MAD 5 ainda continuará gerando informações importantes com relação a existência de estratificação

térmica da coluna da água e migração vertical da comunidade planctônica. Além disso, os resultados obtidos através das sondas de monitoramento em tempo real instaladas no rio Madeira a montante e jusante da barragem, também serão utilizados para verificar possíveis diferenças nos parâmetros físicos e químicos em diferentes horários do dia (assim como gerado através da análise do ciclo nictemeral).

A partir do mês de fevereiro de 2012 a ESBR, com o propósito de acompanhar qualquer mudança da qualidade da água no enchimento natural do rio Mutum, rio Cotia e bolsão de Mutum relacionada com o desmatamento das áreas inundadas, está realizando um monitoramento mais detalhado em oito (8) pontos ao longo dos corpos de água (**Anexo VIII**) em três profundidades diferentes. Estão sendo mensurados os valores de turbidez, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) e oxigênio dissolvido. Esse monitoramento se estenderá até a primeira fase de enchimento do reservatório.

## 9. Considerações Finais

### *Variáveis abióticas*

De maneira geral, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), cloreto, sulfato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, DBO<sub>5</sub> e clorofila-*a* foram significativamente inferiores aos limites preconizados pela referida Resolução CONAMA em todos os meses de coleta.

Considerando a **variação temporal**, foi possível observar as seguintes características:

- As maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram registradas em julho e outubro de 2010 e julho e outubro de 2011 (período de águas baixas);
- Maiores valores de turbidez, sólidos em suspensão e sólidos totais nos meses de janeiro e abril (período de águas altas);
- Maiores concentrações de ferro total, fósforo total, orto-fosfato, nitrogênio total Kjeldahl nos meses de janeiro e abril (período de águas altas);
- As maiores concentrações de clorofila-*a* foram detectadas durante o período de águas baixas, em julho e outubro de 2010 e em outubro de 2011.

Considerando a **variação espacial**, foi possível observar uma clara distinção entre os pontos localizados no rio Madeira e àqueles situados nos tributários desse rio. De maneira geral, pode-se destacar as seguintes características:

- Os pontos localizados no rio Madeira apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido significativamente superiores a 5,0 mg/L em setembro de 2009, julho e outubro de 2010, julho e outubro de 2011 (período de menor vazão e precipitação pluviométrica), e janeiro de 2011 e 2012, enquanto que em abril de 2011 tais concentrações foram significativamente inferiores ao referido limite. 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 temporais e espaciais: 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).

- Os maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira. Provavelmente, esses locais apresentam as maiores concentrações de íons carbonato e bicarbonato. As maiores concentrações de CO<sub>2</sub> total e carbono inorgânico nos pontos localizados no rio Madeira corroboram essa hipótese.

- Os pontos localizados no rio Madeira também apresentaram as maiores concentrações de ferro total, fósforo total, NTK, nitrato e nitrogênio amoniacal.

Assim, os resultados obtidos até o momento indicam a importância do regime hidrológico no controle da dinâmica limnológica da área investigada. Especificamente, no rio Madeira, a redução da vazão (período de águas baixas) está associada com a redução dos valores de turbidez, sólidos suspensos, ferro, fósforo e nitrogênio na água, além de um leve acréscimo nas concentrações de clorofila-a, devido aos menores valores de turbidez.

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 (durante o período de chuvas).

A análise de componentes principais (PCA) demonstrou que, de fato, os pontos monitorados no rio Madeira apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, alcalinidade, dureza, ferro total, carbono inorgânico

dissolvido, carbono total e fósforo total. Os resultados da análise de ordenação foram consistentes com as descrições univariadas dos dados.

Em média, considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, os maiores valores de IQA foram registrados nos meses de julho e outubro (período de águas baixas), enquanto que os menores valores foram registrados em janeiro e abril (período de águas altas), provavelmente devido aos maiores valores de turbidez, sólidos totais e fósforo total no trecho monitorado do AHE Jirau. De maneira geral, a maior parte dos pontos monitorados foi classificada como apresentando águas de “Boa Qualidade”, em todos os meses de coleta.

Além disso, os maiores valores do Índice do Estado Trófico (IET) foram obtidos nos pontos localizados no rio Madeira, tendo em vista as maiores concentrações de fósforo total nesses ambientes. No entanto, ressalta-se que tais resultados devem ser vistos com cautela, tendo em vista que isso não indica problemas de qualidade da água no rio Madeira, considerando que esse é um rio que naturalmente apresenta elevadas concentrações de sólidos suspenso e, conseqüentemente, elevadas concentrações de fósforo total. A ausência de florações de algas nesse rio (e, freqüentemente, baixas concentrações de clorofila-*a*), indicam também que esse ambiente não está sofrendo problemas com eutrofização.

Considerando a análise do perfil vertical do ponto P18 (MAD-5), foi possível observar que as diferenças entre os meses monitorados (setembro de 2009, janeiro, abril, julho e outubro de 2010, janeiro, abril, julho e outubro de 2011 e janeiro de 2012) foram muito maiores que as diferenças entre as profundidades de coleta (superfície, meio e fundo). De maneira geral, a baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos que tende a homogeneizar a coluna de água. Resultado similar foi obtido quando analisou-se o perfil vertical dos tributários, em abril de 2010 e 2011 (período de cheia). Assim, pode-se afirmar que o local estudado no rio Madeira, além dos tributários (durante o período de cheia), não apresentaram estratificação térmica da coluna da água, tendo em vista a pequena diferença nos valores da temperatura da água entre o epilímnio e hipolímnio dos pontos monitorados. Além disso, também foi registrada similaridade nas concentrações de oxigênio dissolvido, e nos valores do potencial de óxido-redução, turbidez, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, ao longo das profundidades analisadas.

A análise do ciclo nictemeral (realizada em setembro de 2009, abril de 2010, outubro de 2010, julho e outubro de 2011), demonstrou a inexistência de estratificação térmica no ponto P18, ao longo de todo o ciclo diário. Análises de componentes de variância foram utilizadas para quantificar a heterogeneidade relativa das variáveis limnológicas e das densidades das comunidades planctônicas entre os níveis dos fatores mês, profundidade e horário. Os resultados demonstraram que as principais diferenças entre os resultados das diferentes variáveis foram detectadas ao longo dos meses e que as diferenças entre as profundidades e horários foram muito menores. Ressalta-se, que a análise do perfil vertical e da variação nictemeral tem sido informativa principalmente em ambientes lênticos. Por outro lado, em ambientes lóticos as variações ao longo da profundidade tendem a ser minimizadas devido ao movimento turbulento que caracterizam esses ambientes.

#### ***Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço***

Considerando as vazões observadas nas estações hidrológicas no rio Madeira à montante da confluência com o rio Abuña (Gujará 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 1ª campanha de campo feita no período de 26 a 30 de setembro de 2009 foi caracterizada de período hidrológico de seca, 2ª campanha de campo feita no período de 06 a 15 de janeiro de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de enchente, 3ª campanha de campo feita no período de 05 a 16 de abril de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de cheia, 4ª campanha de campo feita no período de 12 a 23 de junho de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de vazante, 5ª campanha de campo feita no período de 06 a 22 de outubro de 2010 foi caracterizada de período hidrológico de seca, 6ª campanha de campo feita no período de 06 a 22 de janeiro de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de enchente, 7ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de abril de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de cheia, 8ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de julho de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de vazante, 9ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de outubro de 2011 foi caracterizada de período hidrológico de seca e a 10ª campanha de campo feita no período de 01 a 15 de janeiro de 2012 foi caracterizada de período hidrológico de enchente.

Os teores de elementos traço As, Cd, Cr, Pb e Se encontrados nas amostras de água superficial durante o ciclo hidrológico de setembro de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) estão abaixo de  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que o elemento traço Ni nos tributários do rio Madeira e os elementos traço Mg e Zn na calha do rio Madeira apresentaram maiores valores no período de águas altas correspondente aos períodos hidrológicos de enchente e cheia. Os teores de elementos traço encontrados nas amostras de água superficial estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 referente aos corpos de água doce classe II e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, com exceção dos elementos Ni e Mn que apresentaram valores superiores aos preconizados apenas no período de águas altas de 2010 e 2011.

O padrão monomodal de descarga dos rios amazônicos ou pulso de inundação, combinado com a topografia plana de grande parte da bacia (planície amazônica), inunda e drena anualmente grandes áreas adjacentes aos rios, que correspondem às planícies de inundação. O regime hidrológico do rio Madeira é monomodal caracterizado por um período de águas baixas, de julho a outubro, e um período de águas altas, de fevereiro a maio, sendo as vazões mínimas do ano com maior frequência em setembro e as máximas de março a abril. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, que, por sua vez, promove um ciclo de carreamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio.

Inicialmente as coletas semestrais dos perfis de solo foram propostas no Programa de Monitoramento de Elementos Traço nos períodos hidrológicos de seca e cheia do rio Madeira, entretanto visando a otimização dos estudos das possíveis fontes de mobilização de elementos traço no futuro reservatório da Usina Jirau as coletas dos perfis de solo foram deslocadas para os períodos hidrológicos de enchente e vazante do rio Madeira, permitindo a alocação dos pontos de coletas com maior distância das margens do rio Madeira e tributários, entretanto com grande probabilidade de serem alagados durante o período de cheia, possibilitando os estudos em solos com geralmente maior cobertura vegetal aproximando aos possíveis efeitos das futuras áreas de alagamento permanente do reservatório da Usina Jirau. Este ajuste possibilitou a coleta de solo logo após a fase submersa, gerando resultados com maior proximidade as futuras variações das cotas de operação da Usina Jirau, respeitando a periodicidade prevista neste programa referente à avaliação semestral dos solos. Associado aos melhores resultados dos estudos ambientais, a coleta de amostras na fase de enchente minimiza significativamente os riscos de acidentes e

exposição a risco de vida para os agentes de campo quando comparado as fase de cheia do rio Madeira.

Os elementos traços dos solos Ni, Pb e Zn apresentaram maior variabilidade no solo, cujas diferenças significativas indicam mobilização entre as fases hidrológicas de enchente e vazante do rio Madeira. Os valores de elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se e Zn observados na amostras de solo coletadas na 2ª campanha de campo (enchente-2010), 4ª campanha de campo (vazante-2010), na 6ª campanha de campo (período de enchente-2011), na 8ª campanha de campo (período de vazante-2011) e na 10ª campanha de campo (período de enchente-2012) estão abaixo dos valores de prevenção preconizados pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Os teores dos elementos traço nos perfis de solo mostram tendência de maiores valores em função da profundidade sendo característico de processos naturais de mobilização dos elementos traço nos solos da região Amazônica. Os teores dos elementos traço na amostras de solo coletadas no período hidrológico de setembro de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) não evidenciaram fontes de contaminação difusa na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

Os teores de elementos traço As e Se encontrados nas amostras de sedimento de fundo durante o ciclo hidrológico de setembro de 2009 (seca-2009) a janeiro de 2012 (enchente-2012) estão abaixo de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ . No período águas baixas correspondente aos períodos de vazante e seca os maiores teores de Cr foram observados nos tributários do rio Madeira, enquanto que no período de águas altas correspondente ao período hidrológico de enchente e cheia os maiores teores de Ni foram observados nos tributários e os teores de Mn, Pb e Zn na calha do rio Madeira. Os teores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn nas amostras de sedimento da calha e tributários do rio Madeira coletadas no período de setembro de 2009 à janeiro de 2012 estão abaixo dos teores orientadores preconizados na Resolução CONAMA 344/2004.

Os teores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn determinados nas 976 amostras de peixe analisadas no período de setembro 2009 à janeiro de 2012 estão abaixo dos valores preconizados pela Portaria ANVISA nº. 685 de 27 de agosto de 1998 enquanto que os teores de Se estão abaixo do limite de tolerância recomendável pela Organização Mundial da Saúde, não evidenciando possíveis rotas de contaminação da população tradicional do rio Madeira pelos elementos As, Cd, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn.

O Programa de Conservação da Fauna Silvestre executa o monitoramento por avistamentos de mamíferos aquáticos e semiaquáticos e apenas amostras de material

biológico (tecido muscular) de animais destinados para o tombamento em coleção científica ou descarte são destinados à análise de elementos traço, evitando o estressar os animais com a captura e retirada de material biológica. No período de setembro de 2009 a janeiro de 2012 não houve ocorrência de animais destinados para tombamento em coleção científica ou descarte. Os baixos níveis de elementos traço observados nas espécimes da ictiofauna piscívoras, onívoras e carnívoras associado a ausência de fontes de contaminação difusa de elementos traços na bacia do rio Madeira possibilita inferir tendência de baixos níveis de elemento traço nos elos superiores da cadeia alimentar correspondentes aos mamíferos aquáticos e semiaquáticos, sendo que a execução das análises de elementos traço na amostras de mamíferos aquáticos e semiaquáticos neste contexto são desconsideráveis à avaliação da dinâmica dos elementos traço nas áreas de influência direta e indireta da UHA Jirau.

### ***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 janeiro de 2012, 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 PL8, PL10 e PL11 (localizados nos igarapés);
- Valor de pH inferior a 6,0 nos pontos PL8 e PL10;
- valores de turbidez superiores a 100 NTU em todos os pontos localizados no rio Madeira (pontos PL1 a PL6) e no ponto PL11;
- valores de cor superiores a 75 mg Pt/L na maior parte dos pontos monitorados, com exceção somente do ponto PL10;
- concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L em todos os pontos localizados no rio Maderia (pontos PL1 a PL6);
- concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L na maior parte dos pontos de coleta, com exceção somente do ponto PL10.

Considerando todo o período de estudo (entre novembro de 2009 e janeiro de 2012), as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram mensuradas em novembro de 2009, janeiro de 2010, janeiro e abril de 2011 e outubro de 2011, ou seja,

principalmente durante o período de águas altas. Além disso, em média, as menores concentrações desse gás foram registradas nos pontos localizados nos igarapés.

Foi possível observar um acréscimo significativo nos valores de turbidez, sólidos em suspensão e sólidos totais em janeiro e abril de 2010, janeiro e abril de 2011 e janeiro de 2012, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira. Tais resultados corroboram àqueles encontrados no Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau, o que pode ser explicado pelos maiores índices de precipitação pluviométrica na região e consequente escoamento superficial do ambiente terrestre para o ecossistema terrestre. Assim, fatores extrínsecos ao empreendimento faz com alguns desses valores não se enquadrem na Resolução CONAMA 357/2005.

Os maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade e dureza foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira. Provavelmente, os pontos localizados nos tributários apresentam baixas concentrações de íons.

Considerando os 10 (dez) meses de monitoramento limnológico, foi possível observar que elevadas concentrações de fósforo total foram registradas em janeiro de 2010, abril de 2011 e janeiro de 2012. Além disso, as maiores concentrações desse nutriente foram registradas nos pontos monitorados no rio Madeira. Tal resultado é consequência do aumento nas concentrações de sólidos em suspensão no rio Madeira, principalmente durante o período de chuvas, o que também resulta nas baixas concentrações de clorofila-*a* no trecho monitorado. Ressalta-se que o rio Madeira frequentemente apresenta elevadas concentrações de fósforo total, assim como observado nos 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.

De maneira geral, entre novembro de 2009 e janeiro de 2012, os maiores valores de IQA foram registrados em outubro de 2010, julho e outubro de 2011, ou seja, durante o período de águas baixas. Tais resultados se devem, principalmente, aos menores valores de turbidez, fósforo total e coliformes termotolerantes durante o período de águas baixas.

A comunidade fitoplanctônica amostrada na área de influência do Canteiro de obras do AHE Jirau mostrou alta complexidade taxonômica nos períodos de águas altas (meses de janeiro e abril) e águas baixas (meses de julho e outubro). Maior número de

táxons foi registrado durante o período de águas baixas, com redução acentuada de Chlorophyceae e Zygnemaphyceae no período de águas altas, provavelmente limitadas pela menor disponibilidade luminosa.

Em janeiro de 2012 foram registrados 64 táxons, distribuídos entre nove grupos taxonômicos. Os grupos mais especiosos foram, em ordem de importância, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanobacteria, Zygnemaphyceae e Chlorophyceae, os quais são comumente registrados como os mais especiosos em rios e reservatórios do mundo todo.

Foram registrados baixos valores de riqueza, diversidade, densidade e biovolume fitoplanctônico na maioria dos pontos amostrados na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau, durante os períodos de águas baixas e águas altas.

Utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND et al., 1993), para a caracterização trófica dos ambientes, por meio dos valores de biovolume, os pontos monitorados podem ser caracterizados como oligotróficos. Os valores de biovolume e o número de células de cianobactérias foram baixos e permitiram 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 características hidrodinâmicas dos pontos monitorados foram determinantes para o baixo desenvolvimento fitoplanctônico e também para a estrutura fitoplanctônica registrada, com dominância principalmente de bacilariofíceas no rio Madeira.

Os resultados das análises qualitativas do zooplâncton, obtidos a partir das amostras coletadas ao longo dos primeiros anos do monitoramento da área de influência do canteiro de obras da barragem do AHE Jirau, evidenciaram um zooplâncton composto principalmente por rotíferos e protozoários testáceos, que se alternaram como mais especiosos ao longo do estudo, evidenciando assim não apenas o predomínio de condições lóticicas na área de estudo, mas também uma alteração temporal nas condições hidrodinâmicas das áreas estudadas.

Foram identificadas nesta primeira fase de estudo 178 espécies zooplanctônicas, sendo 69 espécies de rotíferos, 66 de protozoários testáceos, 31 espécies de cladóceros e 12 de copépodes.

Espacialmente, observaram-se diferenças substanciais nos valores dos diferentes atributos analisados para a comunidade zooplanctônica entre o rio Madeira e seus tributários. Assim, de maneira geral, maiores valores de riqueza, densidade, biomassa e índice de diversidade têm sido registrados nos igarapés, especialmente naqueles de 2ª

etapa. Destaca-se, ainda, que os valores destes atributos foram, frequentemente, mais variáveis nos igarapés, do que no rio Madeira, sugerindo uma maior homogeneidade espacial e temporal das condições limnológicas neste rio, do que nos igarapés.

Em relação à abundância numérica e biomassa do zooplâncton, é importante enfatizar que, embora bem variáveis, tanto espacial como temporalmente, os valores desses atributos obtidos nessa fase de estudos devem ser considerados baixos, se comparados a ambientes lênticos, especialmente a ambientes lênticos com elevado grau de trofia onde as densidades podem ser 200 vezes maiores e os valores de biomassas cerca de 1000 vezes superiores aos aqui registrados.

Em termos de abundância, nenhuma das 178 espécies registradas foi considerada dominante. No entanto, 36 delas foram consideradas abundantes, das quais 23 espécies foram abundantes no período de chuvas e 25 no período de estiagem.

Em relação à frequência de ocorrência, das 178 espécies registradas ao longo do monitoramento, 15 foram consideradas acessórias e 7 constantes, para o período de chuva, enquanto que, no período de estiagem, 18 foram acessórias e 14 táxons constantes. Todas as demais foram classificadas como espécies raras.

Por fim, os resultados de análises de ordenação, CCA e DCA, evidenciam que as principais diferenças na organização das assembleias zooplanctônicas se dão em uma escala espacial, ou seja, entre o rio Madeira e os igarapés de 1ª e 2ª etapas. Além disso, essa análise parece evidenciar que rio e tributários são mais semelhantes durante o período de cheias. Em relação às espécies, a análise sugere que, em geral, o rio Madeira é caracterizado pelo predomínio de rotíferos, como também algumas espécies de microcrustáceos, enquanto que nos tributários observa-se a dominância de protozoários testáceos.

Considerando a comunidade zoobentônica, os resultados dos atributos ecológicos obtidos nos locais monitorados da área de influência do canteiro do AHE Jirau entre novembro de 2009 e janeiro de 2012 indicaram a presença de uma comunidade com riqueza e diversidade relativamente baixa, relacionada às características naturais dos locais monitorados (especialmente rio Madeira), como sedimento arenoso (formação pedológica) e fluxo intenso, o que provoca certa instabilidade a comunidade bentônica, desfavorecendo sua colonização.

A sazonalidade influenciou na comunidade bentônica, uma vez que na seca foram registrados os maiores valores de riqueza e abundância da comunidade.

Chironomidae e Oligochaeta foram os táxons mais frequentes durante os meses monitorados, além dos mais abundantes. Esse resultado é comumente verificado em ambientes aquáticos, devido ao grau de tolerância e plasticidade alimentar desses táxons.

Como a comunidade apresentou-se relativamente pobre durante todo o monitoramento, e com uma composição mais resistente, pode-se dizer que as obras não causaram influência negativa sobre a comunidade.

### ***Monitoramento em Tempo Real***

A variação da temperatura no período monitorado esteve relacionada ao regime climático regional, com máximas entre dezembro e março no ano de 2010 e entre outubro e dezembro no ano de 2011, sendo que as temperaturas mínimas foram observadas entre maio e junho de 2010

Os valores de turbidez estiveram relacionados ao ciclo hídrico do rio Madeira, ou seja, durante o período de enchente, os valores de turbidez foram mais elevados, causados pelo maior aporte de material particulado ao rio Madeira pelo escoamento superficial promovido pelas chuvas, bem como pela ressuspensão dos sedimentos do leito do rio promovida pela maior vazão, diminuindo continuamente até atingirem o mínimo no período de seca.

As demais variáveis físicas e químicas não apresentaram variações muito significativas durante o período monitorado em função do fluxo turbulento das águas do rio Madeira na porção monitorada e a montante, que promove constante reaeração e mistura da água.

Além disso, considerando os diferentes horários de coleta, foi possível observar que ao longo dos diferentes meses de coleta, em média, não houve diferença entre os períodos noturnos e diurnos para os valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez. Por outro lado, como esperado, os maiores valores de temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e pH foram registrados durante o período diurno.

## ***Comunidades Biológicas***

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, a comunidade **fitoplanctônica** amostrada na área de influência do AHE Jirau mostrou alta diversidade gama. Considerando todas as amostragens realizadas, foram registrados 469 táxons, os quais estiveram distribuídos entre 12 grupos taxonômicos: Bacillariophyceae (18%), Cyanobacteria (14%), Chlorophyceae (24%), Chrysophyceae (3%), Euglenophyceae (9%), Cryptophyceae (2%), Zygnemaphyceae (26%), Dinophyceae (2%), Oedogoniophyceae (0,2%), Xanthophyceae (2%), Rodophyceae (0,21%) e Raphidophyceae (0,2%). Maior complexidade taxonômica foi verificada para os pontos situados nos tributários.

Os pontos situados no rio Madeira mostraram maior número de táxons no período de águas baixas. Para os tributários não houve variação temporal, sendo registrado o mesmo número (65 táxons) em ambos os períodos. A maior riqueza de espécies nos tributários pode ser atribuída às condições ambientais mais favoráveis nos mesmos e à maior complexidade de habitats.

A composição da comunidade fitoplanctônica foi similar entre os sistemas amostrados tanto no período de águas altas quanto nas águas baixas, sendo verificados baixos valores de diversidade beta. Maior heterogeneidade na composição fitoplanctônica ocorreu no período de águas altas no rio Madeira.

Seguindo os resultados obtidos nos meses anteriores de estudo, Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os mais especiosos em janeiro de 2012.

Os valores de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos amostrados na área de influência do AHE Jirau, durante o período de estudo, foram baixos, sendo inferiores a  $500 \text{ ind.mL}^{-1}$  e a  $1,0 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ , na maioria das amostras. Os maiores valores médios foram verificados em julho e outubro de 2011, correspondentes ao período de águas baixas e os menores em janeiro e abril de 2010, período de águas altas.

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.

As cianobactérias apresentaram baixa representatividade em biomassa e número de células nos 10 (dez) meses de estudo, 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.

A hidrodinâmica do rio Madeira caracterizada por alto fluxo, bem como a alta turbidez apresentada por este, influenciou a baixa variação vertical 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.

A despeito dos baixos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica, registrados principalmente no rio Madeira, a alta complexidade taxonômica registrada nos tributários indica que estes representam uma potencial fonte de inóculos de algas para o futuro reservatório, os quais poderão desenvolver expressivas populações no mesmo, especialmente considerando que as modificações hidrológicas produzidas em um rio após a formação do reservatório interferem na disponibilidade de nutrientes e de radiação subaquática, e conseqüentemente alteram a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica.

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2012, foi identificado um total de 308 espécies **zooplanctônicas**, no trecho monitorado do AHE Jirau, destacando-se como mais especiosos os rotíferos, representados por 129 espécies, e protozoários testáceos, representados por 103 espécies. Entre os cladóceros foram registradas 50 espécies e entre os copépodes 26 táxons. Temporalmente o número de espécies registrado variou entre 202, em abril de 2010, e 79 espécies, registrada no último período de amostragem, janeiro de 2012, com uma média aproximada de 137 espécies por período de amostragem.

Como já discutido em relatórios anteriores, os resultados de composição de espécies do zooplâncton, obtidos desde setembro de 2009, evidenciam um zooplâncton típico de grandes rios, com uma grande diversidade, representado por um elevado número de espécies planctônicas, mas caracterizado também pela ocorrência de um grande número de espécies oriundas do perifiton e do bentos, tanto de protozoários testáceos, como de rotíferos e microcrustáceos, sendo tal padrão característico do potamoplâncton.

Assim como descrito para a composição, também para a riqueza de espécies tem-se observado o predomínio de rotíferos e protozoários testáceos, com predomínio de protozoários testáceos nos tributários, enquanto que os rotíferos têm sido especialmente representados nas amostras do rio Madeira.

Temporalmente, os valores médios de riqueza de espécies têm variado entre 24 e 36 espécies, com maiores valores observados, em geral, nos meses de águas altas (janeiro e abril), e os menores, nas águas baixas (julho e outubro). Especialmente, os resultados evidenciaram que, em geral, são esperados maiores valores de riqueza de espécies nos tributários, especialmente no período de águas altas.

Em relação à densidade e biomassa, maiores valores têm sido registrados, em geral, nos meses de águas baixas (julho e outubro) e os menores valores durante as águas altas (especialmente abril). Especialmente, maiores valores de abundância do zooplâncton têm sido registrados no rio Madeira, mas especialmente, na região alagada do rio Mutum Paraná (ponto P13), onde as condições mas lânticas determinam as grandes densidades médias observadas para o zooplâncton. Diferenças entre a densidade e biomassa são observadas em relação a contribuição dos diferentes grupos de forma que, protozoários testáceos e rotíferos tem se destacado em termos de abundância numérica, enquanto que os microcrustáceos tem predominado em termos de biomassa.

Em relação à distribuição vertical do zooplâncton, todos os atributos tem evidenciado, para a maioria dos períodos de amostragem, uma homogeneidade na distribuição de seus valores ao longo da coluna da água.

Os resultados de diversidade Beta têm evidenciado, em geral, uma reduzida variação espacial na composição de espécies, tanto no rio Madeira, como nos tributários. Em geral, maiores valores de diversidade Beta, têm sido observados para os tributários. Tal padrão se deve, certamente, a maior heterogeneidade espacial observada entre os tributários se comparados à calha do rio principal.

Considerando-se a frequência de ocorrência das espécies do zooplâncton, dentre os 308 táxons registrados ao longo de todo o monitoramento, 255 espécies foram consideradas raras e apenas 7 espécies foram constantes no período de águas baixas, e 10 no período de águas altas. Em termos de abundância, nenhuma das espécies foi considerada dominante.

Os resultados de uma Análise de Valor Indicador revelaram um total de 86 espécies com potencial indicador, sendo que os rotíferos apresentaram o maior número de espécies indicadoras (45 espécies) seguidos por protozoários testáceos (25 espécies),

Cladóceros (10 espécies) e copépodes (5 espécies). Em geral, os protozoários testáceos foram indicadores das condições ambientais que prevalecem nos tributários, especialmente no período de águas baixas, enquanto que parte das espécies de rotíferos caracterizaram os tributários no período de águas altas, e outras foram indicadoras do rio Madeira, no período de águas baixas.

Por fim, em relação à estrutura da comunidade, embora alterações temporais tenham sido observadas ao longo de todo o monitoramento, as diferenças mais evidentes na têm sido observadas entre os rios Madeira e Mamoré, e seus tributários. Nesse sentido, os resultados têm evidenciado, em geral, uma comunidade zooplanctônica composta predominantemente por organismos ticoplanctônicos, especialmente protozoários testáceos, nos tributários, enquanto que espécies planctônicas de rotíferos e microcrustáceos têm caracterizado as amostras do rio Madeira.

Considerando a comunidade **zoobentônica**, Oligochaeta e larvas de Chironomidae foram os invertebrados mais abundantes na área de influência do AHE Jirau, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

Os resultados da comunidade bentônica, na área de influência do AHE Jirau, têm evidenciado alterações na composição, riqueza, diversidade e densidade desta comunidade. No rio Madeira, em geral, foram registrados os menores valores de riqueza de táxons e densidade numérica de invertebrados bentônicos. Um decréscimo na riqueza taxonômica e abundância de invertebrados bentônicos foram observados nos meses de julho e outubro de 2011, e um aumento nos valores destes atributos em janeiro de 2012.

No período de estudo, os valores de riqueza, diversidade e abundância da comunidade bentônica, em geral, foram maiores nos tributários, exceto em outubro de 2011, onde também foi registrado maior valor de riqueza no rio Mamoré. Os resultados destes atributos foram baixos, em outubro de 2011, devido à ausência de organismos em vários pontos de amostragem do rio Madeira e tributários. A baixa riqueza e densidade de organismos no rio Madeira pode estar relacionada à hidrodinâmica deste ambiente, onde a maior velocidade de corrente pode dificultar a fixação e o estabelecimento dos invertebrados bentônicos, no entanto, os que predominam podem estar adaptados a essas condições. Baixa riqueza e abundância são comuns em sistemas lóticos, como grandes rios, devido principalmente a forte influencia da vazão. Por outro lado, em sistemas lóticos com menores dimensões e velocidade de fluxo da água, são esperados

maiores diversidade e abundância desta comunidade, principalmente ao que se referem aos insetos aquáticos.

### ***Comparação como os resultados obtidos no EIA do AHE Jirau***

Os resultados obtidos no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Aproveitamento Hidrelétrico Jirau demonstraram resultados similares ao discutidos anteriormente (obtidos entre setembro de 2009 e janeiro de 2012).

De maneira geral, os resultados do EIA demonstraram que:

- Os pontos de coleta localizados nos tributários diferenciam-se marcadamente daqueles localizados no rio Madeira (com maiores concentrações de nutrientes e águas menos transparentes). A análise de componentes principais (PCA) realizada no EIA também demonstrou essa característica, assim como demonstrado no monitoramento na fase pré-enchimento (entre setembro de 2009 e janeiro de 2012);

- As comunidades planctônicas desses ambientes (tributários e rio Madeira) também diferem. Além disso, a biomassa fitoplanctônica foi, em média, maior nos tributários que, a despeito das menores concentrações de fósforo total, apresentam águas mais transparentes. A comunidade zooplanctônica não foi significativamente relacionada com os fatores ambientais;

- A riqueza das espécies planctônicas apresentou um padrão de variação correlacionado com o regime hidrológico.

Assim, os resultados obtidos no presente estudo, entre setembro de 2009 e janeiro de 2012 corroboram aqueles obtidos durante o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado em 2006. Em suma, tais estudos demonstram a variabilidade espacial, caracterizada pela clara distinção entre os pontos localizados no rio Madeira e aqueles situados nos tributários, além da variabilidade temporal, tendo em vista que alterações no regime hidrológico influenciaram as características limnológicas do trecho monitorado e a estrutura das comunidades aquáticas.

## 10. Referências

### *Monitoramento Limnológico*

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- BACHTERAM, A.M.; MAZUREK, K.A.; CIBOROWSKI, J.J.H. 2005. Sediment suspension burrowing mayflies (*Hexagenia* spp., Ephemeroptera: Ephemeridae). **Journal of Great Lakes Research**, v. 31(Suppl.2), p. 208-222, 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.
- BDPro. **BioDiversity Professional** ©. The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science, 1997.
- 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.
- BOLTOVSKOY, D.; TELL, G.; DADON, R. 1995. Afinidad entre comunidades bentônicas de um ambiente lótico. *In*: LOPRETTO, E.C.; TELL, G. (Ed.). **Ecosistemas de águas continentales**: metodologias para su estudio. Argentina. p. 203-214.
- 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., SHIMIZU, G.Y. Temporal and spatial variations in littoral benthic communities of Paraibuna reservoir (São Paulo, Brazil). **Trop. Ecol.**, v. 37, n. 2, p. 215-222, 1996.
- 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.
- BRINKHURST, R.O.; JAMIESON, B. M. G. **Aquatic Oligochaeta of the world**. 859p. 1971.
- BURGER, D.F. *et al.* Distribution and abundance of zooplankton in the Waikato River, New Zeland. **Hydrobiologia**, v. 479, p. 31-38. 2002.
- 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.; MORENO, P.; GONÇALVES Jr., J.F.; LEAL, J. J. F.; ESTEVES, F.A. Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 77-84,2002.
- 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.
- 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.
- COFFMAN, W.P.; FERRINGTON Jr., L.C. Chironomidae. In: Merritt, R.W.; Cummins, K.W. (Eds.). **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall: Hunt Publishing, USA. Pages 635-754. 1996.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.
- CULP, J. M., WALDE, S. J., DAVIES, R. W. Relative importance of substrate particle size and detritus to stream benthic macroinvertebrate microdistribution. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 40, p. 1568-1574, 1983.
- DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. São Paulo, Vozes. 1973. 472p
- 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.

- DESSAIX, J.; FRUGET, J.F.; OLIVIER, J.M., BEFFY, J.L. Changes of the macroinvertebrates communities in the dammed and by-passed sections of the French upper Rhône after regulation. **Regul. Rivers Res. Manag.**, v. 10, p. 265-279, 1985.
- DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, p. 345-366, 1997.
- EDMONSON, W.T. **Freshwater biology**. John Wiley & Sons, New York, USA. 1959.
- EDMUNDS Jr., G.F.; JENSEN, S.L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330 p.
- EPLER, J.H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida, USA. 1992.
- FIGUEIREDO-BARROS, M.P. Bioturbação na interface sedimento-água por três espécies de macroinvertebrados bentônicos com ênfase na ciclagem de nutrientes. **Instituto Carlos Chagas Filho (Biofísica)**, Rio de Janeiro, RJ, UFRJ, 71p. 2004.
- FIGUEIREDO-BARROS M.P.; SAVASSI, F.; PIRES, A.P.F.; DANTAS, M.; LEAL, J.J.F.; ESTEVES, F.A.; FARJALLA, V.F.; BOZELLI, R.L. Efeito da bioturbação por *Campsurus notatus* (Ephemeroptera: Polymitarcidae) sobre a concentração de sólidos totais em suspensão e nitrogênio do séston. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2007.
- FULLER, A.; COWELL, B.C. Seasonal variation in benthic invertebrate recolonization of small-scale disturbances in a subtropical Florida lake. **Hydrobiologia**, v. 124, p. 211-221, 1985.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- GOTELLI N.J, COWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the Measurement and comparison of species richness. **Ecological letters**, v. 4, p.379-391, 2001.
- GOTELLI, N.J.; COLWELL, R. K. Estimating species richness. *In*: Magurran, A. E., McGill, B. J. (editors). **Frontiers in measuring biodiversity**. Oxford University Press, New York, 2001.

- 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.
- HARRISON, S., SALLY, JR.; LAWTON, JH. Beta diversity on geographic gradients in Britain. **Journal of Animal Ecology**, v. 61, p.151-158, 1992.
- HIGUTI, J., TAKEDA, A.M.; PAGGI, A.C. Distribuição espacial das larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) do rio Baía (MS-Brasil). **Revista UNIMAR**, v. 15, p. 65-81, 1993.
- HIGUTI, J.; TAKEDA, A.M. Spatial and temporal variation in densities of chironomid larvae (Diptera) in two lagoons and two tributaries of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 807-818, 2002.
- HIGUTI, J., BAGATINI, Y.M.; TAKAHASHI, M.A.; ZVIEJKOVSKI, I.P.; DIAS, V.G.; BENEDITO-CECILIO, E. Efeito do estado trófico de reservatórios paranaenses sobre o conteúdo calórico de insetos aquáticos. In: RODRIGUES, L.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; THOMAZ, S.M. (Eds.). **Produtividade em reservatórios e bioindicadores**. Maringá-PR. p. 153-159, 2003.
- HIGUTI, J. Composition, abundance and habitats of benthic chironomid larvae. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Eds.). **The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. P. 209-221, 2004.
- HUSZAR, V.L.M. **Fitoplâncton de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita (lago Batata, Pará, Brasil): Estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais**. 219p. Dissertação (doutorado em ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, 1994.
- 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.
- 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
- KOBAYASHI, T.R.J. Associations between river environmental variables and zooplankton body masses in a regulated Australian river. **Mar. Freshwat. Res.** v. 48, p. 523-529, 1997.

- 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.
- KRUK, C.; HUSZAR, V. L. M.; PEETER, E. T. H. M.; BONILLA, S.; COSTA, L.; LÜRLING, M.; REYNOLDS, C. S.; SCHEFFER, M. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. **Freshwater Biology**, v, 55, p. 614–627, 2010.
- 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
- 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.
- MCCAFFERTY, W.P. **Aquatic entomology**. Ed. Jones and Bartlett Publishers, Boston, USA. 1988.
- MCCALL, P.L., TEVESZ, M. J. S. The effects of benthos on physical properties of freshwater sediments. Pages 105-176 *In*: P. L. McCall and M. J. S. Tevesz, editores. **Animal-sediment relations: the biogenic alteration of sediments**. New York: Plenum Press, 1982.
- MELÃO, M. G. G.; ROCHA, O. Productivity of zooplankton in a tropical oligotrophic reservoir over short periods of time. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 27, p. 2879-2887. 2000.
- MERRIT R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3<sup>o</sup>. Edition. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1996. 862 p.
- MORETTO, Y., HIGUTI, J.; TAKEDA, A. M. Spatial variation of the benthic community in the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 25, p. 23-30, 2003.

- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Technical Books, 176p. 2010.
- MWEBAZA-NDAWULA, L. *et al.* Variability of zooplankton community along a section of the upper Victoria Nile, Uganda. **Afr. J. Ecol.** v. 43, p. 251-257. 2005.
- 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.
- PÉREZ, G.R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Colômbia, 1987.
- PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 181-204, 2005.
- POINAR Jr, G.O. Nematoda And Nematomorpha. In: THORP, J.H.; COVICH, A.P. (Eds.). *Ecology and Classification of North Americam Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. EUA, San Diego, USA. p. 249-283, 1991.
- POURRIOT, R. *et al.* Origin and development of river zooplankton: example of the Marne. **Hydrobiologia**, v. 345, p.143-148. 1997.
- RESH, V.H.; ROSENBERG, D.M. **The ecology of aquatic insects**. New York, Praeger Publishers, 625p, 1984.
- 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.
- RIGHI-CAVALLARO, K.O., SPIES, M. R., SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 253-260, 2010.
- 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.
- RUTTNER-KOLISCO, A. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. **Archive für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse Limnologie**, v.8, p. 71-76. 1977.
- 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.

- TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.
- THOMAS, G.P., MUNTEANU, N. Benthic community populations near two adjacent northern pulp mill discharges. **Water Sciences and Technology**, v. 35, p. 381-388, 1997.
- THORP, J.H.; COVICH, A.P. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. Academic Press, Inc. EUA, San Diego, USA. 1991.
- 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.
- TOCKNER, K. et al. The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. **Regulated Rivers: Research and Management**, vol. 15, p. 245- 258, 1999.
- 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.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo**: Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos/Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, São Carlos, São Paulo, Brasil. 1995.
- 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 zooplanctônica 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.
- WIEDERHOLM, T. **Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and Diagnoses**. Part. 1 Larvae. Montala. Borgströms Tryckeri AB, (Entomologica Scandinavica, supplement 19), 1983.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto Press, 1977. 393 p.

***Monitoramento de Elementos Traços***

- ANDARADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. *Rev. Química Nova*. 2000, 23, 733
- AALTO, R.; MAURICE-BOURGOIN, L.; DUNNE, T.; MONTGOMERY, D.R.; NITTROUER, C.A.; GUYOT, J.L. (2003). Episodic sediment accumulation on Amazonian food plains influenced by El Niño/Southern Oscillation. *Nature*, 425: 493 497.
- BARRETO, W.J.; RIBEIRO, M.R.; SOLCI, M.C.; SCARMINIO, I.S.; NOZAKI, J.; DE OLIVEIRA, E.; BARRETO, S.R.G. (2005) Interpretation of seasonal variation of metals and abiotic properties in a tropical lake using multivariate analysis and MINTEQA2 program. *Analytical Sciences*, 213: 209-214.
- 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*, 2007, 35, 239.
- 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*, 2004, 178, 295.
- BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. *Holos Environmental*, 2001, 1, 162.

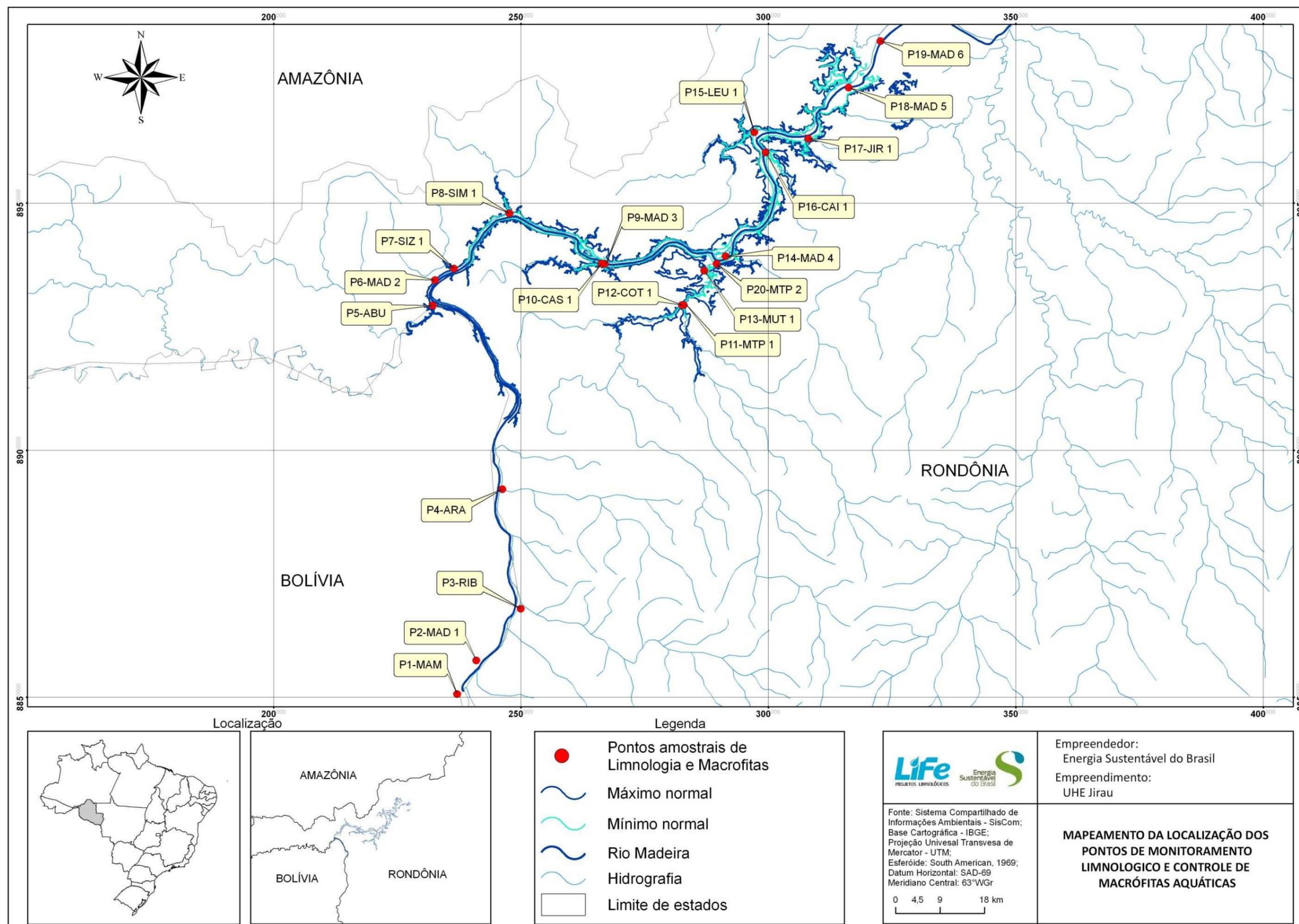
- Bernardi, J.V.E.; Lacerda, L.D.; Dórea, J.G.; Landim, P.M.B.; Gomes, J.P.O.; Almeida, R.; Manzatto, A.G.; Bastos, W.R. Aplicação da análise das componentes Principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 2009, 23, 079.
- 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.
- 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. (2009). Aplicação da análise das componentes Principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1) 079-090.
- 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. (2006) Spatial and temporal trends of physicochemical parameters in the water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, 2006, 117, 135.
- 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*, 2005, 110, 301.
- 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.* 1998, 65, 211.
- ELDAW, A.K.; SALAS, J.D.; GARCIA, L.A. Long-range forecasting of the Nile River Flows Using Climatic Forcing. *Journal of Applied Meteorology*, 2003, 27, 890.
- FELIPE-SOTELO, M.; ANDRADE, J.M.; CARLOSENA, A.; TAULER, R. Temporal characterization of river waters in urban and semi-urban areas using physico-

- chemical parameters and chemometric methods. *Analytica Chimica Acta*, 2007, 583, 128.
- FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. *Environm. Sci. Technol.* 1990, 24, 604.
- 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*. 2007, 51.
- GOMES, J. P.O. 2009. Elementos-traço em solos do Alto rio Madeira, Rondônia. Porto Velho, 2009. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. xii, 69 p.
- 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*, 2007, 71, 340.
- 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*, 1999, 12, 401.
- Förstner, U.; Wittmann, G.T.W. 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin, Springer
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, 2005, 70, 187.
- LIMA, E.A.R. 2003. 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
- 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*, 1995, 8, 97.
- MACKAY, D.; CLARK, K.E. 1991. 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

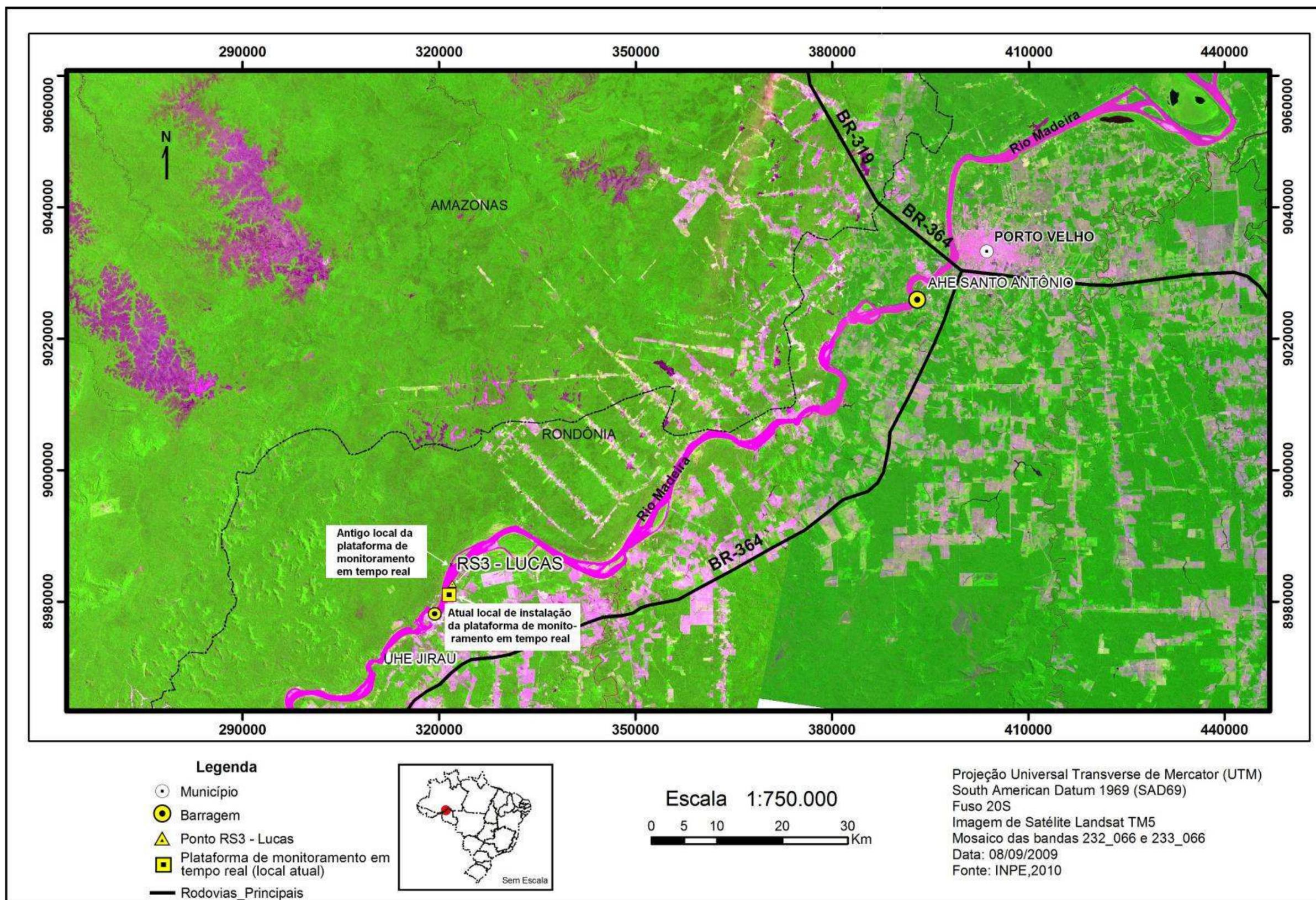
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEMATTE, J.L.I.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.H. Chemical and Mineralogical composition of Amazon River floodplain sediments. Brazil. Appl. Geochem., 1993, 8, 391.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEVOL, A.H.; RICHEY, J.E.; FORSBERG, B.R. (1989) Suspended sediment load in the Amazon Basin: an overview. GeoJournal, 1989, 19, 381.
- 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, 2003, 45, 436.
- MORTATTI, J.; FERREIRA, J.R.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; TANCREDI, A.C.F. Biogeochemistry of the Madeira River Basin. GeoJournal, 1989, 19, 391.
- 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. 2000, 348
- RIBEIRO, A. P. 2002. Determinação de elementos-traço e outros elementos de interesse em sedimentos lacustres da estação de tratamento de esgoto de Barueri, São Paulo, por ativação neutrônica. São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
- 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 2000, 53, 551.
- 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 2003, 61, 699.
- SEYLER, P.T.; BOAVENTURA, G. R. 2001. 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
- 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 2006, 36,321.

WREN, C.D.; Maccrimmon, H.R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake Water Air Soil Pollut. 1983, 19, 27791.

ANEXO I. Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento Limnológico.



ANEXO II. Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira.



*[Handwritten signature]*

**ANEXO III.** Média, mediana, valores mínimos, máximos e desvio padrão (D.P.), referentes aos resultados do monitoramento limnológico realizado entre setembro de 2009 e janeiro de 2012.

| <b>Variáveis Limnológicas</b>          | <b>Média</b> | <b>Mediana</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>D.P.</b> |
|--|--------------|----------------|---------------|---------------|-------------|
| Temperatura do ar (°C)                 | 29,58        | 30,0           | 17,5          | 40,0          | 3,2555      |
| Temperatura da água (°C)               | 27,37        | 27,0           | 20,0          | 33,0          | 2,1399      |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)             | 6,127        | 6,50           | 2,30          | 9,80          | 1,7030      |
| Saturação de oxigênio (%)              | 73,00        | 73,30          | 16,20         | 117,90        | 22,0294     |
| Velocidade da água (m/s)               | 0,316        | 0,10           | <0,10         | 1,60          | 0,4211      |
| Transparência da água (m)              | 0,58         | 0,45           | 0,05          | 2,20          | 0,5587      |
| Turbidez (NTU)                         | 162,46       | 26,0           | 3,70          | 1782,0        | 302,1072    |
| Cor (mg Pt/L)                          | 79,79        | 75,50          | 11,0          | 288,0         | 39,1232     |
| Sólidos totais (mg/L)                  | 130,05       | 33,50          | 5,0           | 1059,0        | 204,2047    |
| Sólidos em suspensão (mg/L)            | 109,67       | 22,0           | 2,0           | 1028,0        | 196,2764    |
| Sólidos fixos (mg/L)                   | 92,09        | 12,0           | <1,0          | 979,0         | 181,8579    |
| Sólidos voláteis (mg/L)                | 17,57        | 8,0            | <1,0          | 122,0         | 22,2625     |
| pH                                     | 6,63         | 6,70           | 5,10          | 8,32          | 0,7614      |
| Potencial de óxido-redução (mV)        | 140,88       | 140,0          | -9,5          | 393,0         | 81,6497     |
| Condutividade elétrica (µS/cm)         | 42,59        | 13,0           | 2,0           | 246,0         | 48,4298     |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L)      | 21,55        | 6,0            | <1,0          | 123,0         | 25,1374     |
| Alcalinidade (mg/L)                    | 15,33        | 8,0            | 3,0           | 73,0          | 13,8184     |
| Dureza (mg/L)                          | 20,19        | 10,0           | <2,0          | 102,0         | 20,4171     |
| CO <sub>2</sub> livre (mg/L)           | 14,96        | 5,04           | 0,158         | 257,99        | 29,7925     |
| CO <sub>2</sub> total (mg/L)           | 28,45        | 22,57          | 2,83          | 272,08        | 30,8580     |
| Carbono inorgânico dissolvido (mg/L)   | 4,134        | 2,875          | 0,79          | 16,91         | 3,2567      |
| Carbono orgânico total (mg/L)          | 6,397        | 5,87           | 1,90          | 15,35         | 2,7048      |
| Carbono total (mg/L)                   | 10,49        | 9,98           | 2,73          | 22,10         | 4,3793      |
| Cloreto (mg/L)                         | 0,56         | <0,5           | <0,5          | 4,5           | 0,9086      |
| Sulfato (mg/L)                         | 3,65         | <1,0           | <1,0          | 25,0          | 5,7509      |
| Sulfeto (mg/L)                         | 0,019        | 0,008          | <0,001        | 0,467         | 0,0479      |
| Ferro total (mg/L)                     | 2,571        | 1,33           | 0,07          | 20,10         | 3,2557      |
| Orto-fosfato (mg/L)                    | 0,0526       | 0,0057         | <0,001        | 1,1790        | 0,1393      |
| Fósforo total (mg/L)                   | 0,1515       | 0,0325         | <0,001        | 1,2631        | 0,2527      |
| NTK(mg/L)                              | 0,7858       | 0,62           | 0,11          | 4,82          | 0,5990      |
| Nitrato (mg/L)                         | 0,7215       | 0,60           | 0,20          | 2,60          | 0,4160      |
| Nitrito (mg/L)                         | 0,0025       | 0,002          | <0,001        | 0,011         | 0,0020      |
| N-amoniaco (mg/L)                      | 0,4908       | 0,33           | <0,01         | 3,25          | 0,4999      |
| Silicato reativo (mg/L)                | 11,124       | 7,2            | 1,0           | 100,5         | 16,2771     |
| Clorofila- <i>a</i> (µg/L)             | 3,798        | 1,968          | <0,01         | 43,364        | 5,7949      |
| DBO <sub>5</sub> (mg/L)                | 1,44         | 1,20           | 0,10          | 4,50          | 0,9322      |
| DQO (mg/L)                             | 9,83         | 8,00           | <0,1          | 37,0          | 7,6086      |
| Óleos e graxas (mg/L)                  | 7,39         | 2,8            | V.A.          | 63,5          | 11,8154     |
| Coliformes totais (NMP/100ml)          | 2059,4       | 460,0          | <18           | >16000        | 4254,69     |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) | 569,3        | 110,0          | <18           | >16000        | 2373,01     |
| IQA                                    | 59,865       | 60,336         | 40,512        | 78,886        | 8,7928      |
| IET                                    | 50,751       | 53,164         | 22,088        | 75,887        | 12,1633     |

ANEXO IV. Características das amostras de sedimento coletadas em setembro de 2009.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,055              | 239,78             | 0,248          | 5,31          | 2,43          | 31,1          | 4,67          | 76,23         | 341,04       | 17,3                | 13,7                | 65,6             | 1,2               |
| P2     |                             | 1A        | 0,056              | < 50               | 0,505          | 1,45          | 3,21          | 50,73         | 6,67          | 41,92         | 473,23       | 4                   | 6,1                 | 83,2             | 4                 |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,056              | < 50               | 0,231          | 3,66          | 4,69          | 62,07         | 7,04          | 72,34         | 574,84       | 22,3                | 1,9                 | 69,1             | 4,6               |
| P2     |                             | 1C        | 0,06               | < 50               | 0,245          | 2,45          | 4,09          | 60,84         | 6,74          | 31,77         | 493,53       | 23                  | 6,1                 | 65,21            | 5,3               |
| P4     | Araras                      |           | 0,042              | 137,05             | 0,335          | 2,8           | < 0,5         | 12,4          | 0,31          | 41,72         | 107          | 66,9                | 10,2                | 9,6              | 9,8               |
| P5     | Abunã                       |           | 0,055              | < 50               | 0,356          | 1,14          | < 0,5         | 9,58          | 0,05          | 8,25          | 33,08        | 33,7                | 27,4                | 34,5             | 1,2               |
| P6     |                             | 2A        | 0,063              | 215,56             | 0,245          | 1,23          | 6,54          | 23,82         | 5,35          | 80,06         | 157,89       | 5,8                 | 4,45                | 82,3             | 7,1               |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,054              | 219,2              | 0,115          | 1,08          | 4,4           | 36,59         | 5,13          | 82,52         | 259,6        | 12,95               | 4,61                | 73,6             | 8,4               |
| P6     |                             | 2C        | 0,05               | 539,83             | 0,639          | 4,56          | 3,74          | 61,68         | 7,8           | 143,39        | 686,92       | 0,7                 | 5,7                 | 84,3             | 7,8               |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,027              | 509,07             | 1,14           | 5,76          | 3,91          | 56,36         | 6,46          | 102,79        | 513,9        | 3,8                 | 1,1                 | 60               | 34,2              |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,069              | 462,01             | 0,764          | 4,51          | 8,32          | 31,38         | 6,19          | 31,78         | 381,68       | N.A.                | N.A.                | N.A.             | N.A.              |
| P9     |                             | 3A        | 0,053              | 416,62             | 0,264          | 3,72          | 5,41          | 69,12         | 6,68          | 82,5          | 636          | 1                   | 0,6                 | 92,8             | 5,4               |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,056              | 180,87             | 0,712          | 4,63          | 4,05          | 29,17         | 4,94          | 143,38        | 239,27       | 0,6                 | 7,8                 | 87,4             | 2,4               |
| P9     |                             | 3C        | 0,052              | 467                | 0,378          | 4,02          | 4,09          | 60,84         | 6,74          | 31,77         | 493,5        | -                   | -                   | -                | -                 |
| P10    | Castanho                    |           | 0,053              | 521,96             | 0,541          | 4,93          | 5,42          | 53,87         | 7,52          | 112,95        | 422,42       | 0,3                 | 6,1                 | 84,6             | 8,6               |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,084              | 132,45             | 1,48           | 5,56          | < 0,5         | 10,16         | 0,4           | 71,17         | 188,43       | 19                  | 14,9                | 52,1             | 11,5              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,052              | < 50               | 0,803          | 3,65          | < 0,5         | 4,17          | 0,03          | 16,37         | 34,1         | 39,9                | 10,1                | 44,2             | 10,3              |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,449              | 458,57             | 3,38           | 4,68          | < 0,5         | 6,19          | 0,38          | 143,37        | 269,77       | 1,4                 | 8,4                 | 37,1             | 51,3              |
| P14    |                             | 4A        | 0,039              | 443,3              | 0,756          | 5,52          | 3,62          | 58,65         | 6,87          | 133,2         | 554,48       | 12,8                | 9,7                 | 69,8             | 5,7               |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,041              | 286,19             | 0,2            | 2,56          | 4,79          | 41,35         | 5,67          | 96,5          | 320,59       | 33,3                | 16,2                | 48,5             | 0,1               |
| P14    |                             | 4C        | 0,054              | 456,03             | 0,536          | 3,59          | 3,87          | 62,57         | 6,89          | 112,92        | 493,49       | 1,4                 | 54,7                | 38,1             | 0,9               |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,078              | 499,01             | 0,467          | 6,39          | 3,49          | 34,65         | 6,35          | 82,51         | 676,7        | 2,3                 | 4,9                 | 84,6             | 6,1               |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,06               | 450,36             | 0,503          | 5,25          | 4,39          | 56,95         | 6,99          | 82,51         | 636,08       | 0,4                 | 5,7                 | 83,4             | 9,7               |
| P17    | Jirau                       |           | 0,077              | 552,46             | 0,336          | 4,71          | 5,21          | 62,06         | 7,51          | 102,79        | 676,65       | 0,2                 | 3,5                 | 85,4             | 8,4               |
| P18    |                             | 5A        | 0,037              | 558,28             | 0,231          | 4,71          | 5,01          | 68,9          | 7,7           | 112,98        | 595,51       | 0,2                 | 4,6                 | 86               | 6,7               |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,063              | 340,16             | 0,122          | 2,38          | 5,48          | 47,22         | 6,05          | 102,77        | 412,12       | 20,9                | 20,5                | 51,5             | 5,8               |
| P18    |                             | 5C        | 0,088              | 299,61             | 0,12           | 2,46          | 5,58          | 35,88         | 4,93          | 90,42         | 330,78       | 63,3                | 1,7                 | 32,5             | 0,6               |
| P19    |                             | 6A        | 0,069              | 479,24             | 0,45           | 3,82          | 2,06          | 36,92         | 5,13          | 82,52         | 473,17       | 1,7                 | 2,7                 | 80,4             | 14,3              |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P19    | Madeira            | 6B        | 0,042              | 449,71             | 0,263          | 3,51          | 2,33          | 47,19         | 6,91          | 92,63         | 473,13       | 5,6                 | 7,1                 | 79               | 7,8               |
| P19    |                    | 6C        | 0,067              | 425,33             | 0,356          | 3,15          | 2,14          | 46,65         | 7,07          | 41,91         | 381,6        | 8,7                 | 13,5                | 68,3             | 8,8               |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,052              | < 50               | 0,456          | 1,36          | < 0,5         | 4,49          | 0,34          | 33,61         | 106,31       | 49,3                | 23,8                | 17,7             | 8,2               |

Características das amostras de sedimento coletadas em **janeiro de 2010.**

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,060              | 230,3              | 1,52           | 2,04          | 16,55         | 39,1          | 20,1          | 29,3          | 486,8        | 15,40               | 14,80               | 68,50            | 0,90              |
| P2     |                             | 1A        | 0,069              | 200,8              | 0,74           | 2,95          | 5,1           | 29,3          | 20,2          | 32,4          | 324,9        | 3,90                | 17,60               | 74,70            | 3,40              |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,057              | 198,9              | 0,63           | 2,12          | 13,44         | 30,5          | 22,3          | 120,4         | 306,2        | 25,10               | 2,30                | 64,40            | 5,20              |
| P2     |                             | 1C        | 0,069              | 203,4              | 0,38           | 2,64          | 14,2          | 32,4          | 20,4          | 130,3         | 249,5        | 27,40               | 4,00                | 63,20            | 4,60              |
| P4     | Araras                      |           | 0,052              | 142,2              | 0,47           | 0,98          | 2,17          | 25,6          | 31,4          | 95,7          | 259,3        | 74,80               | 10,40               | 7,42             | 4,40              |
| P5     | Abunã                       |           | 0,059              | 94,2               | 0,39           | 1,48          | 3,06          | 1,2           | 31,7          | 64,7          | 11,9         | 38,90               | 30,20               | 28,70            | 1,40              |
| P6     |                             | 2A        | 0,047              | 295,8              | 0,42           | 0,84          | 16,05         | 62,4          | 19,5          | 71,8          | 311,8        | 5,10                | 6,30                | 79,20            | 8,80              |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,047              | 258,3              | 0,51           | 3,72          | 20,82         | 59,5          | 1,05          | 83,4          | 425,8        | 15,40               | 4,80                | 69,40            | 10,10             |
| P6     |                             | 2C        | 0,063              | 340,1              | 1,04           | 3,83          | 19,78         | 63,8          | 18,5          | 53,9          | 618,9        | 3,40                | 4,70                | 80,30            | 10,70             |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,010              | 312,3              | 1,25           | 6,83          | 18,36         | 52,8          | 19,6          | 89,4          | 513,8        | 2,30                | 0,40                | 58,90            | 38,00             |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,020              | 236,6              | 2,35           | 4,06          | 7,61          | 70,7          | 22,5          | 117,3         | 585,2        | 3,70                | 2,70                | 60,30            | 32,30             |
| P9     |                             | 3A        | 0,083              | 345,5              | 1,20           | 4,48          | 19,89         | 75,8          | 21,1          | 139,5         | 591,8        | 4,20                | 1,20                | 89,80            | 4,30              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,076              | 233,8              | 1,86           | 3,96          | 20,39         | 54,2          | 256           | 202,3         | 507,3        | 2,10                | 9,10                | 86,40            | 1,90              |
| P9     |                             | 3C        | 0,080              | 147,3              | 1,74           | 5,40          | 16,59         | 48,8          | 24,9          | 196,8         | 463,8        |                     |                     |                  |                   |
| P10    | Castanho                    |           | 0,070              | 365,6              | 2,01           | 5,63          | 21,83         | 51,3          | 25,8          | 117,6         | 712,7        | 0,10                | 4,90                | 87,40            | 7,40              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,080              | 76,4               | 2,43           | 3,20          | 1,32          | 7,3           | 22,8          | 235,4         | 363,8        | 17,50               | 17,20               | 50,90            | 13,40             |
| P12    | Cotia                       |           | 0,063              | 79,6               | 1,83           | 6,80          | 2,01          | 1,6           | 26,7          | 207,7         | 415,8        | 25,40               | 9,60                | 52,70            | 11,40             |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,045              |                    |                |               |               |               |               |               |              |                     |                     |                  |                   |
| P13    |                             |           |                    | 104,9              | 4,07           | 4,58          | 3,2           | 10,7          | 18,9          | 143,6         | 222,9        | 0,30                | 6,00                | 33,10            | 60,30             |
| P14    |                             | 4A        | 0,060              | 242,6              | 1,88           | 3,95          | 19,12         | 10,5          | 9,7           | 149,5         | 377,7        | 14,70               | 5,80                | 74,80            | 4,30              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,049              | 263,4              | 0,94           | 2,64          | 18,6          | 38,3          | 9,2           | 64,9          | 601,3        | 40,20               | 11,60               | 47,20            | 0,50              |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P14    |                    | 4C        | 0,032              | 282,8              | 1,36           | 7,04          | 20,09         | 61,9          | 3,6           | 91,7          | 615,2        | 0,90                | 48,90               | 48,40            | 0,50              |
| P15    | S.Lourenço         |           | 0,035              | 220,2              | 3,02           | 5,85          | N.A.          | 34,6          | 30,7          | 79,5          | 583,5        | 6,40                | 8,20                | 80,50            | 4,30              |
| P16    | Caiçara            |           | 0,090              | 340,8              | 2,36           | 3,49          | N.A.          | 83,9          | 22,1          | 61,3          | 283,9        | 1,90                | 7,80                | 79,40            | 10,40             |
| P17    | Jirau              |           | 0,068              | 254,1              | 1,41           | 3,02          | N.A.          | 35,3          | 29,7          | 144,9         | 357,9        | 0,10                | 4,80                | 84,00            | 10,80             |
| P18    |                    | 5A        | 0,053              | 237,5              | 1,63           | 3,58          | N.A.          | 87,2          | 31,8          | 152,1         | 359,6        | 0,10                | 3,90                | 90,50            | 4,80              |
| P18    | Madeira            | 5B        | 0,020              | 281,9              | 0,74           | 4,87          | N.A.          | 77,3          | 42,9          | 139,5         | 446,8        | 20,00               | 24,30               | 49,70            | 5,40              |
| P18    |                    | 5C        | 0,047              | 243,7              | 0,83           | 2,82          | N.A.          | 79,4          | 44,5          | 120,4         | 439,7        | 70,40               | 7,30                | 20,40            | 0,20              |
| P19    |                    | 6A        | 0,050              | 385,7              | 0,94           | 2,08          | 19,46         | 60,7          | 42,9          | 125,5         | 505,6        | 1,60                | 4,90                | 76,30            | 16,50             |
| P19    | Madeira            | 6B        | 0,074              | 320,7              | 0,90           | 2,24          | 16,82         | 115,3         | 23,4          | 109,7         | 612,8        | 4,20                | 9,30                | 75,20            | 10,70             |
| P19    |                    | 6C        | 0,078              | 204,3              | 0,96           | 0,74          | 17,36         | 80,5          | 23,6          | 136,8         | 344,5        | 9,60                | 15,40               | 67,40            | 6,80              |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,060              | 145,7              | 0,56           | 2,04          | N.A.          | 18,6          | 25,5          | 183,7         | 246,5        | 58,20               | 19,30               | 15,70            | 5,40              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **abril de 2010**.

| Pontos | Locais     | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré     |           | 0,03               | 240,2              | 1,19           | 2,04          | 21,87         | 49,6          | 23,93         | 194,07        | 543,03       | 9,77                | 79,6                | 7,95             | 4,68              |
| P2     |            | 1A        | <0,005             | 80,3               | 0,04           | 0,07          | 7,17          | 26,3          | 22,74         | 68,42         | 152,18       | 12,02               | 68,2                | 11,2             | 6,58              |
| P2     | Madeira    | 1B        | <0,005             | 198,3              | 0,16           | 0,27          | 7,9           | 30,64         | 22,91         | 185,77        | 152,12       | 11,57               | 78,27               | 8,29             | 4,87              |
| P2     |            | 1C        | <0,005             | 201,4              | 0,19           | 0,33          | 5,53          | 38,51         | 22,49         | 54,44         | 152,13       | 10,62               | 80,63               | 8,03             | 4,72              |
| P3     | Ribeirão   |           | <0,005             | 98,7               | 0,53           | 0,90          | 5,18          | 10,97         | 22,29         | 109,3         | 155,17       | 15,3                | 76,2                | 6,99             | 4,11              |
| P4     | Araras     |           | 0,03               | 142,7              | 0,80           | 1,37          | 5,48          | 0,13          | 10,95         | 85,35         | 155,13       | 8,82                | 81,27               | 8,50             | 4,41              |
| P5     | Abunã      |           | 0,01               | 96,4               | 0,41           | 0,70          | 3,01          | 12,51         | 9,32          | 40,5          | 34,52        | 3,04                | 70,5                | 15,4             | 9,06              |
| P6     |            | 2A        | 0,03               | 230,6              | 0,51           | 0,87          | 23,63         | 76,31         | 24,1          | 159,1         | 152,09       | 6,73                | 83,1                | 8,29             | 4,88              |
| P6     | Madeira    | 2B        | 0,06               | 243,2              | 0,63           | 1,08          | 23,37         | 80,98         | 23,88         | 117,3         | 539,6        | 5,89                | 85,2                | 8,13             | 4,78              |
| P6     |            | 2C        | 0,04               | 435,6              | 0,79           | 1,35          | 23,65         | 82,71         | 23,77         | 117,29        | 543,01       | 12,4                | 51,8                | 19,4             | 11,4              |
| P7     | Simãozinho |           | 0,03               | 365,8              | 1,08           | 1,87          | 25,29         | 58,64         | 24,27         | 176,64        | 543,11       | 18,6                | 53,3                | 20,2             | 11,9              |
| P8     | S.Simão    |           | 0,03               | 265,3              | 1,06           | 1,82          | 21,67         | 65,03         | 24,09         | 136,7         | 539,5        | 17,3                | 41,2                | 24,9             | 14,6              |

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P9     |                             | 3A        | 0,03               | 385,2              | 0,03           | 0,40          | 14,65         | 57,9          | 23,44         | 126,21        | 156,12       | 11,71               | 74,0                | 7,11             | 4,18              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,01               | 196,4              | 0,01           | 0,85          | 16,43         | 61,82         | 23,59         | 130,23        | 156,15       | 18,9                | 48,0                | 20,2             | 11,9              |
| P9     |                             | 3C        | 0,03               | 328,5              | 0,03           | 0,94          | 19,38         | 66,34         | 23,73         | 139,23        | 155,19       | 19,8                | 53,6                | 19,9             | 11,7              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,21               | 434,2              | 3,44           | 5,92          | 17,9          | 10,42         | 24,23         | 142,2         | 155,16       | 28,7                | 38,4                | 24,5             | 14,4              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,01               | 138,8              | 0,96           | 1,65          | 2,81          | 1,01          | 11,46         | 64,43         | 144,21       | 3,92                | 79,9                | 8,3              | 4,88              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,14               | 83,2               | 3,33           | 5,73          | 5,58          | 0,87          | 16,92         | 66,42         | 155,17       | 10,34               | 93,46               | 0,1              | 0,1               |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,01               | 102,5              | 0,96           | 1,65          | 7,29          | 22,98         | 8,78          | 135,23        | 94,35        | 8,83                | 81,45               | 8,64             | 5,08              |
| P14    |                             | 4A        | 0,04               | 305,8              | 0,69           | 1,18          | 24,86         | 80,49         | 24,27         | 169,64        | 543,03       | 9,82                | 80,0                | 8,3              | 4,88              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,03               | 275,3              | 0,51           | 0,88          | 24,7          | 79,74         | 24,12         | 145,19        | 542,96       | 40,8                | 49,01               | 3,27             | 1,92              |
| P14    |                             | 4C        | 0,04               | 382,8              | 0,49           | 0,85          | 25,37         | 79,82         | 24,1          | 145,19        | 543,15       | 47,98               | 49,84               | 3,26             | 1,92              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,06               | 451,2              | 2,33           | 4,00          | 12,81         | 1,38          | 23,42         | 124,3         | 543,13       | 8,32                | 81,39               | 7,13             | 4,16              |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,04               | 425                | 1,07           | 1,84          | 23,58         | 36,68         | 24,17         | 110,34        | 543,14       | 49,76               | 51,4                | 2,42             | 1,42              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,06               | 412,4              | 1,35           | 2,32          | 23,29         | 52,47         | 24,34         | 176,59        | 542,95       | 9,64                | 79,42               | 7,98             | 3,96              |
| P18    |                             | 5A        | 0,03               | 328,2              | 0,66           | 1,13          | 23,24         | 73,16         | 24,08         | 110,26        | 542,75       | 8,15                | 90,15               | 0,4              | 0,3               |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,01               | 371,6              | 0,45           | 0,77          | 18            | 65,76         | 23,76         | 141,21        | 155,17       | 19,04               | 53,96               | 18,5             | 11,5              |
| P18    |                             | 5C        | 0,01               | 354,2              | 0,80           | 1,38          | 25,76         | 74,21         | 23,98         | 155,61        | 542,77       | 11,06               | 68,93               | 14,9             | 8,11              |
| P19    |                             | 6A        | <0,005             | 336,2              | 0,78           | 1,35          | 24,52         | 76,86         | 24,31         | 127,75        | 542,97       | 14,4                | 59,1                | 18,4             | 10,1              |
| P19    | Madeira                     | 6B        | 0,01               | 310,5              | 0,82           | 1,40          | 23,82         | 76,66         | 24,01         | 131,22        | 542,91       | 8,69                | 80,3                | 8,1              | 4,91              |
| P19    |                             | 6C        | 0,04               | 215,3              | 1,01           | 1,73          | 24,38         | 85,64         | 24,17         | 120,76        | 542,92       | 19,48               | 72,5                | 6,99             | 4,03              |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2)          |           | 0,08               | 105,3              | 2,44           | 4,20          | 10,4          | 6,04          | 23,54         | 103,35        | 543,11       | 55,26               | 40,4                | 3,99             | 2,35              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **julho de 2010**.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,0275             | 223,13             | 0,181          | 0,311         | 5,92          | 34,96         | 22,85         | 109,77        | 429,1        | 9,34                | 80,5                | 6,34             | 3,87              |
| P2     |                             | 1A        | 0,00689            | 199,08             | 0,181          | 0,311         | 6,65          | 28,31         | 22,68         | 109,93        | 259,84       | 23,01               | 59,2                | 10,15            | 7,64              |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,00698            | 204,89             | 0,0542         | 0,0932        | 5,65          | 27,62         | 22,31         | 80            | 209,99       | 6,98                | 79,58               | 9,47             | 5,97              |
| P2     |                             | 1C        | 0,00684            | 212,34             | 0,0974         | 0,167         | 6,89          | 30,61         | 22,64         | 89,76         | 259,31       | 4,73                | 81,69               | 9,12             | 5,96              |
| P3     | Ribeirão                    |           | 0,00693            | 102,64             | 0,252          | 0,433         | <0,5          | 4,23          | 11            | 97,57         | 341,48       | 7,21                | 81,43               | 6,99             | 5,42              |
| P4     | Araras                      |           | 0,0406             | 151,29             | 1,29           | 2,22          | 1,55          | 12,66         | 17,6          | 99,79         | 259,46       | 3,97                | 83,14               | 8,76             | 4,83              |
| P5     | Abunã                       |           | 0,0135             | 101,1              | 0,202          | 0,348         | <0,5          | 0,93          | 1,43          | 69,52         | 9,93         | 6,06                | 68,21               | 13,65            | 11,08             |
| P6     |                             | 2A        | 0,0139             | 280,68             | 0,273          | 0,469         | 6,23          | 40,3          | 22,99         | 99,78         | 259,43       | 3,52                | 82,87               | 7,96             | 5,35              |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,0132             | 273,11             | 0,318          | 0,547         | 6,61          | 44,85         | 23,4          | 120,23        | 330,62       | 1,66                | 86,34               | 9,37             | 5,63              |
| P6     |                             | 2C        | 0,0210             | 311,56             | 0,813          | 1,40          | 13,73         | 73,71         | 25,16         | 157,4         | 590,26       | 13,96               | 55,39               | 17,49            | 13,79             |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,0138             | 298,29             | 0,594          | 1,02          | 11,19         | 62,09         | 24,83         | 149,19        | 547,05       | 13,87               | 55,41               | 19,64            | 9,78              |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,0266             | 256,3              | 0,588          | 1,01          | 11,7          | 50,78         | 25,09         | 159,94        | 559,79       | 20,75               | 42,65               | 22,46            | 13,81             |
| P9     |                             | 3A        | 0,0279             | 330,3              | 0,577          | 0,992         | 13,62         | 70,52         | 25,43         | 160,63        | 572,25       | 15,49               | 73,2                | 6,98             | 4,63              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,0133             | 253,83             | 0,339          | 0,583         | 9,45          | 50,79         | 23,89         | 138,55        | 504,7        | 25,36               | 50,10               | 17,65            | 8,99              |
| P9     |                             | 3C        | 0,0136             | 281,47             | 0,312          | 0,537         | 7,84          | 42,76         | 23,74         | 131,76        | 486,51       | 17,65               | 49,89               | 23,46            | 9,78              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,0137             | 336,01             | 0,553          | 0,951         | 11,47         | 55,58         | 24,62         | 150,41        | 611,66       | 15,53               | 43,67               | 29,81            | 13,84             |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,00686            | 135,79             | 0,590          | 1,02          | <0,5          | 5,53          | 14,35         | 100,07        | 370,25       | 4,50                | 85,73               | 6,32             | 6,94              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,0201             | 77,46              | 0,569          | 0,979         | 0,5           | 2             | 5,25          | 87,81         | 321,97       | 9,50                | 89,62               | 0,94             | 0,5               |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,0140             | 96,72              | 1,28           | 2,21          | 1,33          | 7,22          | 11,27         | 100,52        | 392,04       | 2,22                | 90,31               | 6,37             | 6,09              |
| P14    |                             | 4A        | 0,00652            | 222,55             | 0,251          | 0,432         | 5,5           | 30,73         | 22,01         | 107,51        | 400,74       | 9,47                | 76,48               | 9,87             | 6,83              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,0136             | 281,39             | 0,517          | 0,890         | 12,58         | 70,91         | 25,03         | 137,6         | 570,06       | 33,21               | 56,73               | 5,73             | 4,93              |
| P14    |                             | 4C        | 0,00675            | 263,49             | 0,480          | 0,825         | 11,55         | 65,38         | 25,13         | 139,73        | 618,81       | 36,21               | 52,36               | 6,87             | 3,64              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,0138             | 302,13             | 0,588          | 1,01          | 10,43         | 53,33         | 24,85         | 119,26        | 516,8        | 3,32                | 86,97               | 9,84             | 3,56              |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,0138             | 335,07             | 0,662          | 1,14          | 12,06         | 71,09         | 25,51         | 130,18        | 580,81       | 30,96               | 57,64               | 6,83             | 4,94              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,00699            | 282,58             | 0,564          | 0,971         | 9,89          | 62            | 24,79         | 109,87        | 499,43       | 5,60                | 76,54               | 8,46             | 6,91              |
| P18    |                             | 5A        | 0,00698            | 277,67             | 0,322          | 0,553         | 8,02          | 45,06         | 23,61         | 109,63        | 468,44       | 7,47                | 88,62               | 0,9              | 0,7               |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,0131             | 267,39             | 0,329          | 0,565         | 7,18          | 45,55         | 23,28         | 108,61        | 444,33       | 11,31               | 57,94               | 21,35            | 9,75              |
| P18    |                             | 5C        | 0,0136             | 265,78             | 0,472          | 0,813         | 10,04         | 59,54         | 24,6          | 119,81        | 469,26       | 8,24                | 63,45               | 17,44            | 10,66             |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P19    |                    | 6A        | 0,00669            | 323,78             | 0,263          | 0,453         | 11,2          | 71,79         | 25,43         | 130,4         | 481,46       | 5,94                | 63,77               | 24,67            | 8,43              |
| P19    | Madeira            | 6B        | 0,0202             | 304,51             | 0,0859         | 0,148         | 11,37         | 59,7          | 25,14         | 118,41        | 503,25       | 3,95                | 83,56               | 11,10            | 2,84              |
| P19    |                    | 6C        | 0,0139             | 199,34             | 0,517          | 0,890         | 5,29          | 25,18         | 22,45         | 99,77         | 379,12       | 9,48                | 83,34               | 5,66             | 3,15              |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,00697            | 83,12              | 0,512          | 0,880         | <0,5          | 1,04          | 2,85          | 88,33         | 304,24       | 43,14               | 46,85               | 6,83             | 5,11              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **outubro de 2010**.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% 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             |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| 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              |
| 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              |

Características das amostras de sedimento coletadas em janeiro de 2011.

| Pontos | Locais   | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|----------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré   |           | 0,0959             | <50                | 1,28           | 2,2           | <0,5          | 79,8          | 26,76         | 30            | 700          | 10,01               | 0,669               | 73,8             | 15                |
| P2     |          | 1A        | 0,0266             | <50                | 0,689          | 1,19          | <0,5          | 36,93         | 25,88         | 10            | 260          | 31,56               | 46,2                | 22,5             | 1,04              |
| P2     | Madeira  | 1B        | 0,0154             | 99,11              | 0,678          | 1,17          | <0,5          | 30,29         | 25,73         | 10            | 190          | 3,39                | 87,8                | 2,47             | 8,64              |
| P2     |          | 1C        | 0,0166             | <50                | 0,0501         | 0,0862        | <0,5          | 29,04         | 25,74         | 10            | 180          | 7,96                | 89,1                | 2,43             | 1,21              |
| P3     | Ribeirão |           | 0,049              | 56,11              | 0,789          | 1,36          | 0,66          | 6,55          | 22,49         | <0,5          | 140          | 8,1                 | 80,6                | 6,15             | 5,97              |
| P4     | Araras   |           | 0,0826             | <50                | 0,784          | 1,35          | <0,5          | 2,7           | 23,69         | <0,5          | 330          | 16,14               | 7,06                | 23,7             | 53                |
| P5     | Abunã    |           | 0,0209             | <50                | 0,405          | 0,697         | <0,5          | 6,59          | 9,19          | <0,5          | 100          | 40,8                | 10,3                | 39,7             | 9,93              |
| P6     |          | 2A        | 0,0435             | <50                | 0,82           | 1,4           | <0,5          | 47,63         | 26,45         | 60            | 480          | 21,37               | 1,13                | 66,4             | 12,3              |
| P6     | Madeira  | 2B        | 0,066              | <50                | 1,12           | 1,92          | <0,5          | 66,02         | 26,6          | 50            | 560          | 19,8                | 1,84                | 73,5             | 5,66              |
| P6     |          | 2C        | 0,0757             | <50                | 1,04           | 1,79          | <0,5          | 78,4          | 26,71         | 60            | 610          | 16,96               | 1,62                | 79,7             | 4,12              |

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,0855             | <50                | 0,568          | 0,977         | <0,5          | 34,61         | 26,64         | 50            | 570          | 62,37               | 2,06                | 28,5             | 7,67              |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,0783             | <50                | 1,11           | 1,91          | <0,5          | 38,23         | 26,65         | 30            | 750          | 17,39               | 1,96                | 77,2             | 5,15              |
| P9     |                             | 3A        | 0,0745             | <50                | 1,07           | 1,84          | <0,5          | 73,61         | 26,63         | 40            | 520          | 71,04               | 0,41                | 23               | 8,95              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,077              | <50                | 1,14           | 1,96          | <0,5          | 75,56         | 26,68         | 50            | 560          | 13,74               | 0,8                 | 84,1             | 3,76              |
| P9     |                             | 3C        | 0,0322             | <50                | 1              | 1,71          | <0,5          | 47,33         | 26,21         | 0             | 350          | 47,67               | 7,82                | 45,4             | 1,51              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,0658             | <50                | 1,36           | 2,35          | <0,5          | 37,17         | 26,41         | 10            | 440          | 22,79               | 6,92                | 71,8             | 1,59              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,0532             | <50                | 0,92           | 1,58          | <0,5          | 4,75          | 11,13         | <0,5          | 120          | 26,28               | 60                  | 11,5             | 4,92              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,077              | <50                | 1,15           | 1,98          | <0,5          | 32,5          | 10,21         | <0,5          | 80           | 5,21                | 15,1                | 63,6             | 16,7              |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,1888             | <50                | 2,06           | 3,55          | <0,5          | 13,7          | 13,14         | <0,5          | 160          | 33,7                | 17                  | 39,4             | 12,3              |
| P14    |                             | 4A        | 0,0504             | <50                | 0,803          | 1,38          | <0,5          | 55,43         | 26,46         | 40            | 450          | 34,17               | 7,82                | 57,3             | 4,41              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,0462             | <50                | 1,36           | 2,34          | <0,5          | 50,84         | 26,31         | 20            | 330          | 9,39                | 1,15                | 91               | 2,56              |
| P14    |                             | 4C        | 0,0448             | <50                | 1,32           | 2,27          | <0,5          | 55,09         | 26,46         | 20            | 400          | 11,46               | 0,96                | 79,7             | 8,98              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,0728             | <50                | 1,35           | 2,32          | <0,5          | 10,17         | 26,2          | <0,5          | 290          | 12,71               | 4,72                | 66,7             | 16,7              |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,1022             | <50                | 1,39           | 2,4           | <0,5          | 79,31         | 26,7          | <0,5          | 410          | 12,56               | 0,83                | 79,9             | 9,01              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,0615             | <50                | 0,911          | 1,57          | <0,5          | 51,75         | 26,64         | 40            | 330          | 20,47               | 0,84                | 74,2             | 7,99              |
| P18    |                             | 5A        | 0,0391             | <50                | 0,348          | 0,598         | <0,5          | 64,48         | 26,53         | 20            | 370          | 18,4                | 2,56                | 73,2             | 8,54              |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,0657             | <50                | 1,2            | 2,07          | <0,5          | 68,84         | 26,64         | 30            | 320          | 0,95                | 4,77                | 60,2             | 36,8              |
| P18    |                             | 5C        | 0,0798             | <50                | 1,22           | 2,1           | <0,5          | 66,04         | 26,55         | 20            | 340          | 9,87                | 3,28                | 78,2             | 10                |
| P19    |                             | 6A        | 0,0588             | <50                | 0,987          | 1,7           | <0,5          | 48,65         | 26,79         | 10            | 480          | 16,11               | 2,67                | 72,1             | 9,46              |
| P19    | Madeira                     | 6B        | 0,0714             | <50                | 1,44           | 2,48          | <0,5          | 50,62         | 26,78         | 50            | 560          | 19,98               | 2,79                | 69,8             | 8,14              |
| P19    |                             | 6C        | 0,0476             | <50                | 1,33           | 2,29          | <0,5          | 57,51         | 26,75         | 30            | 550          | 8,25                | 1,76                | 81,3             | 9,29              |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2)          |           | 0,0419             | <50                | 0,576          | 0,991         | 3,06          | 25,4          | 22,25         | <0,5          | 310          | 15,74               | 2,18                | 43               | 40,6              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **abril de 2011**.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,0469             | 268,3              | 0,46           | 0,8           | 8,46          | 61,1          | 20,93         | 60            | 400          | 27,57               | 5,53                | 42,7             | 25,1              |
| P2     |                             | 1A        | 0,0505             | 66,79              | 0,051          | 0,09          | 27,66         | 13,82         | 21,66         | 70            | 1880         | 17                  | 41,8                | 26,6             | 15,7              |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,0267             | 78,88              | 0,072          | 0,12          | 4,07          | 18,88         | 20,64         | 40            | 220          | 34,5                | 37,4                | 17,6             | 10,4              |
| P2     |                             | 1C        | 0,0426             | 92,28              | 0,3593         | 0,6179        | 4,38          | 17,08         | 0,61          | 40            | 250          | 33,3                | 35,4                | 19               | 11,2              |
| P3     | Ribeirão                    |           | 0,1108             | 326,1              | 1,356          | 2,33          | 4,41          | 13,78         | 19,84         | 60            | 540          | 35,53               | 40,7                | 15,3             | 8,97              |
| P4     | Araras                      |           | 0,0469             | 92,51              | 0,436          | 0,75          | 3,26          | 12,75         | <0,5          | 40            | 190          | 25,4                | 44,5                | 20,6             | 12,1              |
| P5     | Abunã                       |           | 0,0913             | 119,1              | 0,771          | 1,326         | 1,63          | 13,78         | 0,74          | 30            | 160          | 29,94               | 7,06                | 41,4             | 24,3              |
| P6     |                             | 2A        | 0,0408             | 288,5              | 0,17           | 0,3           | 10,96         | 66,83         | 21,07         | 60            | 410          | 41,4                | 10,8                | 29,1             | 17,1              |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,0364             | 286,7              | 0,37           | 0,63          | 11,02         | 72,27         | 21,3          | 60            | 440          | 45,62               | 9,38                | 30,1             | 17,7              |
| P6     |                             | 2C        | 0,0301             | 211,2              | 0,24           | 0,41          | 8,86          | 57,22         | 20,9          | 70            | 370          | 42,1                | 27,7                | 21,4             | 12,6              |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,0031             | 352,8              | 1,956          | 3,365         | 13,2          | 50,07         | 21,39         | 70            | 430          | 16,4                | 12,8                | 46,5             | 27,4              |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,0932             | 210,6              | 0,85           | 1,47          | 8,44          | 20,69         | 21            | 50            | 330          | 18,7                | 11,2                | 46,4             | 27,3              |
| P9     |                             | 3A        | 0,0308             | 226,9              | 0,08           | 0,14          | 7,8           | 53,82         | 21,34         | 50            | 280          | 40,1                | 21,6                | 23,7             | 13,9              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,0315             | 235,4              | 0,12           | 0,21          | 8,8           | 55,37         | 21,27         | 60            | 380          | 44,6                | 22,5                | 23,3             | 13,7              |
| P9     |                             | 3C        | 0,0408             | 294,9              | 0,24           | 0,41          | 10,26         | 61,96         | 21,47         | 80            | 490          | 21,81               | 2,79                | 46,4             | 27,3              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,0921             | 118,2              | 0,91           | 1,56          | 5,64          | 1,04          | 20,83         | 50            | 330          | 23,7                | 28,1                | 30,8             | 18,1              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,0557             | 62,88              | 0,647          | 1,11          | 0,79          | 0,66          | 9,26          | 50            | 120          | 19,6                | 54,9                | 18,2             | 10,7              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,0508             | 59,55              | 0,65           | 1,11          | 0,82          | <0,5          | <0,5          | 40            | 110          | 22,1                | 51                  | 18,5             | 10,9              |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,0588             | 107                | 1,53           | 2,63          | 4,86          | 15,55         | <0,5          | 50            | 60           | 23,65               | 49,8                | 16,4             | 9,65              |
| P14    |                             | 4A        | 0,0986             | 324,8              | 0,464          | 0,8           | 11,75         | 67,12         | 21,18         | 60            | 350          | 32,46               | 4,64                | 38,3             | 22,5              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,0471             | 318                | 0,44           | 0,76          | 12,65         | 63,7          | 21,27         | 70            | 480          | 18,84               | 3,16                | 51,6             | 30,4              |
| P14    |                             | 4C        | 0,0222             | 221                | 0,19           | 0,33          | 9,04          | 46,39         | 21,02         | 50            | 260          | 46,8                | 14,1                | 23,5             | 13,8              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,0809             | 332,8              | 1,07           | 1,84          | 9,53          | 26,56         | 1,28          | 60            | 370          | 26,01               | 8,89                | 42,2             | 24,8              |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,0533             | 335,4              | 0,49           | 0,85          | 12,01         | 43,1          | 0,71          | 80            | 510          | 42,19               | 6,21                | 31,6             | 18,6              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,0609             | 296,3              | 0,656          | 1,13          | 11,22         | 24,65         | 1,59          | 90            | 710          | 13,7                | 12,2                | 46,5             | 27,3              |
| P18    |                             | 5A        | 0,0284             | 276                | 0,37           | 0,636         | 11,43         | 56,16         | 21,21         | 70            | 480          | 44,09               | 8,01                | 29,1             | 17,1              |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,0332             | 293,7              | 0,36           | 0,62          | 11,53         | 58,38         | 21,19         | 70            | 490          | 40,4                | 10,3                | 31,5             | 15,7              |
| P18    |                             | 5C        | 0,029              | 253,6              | 0,31           | 0,54          | 9,167         | 54,32         | 20,99         | 60            | 410          | 45,3                | 11,6                | 26,1             | 15,3              |
| P19    |                             | 6A        | 0,0524             | 312,8              | 0,402          | 0,69          | 12,25         | 59,78         | 21,02         | 100           | 700          | 42,29               | 9,91                | 28,7             | 16,9              |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P19    | Madeira            | 6B        | 0,0487             | 258,5              | 0,36           | 0,62          | 9,99          | 56,34         | 21,44         | 80            | 580          | 46,21               | 8,59                | 29,6             | 17,4              |
| P19    |                    | 6C        | 0,0355             | 252,5              | 0,25           | 0,43          | 10,39         | 53,09         | 21,51         | 90            | 620          | 44,7                | 15,3                | 25,7             | 15,1              |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,0332             | 101,4              | 0,706          | 1,214         | 6,22          | 3,14          | 1,57          | 50            | 360          | 39,49               | 9,81                | 32,2             | 18,9              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **julho de 2011**.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,0029             | 281,3              | 0,067          | 0,115         | 10,74         | 81,67         | 31,42         | 40            | 140          | 38,62               | 36,7                | 15,6             | 9,18              |
| P2     |                             | 1A        | 0,008              | 72,15              | 0,072          | 0,08          | 14,47         | 84,06         | 31,62         | 40            | 170          | 56,88               | 3,08                | 25,2             | 14,82             |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,0131             | 81,97              | 0,36           | 0,63          | 12,08         | 57,38         | 30,65         | 110           | 330          | 48,4                | 8,97                | 26,65            | 15,68             |
| P2     |                             | 1C        | 0,0146             | 99,31              | 0,14           | 0,24          | 13,77         | 67,67         | 31,51         | 100           | 360          | 47,32               | 3,95                | 30,24            | 17,79             |
| P3     | Ribeirão                    |           | 0,0154             | 341,5              | 0,59           | 1,02          | < 0,5         | 27,4          | 14,75         | 30            | 20           | 18,24               | 59,55               | 14,8             | 8,71              |
| P4     | Araras                      |           | 0,0284             | 101,49             | 0,64           | 1,11          | 7,92          | 44,69         | 30,61         | 70            | 330          | 33,9                | 4,31                | 40,23            | 23,66             |
| P5     | Abunã                       |           | 0,0014             | 126,71             | 1,1            | 1,63          | < 0,5         | 10,56         | 4,56          | 60            | 20           | 26,16               | 53,28               | 14,9             | 8,76              |
| P6     |                             | 2A        | 0,0191             | 294,85             | 0,57           | 0,99          | 3,39          | 18,06         | 25,32         | 60            | 220          | 46,61               | 5,47                | 29,98            | 17,64             |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,0213             | 292,65             | 0,76           | 1,32          | 15,07         | 90,62         | 31,79         | 100           | 410          | 53,53               | 1,51                | 30,64            | 18,02             |
| P6     |                             | 2C        | 0,0183             | 220,09             | 0,69           | 1,2           | 17,75         | 85,46         | 31,37         | 110           | 420          | 40,61               | 16,34               | 27,61            | 16,24             |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,0169             | 368,11             | 0,64           | 1,1           | 16,16         | 73,32         | 31,25         | 90            | 380          | 47,21               | 16,26               | 24,64            | 14,49             |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,0117             | 223,47             | 0,91           | 1,57          | 13,44         | 50,42         | 31            | 80            | 330          | 47,96               | 8,82                | 27,65            | 16,27             |
| P9     |                             | 3A        | 0,0088             | 235,8              | 0,084          | 0,14          | 12,49         | 47,72         | 31,36         | 80            | 310          | 44,24               | 34,34               | 15,69            | 9,23              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,0095             | 244,23             | 0,11           | 0,2           | 12,04         | 55,94         | 31,35         | 90            | 300          | 49,09               | 25,12               | 16,22            | 9,54              |
| P9     |                             | 3C        | 0,0191             | 301,45             | 0,22           | 0,42          | 19,73         | 87,82         | 31,22         | 110           | 540          | 47,38               | 5,87                | 29,37            | 17,28             |
| P10    | Castanho                    |           | 0,0124             | 128,4              | 0,6            | 1,04          | 15,35         | 71,33         | 31,74         | 100           | 390          | 46,56               | 18,21               | 22,43            | 13,2              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,0094             | 73,44              | 0,5            | 0,87          | < 0,5         | 11,11         | 15,12         | 60            | 90           | 22,73               | 58,27               | 13,47            | 7,93              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,0176             | 69,77              | 0,63           | 1,09          | 0,83          | 9,08          | 13,12         | 50            | 40           | 41,59               | 27,33               | 21,71            | 12,77             |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,0153             | 119,84             | 0,86           | 1,48          | 0,75          | 17,85         | 14,73         | 80            | 90           | 42,08               | 12,97               | 28,55            | 16,8              |
| P14    |                             | 4A        | 0,0154             | 333,33             | 0,72           | 1,24          | 11,88         | 94,04         | 31,06         | 70            | 330          | 53,16               | 6,45                | 27,57            | 16,22             |

| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P14    | Madeira            | 4B        | 0,0125             | 329,51             | 0,42           | 0,73          | 11,75         | 86,69         | 30,98         | 70            | 320          | 53,41               | 9,32                | 23,44            | 13,79             |
| P14    |                    | 4C        | 0,0044             | 234,6              | 0,057          | 0,099         | 10,86         | 53,74         | 30,3          | 60            | 160          | 10,75               | 70,03               | 12,35            | 7,27              |
| P15    | S.Lourenço         |           | 0,0235             | 339,73             | 0,61           | 1,05          | 11,69         | 72,95         | 30,73         | 70            | 330          | 34,71               | 5,55                | 37,74            | 22,2              |
| P16    | Caiçara            |           | 0,0221             | 347,22             | 0,71           | 1,23          | 13            | 88,98         | 31,11         | 70            | 360          | 42,93               | 4,76                | 33,19            | 19,52             |
| P17    | Jirau              |           | 0,0243             | 307,49             | 0,7            | 1,21          | 15,98         | 61,82         | 31,63         | 80            | 430          | 34,4                | 5,6                 | 39,35            | 23,15             |
| P18    |                    | 5A        | 0,0301             | 284,16             | 0,45           | 0,79          | 12,33         | 110,9         | 31,19         | 70            | 330          | 51,63               | 17,61               | 21,95            | 12,91             |
| P18    | Madeira            | 5B        | 0,0095             | 304,78             | 0,42           | 0,72          | 10,14         | 94,02         | 30,95         | 70            | 270          | 51,11               | 18,51               | 21,52            | 12,66             |
| P18    |                    | 5C        | 0,011              | 267,89             | 0,27           | 0,47          | 11,14         | 75,24         | 30,88         | 70            | 300          | 51,02               | 14,79               | 23,86            | 14,03             |
| P19    |                    | 6A        | 0,0058             | 322,4              | 0,12           | 0,2           | 8,12          | 64,94         | 30,43         | 70            | 170          | 28,85               | 53,05               | 13,85            | 8,15              |
| P19    | Madeira            | 6B        | 0,0199             | 269,43             | 0,44           | 0,77          | 15,5          | 99,77         | 31,88         | 70            | 350          | 41,67               | 9,68                | 32,77            | 19,28             |
| P19    |                    | 6C        | 0,0221             | 261,12             | 0,57           | 0,99          | 16,52         | 105,5         | 31,51         | 80            | 410          | 32,44               | 2,44                | 41,44            | 24,38             |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,0167             | 113,81             | 0,89           | 1,54          | 0,82          | 14,51         | 16,25         | 80            | 80           | 22,35               | 55,88               | 13,96            | 8,21              |

Características das amostras de sedimento coletadas em **outubro de 2011**.

| Pontos | Locais     | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré     |           | 0,01               | 56,67              | 0,04           | 0,070         | 7,7           | 18,04         | 20,16         | 120           | 1090         | 34,9                | 23,2                | 26,4             | 15,5              |
| P2     |            | 1A        | 0,001              | 41,08              | 0,05           | 0,087         | 4,78          | 14,28         | 20,33         | 50            | 170          | 29,39               | 48,3                | 14,8             | 8,71              |
| P2     | Madeira    | 1B        | 0,001              | 52,44              | 0,09           | 0,095         | 7,64          | 12,33         | 16,32         | 60            | 220          | 28,46               | 22,8                | 13,2             | 11,94             |
| P2     |            | 1C        | 0,008              | 40,79              | 0,12           | 0,18          | 6,89          | 24,56         | 18,66         | 50            | 210          | 36,7                | 15,73               | 13,7             | 9,7               |
| P3     | Ribeirão   |           | 0,01               | 12,48              | 0,28           | 0,487         | 0,58          | 2,57          | 16,45         | 50            | 190          | 15,42               | 66,4                | 13,6             | 7,98              |
| P4     | Araras     |           | 0,020              | <0,5               | 0,28           | 0,487         | 1,45          | < 0,05        | 18,75         | 80            | 610          | 16,9                | 38,6                | 28               | 16,5              |
| P5     | Abunã      |           | 0,004              | <0,5               | 0,02           | 0,035         | < 0,05        | 4,69          | 5,38          | 30            | 20           | 7,2                 | 72                  | 13,4             | 7,9               |
| P6     |            | 2A        | 0,0055             | 22,01              | 0,0362         | 0,063         | 9,79          | 9,81          | 19,52         | 50            | 400          | 26,36               | 51,8                | 13,7             | 8,04              |
| P6     | Madeira    | 2B        | 0,006              | 15,3               | 0,02           | 0,035         | 12,86         | 18,32         | 20,23         | 30            | 260          | 28,96               | 47,4                | 14,2             | 8,34              |
| P6     |            | 2C        | 0,020              | 198,86             | 0,530          | 0,922         | 9,39          | 34,77         | 21,22         | 60            | 970          | 24,69               | 5,01                | 45,8             | 26,9              |
| P7     | Simãozinho |           | 0,02               | 341,10             | 0,70           | 1,218         | 12,99         | 34,67         | 21,01         | 50            | 860          | 46,59               | 15,23               | 22,14            | 16,74             |
| P8     | S.Simão    |           | 0,01               | 211,97             | 0,72           | 1,253         | 10,73         | 31,01         | 29,64         | 45            | 831          | 53,57               | 7,99                | 26,51            | 15,63             |

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P9     |                             | 3A        | 0,02               | 185,66             | 0,81           | 1,409         | 10,59         | 40,7          | 21,23         | 130           | 1140         | 17,68               | 9,62                | 44,2             | 26                |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,013              | 137,16             | 0,571          | 0,994         | 10,11         | 50,72         | 21,18         | 140           | 1180         | 36,60               | 18,5                | 31,2             | 18,3              |
| P9     |                             | 3C        | 0,01               | 129,16             | 0,54           | 0,940         | 9,98          | 51,33         | 20,74         | 130           | 1210         | 37,7                | 17,5                | 28,8             | 16,9              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,01               | 100,16             | 0,72           | 1,253         | 4,85          | 42,19         | 20,54         | 90            | 1050         | 31,1                | 39                  | 17,8             | 10,5              |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,02               | <0,5               | 0,54           | 0,940         | 0,56          | 13,04         | 16,08         | 30            | 120          | 13,10               | 41,7                | 28,4             | 16,7              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,020              | <0,5               | 0,28           | 0,487         | 0,7           | 0,57          | 13,88         | 50            | 160          | 22,30               | 48,3                | 21,4             | 12,6              |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,004              | <0,5               | 0,02           | 0,035         | < 0,05        | 2,91          | 13,28         | 70            | 200          | 34,70               | 22,2                | 30,1             | 17,7              |
| P14    |                             | 4A        | 0,02               | 120,86             | 0,82           | 1,427         | 6,79          | 43,62         | 21,7          | 160           | 1170         | 32,01               | 15,6                | 34,5             | 20,3              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,006              | 51,4               | 0,34           | 0,592         | 5,01          | 30,59         | 20,9          | 130           | 630          | 9,75                | 69,6                | 13,5             | 7,96              |
| P14    |                             | 4C        | 0,001              | 40,79              | 0,23           | 0,400         | 4,97          | 29,38         | 20,75         | 130           | 710          | 19,26               | 62,9                | 13,7             | 8,04              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,022              | 51,98              | 1,212          | 2,109         | < 0,05        | 3,58          | 13,91         | 80            | 12           | 18,83               | 57,3                | 16,4             | 9,67              |
| P16    | Caçara                      |           | 0,02               | 165,36             | 0,74           | 1,288         | 9,53          | 59,55         | 21,05         | 160           | 115          | 30,03               | 8,37                | 42,6             | 25,1              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,018              | 112,26             | 0,64           | 1,114         | 7,61          | 45,06         | 21,06         | 140           | 1200         | 30,7                | 10,9                | 36,1             | 21,2              |
| P18    |                             | 5A        | 0,02               | 108,86             | 0,76           | 1,322         | 9,53          | 51,85         | 21,3          | 120           | 1190         | 36,6                | 27,8                | 23,3             | 13,7              |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,001              | 39,06              | 0,30           | 0,522         | 3,96          | 16,74         | 19,85         | 70            | 210          | 45,5                | 26,3                | 17,2             | 10,1              |
| P18    |                             | 5C        | 0,001              | 23,31              | 0,23           | 0,400         | 3,6           | 14,31         | 20,1          | 50            | 160          | 27,8                | 51,6                | 14,1             | 8,3               |
| P19    |                             | 6A        | 0,01               | 86,86              | 0,39           | 0,679         | 6,94          | 32,2          | 21,02         | 100           | 760          | 40,61               | 34,8                | 17,1             | 10                |
| P19    | Madeira                     | 6B        | 0,010              | 75,16              | 0,25           | 0,435         | 9,7           | 35,2          | 20,87         | 90            | 790          | 21,41               | 52,9                | 15,8             | 9,29              |
| P19    |                             | 6C        | 0,013              | 111,86             | 0,481          | 0,837         | 7,83          | 45,47         | 21,44         | 130           | 109          | 42,4                | 23,2                | 23,8             | 14                |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2)          |           | 0,01               | 9,74               | 0,62           | 1,079         | < 0,05        | 2,73          | 7,24          | 30            | 50           | 41,4                | 34,7                | 14,6             | 8,6               |

Características das amostras de sedimento coletadas em janeiro de 2012.

| Pontos | Locais                      | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P1     | Mamoré                      |           | 0,04793            | 51,18              | 1,05           | 1,81          | 17,8          | 52            | 20,74         | 150           | 1230         | 15,62               | 8,18                | 47,9             | 28,2              |
| P2     |                             | 1A        | 0,01047            | 39,79              | 0,2            | 0,35          | 5,22          | 16            | 21            | 69,86         | 279,44       | 12,89               | 71,1                | 13,3             | 7,81              |
| P2     | Madeira                     | 1B        | 0,0084             | <5,0               | 0,22           | 0,38          | 5,51          | 24,67         | 20,08         | 89,29         | 277,78       | 11,74               | 71,9                | 13,2             | 7,76              |
| P2     |                             | 1C        | 0,00769            | <5,0               | 0,08           | 0,13          | 6,93          | 13,72         | 20,79         | 70            | 310          | 11,8                | 64                  | 17,6             | 10,4              |
| P3     | Ribeirão                    |           | 0,0279             | 9,48               | 0,94           | 1,62          | 2,3           | <0,5          | 17,99         | 39,68         | 337,3        | 22,89               | 54,1                | 14,3             | 8,41              |
| P4     | Araras                      |           | 0,0195             | <5,0               | 0,66           | 1,14          | 2,16          | <0,5          | 11,91         | 69,86         | 139,72       | 26,9                | 44,4                | 17,8             | 10,5              |
| P5     | Abunã                       |           | 0,00559            | <5,0               | 0,24           | 0,42          | 0,94          | 4,51          | 10,4          | 39,76         | 29,82        | 9,35                | 71,5                | 13               | 7,65              |
| P6     |                             | 2A        | 0,03569            | 23,4               | 0,71           | 1,23          | 15,82         | 58,15         | 20,82         | 158,73        | 29,76        | 32,5                | 12,9                | 34,7             | 20,4              |
| P6     | Madeira                     | 2B        | 0,0468             | 16,78              | 0,99           | 1,7           | 15,72         | 48,95         | 20,12         | 139,17        | 29,82        | 30,01               | 10,4                | 38,8             | 22,9              |
| P6     |                             | 2C        | 0,04047            | 201,37             | 0,88           | 1,51          | 14,97         | 55,74         | 21,34         | 140,28        | 30,06        | 31,9                | 15,2                | 32,6             | 19,2              |
| P7     | Simãozinho                  |           | 0,04398            | 333,49             | 0,73           | 1,25          | 13,75         | 32,76         | 21,42         | 89,82         | 1187,62      | 22,5                | 35                  | 26,4             | 15,5              |
| P8     | S.Simão                     |           | 0,10283            | 209,85             | 1,77           | 3,05          | 15,57         | 60,43         | 21,55         | 110           | 1280         | 26,4                | 23,7                | 32,9             | 19,4              |
| P9     |                             | 3A        | 0,04615            | 191,18             | 0,81           | 1,39          | 16,42         | 59,55         | 20,86         | 119,52        | 1304,78      | 28,6                | 14,9                | 36               | 21,2              |
| P9     | Madeira                     | 3B        | 0,04748            | 143,87             | 0,96           | 1,65          | 15,67         | 56,15         | 21,19         | 119,52        | 1324,7       | 31,79               | 8,41                | 37,2             | 21,9              |
| P9     |                             | 3C        | 0,04544            | 153,78             | 0,97           | 1,67          | 15,76         | 56,84         | 21,92         | 110           | 1300         | 35,02               | 10                  | 36,6             | 21,5              |
| P10    | Castanho                    |           | 0,0705             | 99,11              | 1,75           | 3             | 12,58         | 3,9           | 21,17         | 79,84         | 1287,43      | 15,7                | 20,1                | 40,7             | 24                |
| P11    | Mutum (MTP1)                |           | 0,02448            | <5,0               | 0,42           | 0,73          | 0,95          | <0,5          | 15,39         | 19,92         | 129,48       | 25,77               | 51                  | 16,4             | 9,63              |
| P12    | Cotia                       |           | 0,04762            | <5,0               | 1,03           | 1,76          | 1,42          | <0,5          | 12,54         | 29,94         | 79,84        | 27,9                | 38,6                | 21,6             | 12,7              |
| P13    | Área alagada do Mutum (MUT) |           | 0,08234            | <5,0               | 1,8            | 3,1           | 3,52          | 34,46         | 15,32         | 70            | 160          | 24,13               | 51                  | 15,2             | 8,97              |
| P14    |                             | 4A        | 0,044              | 119,72             | 0,8            | 1,38          | 15,45         | 56,23         | 21,22         | 129,48        | 1205,18      | 41,3                | 12                  | 28,6             | 16,8              |
| P14    | Madeira                     | 4B        | 0,02163            | 55,79              | 0,27           | 0,46          | 11,28         | 38,66         | 20,72         | 89,82         | 848,3        | 35,6                | 37,3                | 17,4             | 10,3              |
| P14    |                             | 4C        | 0,06007            | 43,78              | 0,77           | 1,33          | 15,15         | 59,42         | 21,54         | 109,78        | 1197,6       | 40,43               | 8,57                | 31,8             | 18,7              |
| P15    | S.Lourenço                  |           | 0,07043            | 49,73              | 1,83           | 3,15          | 8,96          | 2,77          | 21,02         | 70,14         | 1002         | 28,6                | 22,3                | 31,1             | 18,3              |
| P16    | Caiçara                     |           | 0,09719            | 163,19             | 2,5            | 4,3           | 12,58         | 18,57         | 21,16         | 79,68         | 1215,14      | 12,4                | 19,1                | 44               | 25,9              |
| P17    | Jirau                       |           | 0,05692            | 115,78             | 0,98           | 1,69          | 11,6          | 2,11          | 21,22         | 69,86         | 1197,6       | 13,2                | 17                  | 46,8             | 27,5              |
| P18    |                             | 5A        | 0,0426             | 111,27             | 0,71           | 1,23          | 14,19         | 45,06         | 20,69         | 89,82         | 1167,66      | 38,3                | 10,9                | 32,5             | 19,1              |
| P18    | Madeira                     | 5B        | 0,01328            | 41,87              | 0,14           | 0,24          | 7,38          | 27,04         | 20,34         | 40            | 490          | 36,52               | 43,5                | 14,9             | 8,78              |
| P18    |                             | 5C        | 0,01468            | 27,41              | 0,2            | 0,35          | 7,64          | 30,55         | 20,84         | 49,8          | 577,69       | 31,89               | 42,4                | 15,3             | 9,01              |
| P19    |                             | 6A        | 0,05297            | 90,07              | 1,08           | 1,86          | 15,04         | 46,99         | 20,63         | 100           | 1170         | 21,9                | 22,1                | 36,9             | 21,7              |

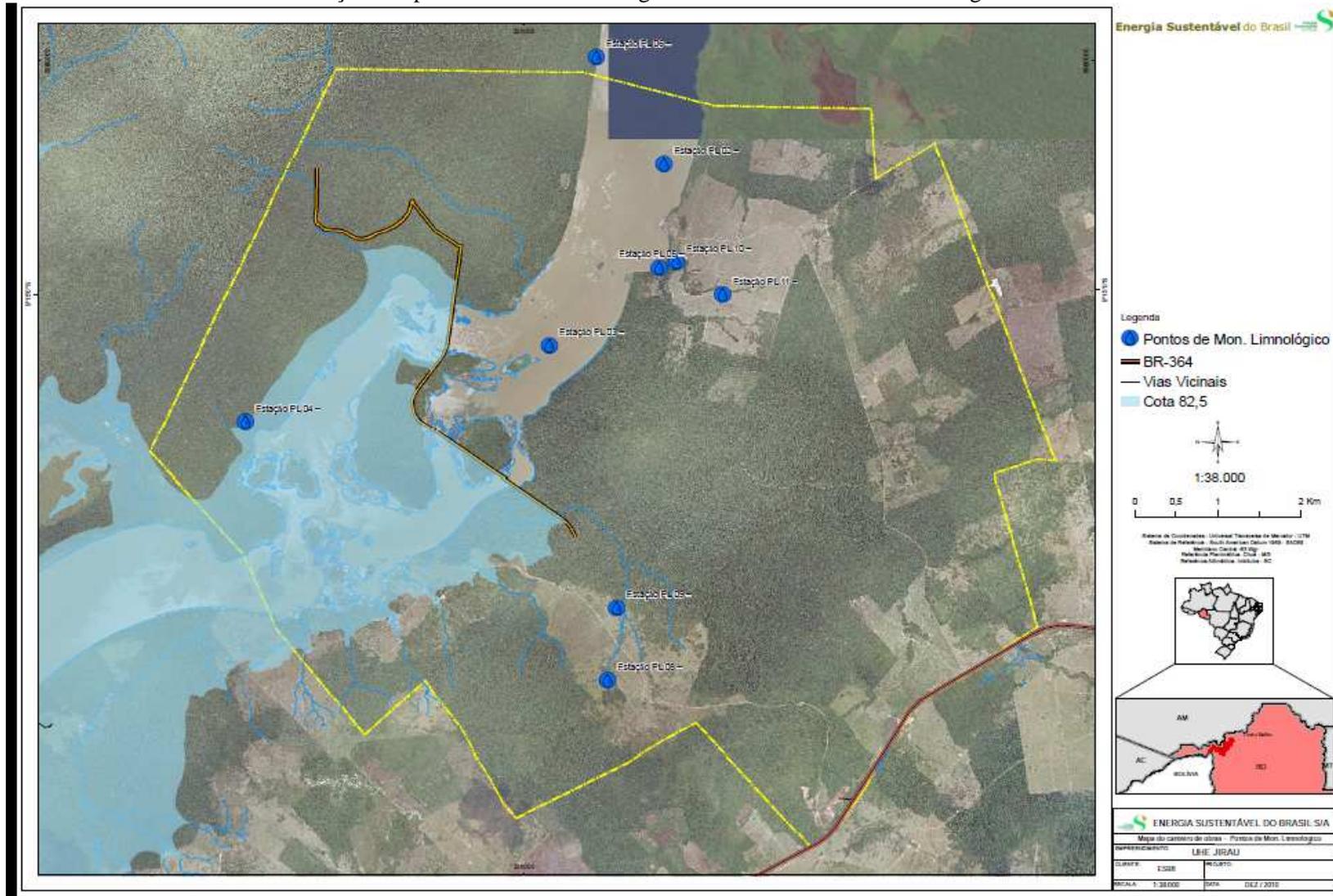
| Pontos | Locais             | Transecto | N-total<br>(% m/m) | P-total<br>(mg/kg) | COT<br>(% m/m) | MO<br>(% m/m) | Ni<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Na<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Areia F.<br>(% m/m) | Areia G.<br>(% m/m) | Silte<br>(% m/m) | Argila<br>(% m/m) |
|--------|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| P19    | Madeira            | 6B        | -                  | -                  | -              | -             | -             | -             | -             | -             | -            | -                   | -                   | -                | -                 |
| P19    |                    | 6C        | -                  | -                  | -              | -             | -             | -             | -             | -             | -            | -                   | -                   | -                | -                 |
| P20    | Foz do Mutum(MTP2) |           | 0,0664             | 10,01              | 1,22           | 2,1           | 1,94          | < 0,5         | 19,06         | 50            | 360          | 25,6                | 39,1                | 24               | 14,1              |

**ANEXO V.** Valores mínimos, máximos, médios e desvio padrão (D.P.) das variáveis físicas e químicas mensuradas entre outubro de 2009 e janeiro de 2012, no sistema de monitoramento em tempo real.

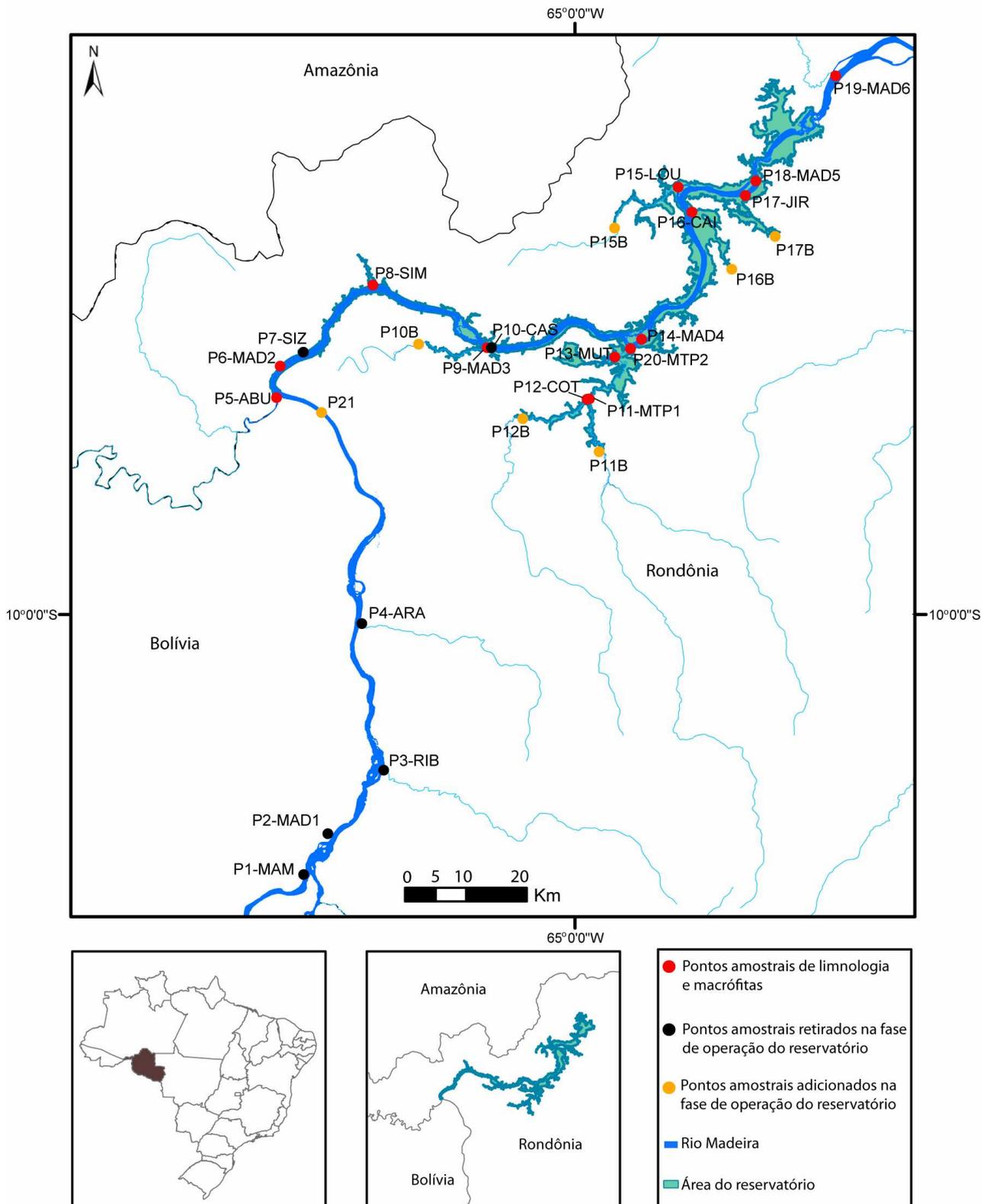
| <b>Variáveis</b>                  | <b>Média</b> | <b>Min.</b> | <b>Max.</b> | <b>D.P.</b> |
|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Outubro/2009</b>               |              |             |             |             |
| Temperatura da água (°C)          | 28,24        | 27,78       | 29,04       | 0,215       |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,89         | 5,85        | 5,91        | 0,011       |
| Saturação de oxigênio (%)         | 82,45        | 82,20       | 82,70       | 0,122       |
| pH                                | 7,37         | 7,16        | 7,71        | 0,119       |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 92,07        | 92,00       | 93,00       | 0,257       |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 57,80        | 57,76       | 58,39       | 0,162       |
| Turbidez (NTU)                    | 177,57       | 176,20      | 183,40      | 0,839       |
| <b>Janeiro/2010</b>               |              |             |             |             |
| Temperatura da água (°C)          | 28,63        | 26,36       | 29,91       | 0,951       |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,58         | 5,04        | 6,00        | 0,240       |
| Saturação de oxigênio (%)         | 82,48        | 80,10       | 84,70       | 1,257       |
| pH                                | 7,34         | 6,93        | 7,88        | 0,227       |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 91,71        | 91,00       | 93,00       | 0,543       |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 57,58        | 57,14       | 58,39       | 0,338       |
| Turbidez (NTU)                    | 870,87       | 162,45      | 1199,67     | 416,32      |
| <b>Abril/2010</b>                 |              |             |             |             |
| Temperatura da água (°C)          | 23,29        | 21,63       | 25,88       | 0,772       |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,24         | 4,82        | 5,69        | 0,188       |
| Saturação de oxigênio (%)         | 80,95        | 79,06       | 82,90       | 0,850       |
| pH                                | 7,20         | 6,77        | 7,77        | 0,192       |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 91,17        | 89,89       | 92,88       | 0,745       |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 57,24        | 56,44       | 58,32       | 0,467       |
| Turbidez (NTU)                    | 1240,57      | 955,20      | 1472,81     | 114,834     |
| <b>Julho/2010</b>                 |              |             |             |             |
| Temperatura da água (°C)          | 27,42        | 26,83       | 27,93       | 0,251       |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,47         | 5,22        | 5,88        | 0,156       |
| Saturação de oxigênio (%)         | 81,63        | 80,08       | 83,26       | 0,760       |
| pH                                | 6,43         | 6,02        | 6,86        | 0,192       |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 92,03        | 91,07       | 92,94       | 0,559       |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 57,78        | 57,18       | 58,35       | 0,351       |
| Turbidez (NTU)                    | 390,41       | 380,82      | 402,02      | 5,662       |
| <b>Outubro/2010</b>               |              |             |             |             |
| Temperatura da água (°C)          | 29,27        | 26,66       | 30,39       | 1,082       |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 4,49         | 3,86        | 6,34        | 0,712       |
| Saturação de oxigênio (%)         | 81,63        | 80,48       | 83,18       | 0,775       |
| pH                                | 7,17         | 6,88        | 7,97        | 0,206       |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 132,07       | 90,24       | 154,66      | 23,568      |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 82,93        | 56,66       | 97,11       | 14,798      |

|                                   |         |        |         |        |
|-----------------------------------|---------|--------|---------|--------|
| Turbidez (NTU)                    | 298,96  | 102,26 | 400,12  | 66,941 |
| <b>Janeiro/2011</b>               |         |        |         |        |
| Temperatura da água (°C)          | 27,80   | 18,11  | 28,39   | 0,509  |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,78    | 5,38   | 6,13    | 0,218  |
| Saturação de oxigênio (%)         | 81,75   | 80,49  | 83,18   | 0,752  |
| pH                                | 7,09    | 6,92   | 7,27    | 0,087  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 91,37   | 89,16  | 93,81   | 1,365  |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 57,37   | 55,98  | 58,90   | 0,857  |
| Turbidez (NTU)                    | 1081,80 | 910,31 | 1402,05 | 202,84 |
| <b>Abril/2011</b>                 |         |        |         |        |
| Temperatura da água (°C)          | 26,05   | 25,39  | 26,42   | 0,191  |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,75    | 5,38   | 6,12    | 0,226  |
| Saturação de oxigênio (%)         | 81,79   | 80,25  | 83,62   | 1,039  |
| pH                                | 6,77    | 6,51   | 7,01    | 0,126  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 59,38   | 58,74  | 60,04   | 0,376  |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 37,28   | 36,88  | 37,70   | 0,236  |
| Turbidez (NTU)                    | 650,07  | 639,88 | 661,11  | 6,357  |
| <b>Julho/2011</b>                 |         |        |         |        |
| Temperatura da água (°C)          | 25,92   | 25,63  | 26,29   | 0,157  |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 5,79    | 5,39   | 6,12    | 0,209  |
| Saturação de oxigênio (%)         | 81,86   | 80,29  | 83,61   | 0,967  |
| pH                                | 6,77    | 6,50   | 7,01    | 0,122  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 59,42   | 58,74  | 60,05   | 0,371  |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 37,29   | 36,89  | 38,00   | 0,328  |
| Turbidez (NTU)                    | 924,17  | 799,82 | 1045,06 | 61,769 |
| <b>Outubro/2011</b>               |         |        |         |        |
| Temperatura da água (°C)          | 27,07   | 25,08  | 28,85   | 1,037  |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 6,92    | 6,11   | 7,99    | 0,331  |
| Saturação de oxigênio (%)         |         |        |         |        |
| pH                                | 6,76    | 6,11   | 7,15    | 0,176  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 99,81   | 96,00  | 103,30  | 1,201  |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 62,24   | 58,00  | 68,00   | 1,564  |
| Turbidez (NTU)                    | 193,40  | 166,70 | 203,00  | 5,107  |
| <b>Janeiro/2012</b>               |         |        |         |        |
| Temperatura da água (°C)          | 27,16   | 25,02  | 28,99   | 1,004  |
| Oxigênio dissolvido (mg/L)        | 6,88    | 6,20   | 7,60    | 0,401  |
| Saturação de oxigênio (%)         |         |        |         |        |
| pH                                | 6,78    | 6,60   | 6,96    | 0,104  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)    | 98,46   | 94,00  | 103,00  | 2,596  |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 62,98   | 61,00  | 65,00   | 1,198  |
| Turbidez (NTU)                    | 295,07  | 289,33 | 300,46  | 3,158  |

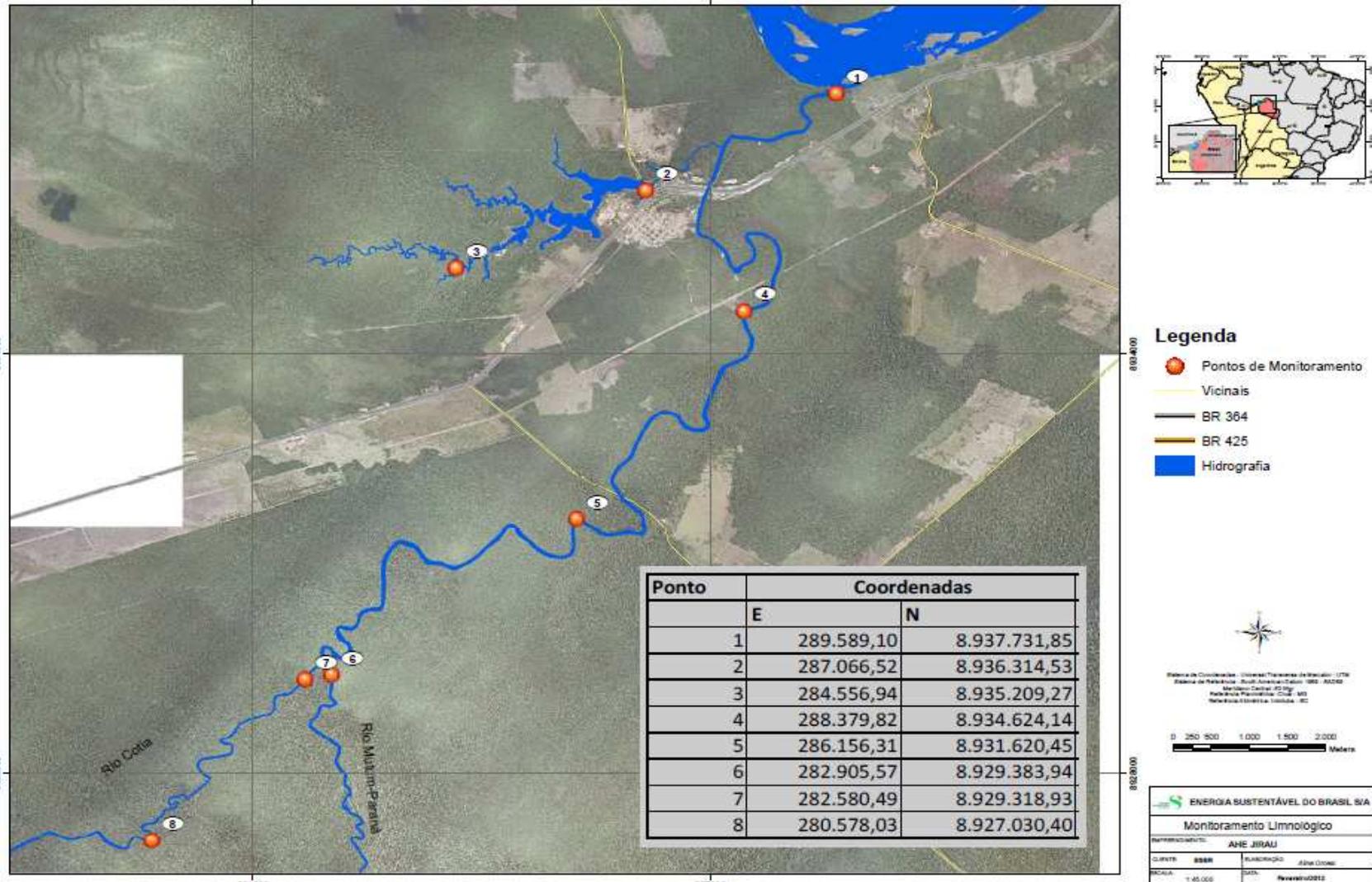
ANEXO VI. Localização dos pontos de coleta do Programa de Monitoramento Limnológico no Canteiro de Obras.



**ANEXO VII.** Modificação (sugerida no item 8 -“Atividades Futuras”) da malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico, durante a fase de operação do reservatório. Com o objetivo de otimizar a malha amostral atual, alguns pontos foram retirados e outros adicionados.



**ANEXO VIII.** Pontos de monitoramento localizados no rio Cotia e rio Mutum Paraná.



*Juliana Machado do Couto Curti*

---

**Biól. MSc. Juliana Machado do Couto Curti**  
**Diretora Técnica**  
**CRBio n° 30921/D**  
**CTF/IBAMA 518647**

**Life Projetos Limnológicos**  
**[www.lifelimnologia.com.br](http://www.lifelimnologia.com.br)**

Fone/Fax: (62) 3223 1530

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

