

Mapeamento e Descrição das Áreas de Ocorrência dos Eventos de Decoada no Pantanal



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 121

Mapeamento e Descrição das Áreas de Ocorrência dos Eventos de Decoada no Pantanal

*Márcia Divina de Oliveira
Débora Fernandes Calheiros
Carlos Roberto Padovani*

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880
CEP 79320-900 Corumbá, MS
Caixa Postal 109
Fone: (67) 3234-5800
Fax: (67) 3234-5815
Home page: www.cpap.embrapa.br
E-mail: sac@cpap.embrapa.br

Unidade Responsável pelo conteúdo

Embrapa Pantanal

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente: *Suzana Maria de Salis*

Membros: *Ana Helena B. M. Fernandes*

Dayanna Schiavi N. Batista

Sandra Mara Araújo Crispim

Vanderlei Doniseti Acassio dos Reis

Secretária: *Eliane Mary P. de Arruda*

Supervisora editorial: *Suzana Maria de Salis*

Normalização bibliográfica: *Sabrina Déde de Castro Leite Degaut Pontes*

Tratamento de ilustrações: *Eliane Mary P. de Arruda*

Fotos da capa: *Márcia Divina e Oliveira e Débora F. Calheiros*

Editoração eletrônica: *Eliane Mary P. de Arruda*

Disponibilização na home page: *Marilisi Jorge Cunha*

1ª edição

Formato digital (2013)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Oliveira, Márcia Divina de.

Mapeamento e descrição das áreas de ocorrência dos eventos de decoada no Pantanal [recurso eletrônico] / Márcia Divina de Oliveira, Débora Fernandes Calheiros, Carlos Roberto Padovani. – Dados eletrônicos. - Corumbá : Embrapa Pantanal, 2013.

21 p. : il. color. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7215 ; 121).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP121.pdf>

Título da página da Web (acesso em 23 maio 2013).

1. Decoada. 2. Mortandade de peixes. 3. Hidrologia. 4. Pantanal. I. Oliveira, Márcia Divina de. II. Calheiros, Débora Fernandes. III. Padovani, Carlos Roberto. VI. Embrapa Pantanal. IV. Título. V. Série.

CDD 551.48

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	9
Conclusões	18
Agradecimentos	18
Referências	19

Mapeamento e Descrição das Áreas de Ocorrência dos Eventos de Decoada no Pantanal

Márcia Divina de Oliveira¹
Débora Fernandes Calheiros²
Carlos Roberto Padovani³

Resumo

Decoada ou dequada é o nome popular que se dá no Pantanal aos eventos anuais de alteração natural da qualidade da água durante a fase hidrológica de enchente, cuja intensidade varia de acordo com o clima e os padrões de inundação anuais. Ocorrem alterações das características físicas e químicas da água, que incluem mudanças para cor escura, depleção de oxigênio dissolvido (OD), chegando à anoxia, diminuição do pH (< 6,0) e aumento do CO₂ Livre, de aproximadamente 20 mg/L para mais que 100 mg/L, podendo ocorrer expressivas mortalidades de peixes dependendo da magnitude das alterações. Neste estudo mapeamos e descrevemos a área de ocorrência desses eventos no Pantanal, baseados nos dados de monitoramento de qualidade de água de 1988 a 2011, nas informações de técnicos e moradores da região e também fizemos uma estimativa da intensidade dos eventos. A concentração de OD nos rios e lagoas principais foi utilizada como indicador, em que OD < 3,0 mg/L durante a época de inundação foi considerado indicativo de ocorrência potencial do evento. De acordo com os registros obtidos, os eventos de decoada foram observados desde Cáceres, ao Norte, até Porto Murtinho, ao Sul, sendo de alta intensidade no rio Paraguai, principalmente abaixo de Bela Vista do Norte. No rio Cuiabá, os eventos são comuns desde Porto Cercado até a sua foz com o rio Paraguai, considerados de média a alta intensidade. No rio Taquari, os eventos foram considerados de baixa intensidade, sendo mais intensos somente próximo ao Paraguai-Mirim. No rio Miranda, a decoada pode ser observada desde a foz do rio Aquidauana até a confluência com o rio Paraguai, mas é no Passo do Lontra onde a intensidade pode ser alta a ponto de afetar os peixes. As lagoas (baías) Uberaba e Gaíva seriam os locais com menor probabilidade de ocorrência dos eventos de decoada. Já as baías Vermelha, Castelo e Tuiuiú, na área de alta inundação, são os locais onde eventos com alta frequência e intensidade foram registrados, ocorrendo anualmente.

Palavra-chave: decoada, oxigênio dissolvido, Pantanal, rio Paraguai, mortalidade de peixes.

¹ Bióloga, Dra., Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, Corumbá, MS. marcia.divina@embrapa.br

² Bióloga, Dra., Embrapa/UFMT, Cuiabá, MT. debora.calheiros@embrapa.br

³ Biólogo, Dr., Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, Corumbá, MS. carlos.padovani@embrapa.br

Survey and Description of the Occurrence of Decoada Events in the Pantanal

Abstract

Decoada or dequada is a local name to describe visible changes in water quality observed in the Pantanal during initial inundation of the floodplains that often become severe enough to produce fish kills. The changes include color and odor, depletion of dissolved oxygen (DO) reaching anoxia, decreased pH (<6.0), and increased free CO₂ (>20 to over 100mg/L), not necessarily occurring simultaneously. In this study we mapped the area of occurrence and estimated intensity of decoada events based on water quality monitoring between 1988-2011 as well as observations by scientists and area residents. The DO concentration was used as the indicator, with a potential decoada defined by DO concentrations <3.0 mg / L during the inundation season. Decoada events were recorded on the Paraguay River from Cáceres to Porto Murtinho, with the highest intensity below Bela Vista do Norte. In the Cuiabá River, medium to high intensity events were common from Porto Cercado to the confluence with the Paraguay River. Decoada events in the Taquari River were considered low intensity, although they were more intense near the Paraguay-Mirim River. In the Miranda River, decoada events occurred from the river mouth up to the Aquidauana River, becoming severe enough to kill fishes in the reach around Passo do Lontra. Lakes Uberaba and Gaiva, which are large floodplain lakes along the Paraguay River, had lower probability of occurrence of decoada events, although in Vermelha, Castelo and Tuiuiú lakes, which are surrounded by extensive floodplain, decoada events occurred with higher frequency and intensity. The events were also recorded in several small streams (corixos) that flow into the Paraguay River.

Index terms: decoada events, dissolved oxygen, Pantanal, Paraguay River, fish kills.

Introdução

Eventos naturais de hipoxia e anoxia, definidos como oxigênio dissolvido abaixo de 2,0 mg/L (CALHEIROS; HAMILTON, 1998) e ausência de oxigênio, respectivamente, são típicos de planícies de inundação com abundância de vegetação herbácea, especialmente em rios tropicais (JUNK et al., 1989; LOWE-McCONNELL, 1987). No Pantanal, este fenômeno se intensifica pelo efeito de sua extensa planície e geomorfologia, onde os eventos ocorrem em quase toda a extensão do rio Paraguai e sua planície de inundação conjunta com as de seus tributários, e não somente no estuário ou foz, como observado em outros rios com grandes planícies de inundação como o Mississipi, Yangtze, Pearl e Rhône (RABOUILLE et al., 2008).

Este fenômeno natural, denominado localmente como “decoada” ou “dequada”, pode ocorrer desde o Pantanal Norte até o Sul, na área de alta inundação dos rios formadores da planície pantaneira. À medida que a água extravasa dos rios e entra em contato com a planície inundável, submergindo solo e vegetação na fase inicial da enchente, começam a ocorrer processos de decomposição da matéria orgânica submersa, em especial gramíneas facilmente degradáveis sob as altas temperaturas do verão, levando à formação de ambientes com baixo oxigênio dissolvido (OD) ou totalmente anóxicos, com níveis elevados de dióxido de carbono dissolvido (CO₂ Livre) e metano, bem como de nutrientes e carbono orgânico dissolvido, este conferindo cor de chá preto à água (BASTVIKEN et al., 2010; CALHEIROS, 2003; CALHEIROS; FERREIRA, 1997; CALHEIROS; HAMILTON, 1998; CALHEIROS et al., 2000; HAMILTON et al., 1995, 1997; OLIVEIRA; CALHEIROS et al., 2000).

A concentração média de OD do rio Paraguai, fora do período de enchente, é acima de 5,0 mg/L, mas nos meses de ocorrência de decoada há uma queda nas concentrações, alcançando valores menores que 3,0 mg/L até a completa anoxia e podendo durar meses. Durante a fase de decoada ocorre ainda acidificação da água devido a aumentos em dióxido de carbono dissolvido, quando o valor considerado “normal” (em torno de 6,0 mg/L) pode chegar a mais de 100,0 mg/L (CALHEIROS; HAMILTON, 1998; HAMILTON et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2011), e os valores de pH, normalmente entre 6,5 e 7,0, podem chegar até 5,0. Quando o fenômeno é de grande magnitude pode causar mortandade de peixes por estresse respiratório em nível de milhares de toneladas, afetando praticamente todas as espécies (CALHEIROS; HAMILTON, 1998; CALHEIROS et al., 2000).

A água com características de decoada é observada no leito do rio Paraguai, mas também no trecho final dos tributários, corixos e baías (lagoas marginais) conectados aos rios, os quais recebem a água proveniente dos campos inundados que já sofreram a decomposição da matéria orgânica vegetal submersa no início da fase de enchente, água esta chamada ‘poderiqueira do batume’ pela população local. Esta água rica em matéria orgânica, por sua vez, é drenada para os corixos e destes para os rios, assim que a cheia avança no campo inundável. A magnitude desses eventos (intensidade e duração) é variável de ano a ano, podendo ocorrer de dezembro a maio nos tributários, e de fevereiro a junho no canal principal do rio Paraguai.

Os registros deste evento no Pantanal são antigos e muito conhecidos pela população ribeirinha local como registrado por Calheiros et al. (2000). A primeira publicação (MATO GROSSO, ca.1986) a explicar este fenômeno foi escrita por Ferraz de Lima e colaboradores, embora o fenômeno já tivesse sido registrado por Ferraz de Lima e Conceição (1977), após um período de grande seca no início da década de 70. Outros pesquisadores monitoraram o fenômeno identificando as alterações na qualidade da água e a dinâmica de gases respiratórios (oxigênio dissolvido e dióxido de carbono livre) em cada fase hidrológica (CALHEIROS, 2003; CALHEIROS; FERREIRA, 1997; CALHEIROS; HAMILTON, 1998; OLIVEIRA et al., 2010, 2011). Hamilton et al. (1995, 1997) também estudaram o fenômeno, bem como a dinâmica do metano, também fruto de decomposição na fase de enchente.

Os eventos de decoada representam fatores de estresse para muitos organismos. Pellegrin et al. (1995) estudaram o efeito das alterações da decoada sobre o desenvolvimento de bactérias na água e observaram que há um aumento das bactérias patogênicas durante o fenômeno, causando uma outra fonte de estresse aos peixes, além do estresse respiratório causado pelos baixos níveis de oxigênio e os mais elevados de CO₂ Livre. Andrade (2011), Brandorff (1998) e Oliveira e Calheiros (2000) estudaram os efeitos da decoada nas comunidades de bentos, zooplâncton e fitoplâncton, respectivamente. Todos estes autores observaram alteração na estrutura das populações e comunidades durante a fase de enchente, resultantes das alterações nas condições físicas e químicas da água. Efeitos sobre as comunidades aquáticas também foram relatados por Rabalais et al. (2002) e Rowe (2001) no delta do rio Mississipi.

Oliveira et al. (2011) observaram que na baía do Castelo a população de *Limnoperna fortunei*, molusco exótico introduzido no Pantanal, que cobria cerca de 70% das rochas em 2005, desapareceu completamente em 2006, durante o evento de decoada. Esses autores verificaram que essa espécie invasora não tolera condições de anoxia, com oxigênio dissolvido igual 0,0 mg/L, pH em torno de 5,0 e CO₂ Livre acima de 100 mg/L, em águas com temperatura de 30°C.

Considerando os efeitos sobre os peixes, a decoada é um fator limitante à criação de peixes em sistemas de confinamento como os tanques-rede (NASCIMENTO, 2010). Tendo em vista o desenvolvimento desta atividade no país e a procura por áreas aquícolas, este estudo representa um esforço para mapear a área de ocorrência e descrever a intensidade dos eventos de decoada no Pantanal, dando subsídios para identificar as áreas e períodos restritivos à criação de peixes em tanques-rede. Informações sobre os eventos de decoada também são

importantes para o turismo de pesca, pois a captura de peixes é dificultada quando os peixes estão sob estresse respiratório (CALHEIROS et al., 2000).

A compreensão do fenômeno de decoada também é importante para a interpretação do Índice de Qualidade de Água (IQA) muito utilizado pelos órgãos gestores, que, em geral, é considerado péssimo devido principalmente às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (OD), apesar de se tratar de um fenômeno natural e não resultante de descarga de esgotos domésticos ou industriais. Desta forma, a concentração de OD como indicador de qualidade de água deve ser usada com extremo cuidado nos ambientes do Pantanal.

Material e Métodos

A área de estudo é o Pantanal, formado pelo rio Paraguai, tributários e a extensa área de inundação. O rio Paraguai é o principal canal de drenagem do Pantanal, extensa planície alagável/inundável com área total estimada em 160.000 km², sendo 87% no Brasil. A planície apresenta-se heterogênea, dividida em 10-12 sub-regiões geomorfológicas, devido principalmente a diferenças em hidrologia e sedimentação dos maiores tributários (JUNK et al., 2011).

Para análise da área de ocorrência e intensidade dos eventos de decoada analisou-se a base de dados referente ao monitoramento da qualidade de água dos rios e baías do Pantanal, pertencentes a várias instituições de pesquisa e gestão que atuam na região: Embrapa Pantanal – dados de 1988 a 2011, com frequência de amostragem mensal, trimestral e esporádica; da Fundação Estadual de Meio Ambiente do Pantanal (MATO GROSSO DO SUL, 1999 e 2000), que passou a ser Instituto de Meio Ambiente Pantanal (MATO GROSSO DO SUL, 2003, 2005a, 2005b), atualmente denominado Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul com amostragem bimensal ou trimensal, com algumas outras exceções (MATO GROSSO DO SUL, 2009a, 2009b, 2012); da Secretaria de Meio Ambiente do Mato Grosso, de 2003 a 2009, com frequência mensal a trimestral (MATO GROSSO, 2005, 2006a, 2006b, 2010).

Relatos da população ribeirinha analisados por (CALHEIROS et al., 2000) também foram considerados, pois tem sido fundamentais para registrar a área e período de ocorrência, bem como observações dos próprios autores e técnicos de campo da Embrapa Pantanal, com larga experiência no Pantanal, e outros cientistas que trabalham na região. Na Figura 1 encontram-se os pontos de amostragem onde houve registro de ocorrência dos eventos de decoada.

As variáveis limnológicas utilizadas para a verificação da ocorrência do evento de decoada foram: oxigênio dissolvido (OD), pH e, quando presente na base de dados, o CO₂ Livre. Também foram consideradas informações sobre as alterações visuais da qualidade de água como cor escura, presença de suspensões e óleos vegetais, bem como o odor característico de materiais em decomposição, alterações essas observadas pelos autores durante os eventos.

A magnitude do fenômeno foi determinada com base na intensidade dos eventos, sendo aqui considerada quando da ocorrência de valores mínimos de OD e pH. Para a maioria dos ambientes não foi possível relacionar esses parâmetros com a duração dos eventos, devido ao baixo número de amostragens, tendo-se apenas relatos da época de ocorrência.

Calheiros e Hamilton (1998) consideraram que um evento de decoada acontece quando se evidencia a ocorrência de estresse ou mortalidade de peixes, com o oxigênio dissolvido atingindo valores abaixo de 2,0 mg/L e o CO₂ Livre acima de 20,0 mg/L. No entanto, apenas na base de dados da Embrapa Pantanal o CO₂ Livre foi quantificado. Desta forma, neste trabalho optou-se por utilizar apenas os dados de OD e pH como indicadores do fenômeno. Em alguns ambientes houve ocorrência de água com características de decoada quando o oxigênio ainda estava acima de 2,0 mg/L, o que levou os autores a considerar ambientes com OD abaixo de 3,0 mg/L como potenciais para a ocorrência do evento.

Para a confecção do mapa de registro de ocorrência dos eventos, foram considerados três níveis de intensidade: ALTA - quando a concentração de OD observado foi menor ou igual a 1,0 mg/L, MÉDIA - quando o OD estava entre 1,0 e 2,0 mg/L e BAIXA - quando a concentração de OD estava entre 2,0 e 3,0 mg/L. Os valores de pH mínimo e CO₂ Livre também foram considerados quando existentes. Os meses e/ou o período de ocorrência foram utilizados para a confirmação dos eventos, não sendo diretamente usados para a definição da intensidade (alta, média e baixa), nem na produção do mapa da área de registro de ocorrência dos eventos de decoada, pois os valores extremos dessas variáveis não necessariamente ocorrem ao mesmo tempo.

A área avaliada refere-se ao rio Paraguai de Cáceres (MT), ao Norte, a Porto Murtinho (MS), ao Sul, em 10 localidades. O rio Paraguai e o canal do Tamengo, ambos localizados nas proximidades da área urbana de Corumbá-MS, são os locais que possuem a maior série histórica (23 anos) oriunda do monitoramento de longo prazo realizado pela Embrapa Pantanal. A partir desta série longa de dados estimou-se com maior confiabilidade a época de maior ocorrência dos eventos para esta região.

Também foram analisados os dados referentes ao trecho final dos tributários do rio Paraguai: rios Jauru, Cabaçal, Sepotuba, Cuiabá, Taquari, Miranda, Negro, incluindo alguns canais de drenagem ou antigos leitos de rios, denominados localmente de corixos (Figura 1).

Região 1: De Cáceres à montante da foz do rio Cuiabá

No norte do rio Paraguai os eventos de decoada foram menos expressivos, de baixa intensidade ($OD > 2 < 3 \text{ mg/L}$) e curta duração (1 a 2 meses), se comparados ao trecho médio do rio Paraguai, entre Amolar e Porto Esperança, regiões 2 e 3. No norte, a ocorrência do evento normalmente é no final do período chuvoso, entre fevereiro e março (Figura 1).

Também se observaram alterações nas características da água durante a inundação nos trechos finais, na foz dos rios Jauru e Cabaçal com o rio Paraguai (Figura 1). Nesses rios a intensidade da decoada foi de média a baixa, com $OD > 2,0 \text{ mg/L}$, quando a concentração normal de OD é de aproximadamente $7,0 \text{ mg/L}$. No rio Sepotuba, apesar da concentração de OD atingir $4,0 \text{ mg/L}$, o pH observado foi baixo (5,0) e a cor da água também indicou sinais do evento. Como se tem apenas uma coleta nesse ponto na fase de enchente, só é possível falar que o evento ocorre.

Entre Cáceres e Bela Vista do Norte não há monitoramento da qualidade da água, porém, há o relato de decoadas frequentes ocorrendo na região da Estação Ecológica de Taiamã, segundo Silva e Ferraz de Lima (informação verbal, 2012⁴). A partir deste ponto até Bela Vista do Norte os eventos foram considerados de média intensidade (Figura 1). Em Bela Vista do Norte, de 26 amostras apenas uma apresentou concentração de OD igual a $1,0 \text{ mg/L}$, em fevereiro, sendo as demais acima de $3,0 \text{ mg/L}$, predominantemente entre fevereiro e maio. Valores de pH abaixo de 6,0 também foram registrados no período. Observações de campo corroboram a presença das características visuais dos eventos de decoada, considerada de média ou baixa intensidade. O baixo número de amostras durante a enchente dificulta a identificação da intensidade e a duração dos eventos nessa região.

Próximo à Bela Vista do Norte localizam-se as duas maiores baías conectadas ao rio Paraguai: Uberaba (área de até 1000 km^2 em grandes enchentes) e Gaíva (150 km^2), acima e abaixo de Bela Vista, respectivamente (Figura 1). Essas duas baías foram pouco amostradas, sendo que a baía Uberaba não foi amostrada em períodos de enchente, mas membros da comunidade dos índios Guató afirmaram que não ocorre decoada na baía Uberaba, e não há registros de mortandade de peixes, provavelmente devido a sua pouca conexão com o rio Paraguai (CARVALHO, 1986). A baía Gaíva foi amostrada por nove vezes, mas somente quatro amostras foram tomadas no período de inundação, onde também não se observou concentrações de OD abaixo de $2,0 \text{ mg/L}$, mas há indícios de que o evento de decoada ocorra pelo menos na parte conectada com o rio Paraguai, onde se observa alteração da cor da água.

Região 2: Rio Paraguai, da região do Amolar até à jusante do rio Paraguai-Mirim, e Rio Cuiabá, de Porto Cercado até a foz

Dentre os tributários do rio Paraguai, o rio Cuiabá possui a maior extensão com ocorrência de eventos de decoada observados, desde Porto Cercado até a foz, compreendendo um trecho de aproximadamente 250 km (Figura 1).

No rio Cuiabá, em Porto Cercado, entre os meses de janeiro e março, registrou-se características visuais do evento e queda na concentração de OD, mas mantendo-se em torno de $2,0 \text{ mg/L}$, na calha do rio. Bleich et al. (2009) estudaram 9 lagoas na área de inundação do rio Cuiabá, conectadas ou não ao mesmo, acima de Porto Cercado, e registraram que a média do OD para todas elas no mês de janeiro foi abaixo de $3,0 \text{ mg/L}$. Na área da Reserva Particular do Patrimônio - SESC Pantanal, intensa depleção de oxigênio foi observada por Resende e Marques (2008). Valores de $OD < 1 \text{ mg/L}$ foram observados entre os meses de fevereiro a abril; o pH mínimo foi de 6,5 e o máximo chegou a 8,0. Baixo valor de pH (5,8) também foi registrado na fase de vazante. Esses eventos tendem a ocorrer com maior intensidade na área de inundação (com baixa profundidade de lâmina d'água, em contato direto com o solo e a vegetação submersa) do que no canal principal dos rios.

Descendo o rio Cuiabá 130 km, à montante da foz do rio Itiquira, foram registrados concentrações de OD de $1,0 \text{ mg/L}$ durante a enchente, entre dezembro e março (MATO GROSSO DO SUL, 1999, 2000, 2003, 2005a, 2005b, 2009a, 2009b, 2012). A 60 km à jusante, próximo à foz, também se registrou a ocorrência de $OD < 2,0 \text{ mg/L}$ e pH de 6,0. Oliveira et al. (2010), com ajuda de moradores locais do Parque Nacional do Pantanal-PARNA, monitoraram diariamente a foz do rio Cuiabá em 2006 e confirmaram a ocorrência do evento de decoada entre fevereiro e maio. O oxigênio dissolvido decresceu de 6,5 para $0,0 \text{ mg/L}$ e o pH de 6,5 (valor médio encontrado na foz do rio Cuiabá) para 5,1.

⁴ Informação verbal de Carolina Joana da Silva (ecopanta@terra.com.br) e José Augusto Ferraz de Lima (jaferrazdelima@gmail.com) para os autores em novembro de 2012.

O rio Cuiabá corre de nordeste para sudoeste, e encontra o rio Paraguai em frente a uma cadeia de montanhas denominada Morraria do Amolar (Figura 2). Terras altas na borda oeste cercam a região barrando as águas dos principais rios da bacia, os rios Paraguai e Cuiabá, e criando condições que caracterizam a área como de alta inundação. A região do Parque Nacional do Pantanal conhecida como 'Três Bocas' (Figura 2), formada pela drenagem de água do rio Paraguai através dos corixos Caracarazinho e Caracará (CARVALHO, 1986) é um local de forte ocorrência de decoada, com mortandade de peixes, tanto na baía como nos corixos segundo Ferraz de Lima (informação verbal, 2012⁵). Do lado oposto a Três Bocas, na margem direita do rio Paraguai, encontra-se a baía Zé Dias, onde também foram registradas concentrações de OD < 2,0 mg/L, em maio.

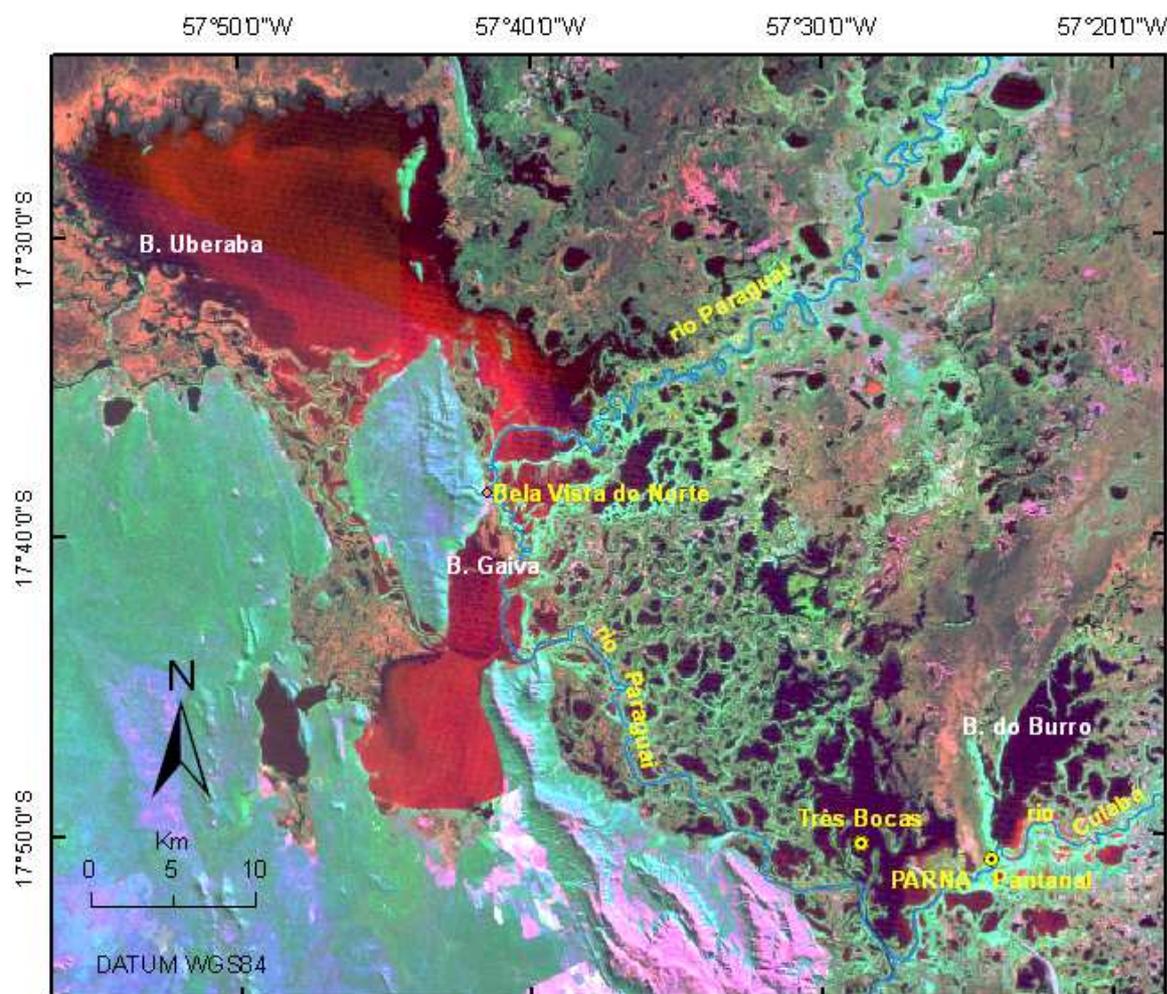


Figura 2. Detalhe da área de inundação do rio Paraguai em Bela Vista do Norte, das baías Uberaba e Gaíva. Rio Cuiabá, mostrando a baía do Burro, localização do Parque Nacional do Pantanal e a foz no rio Cuiabá. Entre o rio Paraguai e o rio Cuiabá, a jusante de sua confluência, está a região conhecida como Três Bocas.

Fonte: Landsat/ETM+ (2000).

Todo esse complexo geomorfológico e fluvial, parte como área do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense (Figura 2), constitui-se num ambiente de alta inundação, com até 8 meses de duração das cheias (presença de lâmina d'água), propiciando a ocorrência dos eventos de decoada de alta intensidade e duração, que se propagam rio abaixo, com a progressão da enchente. Um exemplo é o corixo Alegre, dentro da área do Parque, onde foram observadas características próximas da anoxia no ano de 2001, durante o mês de abril (JESUS; LIMA, 2003). Essa região, também conhecida como 'Caracará' (nome do morro que fica dentro da área do Parque Nacional) é considerada pelos pantaneiros, como a gênese dos eventos de decoada no Pantanal Sul. Nossas observações de campo e análise de dados corroboram esta conclusão, sendo uma área extensa onde se observa visualmente as características dos eventos de decoada, com magnitude considerada alta, onde mortandades de peixes são frequentemente observadas.

⁵ Informação verbal de José Augusto Ferraz de Lima (jaferrazdelima@gmail.com) para os autores em novembro de 2012.

No rio Paraguai, aproximadamente 18 km à jusante da foz do rio Cuiabá, encontra-se a comunidade do Amolar (Figura 1 e 3). Neste trecho do rio Paraguai, o OD mínimo registrado foi de 0,3 mg/L, com a ocorrência de pH abaixo de 5,7 quando o normal é entre 6,5 a 7,0. Logo abaixo da comunidade de Amolar, há uma entrada de água do rio Paraguai para a baía Mandioré (Figura 3), onde eventos de decoada foram registrados com valores de OD < 2,0 mg/L, ocorrendo principalmente em maio.

Logo abaixo da baía Mandioré está a baía Vermelha (Figura 3). É uma baía de difícil acesso, pois o canal de entrada fica fechado por 'baceiros' ou 'camalotes' (termo regional para aglomerados de plantas aquáticas flutuantes que se deslocam da área de inundação e descem o rio Paraguai, principalmente na época de enchente), dificultando a amostragem, mas os eventos de decoada são relatados pelos moradores locais como frequentes e intensos, bem como por Calheiros e Hamilton (1998).

A baía Vermelha recebe água do rio Paraguai primeiro, e transfere água para a planície na direção da baía do Castelo que é a próxima baía que acompanha a borda de montanhas na margem direita do rio Paraguai (Figura 3). A baía do Castelo está no meio de uma grande área de inundação altamente favorável a ocorrência de decoada como relatado em Calheiros e Hamilton (1998) e Oliveira et al. (2010).

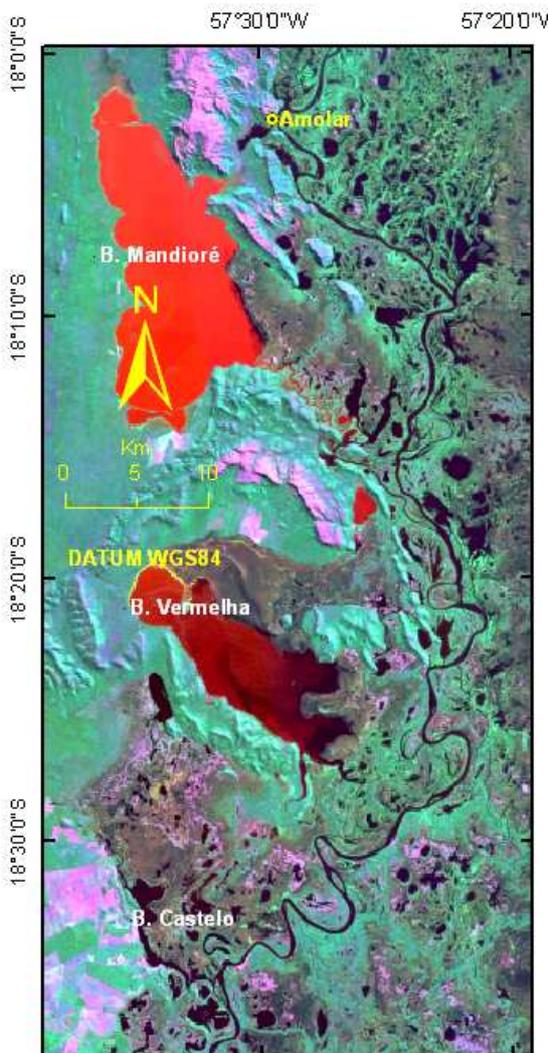


Figura 3. Localização das baías Mandioré, Vermelha e Castelo e detalhes da extensa área de inundação que compreende este complexo de lagoas marginais ao rio Paraguai.
Fonte: Landsat/ETM+ (2000).

Na baía do Castelo os eventos ocorreram, em geral, entre fevereiro e maio, com ocorrência de anoxia em todo o ambiente por mais de um mês. O pH normal, entre 6,5 e 7,0, chega a valores em torno de 5,0 e o CO₂ Livre pode passar de 200,0 mg/L, quando o seu normal durante o ano não ultrapassa 6,0 mg/L. É bastante comum ocorrerem expressivas mortandades de peixes nesta baía, sendo um local ideal para se observar o fenômeno e o efeito sobre os peixes (como seu comportamento de subida à flor d'água para respirar na fina camada superficial ar-água que, pela troca com o ar, apresenta níveis de oxigênio dissolvido pouco mais elevados). Tal comportamento é denominado localmente como ato de "boquear", sendo resultado do efeito negativo do fenômeno para a fisiologia respiratória e renal dos peixes (PELLEGRIN et al., 1995), que ficam vulneráveis à captura quando vem para a superfície para respirar (CALHEIROS et al., 2000). Quando isto acontece, o que pode durar semanas dependendo do local e do tipo de enchente, muitas pessoas se aproveitam para capturar grandes quantidades de peixes.

Na sequência, descendo o rio Paraguai, tem-se a baía do Tuiuiú e o sistema laguna Cáceres (Bolívia), com seu canal de drenagem (corixo), o canal Tamengo (Brasil-Bolívia), que apresentam também as alterações da água características da fase de inundação. Nestas baías os eventos de decoada acontecem entre fevereiro e maio, em condições semelhantes às da baía do Castelo, sendo considerado local de alta intensidade de ocorrência do fenômeno.

O canal do Tamengo drena água da baía Cáceres e da planície à montante (Figura 4). Os eventos de decoada ocorrem principalmente entre fevereiro e maio, com maior frequência em março, diferente do rio Paraguai em Corumbá, que ocorre com maior frequência em abril (Tabela 1). Observa-se também anos com eventos de decoada bastante intensos, com anoxia, pH mínimo de 5,5 (máximo de 7,8 - mais básico que o do rio Paraguai por drenar áreas calcárias), e CO₂ Livre de até 123,0 mg/L, sendo a mediana de 13,7 mg/L.

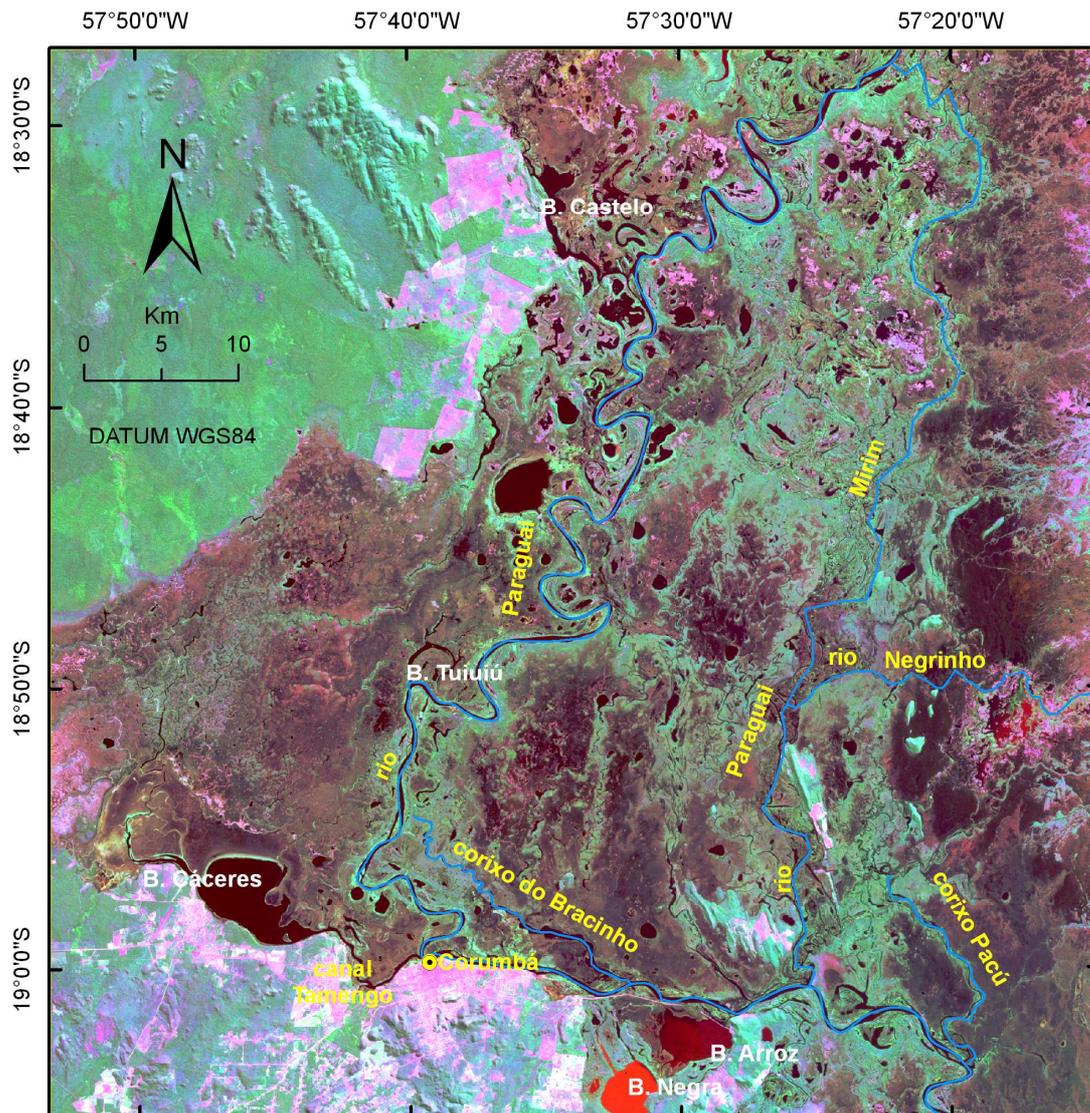


Figura 4. Localização do rio Paraguai (RP), de um dos seus braços, o rio Paraguai-Mirim e foz do rio Negrinho, onde desemboca o rio Taquari, bem como a localização da cidade de Corumbá/Ladário no Brasil e de Puerto Suarez e Puerto Quijarro na Bolívia, do Canal do Tamengo, corixo Bracinho, e as baías Tuiuiú, Negra e do Arroz.

Fonte: Landsat/ETM+ (2000).

Vários trabalhos anteriores relatam o período de ocorrência dos eventos de decoada no rio Paraguai (CALHEIROS, 2003; CALHEIROS; HAMILTON, 1998; CALHEIROS et al., 2000; OLIVEIRA; CALHEIROS, 2000; OLIVEIRA et al., 2010, 2011), no entanto, a análise de uma série de dados mensais de 23 anos confirma que a água do rio Paraguai tem características de decoada em todos os anos, predominante nos meses de março, abril e maio (Tabela 1). Por outro lado, entre agosto e janeiro, não houve registro dos eventos de decoada.

Os eventos de decoada têm relação direta com o nível do rio Paraguai, ocorrendo sempre durante a inundação quando o nível do rio está entre 2,0 e 6,0 m. Calheiros e Hamilton (1998) estimaram que a partir de 3,5 m, medidos na régua de Ladário, inicia-se o fenômeno na baía do Castelo, que passa a contribuir com água de decoada para o rio Paraguai a jusante. Antes de atingir os 3,5 m, ou seja, de ocorrer o fenômeno de forma localizada, o rio Paraguai já havia se conectado previamente com a planície de inundação a montante da baía, promovendo a interação terra-água e a movimentação das massas de água para o corpo d'água da baía, de tal forma que em torno dos 3,5 m de altura já se observa sinais dos eventos de decoada na própria baía. Outro fato observado por estes autores é que, quando a decoada ocorre em fevereiro, a probabilidade de ser de alta magnitude é bem maior do que quando acontece no final da fase de enchente (maio a junho).

Os eventos de decoada ocorrem entre fevereiro e maio, quando a temperatura da água do rio Paraguai está em torno 30°C a 34°C, decrescendo para cerca de 20°C em maio em diante (OLIVEIRA et al., 2010). A entrada das frentes frias de maio a julho provavelmente diminui os processos de decomposição da matéria orgânica, cessando os eventos de decoada e melhorando a qualidade da água.

Tabela 1. Época (meses) e número de ocorrências de decoada no rio Paraguai e Canal do Tamengo, em Corumbá - MS e o nível mínimo e máximo do rio Paraguai, cedidos pelo VI Distrito Naval da Marinha do Brasil em Ladário, durante o período de ocorrência do evento. Período analisado: 23 anos - 1988 a 2011.

Período 1988-2011	Número de ocorrências dos eventos de decoada		Nível mínimo e máximo Rio Paraguai (metros) ¹
	Rio Paraguai	Canal do Tamengo	
Janeiro	0	1	1,15 - 3,25
Fevereiro	5	6	1,48 - 3,87
Março	12	15	1,92 - 5,43
Abril	18	9	2,19 - 6,57
Maio	10	5	2,45 - 6,22
Junho	3	1	2,85 - 5,84
Julho	1	1	2,86 - 5,60
Agosto	0	0	2,02 - 4,94

Fonte: ¹ Dados obtidos pelos autores por meio de telefonema a Marinha.

O Bracinho (Figura 4) é um ambiente onde os eventos de decoada são intensos, e seus efeitos foram observados também na comunidade bentônica por Andrade (2011). Neste corixo observa-se muito bem o efeito das chuvas que alagam áreas da planície e promovem os processos de decomposição de forma localizada, carreando gradativamente na água compostos e gases resultantes (água de decoada) do campo para o corixo. Assim, a decoada nessa região pode ocorrer um pouco antes da massa de água de decoada resultante da inundação do rio Paraguai. Apesar das restrições impostas pelos eventos de decoada Nascimento (2010) cultivou experimentalmente peixes como pacu e cachara em tanques-rede na região do Bracinho por 9 meses, conseguindo rendimentos satisfatórios durante o período de cultivo.

Também há entradas de água com muita matéria orgânica no início da vazante (agosto), durante a drenagem de águas da planície para os rios principais, cujas águas ficam escuras e com pH ácido e baixa contração de OD. Este fato foi registrado no ano de 2008, por Andrade (2011), tanto no Bracinho como na Baía Tuiuiú (Figura 4).

Do lado oposto ao Bracinho, localizam-se as baías Negra e do Arroz, na margem direita do rio Paraguai, a jusante da cidade de Corumbá (Figura 4). As duas baías perderam parte de sua conexão direta com o rio Paraguai devido ao dique construído para isolar a área de inundação, sendo um aterro por cima do qual passa a estrada da Codrasa. Ambas as baías recebem água do rio Paraguai durante as cheias, contudo não se tem registros de ocorrência de eventos de decoada, provavelmente pela pequena área de inundação correspondente à sua área de drenagem, restringida pela murraria do Rabicho e Urucum.

Região 3: Rio Paraguai a jusante do rio Paraguai-Mirim, rios Taquari, Negro e Miranda

No leito principal do rio Taquari não foi observado evento de decoada, exceto para a região do baixo Taquari onde suas águas se encontram com as águas do corixo chamado rio Negrinho (Figura 4). Esta é uma região relativamente nova de avulsão ou extravasamento das águas e preenchimento por sedimentos do leque aluvial do Taquari, formada por uma saída de água no lado direito do rio Taquari na localidade chamada 'Zé da Costa'; e que constitui o leito principal do rio Taquari atualmente, desembocando no rio Negrinho, o qual tem sua foz no Paraguai-Mirim (PADOVANI et al., 2005). O Paraguai-Mirim é um braço do rio Paraguai que começa a jusante do rio Cuiabá e termina aproximadamente 38 km a jusante da área urbana de Corumbá (Figura 4). Neste novo trecho do rio Taquari, com aproximadamente 80 km, foram feitas amostragens entre 2000 e 2010, e os eventos de decoada somente foram observados próximo ao Paraguai-Mirim.

Anterior à mudança na direção do leito do rio Taquari, o mesmo desaguava no rio Paraguai, na altura do Porto da Manga, sendo esta região um ambiente que inundava com a cheia dos rios Taquari e Negro em dezembro e permanecia por meses, devido ao barramento que o rio Paraguai exercia nas águas desses rios. A ocorrência de decoada foi relatada entre os anos de 1995 a 1998 (OLIVEIRA; CALHEIROS, 2005). Em 2008 ainda houve registro de ocorrência de decoada nessa região (MATO GROSSO DO SUL, 2009a, 2009b), mas é provável que seja apenas água de drenagem da planície, pois a magnitude da inundação dessa região atualmente foi reduzida devido a mudança do leito do rio Taquari, e provavelmente perdeu sua importância como área de ocorrência dos eventos de decoada. Este fato evidencia a rapidez com que as mudanças aconteceram neste trecho da área de inundação. Por outro lado, a área de inundação entre o rio Taquari e o Paraguai-Mirim foi ampliada, mas há poucos registros sobre a ocorrência dos eventos de decoada nesta região. A análise de dados do período de 1996-2011 indicou que há ocorrência de decoada de alta intensidade no rio Paraguai-Mirim, onde a concentração de OD decresceu para 0,3 mg/L e o pH para 5,7, no mês de maio de 2011. Nessa região também foram realizados estudos em uma série de corixos ligados ao rio Paraguai, amostrados em 1993 (HAMILTON et al., 1999), e mais recentemente em 2011, que demonstram a ocorrência dos eventos de decoada principalmente no mês de maio.

Na região do Porto da Manga, registram-se frequentes eventos de mortandade de peixes. Cardumes de peixes podem ser observados tomando ar na superfície da água devido à falta de oxigênio, o que atrai a atenção das pessoas e da mídia local, que também tem um papel importante nos registros dos eventos de decoada, esclarecendo anualmente a população sobre a naturalidade desses eventos. O assunto é notícia na mídia regional e nacional em anos em que os eventos são de alta magnitude, por causarem grande mortandade de peixes.

Embora o rio Negro apresente um tributário no início da planície pantaneira, o rio Taboco, que se abre num pequeno pântano, com ambiente propício para a formação do processo de decoada, não há registros de sua ocorrência (MATO GROSSO DO SUL, 2003, 2005a, 2005b, 2009a, 2009b, 2012), tendo-se informação apenas sobre casos isolados na região. Somente no trecho final é que o rio Negro apresenta trechos com registro de ocorrência de decoada de intensidade média (Figura 1), principalmente na região do Morro do Azeite. Vários corixos se juntam aos rios principais nesta região e a maioria deles recebe água de decoada no início da inundação. Entre o rio Negro e o rio Miranda, tem-se o rio Abobral, na verdade um corixo permanente que drena água de uma grande área de inundação proveniente principalmente dos rios Aquidauana, Negro e Miranda (CARVALHO, 1986) (Figura 5). Embora pouco estudado, há relatos de fortes eventos de decoada nesta área por drenar uma extensa área inundável com influência do rio Negro.

A área conhecida como de ocorrência de eventos de decoada no rio Miranda é de aproximadamente 140 km rio acima, partindo da foz no rio Paraguai, trecho à jusante da foz do rio Aquidauana (Figura 1). Neste trecho os eventos de decoada foram considerados de baixa intensidade. No entanto, a montante e a jusante da foz do rio Aquidauana foram registrados valores de OD de 0,4 e 0,6 mg/L, e de pH de 6,1 e 5,6, portanto dentro da faixa considerada de média a alta intensidade. Essas observações constataam a ocorrência dos eventos de decoada principalmente nos meses de dezembro a março, mesmo período que se observa os eventos de decoada no Passo do Lontra, aproximadamente 90 km a jusante da foz do rio Aquidauana e 50 km a montante da foz com o rio Paraguai. Neste trecho do rio, a intensidade e a duração do evento foram registradas em monitoramento diário entre janeiro e abril dos anos de 2006 e 2007, registrando-se diminuição do oxigênio dissolvido de 8,0 para 0,0 mg/L, do pH de 7,5 para 6,2 e o CO₂ Livre alcançou 153,0 mg/L (OLIVEIRA et al., 2011). O rio Vermelho, corixo que captura águas do rio Aquidauana (Figura 5), contribui significativamente para os eventos de decoada no Passo do Lontra segundo relatos locais, inclusive com registros de mortalidade de peixes pela comunidade local.

As águas do rio Miranda alcançam o rio Paraguai a aproximadamente 30 km acima da comunidade ribeirinha de Porto Esperança, que também recebe águas de várias baías e corixos, incluindo a baía de Albuquerque, localizada na comunidade de mesmo nome (Figura 5). Nesta baía, apesar das informações estarem baseadas em apenas 6 amostragens ao longo do ano, a ocorrência de uma decoada de baixa intensidade foi observada em maio de 1987, com valor mínimo de 2,6 mg/L para OD e pH de 6,0 mg/L (ESPÍNDOLA et al., 1996). Assim, há registros de eventos de decoada intensos e duradouros no rio Paraguai em Porto Esperança, principalmente entre março e junho, pois combinam as águas resultantes dos fenômenos localizados neste trecho da planície, considerado de alta inundação, com as águas de decoada resultantes das áreas de planície drenadas pelos rios principais (Negro, Taquari, Paraguai-Mirim e Miranda), que já atingiram os corixos e os rios, escoando para jusante (Figura 1). Os rios que formam o Pantanal em Mato Grosso do Sul correm de leste para oeste e são rios em que as áreas de planalto são relativamente próximas, portanto rios curtos com planícies de inundação restritas, onde a decoada se inicia em dezembro, com a água de extravasamento das chuvas. Com a continuidade da fase de enchente, estas águas se combinam com as águas da área de inundação do rio Paraguai, vindas de montante onde os eventos ocorrem mais tardiamente com a chegada da onda de cheia da região do Amolar (fevereiro a maio), coalescendo todo o sistema de planícies de inundação dos tributários.



Figura 5. Localização da foz dos rios Negro e Miranda no rio Paraguai e detalhes da área de alta inundação desta região, mostrando os corixos denominados rio Abobral e rio Vermelho. Na margem esquerda do rio Paraguai esta a baía de Albuquerque, na margem direita a comunidade de Porto Esperança. Observam-se também outros corixos menores até a localidade de Porto Esperança.

Fonte: Landsat/ETM+ (2000).

Região 4: Rio Paraguai à jusante de Porto Esperança até Porto Murtinho e rio Nabileque

Na parte sul do Pantanal brasileiro, abaixo de Porto Esperança, foram analisados dados entre 1994 e 2011 (MATO GROSSO DO SUL, 1999, 2000, 2003, 2005a, 2005b, 2009a, 2009b, 2012) nas estações do rio Paraguai em Forte Coimbra, Barranco Branco e Porto Murtinho (Figura 6). Durante 6 anos de amostragem o evento foi registrado anualmente, com concentrações mínimas de OD bem próximas de 0,0 mg/L (principalmente nos anos de 1997 e 2011). Mesmo durante os eventos de decoada não houve registros de pH menores que 6,0. O pH das águas dessa região são mais altos devido à entrada de água do rio Naitaca, proveniente da Serra da Bodoquena, cujas águas calcárias conferem um pH alcalino.

Devido a sua extensa área passível de inundação por um período de até 6 meses, os eventos de decoada de alta intensidade são comuns na região conhecida como rio Nabileque que, como o rio Paraguai-Mirim, trata-se de um braço do rio Paraguai. Nesta região a decoada ocorre devido à defasagem temporal da onda de cheia, a partir de agosto (pode ser também água de vazante), e pode ser observada até maio, com valores de OD próximos de 0,0 mg/L. Como vimos, a decoada é dependente da forma de inundação do rio Paraguai (velocidade de cheia, nível, duração, área) e não se pode precisar suas características por não se ter um monitoramento contínuo na maioria das estações de coleta aqui mencionadas.

Segundo Calheiros e Ferreira (1997), o rio Paraguai, na região do Nabileque, apresenta dois picos de cheia: o primeiro em fevereiro-março, coincidindo com as chuvas, e o segundo, maior, nos meses de maio-junho, já relacionados à onda de cheia. Os eventos de decoada forma mais comuns entre os meses de março e maio (MATO GROSSO DO SUL, 2003, 2005a, 2005b, 2009a e 2009b), coincidente com a fase de inundação. Embora haja registros de OD abaixo de 2,0mg/L entre Junho e Setembro, em geral o OD registrado foi acima de 4,0 mg/L.

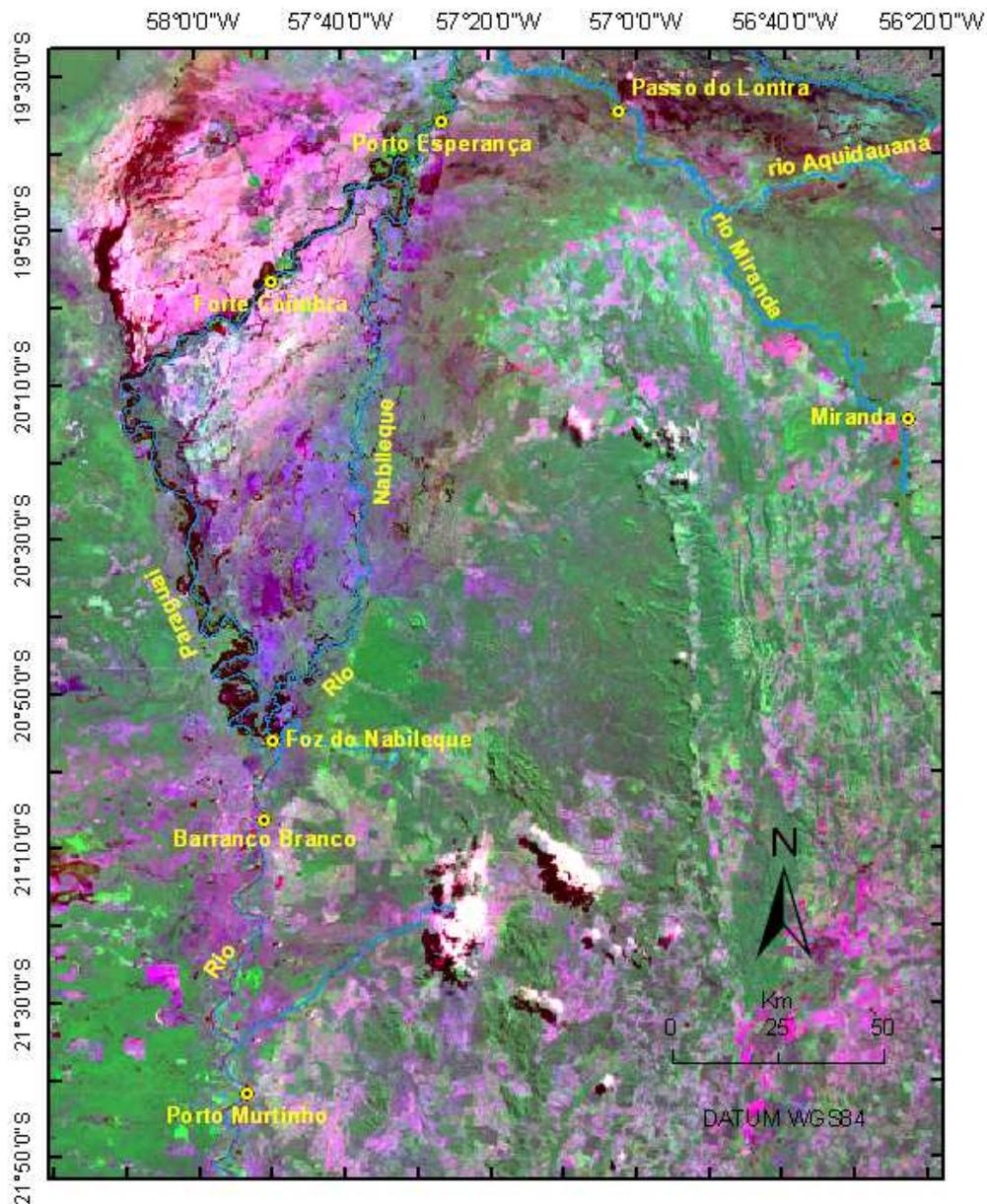


Figura 6. Localização do braço do rio Paraguai denominado de rio Nabileque, com sua extensa área de inundação, e as estações de Forte Coimbra, Barranco Branco e Porto Murtinho, no rio Paraguai.

Fonte: Landsat/ETM+ (2000).

Conclusões

As informações contidas neste trabalho identificaram as áreas onde se tem registros anuais ou pontuais da ocorrência de águas de decoada, que são águas com cor e odor característico, depleção de oxigênio dissolvido ($OD < 3,0 \text{ mg/L}$), pH baixo e CO_2 alto, condições que não necessariamente ocorrem simultaneamente. Áreas com decoada de alta intensidade são aquelas onde a mortandade de peixes pode ocorrer. Várias outras áreas não incluídas no mapeamento podem também apresentar eventos de decoada, mas não há registros.

No Norte do rio Paraguai, na região de Cáceres, os eventos de decoada são menos frequentes e de baixa intensidade ($2 > OD > 3 \text{ mg/L}$) e curta duração (1 a 2 meses), se comparados ao trecho médio e inferior do rio Paraguai, entre Amolar e Porto Murtinho. No Norte, a ocorrência do evento normalmente é no final do período chuvoso, entre fevereiro e março. A decoada é mais intensa a partir da Estação Ecológica Taiamã, e principalmente na área do Parque Nacional do Pantanal, região do Caracará. No rio Paraguai, em Corumbá, com maior número de registros foi possível identificar eventos de decoada com duração de até 5 meses, predominando entre os meses de março a maio. Na parte Sul, destaca-se o rio Nabileque, um braço do rio Paraguai, onde os eventos de decoada foram considerados de alta intensidade, devido à extensão e a duração da inundação.

No rio Cuiabá, os eventos de média intensidade são comuns desde Porto Cercado até a foz no rio Paraguai. Mortandades de peixes podem ocorrer nas baías laterais e corixos ligados aos rios, mas não foram identificados no leito do rio. No rio Taquari, os eventos de decoada não ocorrem no trecho acima do arrombado Zé da Costa e também são de baixa magnitude entre o Zé da Costa e o rio Paraguai-Mirim. Já no Paraguai-Mirim e corixos dessa região os eventos foram observados, e com alta intensidade.

No rio Miranda, o evento pode ser observado desde a foz do rio Aquidauana, com baixa a média intensidade, em situação de cheia normal. Já no seu trecho final, na localidade de Passo do Lontra, a intensidade pode ser alta a ponto de afetar os peixes, é possível ver peixes tomando ar ('bocando' ou 'boqueando') na superfície.

Dentre as baías conectadas ao rio Paraguai, Uberaba e Gaíva seriam os locais com menor probabilidade de ocorrência dos eventos de decoada. Mas são precisos estudos mais detalhados e de longo prazo para tal confirmação, bem como ouvir um maior número de moradores da região. Mais ao Sul, não há relatos de ocorrência de decoada nas baías Negra e do Arroz, próximas a cidade de Ladário, e na baía de Albuquerque. A partir dos dados disponíveis somente foi possível estimar a área de ocorrência e a intensidade nessas baías, mas não a duração dos eventos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Chefe do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense/ICMBio, Dr. José Augusto Ferraz de Lima, à Profa. Dra. Carolina Joana da Silva – UNEMAT e à Dra. Cláudia Tarso Callil - UFMT pelos relatos de suas experiências no Norte do Pantanal e na região do Amolar. Agradecemos as comunidades e povos tradicionais do Pantanal que sempre nos forneceram ricas informações sobre a compreensão do funcionamento hidro-ecológico e ocorrência da decoada na região. Agradecemos os moradores da Barra do São Lourenço na foz do rio Cuiabá, em especial à Maria Aparecida Aires de Souza, moradores da baía do Castelo e do Hotel Passo do Lontra no rio Miranda. Ao Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - IMASUL, órgão responsável pelo monitoramento da qualidade da água em rios do Mato Grosso do Sul. Agradecemos também à equipe de apoio da Embrapa Pantanal nas pessoas de Maria Davina R. dos Santos, Egídia do A. Costa, Josias C. de Oliveira, Valdete J. dos Santos Sanchez, Oslain Branco, Isaac T. de Carvalho, e, em especial ao colega Waldomiro Lima e Silva, pelo seu conhecimento sobre os eventos de decoada no Pantanal que muito contribuiu para este trabalho. Agradecemos também às fontes financiadoras: Fundect, CNPq (Projeto PELD – Sítio 2 #520056/98-1) e Embrapa. Agradecemos ao Dr. Stephen K. Hamilton por sua valiosa contribuição ao manuscrito.

Referências

- ANDRADE, M. H. da S. **O fenômeno da “decoada” no Pantanal do rio Paraguai, Corumbá/MS: alterações dos parâmetros limnológicos e efeitos sobre os macroinvertebrados bentônicos**. 108 p. 2011. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo.
- BASTVIKEN, D.; SANTORO, A. L.; MAROTTA, H.; PINHO, L. Q.; CALHEIROS, D. F.; CRILL, P.; ENRICH-PRAST, A. Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward more comprehensive sampling. **Environmental Science and Technology**, Washington, DC, v. 44, n. 14, p. 5450-5455, 2010.
- BLEICH, M. E.; SILVEIRA, R. M. L.; NOGUEIRA, F. M. B. Limnological patterns in northern Pantanal lagoons. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 755-764, 2009.
- BRANDORFF, G. O. **Aspectos da dinâmica das populações zooplancônicas do rio Paraguai em relação às alterações limnológicas consequentes ao fenômeno da “Dequada”**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1998. 4 p. (BOLSA DE CURTA DURAÇÃO CNPq-IICA). Relatório técnico.
- CALHEIROS, D. F. **Influência do pulso de inundação na composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) das fontes primárias de energia na planície de inundação do rio Paraguai (Pantanal-MS)**. 2003. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear em Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/teses/online/TSE05.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2012.
- CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. **Alterações limnológicas no rio Paraguai (decoada) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-grossense - MS**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 49 p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 7). Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP07.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2012.
- CALHEIROS, D. F.; HAMILTON, S. K. Limnological conditions associated with natural fish kills in the Pantanal Wetland of Brazil. **Verhandlugen Internationalen Vereinte Limnologie**, v. 26, p. 2189-2193, 1998.
- 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 of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 37, p. 684-696, 2000.
- CARVALHO, N. de O. Hidrologia da bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá, MS. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1986. p. 43-49. (Embrapa-CPAP. Documentos, 5).
- ESPÍNDOLA E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MORENO, I. H. Efeitos da dinâmica hidrológica do sistema Pantanal Matogrossense sobre a estrutura da comunidade de zooplâncton da lagoa Albuquerque. **Acta Limnológica Brasiliensia**, São Paulo, v. 8, p. 37-57, 1996.
- FERRAZ DE LIMA, J. A.; CONCEIÇÃO, P. N. **Verificações a respeito da mortandade de peixes na região do rio Cuiabá e Paraguai**. Cuiabá: Centro de Pesquisas Ictiológicas do Pantanal Mato-Grossense, 1977. 5 p. Relatório técnico.
- 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**, Baltimore, v. 42, n. 2, p. 257:272, 1997.
- 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. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 30, n. 2, p.115-141, Aug. 1995.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. S.; CALHEIROS, D. F.; MELACK, J. M. Chemical characteristics of Pantanal waters. In: SIMPOSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2., 1996, Corumbá, MS. Manejo e Conservação. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p. 89-100.
- JESUS, F. de; LIMA, S. F. **Plano de manejo do Parque Nacional do Pantanal**. Brasília, DF: Ibama, 2003. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna_matogrossense.pdf>. Acesso em 14 ago. 2012.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C.; SILVA, C. J. da; WANTZEN, K. M. The Pantanal: a large South American wetland and its position in limnológica theory. In: JUNK, W. J.; SILVA, C. J. da; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K. M. **The Pantanal: ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, 2011. p. 26-46.

LANDSAT/ETM+. Corumbá, MS: Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Pantanal, 2000. 1 imagem de satélite. DATUM WG S84.

LOWE-McCONNELL, R. H. **Ecological studies in tropical fish communities**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 387 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul: 2005, 2006 e 2007**. Campo Grande, 2009a. 217 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul: 2008**. Campo Grande, 2009b. 240 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso do Sul: 2009/2010**. Campo Grande, 2012. 200 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Meio Ambiente Pantanal. **Relatório de Avaliação e Tendências da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso do Sul: 1994 - 2004**. Campo Grande, 2005a. 103 p. il.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Meio Ambiente Pantanal. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai: 2003**. Campo Grande, 2005b. 127 p. il.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai: 1997-1998**. Campo Grande, 1999. 127 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai: 1996**. Campo Grande, 2000. 103 p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Instituto de Meio Ambiente Pantanal. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai: 1999**. Campo Grande, 2003. 88 p. il.

MATO GROSSO. Secretaria da Agricultura de Mato Grosso. **Considerações sobre um fenômeno de auto-poliuição no Pantanal de Mato Grosso**. Cuiabá, [ca. 1986]. 9 p. Relatório Institucional.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas da Sub-Bacia do Rio Cuiabá/MT: 2005**. Cuiabá: SEMA; SURH, 2006a. 55 p. il.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água Bacia do Rio Cuiabá: 2003 – 2004**. Cuiabá: SEMA; SURH, 2005. 78 p. il.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água: região hidrográfica do Paraguai: 2006**. Cuiabá: SEMA; SURH, 2006b. 93 p. il.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Monitoramento de Indicadores Ambientais. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica do Paraguai – 2007 a 2009**. Cuiabá: SEMA/MT; SMIA, 2010. 108 p. il.

- NASCIMENTO, F. L. Avaliação da produtividade e sustentabilidade do cultivo de cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766)) em "tanques rede", no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá, MS. Manejo e Conservação. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010.
- OLIVEIRA, M. D. de; CALHEIROS, D. F. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. **Hydrobiology**, The Hague-Holanda, v. 427, p. 102-112, 2000.
- OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. Características e alterações limnológicas na bacia do rio Taquari. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos ambientais e socioeconômicos na bacia do rio Taquari - Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 199-208.
- OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M.; HAMILTON, S. K. Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 13, p. 717- 729, 2011.
- OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. F.; JACOBI, C. M. Oxygen depletion events control the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in a tropical floodplain. **Wetlands**, Wilmington, v. 30, n. 4, p. 705-716, 2010.
- PADOVANI, C. R.; ASSINE, M. L.; VIEIRA, L. M. Inundações no leque aluvial do rio Taquari. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos ambientais e socioeconômicos na bacia do rio Taquari - Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 183-198.
- PELLEGRIN, A. O.; CALHEIROS, D. F.; COSTA, M. S. Bacterial pathogens associated with fish mortality in Paraguay River of Pantanal/MS. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MICROBIAL ECOLOGY, 7., 1995, Santos-SP. **Proceedings...**, 1995. p. 212.
- PROGRAMA Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**: diagnóstico dos meios físico e biótico: meio físico. Brasília, DF: PNMA, 1997. v. 2, t.1, 334 p. Projeto Pantanal.
- RABALAIS, N. N.; TURNER, R. E.; WISEMAN JÚNIOR, W.. Gulf of Mexico hypoxia, A.K.A. "The dead zone". **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 33, p. 235-263, 2002.
- RABOUILLE, C.; CONLEY, D. J.; DAI, M. H.; CAI, W. J.; CHEN, C. T. A.; LANSARD, B.; GREEN, R.; YING, K; HARRISON, P. J.; DAGG, M.; MCKEE, B. Comparison of hypoxia among four river-dominated ocean margins: The Changjiang (Yangtze), Mississippi, Pearl, and Rhône rivers. **Continental Shelf Research**, Oxford, v. 28, n. 12, p. 1527-1537, 2008.
- RESENDE, E. K. de; MARQUES, D. K. S. Peixes de valor econômico: Avaliação da situação dos peixes de valor econômico para a pesca no rio Cuiabá, na área da RPPN SESC Pantanal e possíveis ações futuras. In: BRANDÃO, L. G. (Coord.). **Peixes da Estância Ecológica SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2008. p. 69-127. il. (Conhecendo o Pantanal, 4).
- ROWE, G. T. Seasonal hypoxia in the bottom water off the Mississippi River Delta. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, n. 2, p. 281-290, 2001.



Pantanal