

## **Caracterização limnológica de dois ambientes de área de inundação do rio Paraguai, Pantanal de Mato Grosso do Sul, com ênfase no fenômeno da ‘decoada’**

Maria Helena da Silva Andrade<sup>1</sup>

Ana Lúcia Brandimarte<sup>2</sup>

Débora Fernandes Calheiros<sup>3</sup>

Leandro Tambosi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS  
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia - FAENG  
Cidade Universitária, s/nº - Caixa Postal 549 – Cidade Universitária  
79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil  
helena.andrade@ufms.br

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo - USP  
Instituto de Biociências - IB  
Rua do Matão, 321 - Travessa 14, Cidade Universitária  
05508-090 - São Paulo – SP, Brasil  
{anabrand, letambosi}@ib.usp.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Instituto de Ciências Humanas e Sociais - ICHS  
Departamento de Geografia  
Av. Fernando Correa da Costa, 2367 - Boa Esperança  
78075-060 - Cuiabá - MT, Brasil  
calheirosdebora@gmail.com

**Resumo.** Este estudo temo objetivo de contribuir para melhor compreensão do fenômeno da ‘decoada’, o termo local para a alteração sazonal dos parâmetros limnológicos, inclusive a depleção de oxigênio dissolvido que pode causar mortandades de peixes, no Pantanal de MS/Brasil. Foram estudados dois corpos de água adjacentes ao rio Paraguai (Baía Tuiuiú e ‘Bracinho’) ao longo de um ciclo hidrológico (abril/2008 a fevereiro/2009). O plano de coleta foi elaborado utilizando ferramentas de GIS. Em cada ambiente a ser estudado foi criada uma grade de 02 por 12 células quadradas de 70 metros de lado que foi posicionada no centro do corpo de água para permitir e garantir a realização das coletas tanto nas estações de enchente/cheia quanto nas de vazante/seca. A cada coleta bimestral procedeu-se um sorteio de dez pontos amostrais. As variáveis medidas nas amostras foram ordenadas através de uma PCA para cada ambiente e observou-se que houve influência do pulso de inundação sobre as variáveis limnológicas e que estas apresentam valores particulares durante a ocorrência do fenômeno da ‘decoada’.

**Palavras-chave:** planície de inundação, decoada, dequada, mortandades de peixes, Pantanal, limnologia

**Abstract.** This study aimed to contribute to better understanding of the phenomenon of ‘decoada’, the local term for the seasonal alteration of limnological parameters, including depletion of dissolved oxygen that can cause fish kills, in the Pantanal (Mato Grosso do Sul, Brazil). Two bodies of water adjacent to the Paraguay river (Baía Tuiuiú and ‘Bracinho’) were studied over a hydrological cycle (April 2008 to February 2009). The collection plan was prepared using GIS tools. In each environment to be studied we created a grid of 2 by 12 square cells of 70 meters from the side that was positioned in the center of the body of water to guide the sampling in both flood phase as well as in the drainage and low-water phases. Each bimonthly sampling included ten sample points. The limnological variables measured in the samples were ordinate using a PCA for each environment. We noted an influence of the flood pulse on limnological variables and show that changes are particularly marked during the occurrence of the ‘decoada’.

**Key-words:** floodplain, decoada, dequada, fish kills, Pantanal, limnology

## 1. Introdução

O ciclo anual de cheia e seca é o fenômeno ecológico mais importante da planície de inundação de um rio, pois controla sua estrutura e funcionamento, desempenhando papel preponderante na ciclagem de nutrientes e disponibilidade de água, proporcionando um ambiente altamente produtivo para macrófitas aquáticas, algas, bactérias, protozoários, invertebrados e peixes (Junk et al., 1989; Resende, 2006).

De fato, a sazonalidade de cheias e secas, o chamado “pulso de inundação” (Junk et al., 1989) anuais e plurianuais é, para Calheiros & Ferreira (1997), um dos fatores que rege a biodiversidade do Pantanal, uma vez que ora favorece as espécies animais e vegetais relacionadas à fase de seca, ora favorece as espécies relacionadas à fase de cheia. Além disto, em função do regime hidrológico anual, podem ser observadas alterações nos parâmetros limnológicos, denominadas pela população local como ‘decoada’ (ou ‘dequada’).

Considerado um fenômeno natural, acontece principalmente no início da fase hidrológica de enchente, quando as águas de inundação decorrentes das chuvas nas cabeceiras dos rios da bacia pantaneira invadem os campos e áreas de planície, entrando em contato com a massa orgânica terrestre originária no período de seca do ano anterior.

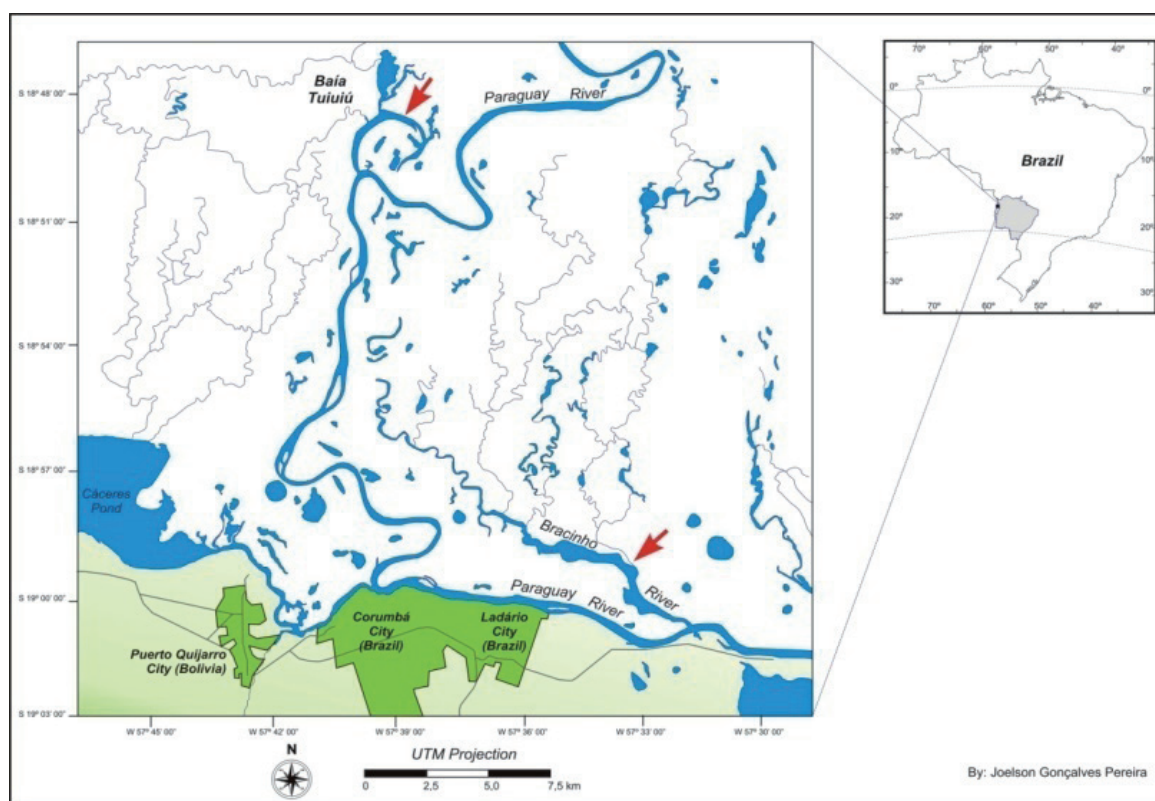
A ‘decoada’ caracteriza-se por apresentar água com tonalidade de chá, devido a compostos orgânicos dissolvidos provenientes da decomposição da matéria orgânica, além da elevação dos valores de condutividade elétrica, alcalinidade e gás carbônico, diminuição dos valores de oxigênio (com valores inferiores ou próximos a  $1,0\text{mg/l}^{-1}$ ) e pequena diminuição dos valores de pH e de transparência por disco de Secchi (Calheiros & Ferreira, 1997).

É um fenômeno que precisa ser investigado mais detalhadamente e que, dependendo da sua magnitude, pode provocar a morte de centenas de toneladas de peixes (**Figura 2**) pela alteração da qualidade da água (Resende et al., 1990), ocorrendo no início da enchente em toda a área de inundação dos grandes rios da Bacia do Alto Paraguai, principalmente nos eixos dos rios Paraguai e Cuiabá (Calheiros et al., 2000; Oliveira & Calheiros, 2000; Calheiros & Hamilton, 1998; Hamilton et al., 1997; Calheiros & Ferreira, 1997).

Objetivando contribuir para o entendimento da influência da ‘decoada’ na estrutura e dinâmica da biota aquática e como uma característica distintiva do funcionamento do ecossistema Pantanal, realizou-se uma caracterização limnológica de dois corpos de água adjacentes ao rio Paraguai (Baía Tuiuiú e ‘Bracinho’) ao longo de um ciclo hidrológico, enfatizando as alterações provocadas pela ‘decoada’, por ocasião da subida das águas.

## 2. Material e Métodos

A escolha das duas áreas de estudo, dois corpos de água adjacentes ao rio Paraguai (Baía Tuiuiú e ‘Bracinho’), ao longo de um ciclo hidrológico, baseou-se no fato de que, em maior ou menor grau, o fenômeno da ‘decoada’ é observado nesses corpos de água todos os anos, o que não acontece em todas as áreas do Pantanal, de maneira homogênea e com a mesma magnitude. A quantidade de chuvas nas cabeceiras dos rios e, conseqüentemente, o nível alcançado, a duração e a velocidade de subida das águas são fatores importantes para determinar a expressividade do fenômeno. Neste sentido, consultas a experientes pescadores locais e a pesquisadores do ecossistema Pantanal foram fundamentais para a definição dos locais a serem estudados (**Figura 1**).



**Figura 1.** Áreas de estudo, localizadas por setas, com destaque para planície de inundação e os canais de drenagem naturais, Corumbá/Brasil.

### Baía Tuiuiú

A Baía Tuiuiú é um meandro abandonado do rio Paraguai, principal rio do Pantanal. Esteves (1998) menciona que esses corpos de água são geralmente denominados “Lago de Ferradura”, sendo formado pelo isolamento do meandro através de processos erosivos e de sedimentação das margens do rio.

Localmente, estes corpos de água, permanentes ou temporários e que podem ou não manter sua conectividade com o rio durante a fase de seca, são denominados “Baías”. São também chamados de “lagoas marginais” por serem característicos de áreas de inundação de rios, sendo comuns em várias regiões do Pantanal.

Localiza-se à montante da cidade de Corumbá, Mato Grosso do Sul e possui, aproximadamente, 6,5 km de extensão. Próxima à linha de fronteira entre o Brasil e a Bolívia (21k 0430268 / 7919547 UTM), possui forma circular e é caracterizada por ter, a Oeste, a vegetação ciliar bem

preservada e, a Leste, extenso banco de macrófitas aquáticas. É um corpo de água que mantém sua conectividade com o rio Paraguai, mesmo no período de águas baixas. Com relação ao fluxo da água, a baía comporta-se como um ambiente semi-lótico, podendo, dependendo da fase hidrológica em que se encontra o sistema, ter a direção do fluxo de água alterado, ora no sentido do rio para a lagoa (enchente), ora o contrário (vazante).

### **‘Bracinho’**

A denominação ‘Bracinho’, nome dado ao outro corpo de água estudado, denuncia a sua natureza: trata-se de um ‘braço’ do rio Paraguai e possui, aproximadamente, 29 km de extensão (21k 0441337 / 7900517 UTM). Em sua parte superior, mais estreita, ao norte da cidade de Corumbá, pode permanecer quase que inteiramente tomado por macrófitas aquáticas em boa parte do ano. Apresenta, quanto ao fluxo, características de ambiente lótico, particularmente nos períodos de vazante, sendo responsável pela saída de uma grande quantidade de água da planície de inundação situada a montante, através de canais de drenagem.

Em cada um dos dois ambientes estudados foram estabelecidos, com o uso de balizas, pontos de referência junto aos quais foram anotadas as coordenadas geográficas por meio de um GPS (Garmin® GPS 12 Personal Navigator®).

O plano de coleta foi elaborado utilizando ferramentas de GIS. A partir das coordenadas geográficas das balizas foi criada uma grade de 02 por 12 células quadradas próximas aos canais de drenagem naturais das planícies de inundação. Com o uso de imagens LANDSAT 7-TM de junho de 2007 (órbita/ponto 227/73) a grade foi posicionada no centro do corpo de água para garantir a realização das coletas tanto nas estações de enchente/cheia quanto nas de vazante/seca, evitando assim as regiões próximas às margens e sujeitas à grande variação do nível do estado de inundação ao longo do ano (**Figura 2**).

As coordenadas geográficas do centróide de cada célula foram utilizadas para localização dos pontos de coleta em campo. Cada célula da grade possuía 70 metros de lado evitando a sobreposição de pontos de coleta devido a possíveis erros de localização do GPS (**Figura 2**).

A partir da concepção das grades, idênticas para cada ambiente, foi realizado um sorteio de dez dentre as vinte e quatro células de cada grade para a realização das coletas. A cada época de coleta, realizou-se um novo sorteio dos pontos amostrais, sendo que os pontos sorteados em coletas anteriores faziam parte, novamente, do universo amostral. Com o auxílio do GPS, localizavam-se as coordenadas dos centroides das células para realização das coletas em campo.

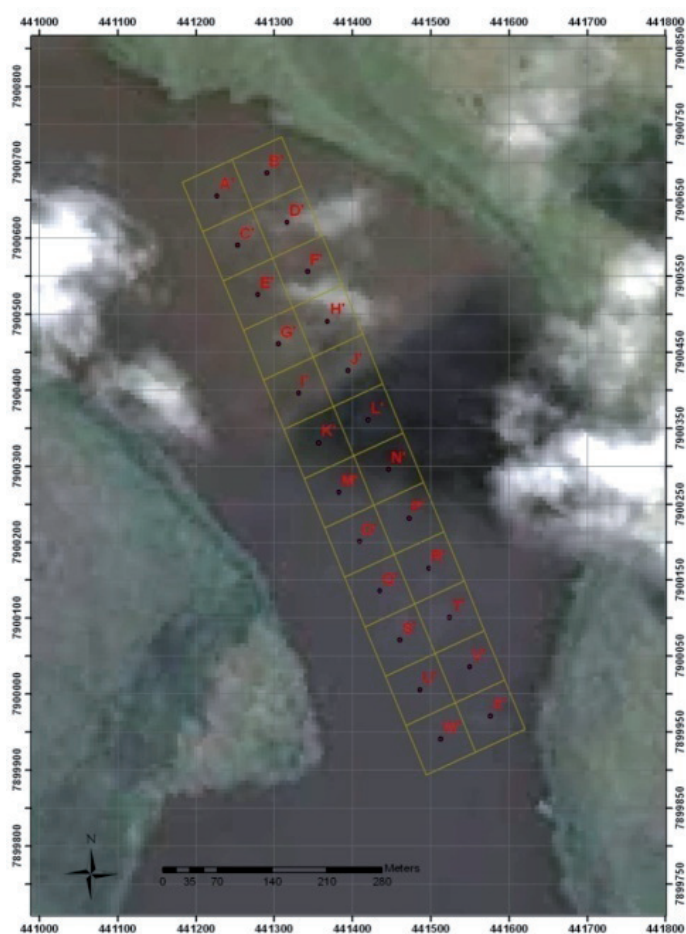
Optou-se pela adoção de grades fixas para garantir a repetição da coleta nos mesmos locais das áreas estudadas, permitindo a análise da evolução temporal dos parâmetros limnológicos, e evitando a inserção de variações dos parâmetros devido a mudanças na localização dos pontos de coleta.

As coletas foram bimestrais e realizadas nos meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2008 e fevereiro de 2009, sempre no período matutino, entre 07h e 12h. A ‘decoada’, especificamente neste ano hidrológico, ocorreu no mês de abril/2008 (fase de enchente), embora pescadores locais tenham relatado que um fenômeno de menor magnitude, “uma massa de água podre”, fora observada em agosto (fase de vazante) na Baía Tuiuiú.

Retirou-se, de cada ponto sorteado, uma unidade amostral de sedimento de fundo para análise granulométrica para determinar as frações de matéria orgânica, silte, areia e argila. Para tanto, foi utilizado um pegador tipo Petersen (modificado), com volume de 03 litros e área de 0,0345 m<sup>2</sup>. A análise de granulometria seguiu o método descrito no Manual de Análise de Solos da Embrapa (Embrapa, 1997).

Amostras de água foram coletadas por meio de garrafa de Van Dorn a meio metro acima da profundidade total do local e, *in situ*, foram medidos valores de profundidade (m) (profundímetro Speed tech Instruments), velocidade da água (m/s) (fluxômetro Marsh-McBirney Flo-Mate model 2000), transparência da água (m) (Disco de Secchi) e valores de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}^{-1}$ ), com o auxílio de potenciômetros portáteis YSI, devidamente calibrados.

No Laboratório de Limnologia da EMBRAPA Pantanal/Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, foram determinados os valores de  $\text{CO}_2$  livre ( $\text{mg}/\text{L}^{-1}$ ), clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ), alcalinidade ( $\text{meq}/\text{L}$ ), nitrogênio total ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ), fósforo total ( $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ ) e material em suspensão total (MST) ( $\text{mg}/\text{L}$ ).



**Figura 2.** Gradil com pontos de coleta, ‘Bracinho’, Pantanal do rio Paraguai, Corumbá/MS (2008).

Para a ordenação das amostras, aplicou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando a distância Euclidiana (SYSTAT versão 10.2) (SPSS, INC. 2000). A Análise de Componentes Principais foi aplicada com a matriz de correlação de 16 variáveis: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura da água, profundidade, disco de Secchi, pH, matéria orgânica, areia total, silte, argila,  $\text{CO}_2$  (livre), alcalinidade total, clorofila a, nitrogênio total, fósforo total e material em suspensão total (MST).

### 3. Resultados e Discussão

De acordo com os dados obtidos junto ao Serviço de Sinalização Náutica do Oeste, do 6º Distrito Naval da Marinha do Brasil (Ladário, MS) quanto à variação do nível fluviométrico do rio Paraguai, o pico da cheia ocorreu no mês de junho/2008, enquanto o pico da seca ocorreu no mês de dezembro neste ciclo hidrológico.

Temporalmente, observou-se variação expressiva e inversamente proporcional para valores de  $O_2$  e  $CO_2$ , em ambos os ambientes. Na Baía Tuiuiú e 'Bracinho', os maiores valores de  $CO_2$  e os menores de  $O_2$ , foram registrados no período de águas mais altas (enchente/cheia), correspondendo a abril-junho-agosto/2008. Em contrapartida, os menores valores de  $CO_2$  e os maiores de  $O_2$ , foram registrados no período de águas mais baixas (vazante/seca), correspondendo a outubro-dezembro-fevereiro/2008-2009.

Com relação à clorofila-a, para ambos os ambientes, foram registrados os maiores valores no pico da seca, isto é, dezembro de 2008, momento em que também foram observados os maiores valores para MST (material em suspensão total) e os menores para a transparência da água.

Os resultados das análises de componentes principais sugerem que existe um padrão hidrológico sazonal claro de variação nos parâmetros limnológicos analisados nos dois ambientes (**Figuras 3 e 4**).

Para o 'Bracinho', constatou-se que 66% da variação nos dados foi explicada pelos dois primeiros eixos da PCA, sendo que o primeiro eixo foi correlacionado principalmente com profundidade, transparência por disco de Secchi e concentração de  $CO_2$  livre, com correlação positiva, indicando maiores valores destas variáveis no período de cheia. Por outro lado, nas amostragens realizadas no período de seca, foram observados maiores valores de pH, temperatura da água e concentrações de nitrogênio e fósforo. No segundo eixo constatou-se que o gradiente encontrado ressalta a variação na composição do sedimento, separando amostras com maior concentração de areia total de amostras com maior concentração de matéria orgânica e silte.

Para a Baía Tuiuiú, os primeiros dois eixos da PCA explicaram 58% da variação nos dados. Assim como para o 'Bracinho', o primeiro eixo explicou predominantemente a variação sazonal das variáveis analisadas, sendo que as amostragens realizadas no período de cheia apresentaram maiores valores de profundidade e transparência, enquanto que as amostragens realizadas no período de seca apresentaram maiores valores de temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH. No segundo eixo, o gradiente identificado foi resultado da interação da variação espacial na composição do sedimento (silte e areia) com parâmetros de qualidade de água (condutividade e alcalinidade). Assim, as amostragens realizadas nos meses de abril e outubro apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, alcalinidade e silte, enquanto as amostragens realizadas nos meses de junho, fevereiro e dezembro apresentaram maiores concentrações de areia.

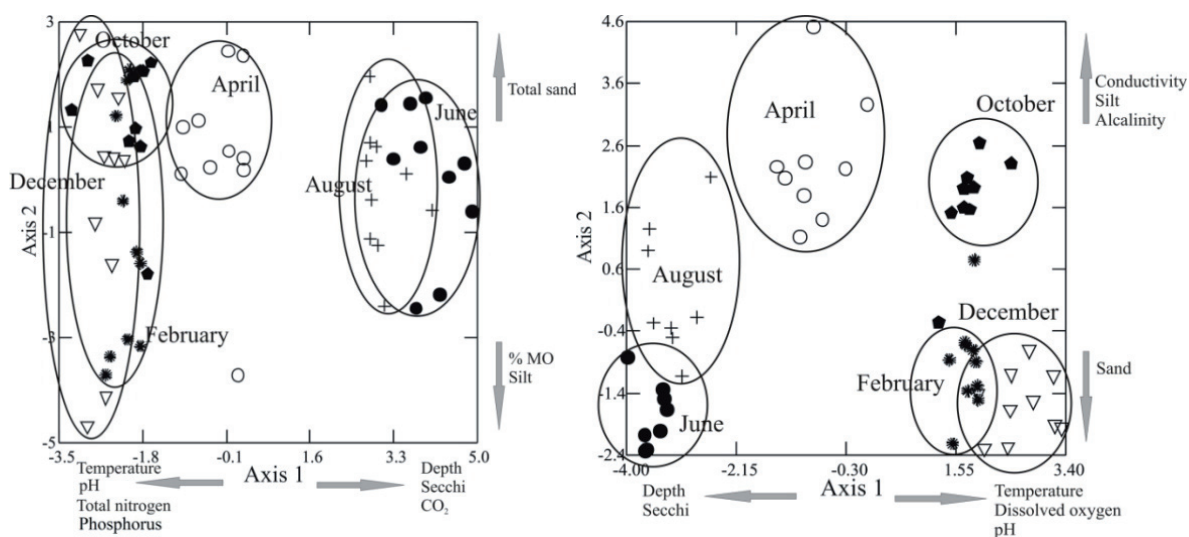
Com relação ao mês de abril/2008, período de ocorrência da 'decoada', as amostras mostraram-se agrupadas em ambos os ambientes, assim como o observado para os outros meses, mas é interessante salientar que estão localizadas entre os meses relacionados à fase de águas altas e os relacionados à fase de águas baixas, comportando-se de maneira diferenciada.

A flutuação no nível da água dos rios no Pantanal Mato-grossense é decorrente das características geomorfológicas e climatológicas que resultam no pulso de inundação anual e isto se reflete nas lagoas e corpos de água marginais. Lagos marginais e demais corpos de água em planície de inundação apresentam correlação com a hidrodinâmica do rio principal (Rodrigues, 1998). Assim, a profundidade dos dois ambientes estudados apresenta maiores valores nos me-

ses de junho e agosto, de acordo com a variação do rio Paraguai.

É importante salientar que os picos de cheia (maio-julho) e seca (outubro-dezembro) na região em estudo são defasados dos períodos de chuva (outubro-março) e estiagem (agosto-outubro), respectivamente. Na Bacia do Alto Paraguai/Pantanal, ao contrário, coincidem com o início do período de estiagem e do período chuvoso devido às características geomorfológicas do sistema. Isto acontece porque na região norte do Pantanal, localizada no estado de Mato Grosso, as águas altas ocorrem no período chuvoso (outubro a março) atingindo Corumbá e região, mais ao Sul, apenas 3 meses depois, quando as chuvas cessam (abril, maio e junho), devido à lenta drenagem do Pantanal (Da Silva & Esteves, 1995; Carvalho, 1986).

As Análises de Componentes Principais mostraram que no ‘Bracinho’, maiores valores de  $CO_2$  foram observados nos meses de águas altas, enquanto que, na Baía Tuiuiú, maiores concentrações de oxigênio dissolvido estiveram fortemente relacionadas com os meses de água baixa. Estes resultados, de certa forma, indicam a mesma situação: no período de águas altas, o aumento do consumo de  $O_2$  no processo de decomposição da matéria orgânica inundada pelos organismos aeróbios resulta em maior liberação de  $CO_2$  livre, como também observado por Hamilton et al. (1997); Calheiros & Hamilton (1998); Oliveira & Calheiros (2000) e Calheiros (2003).



**Figuras 3 e 4.** Análise de Componentes Principais (PCA), relacionando as 16 variáveis limnológicas, para os meses de coleta (○: abril/2008; ●: junho/2008; +: agosto/2008; ◆: outubro/2008; ▽: dezembro/2008; \* : fevereiro/2009) no ‘Bracinho’ (gráfico da esquerda) e na Baía Tuiuiú (gráfico da direita), Corumbá/MS.

No Pantanal, apesar da existência de um padrão quanto à hidrodinâmica, cada ciclo hidrológico apresenta particularidades. Calheiros & Ferreira (1997) observam que a direção do fluxo de água nas grandes “baías” depende da fase hidrológica, dirigindo-se para o rio na fase de vazante/seca e invertendo o fluxo na fase de enchente, “podendo voltar novamente a correr para o rio, já em plena cheia, após a coalescência com todo o sistema”.

As áreas escolhidas para esta investigação apresentam, via de regra, diferenças quanto ao fluxo, sendo o ‘Bracinho’ um local cuja velocidade da água é maior, se comparado com a Baía Tuiuiú, em especial no período de vazante, no ano estudado. No entanto, é necessária uma melhor compreensão do funcionamento dos ambientes através de investigações de longa duração para saber se a velocidade da água apresenta variação em anos hidrológicos distintos.

Os maiores valores para a transparência da água foram registrados em junho/2008, mês de maior profundidade e fluxo mais baixo; os menores valores para dezembro/2008, fase de seca, com os menores valores de profundidade em ambos os ambientes. Resultados semelhantes observados em áreas de inundação são facilmente encontrados na literatura (Hamilton & Lewis Jr., 1987). Da Silva & Esteves (1995) afirmam que as profundidades mais elevadas do disco de Secchi no período de cheia podem ser atribuídas à sedimentação dos compostos orgânicos e inorgânicos e Oliveira & Calheiros (2002) apontam as macrófitas aquáticas como elementos importantes para a sedimentação do material em suspensão, possibilitando maior penetração de luz na coluna de água.

Os maiores valores para a temperatura da água estão relacionados à estação mais quente, o verão. Considerando que este período coincide com o de águas baixas, é natural esperar maiores temperaturas já que os corpos de água estão mais rasos. Assim, destacamos uma correlação negativa entre valores de profundidade e temperatura da água.

Valores de matéria orgânica e silte apareceram como fatores importantes na disposição dos meses de dezembro e fevereiro no 'Bracinho'. Para essas variáveis, observa-se, no gráfico da PCA, uma maior distância entre os pontos. É fundamental registrar que para os meses em que os pontos aparecem mais dispersos, foi registrada precipitação às vésperas da coleta na região estudada (dezembro/2008 = 4,6mm; fevereiro/2009 = 1,2mm), o que poderia justificar alterações nas concentrações de silte e de matéria orgânica.

O mês de abril merece um destaque, na medida em que é o mês de ocorrência da 'decoada'. Pela PCA, é possível observar que este mês se mostrou distinto dos demais, enquanto os outros meses se agruparam quanto à fase de águas altas e águas baixas. Sabe-se que esta análise destaca os fatores mais significativos para o ordenamento dos meses, todavia considera o conjunto das variáveis escolhidas, no caso, 16 variáveis. Assim, é interessante observar este isolamento nos dois ambientes e compará-lo às médias dos parâmetros. No mês de abril/2008, obtiveram-se os menores valores de oxigênio dissolvido ( $O_2$ ), próximos de uma condição de anoxia completa e valores considerados altos para  $CO_2$  livre, (máximo =  $48,3mg/L^{-1}$ ). Outros trabalhos desenvolvidos na região do Pantanal registram esta mesma situação (Hamilton et al., 1997, Hamilton et al., 1995, Calheiros & Hamilton, 1998) e apontam que essa combinação de altos valores de  $CO_2$  livre com baixos valores de  $O_2$  pode ser fatal para a biota, principalmente para os peixes, já que o  $CO_2$  dissolvido causa interferência direta na capacidade de carreamento de  $O_2$  pela hemoglobina (Smart, 1981).

Os valores de nitrogênio total, condutividade elétrica e alcalinidade foram os mais altos em abril, mês no qual ocorre a subida das águas e que corresponde à fase de enchente/cheia e de observação da ocorrência da 'decoada'. Os altos valores de condutividade elétrica podem ser explicados pela entrada em grande quantidade de íons dissolvidos aportados do sistema recém-inundado e que começa a receber as águas que "lavam" os campos inundados da planície, corroborando os resultados encontrados por Da Silva & Esteves (1995), Calheiros & Hamilton (1998) e Oliveira & Calheiros (2000). O mesmo pode ser mencionado para explicar os elevados valores de nitrogênio total, relacionados às formas nitrogenadas que entram no sistema, trazidas pelas águas, provenientes da decomposição da vegetação terrestre submersa e dos detritos de macrófitas aquáticas, bem como das fezes de animais.

Para a clorofila-a, sólidos em suspensão e transparência da água, os valores registrados no pico de seca coincidem com os resultados encontrados por Oliveira & Ferreira (2003). Os autores sugerem que o fator concentração/diluição é mais atuante que a luz no padrão observado. Salientam, todavia, "que no período de maiores concentrações havia maior disponibilidade de fósforo e silicato reativo solúvel, nutrientes estes que favorecem o desenvolvimento algal". Neste trabalho também se verificou alta disponibilidade de fósforo (total) no ambiente.



Trabalhos realizados no Pantanal apontam aumento nos valores de condutividade durante a ocorrência da ‘decoada’ (Calheiros & Ferreira, 1997; Hamilton. et al. 1997; Calheiros & Hamilton, 1998; Oliveira & Calheiros, 2000; Oliveira, 2009). Tal fato está relacionado ao aumento da interação entre as rochas e a água, bem como ao aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> livre. Investigações em outros ambientes de inundação também apresentam resultados similares (Rodrigues, 1998; Souza-Franco et al., 2009). Altos valores para alcalinidade podem estar relacionados à decomposição da matéria orgânica (PNMA, 2004), processo comum durante o fenômeno estudado.

Para melhor compreensão das variações limnológicas ao longo do ano e também durante o fenômeno da ‘decoada’ sugere-se a adoção de uma amostragem em pontos fixos longo do ano, representado diferentes posições nos corpos d’água amostrados, variando desde áreas mais a montante, até áreas mais a jusante com pontos nas regiões mais marginais e centrais. Mantendo-se a amostragem nos mesmos pontos durante todo o ciclo será possível identificar não apenas a evolução dos parâmetros ao longo do gradiente temporal, como também no gradiente espacial dos corpos d’água. Outro fator importante para a evolução dos trabalhos visando à compreensão do fenômeno da decoada é programar as coletas para as datas exatas ou ao menos próximas a data de aquisição das imagens de satélite. Desta maneira será possível estabelecer relações entre os parâmetros limnológicos e a resposta espectral dos corpos d’água ao longo do ano e durante o fenômeno da ‘decoada’. Uma vez estabelecidas essas relações, será possível realizar o monitoramento do fenômeno com o uso de sensores orbitais, reduzindo os custos de coleta de campo. Esse monitoramento do fenômeno da ‘decoada’ permitirá análises da evolução do fenômeno de uma maneira espacialmente explícita e, dependendo da resolução temporal do sensor utilizado, permitirá também o acompanhamento mais detalhado ao longo do gradiente temporal. Desta maneira, será possível incorporar informações detalhadas sobre o efeito do uso e cobertura das terras bem como dos fatores climáticos, como precipitação e temperatura, sobre o fenômeno da ‘decoada’. Com isso, será possível a realização de estudos sobre possíveis efeitos de mudanças das condições climáticas e de uso das terras sobre a frequência de ocorrência e intensidade do fenômeno da ‘decoada’.

## 5. Conclusões

O presente trabalho mostrou que as variáveis limnológicas sofrem influência do pulso de inundação e que apresentam valores particulares durante a ocorrência do fenômeno da ‘decoada’. Para melhor compreender essas particularidades é fundamental a execução de projetos de longa duração para que sejam acompanhados mais de um ciclo hidrológico objetivando a busca de padrões de comportamento daquelas variáveis.

## 6. Referências

- APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association**, 20th ed. Washington, DC, 1998. 1268p.
- Ayres, M. M.; Ayres, M. Jr.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. **BioEstat 5.0**. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém, Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 209p.
- BRASIL. Ministério do Interior. **Departamento Nacional de Obras e Saneamento**. Estudos hidrológicos da bacia do Alto Paraguai. Rio de Janeiro, 1974. v.1.
- Calheiros, D. F.; Ferreira, C. J. A. Alterações limnológicas no rio Paraguai (“Dequada”) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-grossense - MS. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** - ISSN

0102-2466X). Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 1997. 48p.

Calheiros, D. F.; Hamilton, S. K. Limnological Conditions Associated with Natural Fish Kills in the Pantanal Wetland of Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart** : E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1998. 26: 2189-2193.

Calheiros, D. F.; Seidl, A. F.; Ferreira, C. J. A. Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland Brazil. **Journal of Applied Ecology**, 2000. 37: 684-696.

Carvalho, N. O.; Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: **Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal**, 1986. v.1.

Da Silva, C. J.; Esteves, F. A. Dinâmica das características limnológicas das baías Porto de Fora e Acurizal (Pantanal de Mato Grosso) em função da variação do nível da água. **Oecologia Brasiliensis**, 1995. 1:47-60.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

Esteves, F. A. **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

Gran, G. *Determination of the equivalence point in potentiometric titrations*, Part II, 1952. **Analyst** 77: 661-671.

Hamilton, S. K.; Lewis Jr., W. M. Causes of seasonality in the chemistry of a lake on the Orinoco River floodplain. Venezuela, **limnology oceanographically**, 1987. 32:1277-1290.

Hamilton, S. K.; Sippel, S. J.; Melack, J. M. Oxygen depletion and carbon dioxide and methane production in waters of the Pantanal wetland of Brazil. **Biogeochem**, 1995. 30: 115-141.

Hamilton, S. K.; Sippel, S. J.; Calheiros, D. F.; Melack, J. M. An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River. **Limnology and Oceanography**, 1997. 42:257-272.

Junk, W. J. The flood pulse concept in river floodplain systems. p. 110-127 In: DODGE, D. P. **Proceeding of the international large Symposium (LARS)**. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic, Ottawa, 1989. 106p.

Junk, W. J.; Da Silva, C. J. O Pulso de Inundação: base para o manejo do Pantanal. In: SALES, V. C. (Org.). **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Fortaleza, 2003. 1: 179-188.

Kempe, S. Long-term records of CO<sub>2</sub> pressure fluctuations in fresh waters. **Mitt. Geol. Palaont. Inst. Univ. Hamburg**, SCOPE/UNEP Sonderband, 1982. 52: 91-332.

Krug, F. J. et al. Zone trapping in the injection analysis. Spectrophotometric of flow level of ammonium ion in natural waters. **Acta**, 1983. 151: 39-48.

Mackereth, F. J. H.; Heron, J.; Tilling, J. F. Water analysis some revised methods for limnologist. **Freshwater Ecological Association**. Scientific Publications n° 36. Wilson & Son Ltda. Kendall, 1978. 117p.

Marker, A. F. H.; Nush, E. A.; Rai, H.; Rienmann, B. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standartization of methods: Conclusions and recomendations. **Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.** v.14, n.1-2, p. 91-106, 1980.

Oliveira, M. D.; Calheiros, D. F. Transporte de nutrientes e sólidos suspensos na bacia do rio Taquari (Mato Grosso do Sul). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 1998. 10:35-45.

Oliveira, M. D.; Calheiros, D. F. Flood pulse influence on a phytoplankton community in south Pantanal floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, 2000. 427:101-112.

Oliveira, M. D.; Calheiros, D. F. Características e Alterações Limnológicas na bacia do rio Taquari, MS. **Documentos**. Embrapa Pantanal, 2002. v.1, p. 1-5.

Oliveira, M.D.; Ferreira, C.J. Estudos Limnológicos para monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 61 p.; 28 cm (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** / Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1981; 54).

PNMA. Aperfeiçoamento do Monitoramento da Qualidade das Águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas. **Programa Nacional do Meio Ambiente**, 2004. 110p.

Resende, E. K.; Ferreira, C.J.A.; Calheiros, D.F.; Nascimento, F.L. Alterações na qualidade da água durante a mortandade de peixes no rio Paraguai, Pantanal Mato-grossense. **Anais** do III CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA. Porto Alegre/RS, 1990. p.183.

Resende, E. K. Interpretações inadequadas e equívocos no manejo da pesca no pantanal. **Artigo de Divulgação** na Mídia, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, 2006. n. 104, p.1-5.

Rodrigues, L. C. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica de uma lagoa marginal do rio Ivinhema (lagoa dos Patos, planície de inundação do alto Rio Paraná) em diferentes períodos do ciclo hidrológico.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1998.

Smart, G. R. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. In: PICKERING, A.D., ed., Stress and Fish. London: **Academic Press**, 1981. p. 277-293.

Souza-Franco, G. M.; Andrian i.; Franco, r. M. Comunidade de insetos aquáticos associados à Eichhornia azurea (Schwartz) Kunth, em uma Lagoa de várzea na planície de inundação do Alto rio Paraná, Mato Grosso do Sul, MS, Brasil, 2009. **Biológico** 71: 83-91.

SPSS, INC. SYSTAT version 10.2, standard version.SPSS,Inc. Chicago, 2000.

Valderrama, J. C. The simultaneous analyses of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Mar. Chem**, 1981. 10: 109-122.

Wetzel, R. A.; Likens, G. E. Limnological analyses. **Springer**.New York, 2001. 391p.

Zagatto, E. A. G. et al. **Manual de análises de plantas e águas empregando sistemas de injeção em fluxo.** Piracicaba: Universidade de São Paulo/CENA, 1981. 45p.