

## ÍNDICE

6 - Conclusões.....	1/8
---------------------	-----



## 6 - CONCLUSÕES

Em síntese, as seguintes considerações podem ser feitas acerca das condições limnológicas do rio Madeira, tributários e do lago Cuniã, a partir dos resultados obtidos na campanha de julho de 2014 (período de vazante do rio Madeira) do Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas da UHE Santo Antônio no rio Madeira:

### Variáveis abióticas

- Coluna d'água

Os perfis de temperatura indicaram uniformidade térmica nas estações do rio Madeira durante esse período de enchente. Nos tributários, especialmente naqueles situados a montante do reservatório, bem como no lago Cuniã, houve estabelecimento de estratos com temperatura diferente, com águas mais quentes na superfície.

Nas estações de montante da calha central do rio Madeira, os valores de turbidez foram geralmente mais elevados no fundo.

Em relação ao oxigênio dissolvido, foi observada pouca variação vertical nas estações do rio Madeira, apesar da discreta tendência de aumento em direção ao fundo. As concentrações de OD foram sempre superiores a 5 mg/L e houve um aumento das concentrações de OD a jusante em virtude da passagem da água pelos vertedouros. Já nos tributários remansados pelo reservatório (principalmente CEA.01 e JAT I.01), houve estratificação vertical clássica do oxigênio, com perfil clinogrado. Os resultados encontrados não indicaram nenhum efeito da criação do reservatório sobre a temperatura, o oxigênio dissolvido e nenhuma outra variável do lago Cuniã. A DBO manteve-se baixa em todos os sistemas avaliados.

As concentrações de fósforo total foram bastante maiores nas estações do rio Madeira, que é naturalmente mais rico em fósforo.

A análise de componentes principais (ACP) não indicou distinção entre as estações de montante e jusante do rio Madeira, reforçando que a criação do reservatório pouco impactou as características limnológicas na calha central. Quanto aos tributários, mesmo aqueles que foram remansados após o barramento continuaram a ter características distintas das do rio Madeira. As

estações BEL e JAT II, situadas a jusante, diferiram bastante das demais, principalmente devido aos valores mais elevados de coliformes e DBO.

#### ▪ Sedimento

Em relação à granulometria do sedimento no período de vazante de 2014, houve um predomínio de fração mais fina, com maior proporção de silte, seguida de areia muito fina, principalmente no sedimento do rio Madeira. Nos tributários a dinâmica foi semelhante, entretanto pode ser observada maior heterogeneidade nas frações encontradas. Em relação à matéria orgânica, os resultados permitem caracterizar o sedimento de todas as estações como mineral, com teor de matéria orgânica inferior a 10% (Esteves, 1998).

Não houve diferença significativa entre os períodos de vazante das diferentes fases do empreendimento indicando inexistência de diferença significativa na maior parte dos casos. As únicas exceções foram o cobre e zinco nos tributários com maiores valores no período de enchimento em relação ao pós-enchimento.

Conforme observado durante as fases de pré-enchimento e enchimento/estabilização, os valores estiveram de acordo com os limites de alerta especificados na Resolução CONAMA nº 454/2012, nos referidos ambientes.

#### Variáveis bióticas

##### ▪ Fitoplâncton

No conjunto total de dados no mês de julho de 2014 foram registrados 295 táxons, distribuídos em dez classes taxonômicas (46 cianobactérias, 14 criptofíceas, 6 dinoflagelados, 41 crisofíceas, 04 xantofíceas, 29 diatomáceas, 03 rafidofíceas, 24 euglenóides, 113 clorofíceas e 19 zignematofíceas). Ao todo, foram registrados, no rio Madeira, nos tributários e no lago Cuniã, 62, 154 e 45 táxons, respectivamente.

As clorofíceas e as cianobactérias apresentaram a maior contribuição entre os táxons, no conjunto total dos dados (38% e 16%, respectivamente). A densidade e biovolume fitoplanctônicos foram mais variáveis e em geral, mais elevados, nos tributários se comparados aos valores registrados no rio Madeira. Cianobactérias, clorofíceas e crisofíceas foram as classes presentes em todas as amostras. Diferente de quando expressa em densidade, a contribuição de diatomáceas

e de euglenóides, quando expressa em biovolume, é bem maior, dado o grande tamanho das espécies representantes dessas classes. Quanto ao biovolume fitoplanctônico nos tributários, a contribuição de cianobactérias e clorofíceas foi menor do que quando expressa em densidade devido i) numerosas colônias de células pequenas ( $\sim 1,0 \mu\text{m}$ ) e ii) pouca abundância de células individuais também pequenas;

Houve uma baixa homogeneidade longitudinal no rio Madeira, durante o período de vazante. Já entre as estações dos tributários, o intercâmbio (38%) se assemelha ao registrado no período anterior (águas altas - beta diversidade de 39%), muito provavelmente devido à hidrodinâmica e às condições ambientais locais na seleção das espécies. O intercâmbio de espécies entre os três sistemas foi bastante semelhante durante este período de vazante, sendo apenas superficialmente maior entre o rio Madeira e seus tributários (RM x T = 32%; RM x LC = 43% e T x LC = 36%).

A curva de espécies acumuladas mostrou que em nenhum dos três sistemas a amostragem foi suficiente para atingir o número total de espécies da comunidade (curvas em ascensão sem se aproximar da estabilidade). Como em resultados anteriores, tendo por base um mesmo esforço amostral, o número total de espécies acumuladas no rio Madeira foi menor do que nos tributários e nos lagos e canais.

Testes estatísticos evidenciaram que diferenças no biovolume total da comunidade fitoplanctônica ocorreram no rio Madeira e nos tributários, sendo que apenas no segundo a tendência foi de aumento. No rio Madeira, não houveram diferenças significativas nem na riqueza e nem na diversidade entre as fases do empreendimento nos períodos de vazante. Por sua vez, nos tributários, houve um aumento significativo na riqueza e diversidade. No lago Cuniã, não puderam ser feitas comparações estatísticas desses parâmetros entre as fases do empreendimento devido ao baixo número de amostras no período pós-enchimento, embora haja uma tendência de aumento em todos esses parâmetros. Nestes sistemas, foi registrada elevada diversidade.

Ao longo deste período de vazante foram poucas as estações de amostragens que registraram elevadas contribuições de cianobactérias, sendo estas representadas principalmente por espécies que não apresentam potencial tóxico.

De forma geral, os períodos de vazante do rio Madeira mostraram-se bastante variáveis ano após ano, mesmo após o enchimento, tendo sido a comunidade dos períodos de vazante avaliados agrupados em função de cada campanha. A comunidade fitoplanctônica no rio Madeira está fortemente adaptada ao escoamento hidráulico contínuo característico de cada período hidrológico, resistindo às mudanças físicas. Por sua vez, observa-se uma similaridade maior entre as amostras dos tributários, diferentemente do que vinha sendo registrado antes do enchimento, para o período de vazante. Em suma, os períodos de vazante mostraram um padrão de baixos valores nos parâmetros fitoplanctônicos, com aumento da contribuição das principais classes taxonômicas no rio Madeira e nos tributários, mas não refletindo no biovolume total do rio Madeira e nem na riqueza de espécies e na diversidade nos tributários. Dessa forma, parece que a integridade ecológica dos sistemas em questão, inseridos na área de influência da UHE Santo Antônio, tem sido mantida durante os períodos de vazante. Isso é mais claro para a comunidade fitoplanctônica do rio Madeira e menos evidente nos tributários.

#### ▪ Zooplâncton

O inventário taxonômico dos invertebrados zooplanctônicos no rio Madeira realizado no mês de julho de 2014 evidencia uma comunidade de elevada riqueza de espécies, principalmente nos tributários, constituída em sua maioria por espécies típicas de regiões tropicais e de ampla distribuição geográfica. Nos três sistemas avaliados (rio Madeira, tributários e no Lago Cuniã) a importância dos principais grupos taxonômicos em relação ao componente riqueza para a diversidade do sistema regional foi, em geral, maior pelos Rotifera, seguido por Cladocera, e Copepoda.

A contribuição relativa em termos de densidade numérica variou bastante entre os pontos amostrados, no entanto, foram registrados maiores valores para os grupos Rotifera e Copepoda. Em julho de 2014, os Copepoda e Rotifera tiveram relevante contribuição para a biomassa no rio Madeira, nos tributários e lago Cuniã, provavelmente, devido ao maior tamanho corporal dos primeiros em relação aos demais grupos, aliado às altas densidades numéricas de Rotifera nos pontos amostrados.

A diversidade foi mais elevada nos tributários quando comparada àquela do rio Madeira. A diversidade alfa é elevada, mas difere entre os sistemas, sendo: tributários > rio Madeira > lago Cuniã.

A diversidade beta (entre os sistemas) evidenciou que os sistemas rio Madeira e lago Cuniã foram mais heterogêneos entre si e maior homogeneidade foi registrada entre os sistemas rio Madeira e tributários. A diversidade gama se mantém relativamente elevada na região estudada, característica dos sistemas tropicais amazônicos.

Os tributários detêm a maior riqueza de espécies, evidenciado pela curva de rarefação, enquanto a riqueza do rio Madeira é a menor. A menor turbulência da água nos tributários pode estar possibilitando a sobrevivência e o desenvolvimento de um maior número de espécies zooplanctônicas.

- Invertebrados Bentônicos

Na campanha de julho de 2014 foram registrados 30 táxons na comunidade bentônica na área de influência do reservatório da UHE Santo Antônio do rio Madeira. A classe Insecta foi a mais numerosa, com predominância da família Chironomidae, como já havia ocorrido nas campanhas anteriores.

O maior valor da riqueza taxonômica foi registrado nos tributários foi na estação CAR e no rio Madeira na estação JUS.02. Por sua vez, na estação CEA.01 (Tributários) foi registrado o maior valor da densidade de organismos. Esta maior densidade se deve a contribuição da família Chaoboridae (Diptera).

Registrou-se uma baixa diversidade, enunciada pelo índice de Shannon, em todas as estações de amostragem. Porém, as estações de amostragem apresentaram altos valores do índice de equitabilidade e baixos valores do índice de dominância, o que indica que a abundância dos organismos está relativamente bem distribuída entre as espécies registradas.

Através das curvas de rarefação, tanto do rio Madeira quanto dos tributários, é possível notar que ainda poderá ocorrer novas espécies, uma vez que as mesmas ainda não estabilizaram. Tendo por base um mesmo esforço amostral, observa-se também a ocorrência de uma maior diversidade nas estações dos tributários do que no rio Madeira.

Em relação aos grupos tróficos, os coletores e predadores continuam sendo os dominantes. Entre os EPTs foi registrada, apesar da pouca abundância, a ocorrência de novos táxons (*Campsurus* e *Aturbina* - Ephemeroptera e *Cernotina* - Trichoptera).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrou que Trichoptera, Ephemeroptera e Naididae associaram-se positivamente com as estações do rio Madeira e com as concentrações de ferro (Fe) e arsênio (As). E que Chaoboridae e Ceratopogonidae associaram as concentrações de bário (Ba) e com argila, nas estações dos Tributários.

Ao comparar as fases do empreendimento durante os períodos de vazante, nota-se quem, tanto no rio Madeira quanto nos tributários, não houve diferenças significativas entre os valores dos índices de diversidade, riqueza taxonômica e densidade, o que sugere que, tanto a dinâmica quanto os patamares de produtividade da comunidade bentônica permanecem semelhantes ao que era registrado nos sistemas.

- Macrófitas Aquáticas

A riqueza das comunidades de macrófitas aquáticas no rio Madeira durante a campanha de julho de 2014 foi considerada baixa (7 táxons), quando comparada com outras campanhas anteriores a esta, mas foi comparável a campanha de vazante de 2013, ambas representativas da fase de Operação. Vale destacar que não houve ocorrência de macrófitas nos sistemas tributários e lago Cuniã neste período de vazante de 2014.

A diversidade específica foi considerada baixa para o sistema avaliado (rio Madeira), padrão semelhante às demais campanhas realizadas em anos anteriores.

A espécie *Salvinia minima* ocorreu em alta densidade na estação MON.03 em julho de 2014. Vale destacar também a densidade registrada para a espécie *Eichhornia crassipes* (MON.03 e MON.02) e *Pontederia rotundifolia* (MON.01), esta última dominante nesta estação. Com relação à biomassa e ao grau de dominância das macrófitas em julho de 2014, pode-se concluir que as biomassas das espécies *Pontederia rotundifolia* e *Eichhornia crassipes* foram consideradas altas e precisam ser monitoradas constantemente, uma vez que essas espécies foram classificadas em termos de dominância nesta campanha como abundantes/pouco abundantes. Atenção especial deve ser dada a dominância de *Pontederia rotundifolia* e, principalmente, *Eichhornia crassipes*.



Os parâmetros descritores da dinâmica da comunidade (densidade, a riqueza, a diversidade e a biomassa) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as fases do empreendimento nos sistema amostrado (rio Madeira, tributários e lagos e canais) no período de vazante entre 2009 e 2014, exceto para a densidade no lago Cuniã, o que provavelmente não está associado a operação da UHE Santo Antônio. A não ocorrência de diferenças na densidade, na riqueza, na diversidade e na biomassa no rio Madeira indicou pouca influência das alterações hidrodinâmicas advindas do empreendimento em aspectos como a produtividade e diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas.

A composição das macrófitas aquáticas registradas nos três sistemas indicaram que no período de vazante durante a operação, a composição do rio Madeira tendeu a se assimilar a dos lagos e canais; por sua vez a composição dos tributários tendeu a divergir das fases anteriores e dos demais sistemas após o enchimento.

- Monitoramento em tempo real

Para o período de maio a agosto de 2014 não foi observada diferenças expressivas entre as estações de montante e jusante, para as variáveis condutividade e sólidos dissolvidos. A temperatura superficial da água apresentou uma tendência a decrescer ao longo do período considerado nesta avaliação, porém um padrão nictemeral mais definido, com aquecimento durante o dia e arrefecimento durante a noite; na estação de jusante, não houve variações consideráveis, o que pode estar associado a uma maior mistura da coluna d'água após a passagem pelos vertedouros e pelas turbinas, definindo um padrão típico de rios caudalosos.

Com exceção de um curto período no final do mês de julho, as concentrações de oxigênio foram sempre maiores a jusante do eixo da barragem, visto que após o barramento, ocorre aeração da coluna d'água nesta região devido ao regime turbulento da água após passagem pelos vertedouros, mantendo-se sempre acima do limite de 5 mg/L definido pela Resolução CONAMA 357/2005. O oxigênio dissolvido tendeu a aumentar ao longo do período avaliado - de águas altas para águas baixas - o que está associado a dinâmica de aporte de compostos orgânicos da bacia de drenagem e sua decomposição no rio Madeira (maior na cheia), padrão que vem sendo observado desde antes do enchimento. Isso é perceptível pelos valores de oxigênio a montante, uma vez que após passagem pelos vertedouros a concentração tende a ser mantida semelhante ao longo de todo o período, em geral com valores mais elevados.

Em relação ao pH, observa-se um padrão mais definido de variação a montante, com indícios de variação nictemeral de maneira semelhante a temperatura, o que começou a ser observado após a criação do reservatório. Por sua vez, a jusante, não houveram variações consideráveis. As diferenças encontradas entre montante e jusante.

A análise temporal dos dados, é possível observar que a turbidez alcançou valores da ordem de 250 NTU, fruto de eventos esporádicos de aumentos nos valores (repiquetes), estando acima do limite de 100 NTU - mais comumente observado para a estação de jusante do que de montante - preconizado para corpos de água doce da classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, condição típica das águas túrbidas do rio Madeira.