

CAPÍTULO 9

BIOMA PANTANAL: STATUS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, TIPOLOGIAS DE MACRO-HÁBITATS E RECOMENDAÇÕES PARA SEU USO SUSTENTÁVEL

Cátia Nunes da Cunha^{1,2,3(*)}, Arnildo Pott⁴, Vali Pott⁵, Daniel Luis Zanella Kantek⁶,
Joisiane Mendes Araujo⁷, Erica Cezarine de Arruda^{2,3,7}, Mônica Aragona⁸,
Carlos Teodoro José Hugueney Irigaray⁹, Adriano Braun¹⁰, Simoni Loverde-Oliveira¹¹,
Walfrido Moraes Tomas¹², Georg Irion^{7,13}, Fabio de Oliveira Roque^{14,15}, Aguinaldo Silva¹⁶,
Catia Urbanetz¹⁷ e Wolfgang J. Junk⁷

¹ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-INAU)/ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Pesquisadora Associada, Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade; Rua Vinte, nº. 280, Bairro Boa Esperança, CEP: 78.068-380, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Fone: (65) 3664-1121, Site: www.inau.org.br; E-mail: biocnc@gmail.com.

² Instituto Nacional de Pesquisa do Pantanal (INPP). Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Boa Esperança, CEP. 78.060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

³ Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP). Rua Dois, nº 497, sala 02, Boa Esperança, CEP. 78.068-360, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: inau.cpp@gmail.com

⁴ Laboratório de Ecologia Vegetal, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁵ Herbário CGMS, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁶ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos (CMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA). Rua Generoso Marques Leite, nº 20, CEP. 78.210-625, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

⁷ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-INAU)/ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Rua Vinte, nº. 280, Bairro Boa Esperança, CEP: 78.068-380, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Fone: (65) 3664-1121, Site: www.inau.org.br; E-mail: inau.cpp@gmail.com

⁸ Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Boa Esperança, CEP. 78.060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

⁹ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós-graduação em Direito (PPGD-UFMT). Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Boa Esperança, CEP. 78.060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

¹⁰ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

¹¹ Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal de Rondonópolis. Av. dos Estudantes, nº 5055, Cidade Universitária, CEP. 78.736-900, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil.

¹² Embrapa Pantanal, CEP: 79320-900, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil.

¹³ Department of Marine Geology, Research Institute Senckenberg, Suedstrand 40, 26382 Wilhelmshaven, Alemanha.

¹⁴ Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

¹⁵ Wetlands International, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

¹⁶ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Câmpus do Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil.

¹⁷ Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil.

RESUMO

O Pantanal é um bioma de grande importância nacional e internacional, reconhecido por sua biodiversidade e capacidade de conciliar produção econômica e conservação. No entanto, a falta de regulamentação específica tem levado a conflitos e degradação causada por atividades insustentáveis. A região possui um clima tropical úmido, com estações secas e chuvosas bem definidas e é composta por uma variedade de habitats influenciados pelo pulso de inundação e diferentes origens da água, caracterizando uma paisagem úmida (wetscape). A grande diversidade paisagística do Pantanal reflete-se no grande número de macro-habitats, sendo distribuídos em seis unidades funcionais e 16 subclasses, totalizando 75 macro-habitats. Abrigando uma ampla diversidade de flora e fauna, várias com algum grau de risco de extinção, o Pantanal enfrenta ameaças internas e externas, como expansão agrícola, construção de hidrovias e contaminação da água. Soluções sustentáveis, como o fortalecimento do ecoturismo e a criação de infraestruturas verdes, são necessárias para proteger a biodiversidade. A falta de políticas públicas consistentes e a pressão econômica também são desafios. Recomendam-se um zoneamento socioeconômico ambiental para a Bacia do Alto Paraguai (BAP) e a elaboração de um marco legal para uma política pública, com foco na manutenção do caráter ecológico do Pantanal, considerando a sinergia entre o planalto e a planície. No Pantanal, propõe-se a adoção do uso sustentável do bioma, do conceito de uso restrito e do conceito macro-habitats para manejo das unidades produtivas e de conservação.

Palavras-chave: biodiversidade, inventário de áreas úmidas, regulamentação, sustentabilidade, paisagem úmida.

ABSTRACT

Pantanal Biome: Status of Scientific Knowledge, Macrohabitat Typologies and Recommendations for Sustainable Use. The Pantanal is a biome of great national and international importance, recognized for its biodiversity and ability to reconcile economic production and conservation. However, the lack of specific regulations has led to conflicts and degradation caused by unsustainable activities. The region has a humid tropical climate, with well-defined dry and rainy seasons, and is composed of a variety of habitats influenced by the flood pulse and different water sources, characterizing a wetscape. The Pantanal's great landscape diversity is reflected in the large number of macrohabitats, distributed across six functional units, 16 subclasses, totaling 75 macrohabitats. Hosting a wide diversity of flora and fauna, many of which are at some risk of extinction, the Pantanal faces internal and external threats such as agricultural expansion, the construction of waterways, and water contamination. Sustainable solutions, such as strengthening ecotourism and creating green infrastructure, are necessary to protect biodiversity. The lack of consistent public policies and economic pressures are also challenges. It is recommended to establish a socioeconomic and environmental zoning for the Upper Paraguay Basin (BAP) and to develop a legal framework for public policy, focusing on maintaining the ecological character of the Pantanal and considering the synergy between the plateau and the Pantanal. In the Pantanal, the adoption of sustainable use of the biome, the concept of restricted use, and the concept of macrohabitats for the management of productive and conservation units are proposed.

Keywords: biodiversity, wetland inventory, regulation, sustainability, wetscape.

INTRODUÇÃO

O Pantanal mato-grossense, denominação histórica dada a todo o bioma Pantanal que se estende pelos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, é a maior planície de inundação contínua do planeta, destacada nacional e internacionalmente, com os

títulos de “Patrimônio Nacional”, “Reserva da Biosfera” e “Patrimônio da Humanidade”, contando com quatro sítios Ramsar. O Bioma Pantanal, localizado na região Centro-Oeste do Brasil, representa um elo entre o Cerrado (Brasil), o Chaco (Bolívia/Paraguai) e a Amazônia (ao Norte) (Tomas *et al.*, 2019; Wantzen *et al.*, 2023). A região é considerada um *hotspot* de serviços ecossistêmicos, abriga uma rica biodiversidade e modos de vida, sendo uma das únicas áreas do planeta que, embora ameaçada por várias atividades antropogênicas (p. ex., mudanças de uso da terra, incêndios, megainfraestruturas), ainda existem opções viáveis para conciliar a produção econômica e conservação da biodiversidade.

As planícies pantaneiras foram formadas no Período Quaternário, resultantes de períodos alternados de seca e cheia com diferentes padrões de descarga de sedimentos do Rio Paraguai e seus afluentes. Esse período originou uma grande diversidade de unidades geomorfológicas com variações de poucos decímetros no nível do relevo, resultando em diferenças na duração dos períodos de seca e de inundação, levando a ser denominado complexo do Pantanal.

O Pantanal se destaca pela exuberante biodiversidade, com muitas espécies ícones da América do Sul, tais como onças-pintadas, araras-azuis, tuiuiús, sucuris, ariranhas, capivaras, jacarés-do-pantanal. Possui várias espécies da fauna típicas dos biomas vizinhos e não possui muitas espécies endêmicas. O regime de cheias e vazantes e a alta disponibilidade de alimentos fazem da região um importante local de alimentação, descanso e reprodução para muitas espécies, sendo um singular sítio de biodiversidade e uma das regiões mais importantes do mundo para as aves aquáticas, incluindo espécies migratórias, como águia-pescadora, talha-mar, batuiuçu, maçarico-do-campo, cabeça-seca e colhereiro (Nunes & Tomas, 2004; Pinho *et al.*, 2017).

A conservação, a proteção e o uso do bioma Pantanal, enquanto patrimônio nacional, ainda não têm regulamentação específica e unificada nacionalmente como área úmida. Várias tentativas de lei foram apresentadas, entretanto nenhuma versão atendeu aos interesses dos usuários, que são muitos. Nesse vácuo legal, ações políticas e estratégias de distintos atores vêm interferindo e transformando o ecossistema em sua borda. A agricultura expandida nos arredores, o aumento de populações urbanas e o desenvolvimento de infraestrutura, que transformam o regime hídrico de bacia, resultam numa diversidade de conflitos de interesses. O resultado desse quadro de insuficiência jurídico-institucional se traduz na crescente vulnerabilidade do Pantanal em face da degradação oriunda de diversas atividades econômicas insustentáveis.

As populações tradicionais do Pantanal, para administrar suas propriedades e as atividades econômicas desenvolvidas - como pecuária, pesca, extrativismo -, utilizavam a diversidade da paisagem a seu favor, com a manutenção de habitats especiais, usando-os de forma inteligente. Essa prática tem sido perdida, principalmente pela chegada dos “pantaneiros” modernos, que têm dificuldade de entender a diversidade dos ambientes deste ecossistema e seus funcionamentos e, muitas vezes, tentam

implantar formas de produção não condizentes com a conservação da região, o que leva à perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos, econômicos e sociais, em médio e longo prazo.

Nunes da Cunha e Junk (2014) e Nunes da Cunha *et al.* (2021), no intuito de entender e manejar a complexidade do Pantanal, o subdividiram em unidades paisagísticas menores – denominadas de macro-hábitats -, como forma de se compreender melhor seus ambientes, planejar estudos científicos comparativos e determinar formas de uso sustentável e o nível de proteção de cada um. Esse sistema hierárquico de classificação das unidades da paisagem foi recomendado em 2015 pelo Comitê Nacional de Zonas Úmidas (CNZU).

Dada a importância de se entender o funcionamento do Pantanal em múltiplas escalas espaciais e temporais e como os macro-hábitats podem ser usados para gestão territorial sustentável da região, organizamos as seções deste capítulo de forma hierárquica e complementar, partindo de uma apresentação geral sobre a gênese e características geomorfológicas e climáticas do Pantanal para depois focarmos no funcionamento e classificação dos macro-hábitats. Finalizamos o capítulo com uma visão crítica sobre a necessidade de construção de um marco regulatório próprio para o Pantanal que considere fortemente a dinâmica de funcionamento dessa área úmida.

1. CARACTERIZAÇÃO DO PANTANAL

1.1 Gênese

O Pantanal é uma bacia tectonicamente ativa e sua origem tem sido associada com o sistema de *foreland* andino (Horton & Decelles, 1997; Ussami *et al.*, 1999; Chase *et al.*, 2009). Essa bacia é caracterizada por várias superfícies de blocos falhados e por uma série de depressões, onde aproximadamente 500 m de sedimentos têm se acumulado durante o Quaternário (Assine, 2003; Assine & Soares, 2004). Poços perfurados pela Petrobras na década de 1960 apresentam informações sobre a espessura do pacote de sedimentos da bacia do Pantanal. Os poços indicam que a espessura da bacia é maior em seu centro, com redução de espessura sedimentar nas porções norte e sul, indicando um embaciamento alongado na direção N-S.

A depressão do Pantanal foi formada há 2,5 milhões de anos, na última compressão dos Andes, durante o Plioceno superior e o Pleistoceno inferior (Godoi Filho, 1986). Posteriormente, a depressão do Pantanal se separou da bacia Amazônica e teve o seu próprio desenvolvimento geológico e biogeográfico (Almeida, 1945).

A paleogeografia e a paleo-hidrologia do Pantanal vêm continuamente se modificando desde o Pleistoceno, não só como consequência de processos alocíclicos, induzidos por movimentos tectônicos e mudanças climáticas, mas também devido a processos sedimentares autocíclicos inerentes à evolução dos sistemas deposicionais existentes.

Estudos da evolução geológica e sedimentológica do Pantanal durante o Pleistoceno mostraram que todas as grandes superfícies, exceto os *inselbergs*, são de origem fluvial/lacustre (Irion *et al.*, 2011). Essas são de diferentes idades e os sedimentos apresentam-se, inicialmente, altamente intemperados; posteriormente, novo intemperismo ocorre em todos os sedimentos superficiais, modificados em diferentes graus por processos de assoreamento.

Toda a superfície do Pantanal é dominada por areia fina e silte dos planaltos Paleozóicos/Mesozóicos circundantes, com pequenas quantidades de argilas, dominadas por caulinita, mas carentes de clorita (Irion *et al.*, 2011). Os montes de terra artificiais (aterros), que foram construídos por povos indígenas há vários séculos, mostram fertilidade duradoura dos solos por causa da presença de carbonato de cálcio derivado das conchas de moluscos, coletados pelos antigos moradores (Oliveira & Milheira, 2020).

Segundo Buchas *et al.* (2000), depósitos fluviais apresentam fases de deslocamento e acúmulos de corpos de areia e sedimentos finos na planície do Pantanal de Poconé (Figura 1). Os rios acumulam areia formando barragens e diques. Os sedimentos finos, argilas e siltes são depositados por escoamentos sobre as margens. Numa fase posterior, a planície é coberta por uma fina camada de areia da erosão das barragens e diques, trazida pelos pequenos canais de drenagens (corixos, vazantes). Esses pequenos canais de drenagem são periódicos, ficando ativos somente durante a estação das cheias.

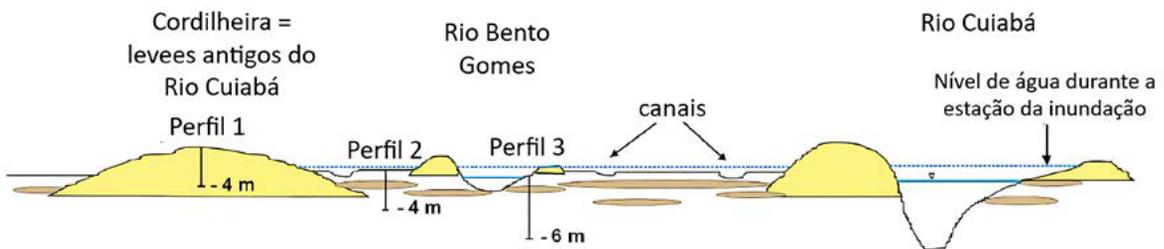


Figura 1. Esquema de uma sequência de depósitos fluviais em um corte do Pantanal de Poconé. Fonte: Buchas *et al.* (2000).

Essa conjunção hidrológica e morfológica bastante original revela-se extremamente complexa, uma vez que a paisagem atual é produto de uma história evolutiva bastante atribulada, como mostram os registros dos antigos sistemas (paleoformas) ainda evidentes na superfície. Assim, o sistema é formado de canais ativos, semiativos e abandonados que produzem uma complexa relação hidrológica e sedimentar, uma vez que, a depender da intensidade das cheias (ordinárias ou extraordinárias), todas essas formas (atuais e pré-teritas) podem ser ativadas, produzindo um padrão de distribuição de água e sedimento ainda não conhecido na literatura.

De acordo com Irion *et al.* (2016), grandes áreas alagáveis podem ser diferenciadas em:

1. áreas alagáveis recentes ativas – localizadas perto do canal do rio, sujeitas à inundação, erosão e deposição de sedimentos.
2. paleoáreas alagáveis ativas – formadas por paleossedimentos de centenas de milhares de anos, que não estão mais envolvidas em processos de erosão e sedimentação recente, mas são inundadas principalmente por água de chuva, mostrando todas as características ecológicas de AUs.
3. paleoáreas alagáveis inativas – formadas por paleossedimentos, se encontram acima do nível da inundação atual e não são sujeitas às inundações.
4. áreas alagáveis recentes inativas – representadas por áreas nas quais a inundação foi interdita pela construção de diques.

Com base nessa classificação, a maior parte do Pantanal pode ser inserida na categoria de paleoáreas alagáveis ativas. Áreas permanentemente terrestres, como capões e cordilheiras, pertencem à categoria das paleoáreas alagáveis inativas. As áreas alagáveis recentes ativas ocupam somente uma pequena área ao longo do Rio Paraguai e seus tributários. Porém, a erosão acelerada dos solos usados atualmente pela agroindústria nas cabeceiras dos tributários, como na do Rio Taquari, intensifica a sedimentação nos cursos inferiores dentro da planície pantaneira e aumenta a representatividade relativa dessa categoria.

Os pulsos de inundação que atingem sazonalmente a bacia do Pantanal, além de elevarem os níveis dos rios, influenciam diretamente nas lagoas conectadas ao canal e, indiretamente, nas não conectadas, favorecendo a homogeneização e a interconexão dos ambientes aquáticos que ficam desconectados durante a seca (Junk *et al.*, 1989). Essa influência pode ser por meio da inundação da planície, do escoamento superficial ou da flutuação do lençol freático, incluindo mudanças no equilíbrio da água, na sedimentação e na hidroquímica dos sistemas lacustres (McGlue *et al.*, 2015).

1.2 Clima e Hidrologia

Localiza-se na região tropical e apresenta clima tropical úmido do tipo A_w pela classificação de Köppen, marcadamente sazonal, com invernos secos de maio a setembro e verões chuvosos (Marengo *et al.*, 2015). A precipitação anual varia entre 800 e 1.200 mm (Figura 2), a temperatura média anual é de 25,5 °C, com médias mínimas de 20 °C e máximas de 32 °C. A temperatura máxima pode ultrapassar 40 °C. A maior parte da precipitação anual cai no planalto e no nordeste da planície, sendo 1.250 mm/ano na parte norte, perto de Cáceres-MT, diminuindo para 1.089 mm/ano na parte sul, perto de Corumbá-MS.

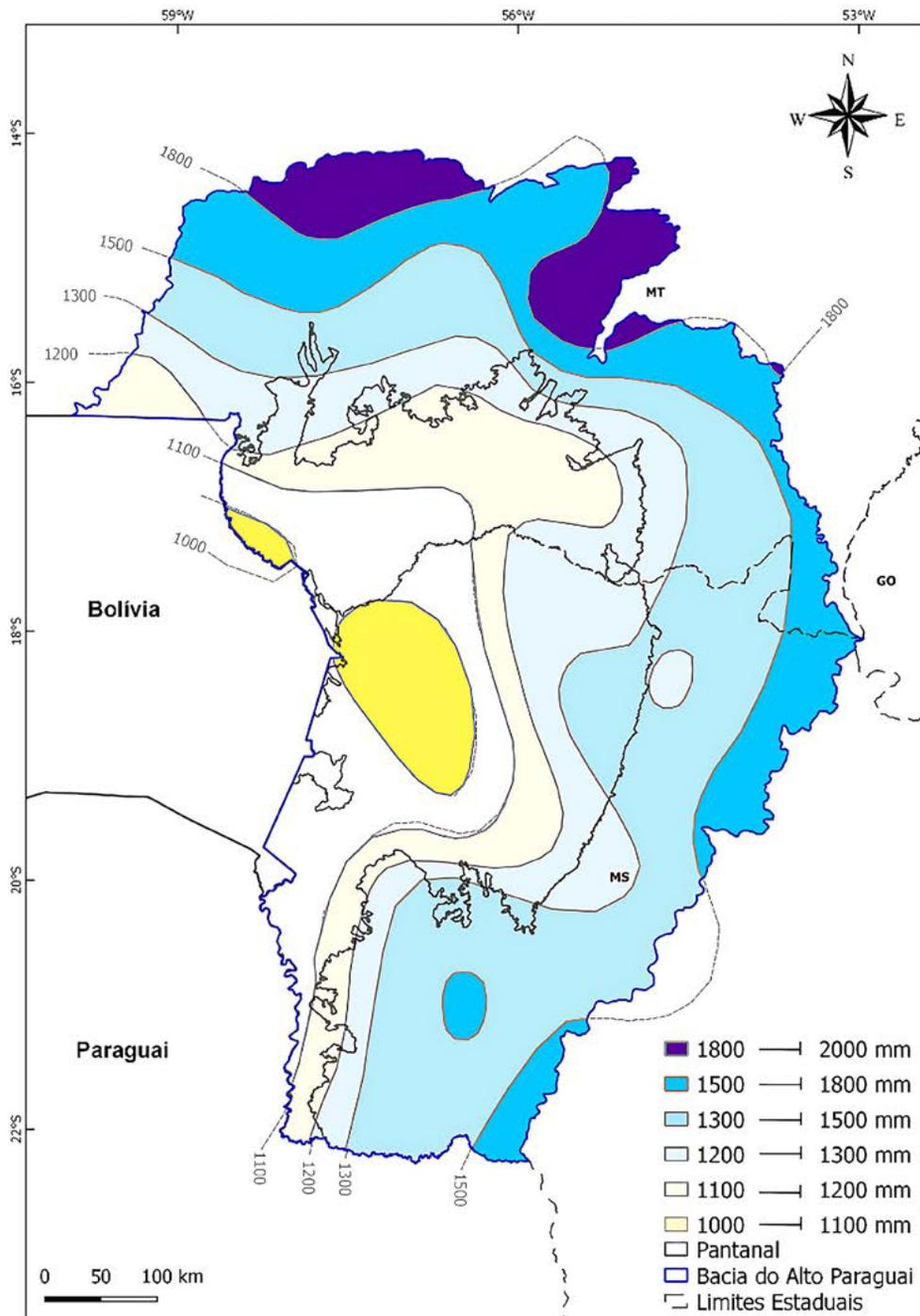


Figura 2. Precipitação total média anual na Bacia do Alto Paraguai (BAP). Fonte: Hasenack *et al.* (2010) modificado por Nunes da Cunha e Junk (2020).

A região recebe esporádicas massas de ar frio do sul do país. A friagem ocorre geralmente no período de maio a setembro, com pancadas de chuvas e temperaturas de até 0 °C com duração média de cinco dias. A média anual da umidade relativa do ar é de 82%, sendo mais secos o centro da planície e as bordas da bacia no oeste.

O hidroperíodo no Pantanal é caracterizado por um pulso de inundação previsível, monomodal e de baixa amplitude, com uma fase aquática e outra terrestre.

A variabilidade no fluxo da inundação anual pode ser observada nas médias anuais da série histórica do nível d'água do Rio Paraguai (Figura 3). Em adição ao fluxo anual de inundação, ocorrem anos seguidos de grandes inundações e de pronunciadas secas, considerados como períodos plurianuais (Nunes da Cunha & Junk, 2001).

A análise das flutuações do nível da água ao longo de 120 anos revela uma tendência geral de períodos plurianuais de extrema umidade (grandes inundações e períodos de redução da área alagada). Na figura 3 mostra o novo normal do Pantanal evidenciado pela diminuição progressiva dos níveis de água mensais. Essa tendência aponta para uma crescente vulnerabilidade dos ecossistemas de áreas úmidas, podendo estar associada a fatores antropogênicos e mudanças climáticas. A compreensão dessas dinâmicas é crucial para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável das áreas úmidas na região.

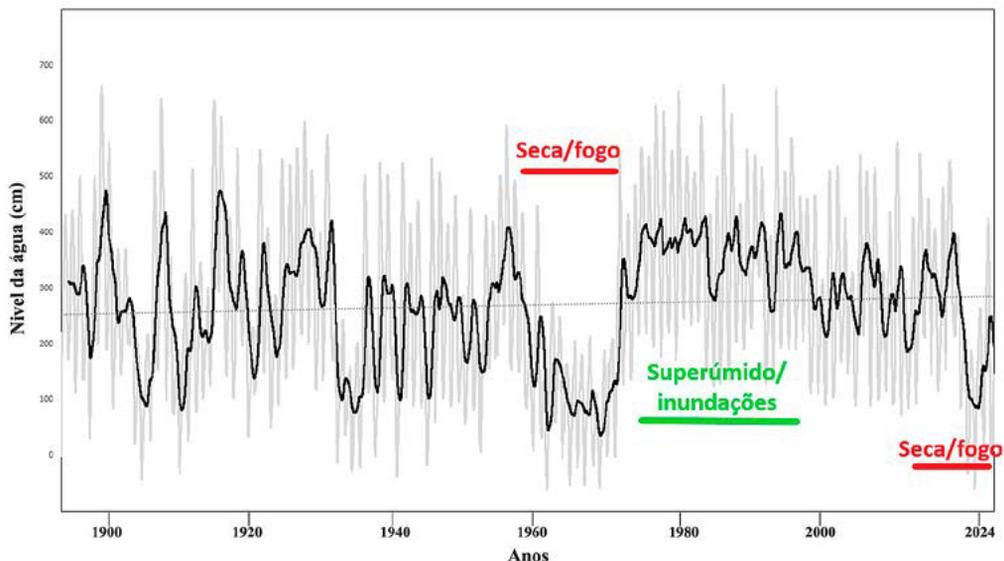


Figura 3. Flutuações anuais e plurianuais do nível d'água do Rio Paraguai em Ladário, Mato Grosso do Sul, de 1900-2020. Fonte: Edilen Jean Milien (2024).

As inundações ocorrem por transbordamentos dos rios e chuvas locais. Devido à pequena declividade do terreno, cerca de 2 a 3 cm km⁻¹ de norte a sul e de 5 a 25 cm em direção leste a oeste, as águas de inundação requerem cerca de 3-4 meses para atravessar todo o Pantanal. Na parte norte, o pulso de inundação coincide com a estação das chuvas e tem uma defasagem de cerca de três meses na parte sul.

O Pantanal funciona como um reservatório, que armazena água durante a estação e/ou anos úmidos e escoar para o canal principal dos rios na estação e/ou anos secos. Quanto à variabilidade multianual, as cheias no alto Rio Paraguai são classificadas em: comuns (repetem-se a cada dois anos); extraordinárias (ocorrem a cada quatro anos); e excepcionais (registradas a cada dez anos).

No norte do Pantanal (Figura 4A), o fluxo de água vem das sub-regiões vizinhas a leste e oeste em direção à sub-região do Paraguai ao norte. Provavelmente, fatores como relevo deprimido, grande número de lagos presentes e outros fatores hidrológicos podem estar contribuindo para que essa área funcione como um reservatório temporário, acumulando água por certo período.

Concomitantemente, na parte sul do Pantanal (Figura 4B) ocorre um processo análogo, mas com uma defasagem de três meses. À semelhança da sub-região Paraguai ao norte, a região é deprimida com capacidade para armazenar água temporariamente. A água é drenada das sub-regiões do sul, em direção à sub-região baixo Rio Negro.

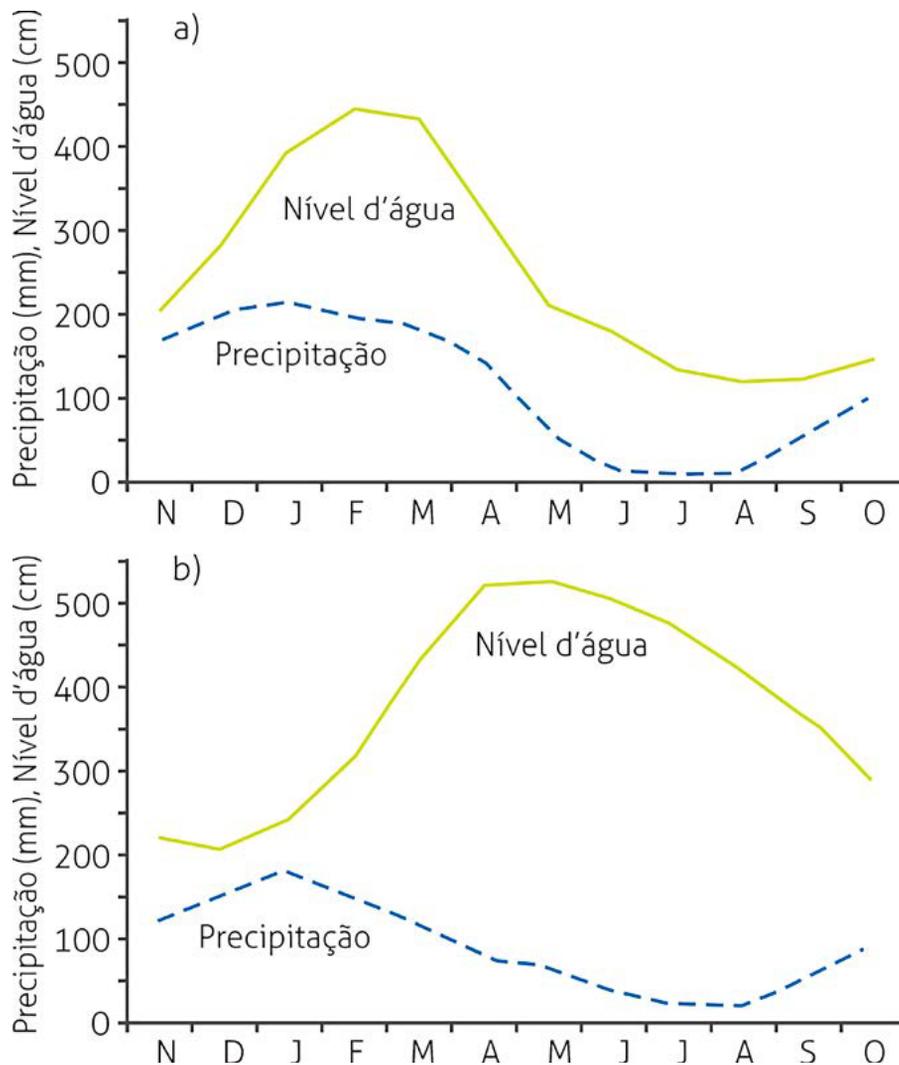


Figura 4. A) Precipitação média mensal perto de Cuiabá (1933–1993) e nível d'água médio do Rio Cuiabá, em Cuiabá (1971–1988), norte do Pantanal; B) Precipitação média mensal perto de Corumbá (1912–1971) e nível d'água médio do Rio Paraguai, em Ladário (1979–1987), sul do Pantanal. Fonte: Nunes da Cunha e Junk (2020) produzidos com dados da Agência Nacional das Águas (ANA) (1964–2018).

A dinâmica da inundação na planície pantaneira é exemplificada por extremos plu-ri- anuais, como a última grande cheia mapeada pelo MapBiomias (2022), em 1985 e a

chegada do extremo de seca e incêndios em 2022 (Fig. 5). (MapBiomias (2022), disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/11/FactSheet-Pantanal_2022.pdf>). Observa-se um declive pronunciado leste-oeste, sendo as áreas ao longo do Rio Paraguai as inundadas por maior tempo. Essa informação é de grande importância para o manejo, pois as áreas de menor inundação são aquelas de maior uso pela pecuária. As categorias de uso restrito para o Pantanal deverão basear-se nos meses de inundação, como proposto no item Conclusões e Recomendações para a Proteção e o Manejo Sustentável do Pantanal deste capítulo.

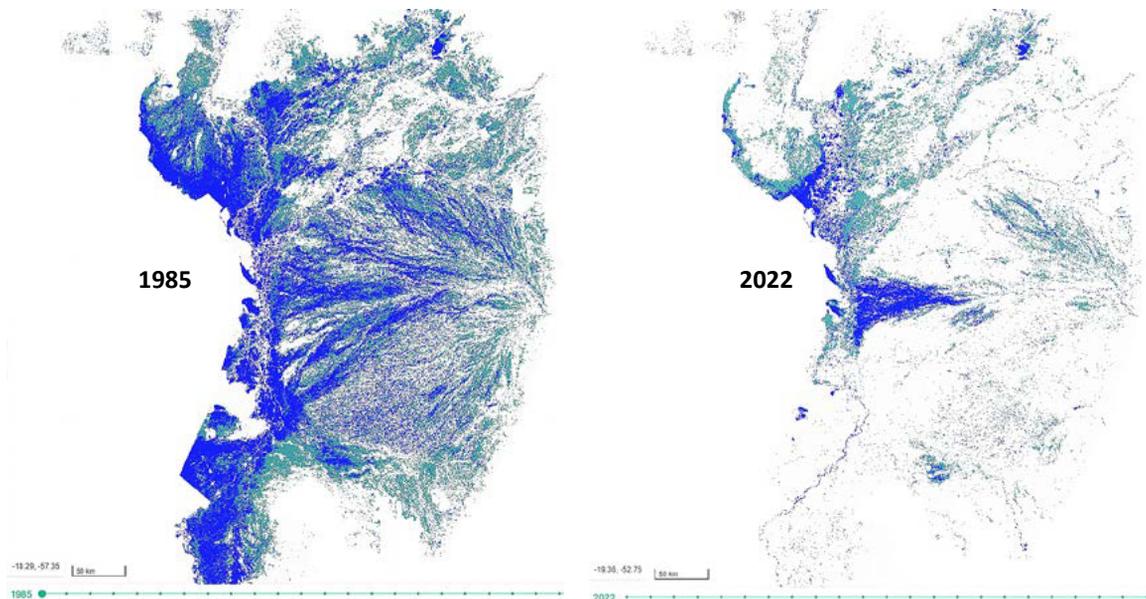


Figura 5. Dinâmica da inundação na planície pantaneira demonstrada pelos picos extremos, último ano de grande cheia (1985) e seca extrema em 2022. Fonte: MapBiomias 2022, Coleção 8.

1.3 Solos

O Pantanal possui uma combinação de vários tipos de solos com processos associados ao hidromorfismo, formado pela natureza do material de origem e pelas inundações periódicas. Comumente, os solos são pobres em nutrientes, com fertilidade média a baixa, arenosos ou de argilas expansivas, entre outros. As classes de solos predominantes no Pantanal são solos aluviais, neossolo quartzarênico, nitossolo, gleissolo, espodossolo hidromórfico, latossolo, argissolo, planossolo, plintossolo, neossolo litólico, neossolo rênzico, solos concrecionários, planossolo solódico e vertissolo.

1.4 Delimitação da Região

A delimitação do Pantanal e suas sub-regiões tem sido alvo de intenso debate nos últimos anos. Embora oficialmente e para fins legais, a delimitação do IBGE seja válida para o governo brasileiro, ainda não temos consenso sobre a área exata do Pantanal. Isso é preocupante, pois a gestão da área úmida depende de como delimitamos e classificamos essas áreas.

O Pantanal está inserido na Bacia do Alto Paraguai (BAP) e a primeira delimitação e designação das Planícies e Pantanaís (Figura 6) foi realizada por Alvarenga *et al.* (1984) com uma área de 133.465 km². A BAP é composta por região fisiográfica de depressões, com altimetria de 150 a 250 m, e pela região dos planaltos, com altimetria de até 900 m (Alvarenga *et al.*, 1984).

A seguir, apresentamos exemplos sobre delimitações:

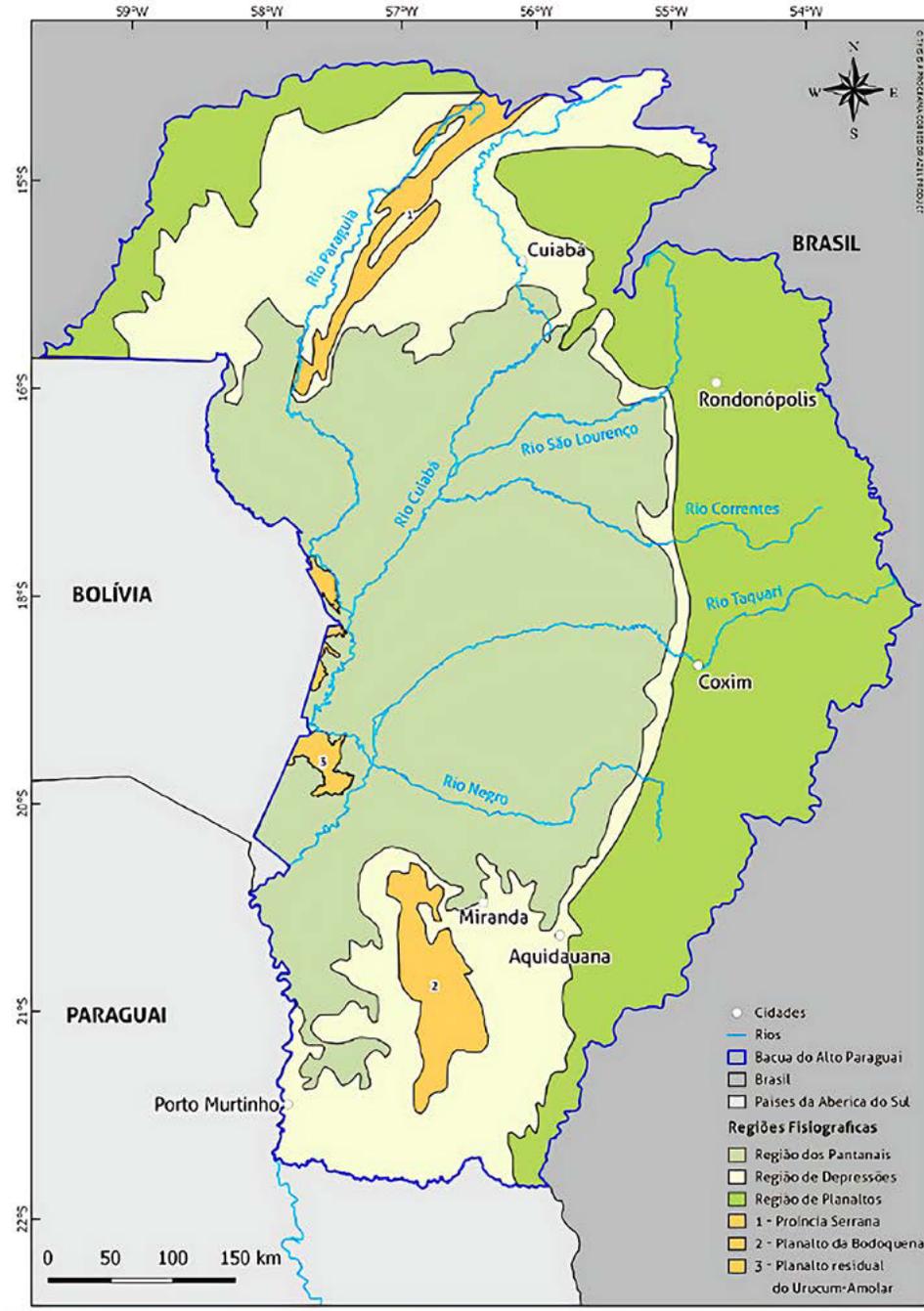


Figura 6. Bacia do Alto Rio Paraguai destacando os planaltos, as depressões e os pantanais. Fonte: Alvarenga *et al.* (1984) modificado por Nunes da Cunha e Junk (2020).

A delimitação oficial definida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) apresenta uma área de 150.335 km², na Bacia do Alto Paraguai (BAP), como bioma Pantanal (Figura 7).

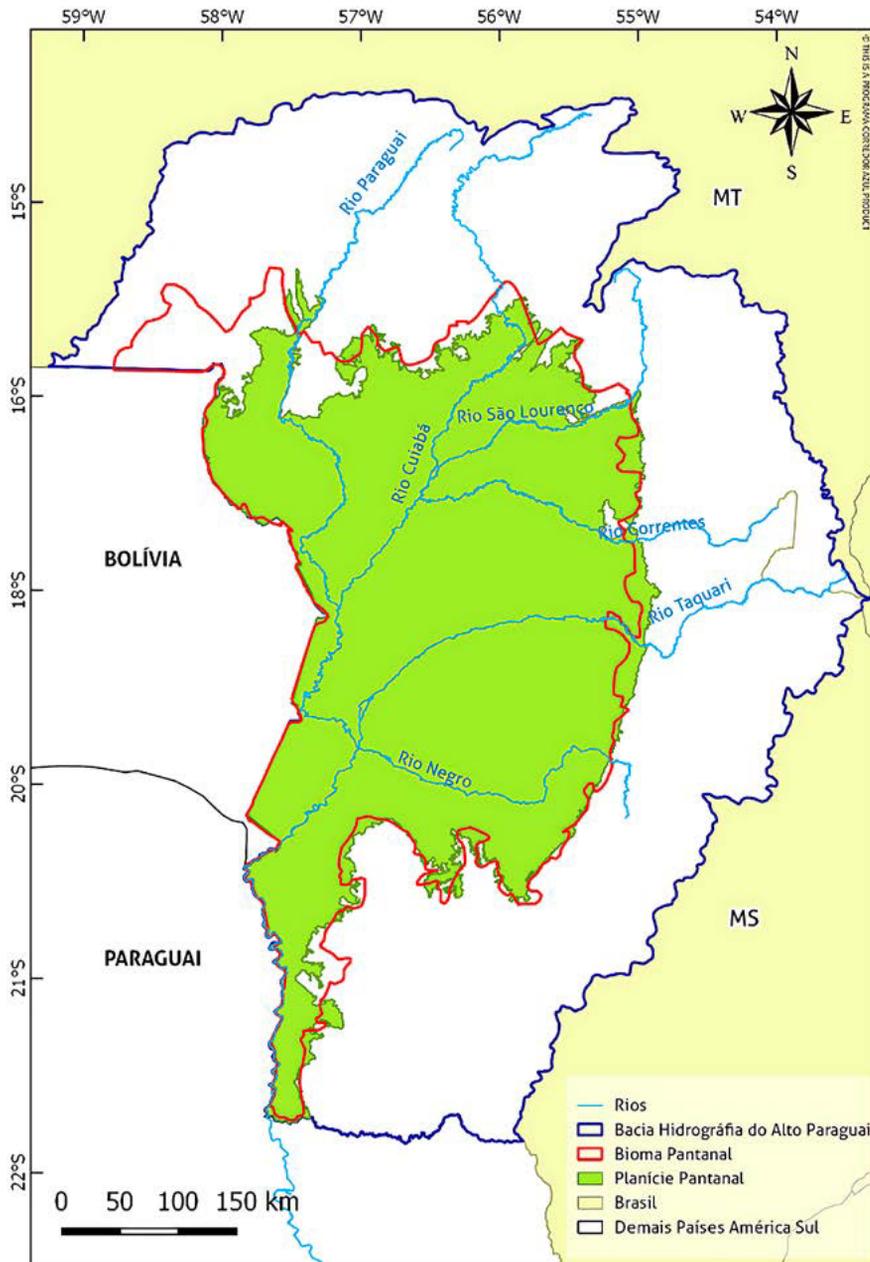


Figura 7. Bacia do Alto Paraguai destacando o bioma Pantanal e o Pantanal. Fonte: Adaptada de Silva *et al.* (2011) e Padovani (2017), modificado por Nunes da Cunha e Junk (2020).

2.5 Sub-regionalização da Planície de Inundação

O Pantanal constitui-se hoje em uma planície deprimida caracterizada pelos diferentes padrões de descarga de sedimentos do Rio Paraguai e seus afluentes, os rios Cuiabá, Piquiri, São Lourenço, Taquari, Aquidauana, Miranda, Paraguai e Apa.

Considerando os parâmetros hidrológicos e geomorfológicos, Alvarenga *et al.* (1984) e Hamilton *et al.* (1996) subdividiram internamente o Pantanal. Para Alvarenga *et al.* (1984), as Planícies e Pantanaís mato-grossenses são áreas úmidas com três tipos de áreas de acumulação: **1)** inundáveis hierarquizadas, da menos úmida para a mais úmida; **2)** planícies e terraços fluviais; e **3)** fluviolacustres, com altimetria de 80 a 150 m. Já Hamilton *et al.* (1996) dividem o Pantanal em dez unidades, de acordo com parâmetros hidrológicos e geomorfológicos. Outra subdivisão, que considera inundações, relevo, solo e vegetação, foi realizada por Silva e Abdon (1998), diferenciando onze sub-regiões.

A classificação baseada em hidrossedimentologia (processos relacionados à dinâmica da água e dos sedimentos na fase terrestre do ciclo hidrológico) do sistema aluvial do Pantanal foi apresentada por Assine *et al.* (2015) e considera parte dos atributos de áreas úmidas. Eles diferenciam vinte sub-regiões por características geomorfológicas, regimes hidrológicos e dinâmicas sedimentológicas e identificaram nove sistemas deposicionais do Pantanal. Essa divisão está em acordo com Nunes da Cunha e Junk (2014) na escala de Nível 2: Sistemas e Subsistemas de Áreas Úmidas (AUs).

A planície do Pantanal é expressão morfológica de uma bacia sedimentar ativa, cujos elementos tectônicos são pouco conhecidos. Sua forma tem sido considerada aproximadamente elíptica, com extensão maior de cerca de 200 km na direção norte-sul, mas seu arcabouço é complexo, caracterizado pela presença de falhas (Assine, 2004; 2010). O trato deposicional do Pantanal (Figura 8) é extremamente complexo, coexistindo e interagindo vários megaleques, planícies fluviais e sistemas lacustres, no conjunto influenciado por mudanças climáticas e atividades tectônicas recentes (Assine, 2003).

O gerenciamento das bacias hidrográficas no Pantanal deve primeiramente levar em consideração a natureza da bacia, se de planalto ou de planície de áreas alagadas (*wetland*). Essa abordagem é fundamental, uma vez que todos os processos envolvidos se diferenciam inicialmente dessas duas condições. Rios de planalto são geralmente rios de canal único que percorrem um vale definido e estável, alimentados por uma bacia hidrográfica delimitada por divisores de água marcantes, onde toda contribuição pluviométrica que escoar em superfície ou subsuperfície chega ao rio tronco. Por sua vez, os rios das grandes planícies coletoras, como as do Rio Paraguai, funcionam de maneira totalmente diversa daqueles que formam amplos leques fluviais.

As mudanças climáticas globais podem alterar os padrões de precipitação, hidrologia e sazonalidade, aumentando os extremos de chuvas de verão e de estiagens nos meses de inverno (Bergier *et al.*, 2018). As áreas úmidas são os primeiros ecossistemas impactados pelas mudanças climáticas, que afetam os pulsos hidrológicos, os padrões locais de precipitação e temperatura/umidade e os padrões de evapotranspiração (Mitsch *et al.*, 2010). A compreensão sobre o comportamento ambiental das áreas úmidas ante as mudanças climáticas globais é fundamental para planejar e mitigar os impactos de curto e longo prazo, bem como traçar estratégias para a segurança hídrica regional (Cole *et al.*, 2007; Sobek *et al.*, 2009; Mitsch *et al.*, 2010; Bergier *et al.*, 2018).

A fim de entender a complexidade dos ambientes na sub-regionalização do Pantanal e facilitar a gestão e compreensão das informações, é necessário adotar uma abordagem inovadora para unidades menores, conhecidas como macro-habitats. Essa abordagem permitirá o planejamento de estudos científicos comparativos, o desenvolvimento de formas de uso sustentável e a definição de níveis adequados de proteção para cada um dos macro-habitats. Historicamente, as comunidades locais do Pantanal utilizaram intuitivamente esse tipo de classificação para gerenciar suas propriedades e atividades econômicas, como a pecuária, pesca e extrativismo (Duarte *et al.*, 2017).

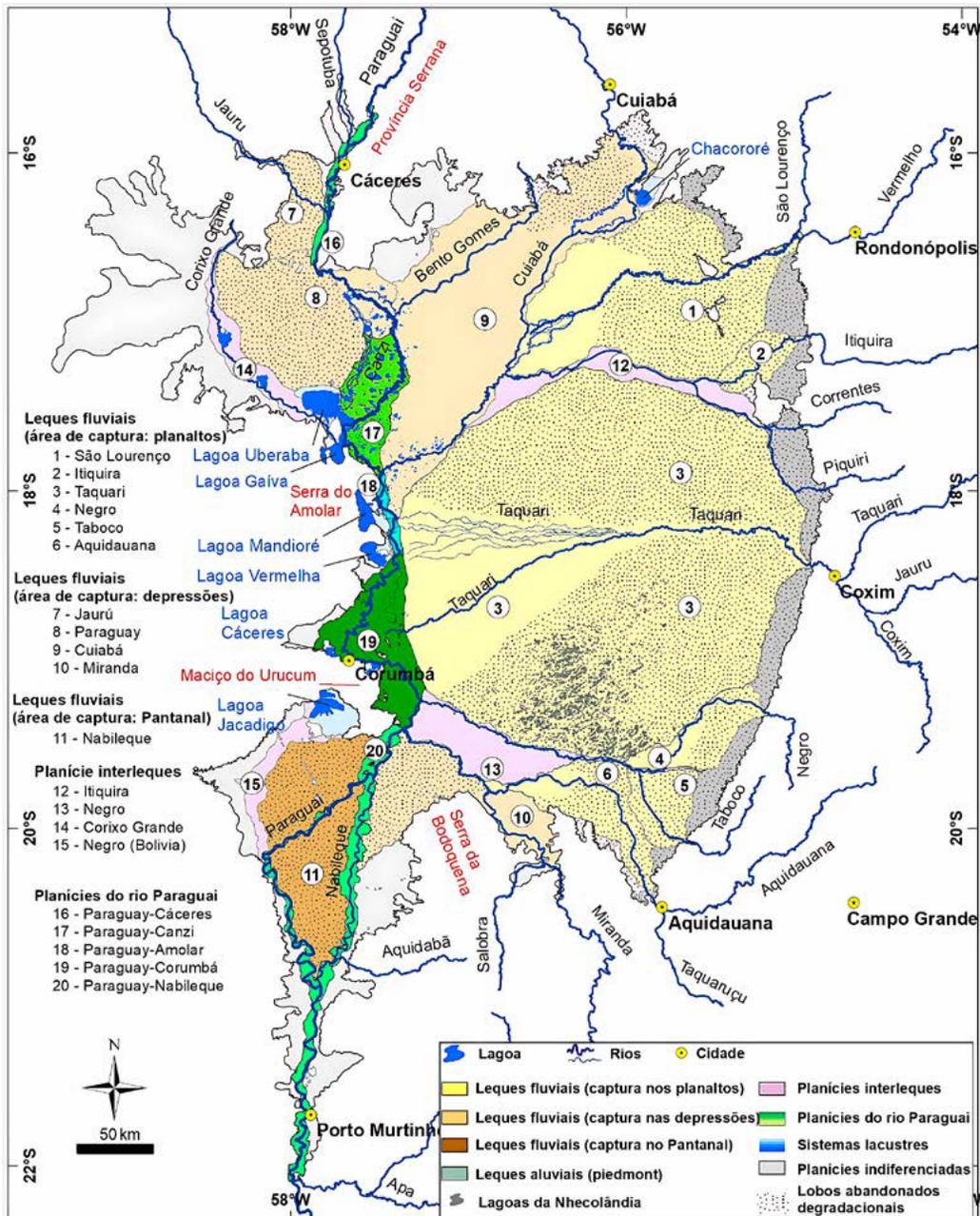


Figura 8. Mapa do Pantanal com as diversas planícies que constituem os sistemas deposicionais. Fonte: Modificada de Assine *et al.* (2015).

2. CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES FUNCIONAIS, DAS SUBCLASSES E DOS MACRO-HÁBITATS

A grande diversidade paisagística do Pantanal reflete-se no grande número de macro-habitats (Figura 9). A classificação para o Pantanal, segundo Nunes da Cunha *et al.* (2021), reconhece seis unidades funcionais, 16 subclasses e 75 macro-habitats (Tabela 1), maior número em todas as grandes paisagens úmidas brasileiras.

A unidade funcional é definida como “macrorregião, que apresenta condições hidrológicas semelhantes”. Em relação ao estágio hidrológico, cinco unidades funcionais foram diferenciadas nesse sistema de classificação: Permanentemente terrestre, Predominantemente terrestre, Predominantemente aquático, Permanentemente aquático e Pantanoso. A sexta unidade funcional inclui todas as áreas antropogênicas, independentemente de seu estágio hidrológico.

A menor unidade da classificação é chamada de macro-habitat, que é definido como “subunidade da subclasse, caracterizada por espécies ou grupos de espécies de plantas indicadores”. O macro-habitat é a unidade que reage mais sensivelmente às mudanças nas condições ambientais e serve da melhor forma para a análise de impactos ambientais e para o desenvolvimento de abordagens legais para a gestão e proteção de zonas úmidas.



Figura 9. Exemplos de macro-habitats do Pantanal: A) Arbustal, inundado até 6 meses (pombeiral, dominado por *Combretum lanceolatum* e *Combretum laxum*); B) Áreas inundadas até 8 meses (carandazal, dominadas por *Copernicia alba*); C) Corixos; D) Campo limpo inundado por cerca de 6 meses (campo de mimoso *Axonopus purpusii* e outros); E) Morros (*inselbergs*); F) Florestas ao longo de landis.

Tabela 1. Classificação resumida dos macro-habitats da planície de inundação do Pantanal.

Unidade Funcional	Subclasse	Número de macro-habitats
Unidade funcional 1: Áreas permanentemente aquáticas		
	1.1 Rios	3
	1.2 Lagos (lagoas e baías)	7
Unidade Funcional 2: Áreas predominantemente aquáticas (ATTZ)		
	2.1 Áreas de água corrente (pequenos canais e linhas de drenagem)	4
	2.2 Áreas sazonalmente cobertas com água parada	4
Unidade Funcional 3: Áreas Periodicamente Terrestres (ATTZ com predominância da fase terrestre)		
	3.1 Áreas sem ou com pouca cobertura vegetal	3
	3.2 Áreas com plantas herbáceas (campo limpo natural)	5
	3.3 Áreas com predominância de plantas herbáceas, arbustos e árvores agrupadas	4
	3.4 Áreas com arbustais	4
	3.5 Áreas com florestas poliespecíficas	6
	3.6 Áreas com formações monodominantes	8
Unidade Funcional 4: Áreas Pantanosas (permanentemente inundadas ou encharcadas)		
	4.1 Pântanos de plantas herbáceas (brejos)	5
	4.2 Pântanos de plantas herbáceas e palmeiras	2
Unidade Funcional 5: Áreas Permanentemente Terrestres		
	5.1 Paleoleques, terraços aluviais, capões, cordilheiras	8
	5.2 Morros (<i>inselbergs</i>)	3
Unidade Funcional 6: Áreas Antropogênicas		
	6.1 Áreas paleoantrópicas	1
	6.2 Áreas antropogênicas recentes	8

3. CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

O Pantanal consiste em muitos tipos de macro-habitats aquáticos, desde lagoas rasas a grandes áreas inundáveis periodicamente. A química desses corpos de água é influenciada por tributários, águas subterrâneas, água superficial e chuva. O ciclo úmido e seco traz impacto na química da água da planície de inundação, diluindo e concentrando substâncias dissolvidas, mobilizando substâncias orgânicas e inorgânicas e influenciando as trocas entre água subterrânea e superficial (Nogueira *et al.*, 2011).

Não há estudos hidroquímicos sistemáticos sobre o Sistema Aquífero Pantanal. As análises físico-químicas são restritas principalmente a alguns parâmetros do padrão brasileiro de potabilidade da água. Apesar da falta de dados, a pesquisa regional realizada por Brasil (1997) indica que a qualidade da água do Sistema Aquífero Pantanal é geralmente boa, embora mostre localmente altos níveis de ferro, com sabor e odor desagradáveis.

Tais características também são atribuídas à presença de camadas de matéria orgânica em decomposição (Figueiredo & Salomão, 2009). O pH aumenta de leste a oeste, variando de 5 a 8, sendo mais ácido na porção nordeste da planície. Os valores de pH nesse intervalo foram relatados em estudos em locais específicos, como Krol (1983), na região de Poconé, e Castelo Branco Filho (2005), em Nhecolândia, que encontrou um valor de pH de 8,2 em dois poços nessa região. Os valores de pH podem atingir até 9,8 em salinas (Hamilton *et al.*, 1999). Em relação ao total de sólidos dissolvidos, Brasil (1997) registra valores de 2 e mais de 350 mg.L⁻¹, sendo estes os mais altos localizados na região de Nhecolândia. Couldert (1973) cita valores de resíduo seco inferiores a 200 mg.L⁻¹, quando a média é de 65 mg.L⁻¹ em alguns poços da região entre os rios Taquari e Negro. O autor concluiu que as águas apresentam, de maneira geral, baixa salinidade, com mineralização variando de baixa a muito baixa.

Uma situação específica é encontrada nas salinas, que ocorrem na região Nhecolândia. Nesses lagos isolados, a concentração de sais minerais aumenta por causa da evaporação, o pH é alcalino - chega até 8,0 - e a condutividade é elevada, > 2.000 µS cm⁻¹ (Hamilton *et al.*, 1999, Medina-Junior e Rietzler 2005, Mourão *et al.*, 1988).

A química das águas subterrâneas do Pantanal foi avaliada em 17 poços na margem direita do Rio Negro em 1971 e em 12 poços em 2004 (Castelo Branco Filho, 2005). A condutividade elétrica variou entre 46,0 e 1.000 µS. cm⁻¹, nos dados de 1971, e de 67,3 a 723,8 µS.cm⁻¹, em 2004. Essas águas são caracterizadas por serem predominantemente bicarbonatadas sódicas, sendo algumas delas bicarbonatadas mistas e uma com água clorítica sódica.

4. COBERTURA VEGETAL E BIODIVERSIDADE DE PLANTAS

Eiten (1982) e Sarmiento (1983) tipificam a vegetação do Pantanal como uma savana hipersazonal. De acordo com Medina (1982), as savanas nos trópicos são determinadas por um clima especial savânico, por condições edáficas, pelo fogo ou por influência humana.

Segundo Loureiro *et al.* (1982), a região apresenta uma área de tensão ecológica que caracteriza o contato entre as regiões fitoecológicas da Savana (ou Cerrado) e da Floresta Estacional Semidecidual.

No contexto do Complexo do Pantanal registra-se a curiosa combinação de vegetação “mésica” e “xérica” crescendo lado a lado, resultado de um ajuste muito especial de clima

e geomorfologia (Cole, 1960; Kuhlmann, 1954; Rizzini, 1979; Tricart, 1982; Kuhlmann *et al.*, 1983). Para Loureiro *et al.* (1982), a vegetação do Pantanal está inserida na região da Savana (Cerrado) e da Floresta Seca.

A flora é composta por espécies de ampla distribuição. A maior contribuição vem do Cerrado, principalmente quanto a árvores e arbustos que ocupam áreas livres ou inundadas somente em anos de inundação muito grande, como pau-terra (*Qualea grandiflora* Mart.), lixeira (*Curatella americana* L.) e timbó (*Magonia pubescens* A. St.-Hil.). Outras contribuições vêm do Chaco, que se estende da Bolívia ao Paraguai e adentra o Pantanal, como o carandá (*Copernicia alba* Morong). Da Bacia Amazônica ocorrem aquelas consideradas tolerantes à inundação, por exemplo, a pimenteira (*Leptobalanus parvifolius* (Huber) Sothers & Prance), o novateiro (*Triplaris americana* L.) e a fruta-de-pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk.). A Floresta Seca Chiquitana e as Florestas Decíduas e Semidecíduas brasileiras trazem espécies como o ipê-branco (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith) e o ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos). A Floresta Atlântica não tem participação alguma, a não ser, talvez, com as espécies *Zygia latifolia* var. *communis* Barneby & J.W. Grimes e *Myrcia neolucida* A.R. Lourenço & E. Lucas (Graziela Maciel Barroso, com. pes.). Entre as espécies de ampla distribuição estão: aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), orelha-de-onça (*Salvinia auriculata* Aubl.) e guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Nunes da Cunha e Junk (2001) verificaram para o Pantanal que determinadas espécies de plantas têm preferências quanto à localização no gradiente de inundação. Os ambientes são complexos e essas espécies possuem habilidades para tolerar todas as especificidades do ambiente. Determinadas características abióticas, entre elas o tipo de solo e grau de umidade, parecem exercer influência sobre a distribuição dos táxons nos macro-habitats. Entre as várias formas de vegetação que ocorrem no Pantanal, muitas recorrem constantemente a estandes bem similares e podem ser agrupadas em tipos ou comunidades.

4.1 Algas

As algas ocorrem no Pantanal como perifíton em cima de raízes, troncos e macrófitas, como fitoplâncton em lagos e rios, e na forma intermediária de ambos os tipos, como metafíton, ou seja, conglomerados de algas, principalmente desmídias e diatomáceas, aderidas a um substrato orgânico ou inorgânico (Adler, 2002). Essa microbiota algal pode ser denominada epilítica e epifítica, para a comunidade de algas que vivem sobre substrato rochoso e na superfície de plantas ou macroalgas, respectivamente (Burliga & Schwarzbald, 2013).

Apesar da importância das algas e da diversidade de macro-habitats, pouco se sabe sobre a composição taxonômica, ecológica e distribuição geográfica dos organismos fitoplanctônicos, perifíticos e metafíticos nos ambientes aquáticos do Pantanal (Loverde-Oliveira *et al.*, 2011). Os dados publicados apontam que a maioria dos táxons fitoplanctônicos são cosmopolitas com tendência à ocorrência de espécies similares a outros sistemas brasileiros sujeitos a inundações periódicas.

Tem sido documentada reduzida variação florística em nível de classe, em geral, as maiores contribuições para a riqueza de espécies são determinadas por Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, descritas como as responsáveis pela maior biodiversidade de algas fitoplanctônicas no Pantanal (Loverde-Oliveira *et al.*, 2011; Freitas e Loverde-Oliveira, 2013), seguidas por Bacillariophyceae, Cyanobacterias e Euglenophyceae, além de Oedogoniophyceae, entre as algas perifíticas.

O inventário realizado sobre as espécies descritas taxonomicamente para o Pantanal apontou 640 táxons fitoplanctônicos e perifíticos nos diferentes sistemas aquáticos (rios, lagos, caixas de empréstimo) e períodos hidrológicos do Pantanal (Loverde-Oliveira *et al.*, 2011). Já a síntese dos dados sobre a ocorrência de espécies fitoplanctônicas no estado de Mato Grosso do Sul elaborada por Silva e Godoy (2018), com base na revisão de trabalhos publicados até 2014, indicou uma biodiversidade de 339 espécies e 190 identificados em nível de gênero, sendo entre estes táxons registradas 197 espécies para a Bacia do Alto Rio Paraguai.

Frequentemente têm sido destacados como gêneros comuns do fitoplâncton: *Scenedesmus*, *Crucigenia* (clorofíceas); *Closterium*, *Cosmarium*, *Staurastrum* (zignemafíceas); *Aulacoseira*, *Eunotia*, *Fragillaria* (diatomáceas); *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Planktolyngybia*, *Microcystis*, *Merismopedia* (Cianobacterias); *Euglena* e *Phacus* (euglenoides). Entre as desmídias perifíticas associadas às macrófitas aquáticas, foi apontada por Camargo *et al.* (2009) a ocorrência dos gêneros: *Cosmarium*, *Euastrum*, *Bambusina*, *Closterium*, *Hyalotheca*, *Micrasterias*, *Octacanthium*, *Onychonema*, *Pleurotaenium*, *Staurastrum*, *Staurodesmus*, *Teilingia* e *Xanthidium*.

Sabe-se que, para o Pantanal, quatro novas espécies de diatomáceas foram descritas por Tremarin *et al.* (2014) para o fitoplâncton (*Aulacoseira minuscula* Tremarin, Torgan & T. Ludwig, *A. pantanalensis* Tremarin, Torgan & T. Ludwig, *A. samariana* Tremarin, Torgan & T. Ludwig e *A. simoniae* Tremarin, Torgan & T. Ludwig) e quatro novas espécies de diatomáceas para ambientes perifíticos (*Dorofeyukea bahlsii* sp., *D. bodoquenensis* sp., *D. calcarea* sp., e *D. pantanalensis* sp.) descritas por Tusset *et al.* (2023).

4.2 Plantas Superiores

Até o momento, 144 famílias de fanerófitas estão descritas para o Pantanal (Pott & Pott, 1996, 1997), das quais, 104 são exclusivamente terrestres, 21 são exclusivamente aquáticas e 19 incluem espécies terrestres e aquáticas. O número total de espécies registradas é de 1.903, com 247 espécies consideradas macrófitas ou hidrófitas aquáticas e 1.656 espécies terrestres (Pott & Pott, 2000). Considerando que nem todas as partes do Pantanal foram amostradas adequadamente, o número total de espécies pode subir para cerca de 2.000.

Dentre as espécies terrestres, 900 compreendem espécies de gramíneas (31%), ervas (51%), trepadeiras (15%), epífitas (1,2%) e parasitas (1,8%) e 756 espécies são plantas lenhosas (arbustos, subarbustos, árvores, lianas e palmeiras). Cerca de 60% das plantas

lenhosas pertencem à categoria de arbustos e árvores pequenas com até 10m de altura, 29% são árvores altas e 9% são cipós. As palmeiras representam uma pequena porção de 0,2%. Não existem espécies endêmicas de árvores no Pantanal.

Segundo Pott e Pott (2021), *Arachis appressipila* Krapov. & W.C.Greg., *Arachis hoehnei* Krapov. & W.C.Greg., *Arachis linearifolia* Valls *et al.*, *Arachis valida* Krapov. & W.C.Greg., *Arachis vallsii* Krapov. & W.C.Greg., *Axonopus fusiformis* Valls & A.D. Silveira, *Euploca pottii* J.I.M.Melo & Semir, *Ipomoea pantanalensis* J.R.I. Wood & Urbanetz e *Stilpnopappus pantanalensis* H.Rob. são endêmicas.

A ocorrência comum de cactos (*Cereus phatnospermus* K. Schum., *Cereus hildmannianus* K. Schum., *Harrisia balansae* (K.Schum.) N.P. Taylor & Zappi, *Opuntia elata* Salm-Dyck, *Opuntia retrorsa* Speg., *Pereskia sacharosa* Griseb.) e o baixo número de epífitas apontam para o clima seco periodicamente pronunciado.

Os mapas de vegetação do Pantanal não demonstram a verdadeira natureza da sua cobertura vegetal, visto que, em geral, a apresentam como a de um ecossistema terrestre. Uma análise pormenorizada mostra que uma grande parte da vegetação considerada terrestre tem adaptações para sobreviver em condições de inundação periódica. De 85 espécies de árvores estudadas, 26 ocorrem somente nos macro-habitats permanentemente terrestres. Algumas espécies são restritas aos macro-habitats predominantemente aquáticos. Um número considerável, cerca de 25% das espécies, ocorre ao longo do gradiente inteiro, mostrando uma plasticidade fisiológica muito grande (Nunes da Cunha e Junk, 1999). Se extrapolarmos esse número para o total das árvores do Pantanal, isso significaria que a grande maioria das espécies apresentariam diferentes graus de tolerância a inundações. Similar comportamento é descrito para plantas herbáceas (Junk *et al.*, 2006). Pode-se notar que ainda há muito o que se estudar e o preenchimento dessas lacunas de conhecimentos pode ser muito otimizado com a utilização do conceito de macro-habitats, bastante adequado a esse tipo de ecossistema.

4.3 Macrófitas Aquáticas e Palustres

O número de espécies de macrófitas aquáticas e de anfíbias tem sido alterado frequentemente: Pott e Pott (1997) estimaram 280 espécies e, na recente revisão, citam 533 espécies (Pott & Pott, 2021). O conceito de espécies de plantas aquáticas, segundo Pott e Pott (2021), não está claro. No entanto, Junk *et al.* (2023,) já elaboraram uma visão na qual informam que, em 1909, Warming constatou “[...] não há um limite bem definido entre plantas de pântanos e plantas terrestres [...] esta zona (pantanososa) representa uma transição gradual de condições terrestres para lacustres [...] e é impossível estabelecer qualquer diferença clara entre uma floresta de pântano e uma floresta de terra firme [...]”. Weaver e Clements (1929) constataam que “[...] plantas anfíbias têm uma ampla faixa para se ajustar e podem crescer por certos períodos como mesófitas ou parcialmente submersas [elas são] as menos especializadas das plantas aquáticas”.

Junk *et al.* (2023) propõem uma ampliação da definição geral das macrófitas aquáticas de Weaver e Clements (1938) da seguinte forma (modificação sublinhada): “Hidrófitas são plantas herbáceas e lenhosas que crescem na água, ou em solos cobertos com água ou normalmente saturados com água”.

A maior diversidade de plantas superiores encontra-se em AUs sujeitas ao pulso de inundação, porque ali se encontram macro-hábitats permanentemente aquáticos - como lagos e canais de rios -, áreas pantanosas, áreas periodicamente inundadas e áreas permanentemente terrestres. As plantas superiores podem ser divididas em nove grandes grupos (Junk *et al.*, 2023).

1. Algas.
2. Macrófitas aquáticas e palustres herbáceas, que crescem em macro-hábitats permanente ou periodicamente aquáticos.
3. Plantas herbáceas e lenhosas, que crescem em macro-hábitats palustres, incluindo também as espécies crescendo em cima de ilhas flutuantes de matéria orgânica (embalsadas, batumes e matupás).
4. Trepadeiras herbáceas crescendo em áreas periodicamente inundadas, com raízes no sedimento, espalhando-se nos arbustos e árvores.
5. Plantas herbáceas terrestres que crescem em macro-hábitats periodicamente inundados.
6. Plantas herbáceas terrestres que crescem em macro-hábitats permanentemente terrestres.
7. Plantas lenhosas que crescem em macro-hábitats periodicamente inundados.
8. Plantas lenhosas que crescem em macro-hábitats permanentemente terrestres.
9. Epífitas “senso estrito” (orquídeas, bromélias, pteridófitas, etc.) que crescem nas copas das árvores, sem influência direta das condições hidrológicas locais.

Muitas espécies possuem uma grande área de distribuição na América Central e do Sul; algumas são pantrópicas, como *Ceratophyllum demersum* L., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia auriculata* Aubl.

4.4 Formações Monodominantes

Uma característica do Pantanal é a grande ocorrência de formações monodominantes (p. ex., Allem & Valls, 1987; Adámoli & Pott, 1999; Pott & Pott, 2000; Damasceno-Junior *et al.*, 2021), tais como:

1. **aquáticas:** arrozal (*Oryza* spp.), caetezal (*Thalia geniculata* L.), camalote (*Eichhornia* spp., *Pontederia* spp.), pirizal (*Cyperus giganteus* Vahl), taboal (*Typha domingensis* Pers.);
2. **pioneiras:** abobral (*Erythrina fusca* Lour.), cambarazal (*Vochysia divergens* Pohl), canjiqueiral (*Byrsonima cydoniifolia* A.Juss.), carandazal (*Copernicia alba* Morong), caronal (*Elionurus muticus* (Spreng.) Kuntze), carvoeiro (*Callisthene fasciculata*

- Mart.), espinheiral (*Byttneria /Mimosa*), lixeiral (*Curatella americana* L.), pacoval (*Heliconia marginata* (Griggs) Pittier), paratudal (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore), pimenteiral (*Leptobalanus parvifolius* (Huber) Sothers & Prance), pindaival (*Xylopia aromática* (Lam.) Mart.), piuval (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos), pombeiro (*Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler);
- 3. não inundáveis:** acurizal (*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.), babaçual (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.).

4.5 Espécies Invasoras Exóticas e Ervas Daninhas Ambientais

As gramíneas *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (África ou Indo-Malásia), *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (provavelmente Sudeste da Ásia), *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. (África), *Panicum repens* L. (Austrália), a erva *Sphenoclea zeylanica* Gaertn. (África) e a árvore *Albizia lebbek* (L.) Benth. (sudeste asiático) são comuns, mas não criam problemas para a fauna e flora nativas. Duas gramíneas africanas, *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf e *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L. Jacobs, foram introduzidas em áreas altas para melhorar a pastagem, mas ambas as espécies são pouco tolerantes a inundações. Existe uma preocupação crescente com *Urochloa subquadripa* (Trin.) R.D. Webster e *Urochloa arrecta* (Hack. ex T. Durand & Schinz) Morrone & Zuloaga (braquiária-d'água), capins agressivos do pantanal do velho mundo, que foram introduzidos há alguns anos e estão se espalhando agora em algumas partes do Pantanal perto do Parque Nacional do Pantanal (Pott *et al.*, 2001).

Um ponto importante de preocupação dos pecuaristas locais é a disseminação indesejada de plantas nativas em pastagens, como a erva *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Mart. ex Choisy) D.F. Austin (algodão-bravo) e as árvores *Vochysia divergens* Pohl (cambará), *Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler, *Combretum laxum* Jacq. (pombeiros), *Sphinctanthus microphyllus* K. Schum. (rebenta-laço), *Mimosa pigra* L. (espinheiro), *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (canjiqueira), *Vernonanthura brasiliana* (L.) H. Rob. (assa-peixe), *Leptobalanus parvifolius* (Huber) Sothers & Prance (pimenteira) e *Couepia uiti* (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook.f. (pateiro). Vários autores especulam sobre os motivos da disseminação dessas espécies, como o excesso de pastejo pelo gado, mudanças em larga escala nas condições ambientais ou mudanças no clima global, no entanto, sem dados.

5. BIODIVERSIDADE ANIMAL

Em 2019, Tomas *et al.* já haviam registrado uma biodiversidade significativa para o Pantanal, descrevendo a ocorrência de mais de 580 espécies de aves (Tubelis & Tomas, 2003; Nunes, 2011), 271 espécies de peixes (Britski *et al.*, 1999; Souza *et al.*, 2017), 174 espécies de mamíferos (Tomas *et al.*, 2011), 131 espécies de répteis (Ferreira *et al.*, 2017) e 57 espécies de anfíbios (Strüssmann *et al.*, 2007, Piva *et al.* 2017; Sousa *et al.*, 2017).

Entretanto, considerando toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP), estudos mais recentes registram 386 espécies de peixes, 89 (+ 24) espécies de anfíbios, 200 répteis, 766 aves (617 na planície de inundação) e 204 mamíferos, além de incontáveis espécies de invertebrados terrestres e aquáticos. As borboletas (ordem Lepidoptera) englobam mais de 500 espécies na planície alagável (Brown-Júnior, 1986).

5.1 Artrópodes Terrestres

Por se tratar do maior Filo animal existente e os desafios taxonômicos decorrentes que representa, não é possível estabelecer número de espécies, gêneros ou até famílias. O que se tem são estudos pontuais que indicam a presença dos seguintes taxa: Collembola, Formicidae, Coleoptera, Psocoptera, Thysanoptera, Homoptera, Heteroptera, Diptera, Isoptera, Chilopoda, Polydesmidae, Araneae, Opiliones, Acari e Pseudoscorpiones (Junk *et al.*, 2006). Especial atenção é dada aos campos de murunduns - macro-habitat muito característico que cobre grandes áreas e ocorre em todas as savanas periodicamente alagáveis do Brasil, compostos por morros de cupins que formam ilhas não inundadas em campos inundáveis, cobertos por vegetação terrestre lenhosa e herbácea (Paulino *et al.*, 2015), que representam importantes refúgios para animais terrestres durante os períodos de inundação e, possivelmente, durante os eventos de incêndio.

5.2 Invertebrados Aquáticos

A riqueza de espécies de invertebrados bentônicos também está longe de ser conhecida. Até o momento, pode-se falar, entre os não artrópodes e a partir de estudos em vários tipos de habitats, em 55 espécies de ciliados, 97 amebas, 344 rotíferos, 6 gastrotricha, 37 oligochaetas, 94 cladocera, 35 copepoda, 15 ostracoda, 246 testaceae, 5 gastrópodes e 23 bivalves (Marchese *et al.*, 2005; Junk *et al.*, 2006; Brandorff *et al.*, 2011, Wantzen *et al.*, 2011). A única espécie endêmica descrita até o momento é o copépode *Argyrodiaptomus nhumirim* (Reid, 1997).

5.3 Peixes

Publicação recente de Gimênes-Junior e Rech (2022), resultado de quase 70 expedições pelo Pantanal, majoritariamente concentradas no Mato Grosso do Sul, registrou um aumento de 123 espécies na lista de espécies da ictiofauna, das quais 50 são novas e estão em processo de descrição, perfazendo atualmente um total de 386 espécies registradas para toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP). Ao todo, o estudo descreve a presença de 16 famílias, pertencentes a 12 ordens de três classes. Aponta também a presença de nove espécies exóticas e duas híbridas, resultantes da ação antrópica, intencional ou imprudente.

Apesar da importância da ictiofauna em áreas tão distintas e de inegável impacto econômico, como segurança alimentar, pesca de subsistência, piscicultura, aquariorfilia, lazer, ecoturismo, valorização cultural, restauração emocional e inspiração estética e o próprio funcionamento de ecossistemas aquáticos, esse estudo aponta que os peixes do Pantanal continuam relativamente desconhecidos (Sabino, 2022).

As grandes migrações de desova (piracema) ocorrem para as espécies *Pseudoplatystoma corruscans*, *P. fasciatum*, *Paulicea luetkeni*, *Sorubim lima*, *Hemisorubim platyrhynchos*, *Piaractus mesopotamicus*, *Brycon hilarii*, *Megaleporinus macrocephalus* e *Prochilodus lineatus*.

Existem três grupos distintos de pescadores, de acordo com Silva (1986), os Pescadores Profissionais, que se dedicam à pesca como profissão; os de Subsistência, que pescam para sua própria subsistência, ocasionalmente vendendo parte de sua captura a vizinhos ou outros pescadores; e os Ocasionais, que têm outras fontes de subsistência e pescam apenas quando há uma grande quantidade de peixes nos rios. A análise do desembarque de pescado na bacia do rio Cuiabá nos anos 2000 e 2001 mostra que a pesca se concentra em espécies migradoras, como o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), cachara (*P. fasciatum*), jaú (*Paulicea luetkeni*), além de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), piraputanga (*Brycon microlepis*), piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) e dourado (*Salminus brasiliensis*) (Mateus *et al.*, 2004). Medina de Campos *et al.* (2020) mostram o potencial de impacto se todas as 104 barragens propostas foram construídas nos rios da BAP, cerca de 25% a 32% do sistema fluvial será bloqueado para a migração dos peixes. As sub-bacias do Rio Cuiabá serão as mais impactadas, cada uma com mais de 70% dos seus rios bloqueados.

Na contramão da ciência, o Projeto de Lei (PL) 1363/23 pode levar pescadores do Pantanal à situação de vulnerabilidade social (Penha *et al.*, 2023). Esse projeto de lei proíbe pescadores de transportarem e venderem pescado por cinco anos. No entanto, a comunidade científica mostra que o declínio do pescado em Mato Grosso é resultado da convergência dos impactos socioambientais de projetos de exploração de energia, desmatamento, mineração, lançamento de poluentes e pesca predatória.

5.4 Anfíbios e Répteis

A riqueza de anfíbios para a BAP pode atingir a marca de 113 espécies, das quais 89 já foram identificadas em nível de espécie e 24 ‘entidades’ apresentam algum grau de incerteza taxonômica (identificações de espécies incluindo “aff.”, “gr.”, “cf.”, e “sp.”; Neves *et al.*, 2020). Quanto aos répteis, aponta-se uma riqueza de, pelo menos, 200 espécies (Strüssmann *et al.*, 2011), das quais pelo menos uma, a lagartixa doméstica, é exótica (*Hemidactylus mabouia*).

De toda a herpetofauna pantaneira, a espécie mais conhecida é *Caiman yacare*, cujos ninhos localizados em habitats florestais são menos propensos aos efeitos negativos causados por grandes enchentes. Entretanto, a destruição desses habitats pela ação antrópica – seja por incêndios ou pela substituição para a formação de pasto com a introdução de gramíneas exóticas – pode afetar a manutenção das populações da espécie (Strüssmann *et al.*, 2011).

5.5 Aves

Considerando toda a BAP, as revisões apontam para um total de 766 espécies de aves, das quais a maioria é de hábito terrestre e 64 são associadas a ambientes aquáticos; nenhuma delas é considerada endêmica (Junk *et al.*, 2006). Para a planície de inundação do

Pantanal, a avifauna é composta por um total de 617 espécies, das quais 571 (92%) possuem registros comprobatórios de ocorrência e 46 ainda carecem de documentação (Nunes *et al.*, 2021). Estudo realizado na região norte da planície pantaneira classifica, em termos de padrões de uso de habitats, 52,8% das aves como generalistas totais de habitat, 19,2% como generalistas florestais e 8,9% como especialistas em habitats alagados (os 19,1% restantes compreendem categorias de uso marginais ou com dados insuficientes; Pinho *et al.*, 2017). Esse mesmo estudo aponta que cerca de metade das espécies registradas apresentava algum comportamento migratório: 56,5% das espécies foram classificadas como residentes, 13,1% como migrantes de vazante-seca, 5,1% como migrantes de inverno (vazante), 3,7% como migrantes de reprodução (seca), 3,7% como migrantes de verão (seca-cheia), 3,7% como migrantes de cheia, 1,4% como migrantes de cheia-vazante e 12,6% como espécies incomuns.

As aves migratórias (n = 183) - 76,5% austrais, que se deslocam do Sul para o Brasil Central e Amazônia, e 23,5% do Norte - são importantes agentes de dispersão de patógenos entre os dois continentes. No que diz respeito à conservação, 25 espécies estão incluídas em alguma categoria de ameaça nas listas de espécies ameaçadas de extinção global (Nunes *et al.*, 2021).

5.6 Mamíferos

O conhecimento sobre a mastofauna pantaneira foi alvo de recente revisão e atualmente podemos falar em 204 espécies para a BAP. São 24 da Ordem Didelphimorphia (Antunes *et al.*, 2022a), duas da Ordem Pilosa e seis da Ordem Cingulata (Desbiez *et al.*, 2022), 93 Chiroptera (Fischer *et al.*, 2022), 21 da Ordem Carnivora (5 Canidae, 3 Procyonidae, 5 Mustelidae e 8 Felidae; Rodrigues *et al.*, 2005), uma Perissodactyla e seis Artiodactyla (Keuroghlian *et al.*, 2022), oito Primates (Tomas *et al.*, 2022a), uma Lagomorpha e 42 espécies da Ordem Rodentia (Antunes *et al.*, 2022b).

De modo geral, não se pode falar em endemismos para a mastofauna da BAP, mas essa informação pode ser alterada ante o aprofundamento dos estudos, especialmente com os grupos de pequenos mamíferos (marsupiais, roedores e morcegos), notadamente mais especiosos e de identificação mais desafiadora: *Akodon kadiweu* (Brandão *et al.*, 2021) é uma espécie de cricetídeo recentemente descrita, cuja única localidade de ocorrência conhecida é o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, na bacia do Rio Miranda.

5.7 Espécies importantes para a conservação

Dentre os invertebrados, os bivalves são os mais ameaçados e sofrem estresse adicional pela poluição por metais pesados (Callil & Junk, 2001) e pela invasão de mexilhões-dourados (*Limnoperna fortunei*, Mytilidae) que se fixam nas conchas dos bivalves nativos e com eles competem pelo plâncton (Wantzen *et al.*, 2011).

Os fatores que ameaçam a ictiofauna pantaneira não diferem muito daqueles que ameaçam universalmente a biodiversidade do planeta: a perda de habitats, aqui decor-

rente de instalações de pequenas centrais elétricas ou do desmatamento - tanto em regiões de cabeceiras no planalto, como de matas ciliares -, a contaminação das águas (agrotóxicos e mineração), a introdução de espécies não nativas e híbridas (oito e duas, respectivamente; Gimênes-Junior & Rech, 2022; Sabino, 2022) e a superexploração do recurso pesqueiro, concentrada principalmente na pesca para alimentação das espécies carnívoras *Pseudoplatystoma corruscans*, *P. fasciatum*, *Paulicea luetkeni*, *Sorubim lima*, *Hemisorubim platyrhynchos*, *Pygocentrus nattereri*, *Hoplias malabaricus*, das espécies onívoras/frugívoras *Piaractus mesopotamicus* e *Brycon hilarii* e dos peixes pequenos, como os gymnotídeos e synbranchídeos, que são usados como iscas vivas (Mateus *et al.*, 2004).

De modo geral, a herpetofauna também responde negativamente à perda de hábitat e às alterações no pulso de inundação. Entre os anfíbios da BAP, o status de conservação de ‘menor preocupação’ predomina (*Least Concern* - LC; IUCN, 2021), mas a maioria das espécies é dependente de habitats aquáticos e/ou lênticos e/ou em áreas abertas e/ou para a deposição de ovos (Neves *et al.*, 2020). Para os répteis, a inundação anual impulsiona diretamente a diversidade de serpentes e o preditor mais importante da diversidade beta entre comunidades de serpentes na BAP foi a cobertura florestal (Piatti *et al.*, 2019). Assim, tanto a alteração de habitats na planície (florestal ou aberto, sujeitos ou não à inundação), como a mudança na intensidade do regime de inundações podem afetar drasticamente a herpetofauna pantaneira, cujas gêneses podem ter origem mais proximal, como a degradação das regiões de cabeceiras dos rios da BAP (planalto), e/ou mais distal, como o desmatamento na Floresta Amazônica, forte promotora do regime de chuvas no Pantanal (Nobre, 2014).

Vinte e cinco espécies da avifauna da BAP estão incluídas em alguma categoria de ameaça, conforme listas vermelhas mundial (GL - BirdLife International, 2020) ou nacional (BL-ICMBio, 2014; Nunes *et al.*, 2021): *Numerius borealis* (maçarico-esquimó) – criticamente ameaçada/provavelmente extinta (GL); *Calidris canutus* (maçarico-de-papo-vermelho) - criticamente ameaçada (BL); *C. pusila* (maçarico-rasteirinho) – em perigo (BL); *Urubutinga coronata* (águia-cinzenta) – em perigo (GL/BL); *Pteroglossus bitorquatus* (araçari-de-pescoço-vermelho) – em perigo (GL); *Sporophila maximiliani* (bicudo) - criticamente ameaçada (BL); *S. palustris* (caboclinho-de-papo-branco) e *S. iberaensis* (caboclinho-do-pantanal) – em perigo (GL).

Considerando que quase 30% da avifauna registrada no Pantanal exibe algum tipo de movimento migratório (intra ou intercontinental), a conservação dos macro-habitats dos quais fazem uso é crucial para a conservação das 183 espécies de aves que visitam a região, onde encontram alimentação e a perspectiva de continuidade do seu ciclo de vida.

O status de conservação de mamíferos de pequeno porte, terrestres e voadores, majoritariamente enquadra as espécies na categoria de ‘menor preocupação’ (LC). Em decorrência de revisões e revalidações taxonômicas constantes, quase 12% das espécies configuram como ‘deficiente de dados’ (DD). Dentre as espécies ameaçadas, na categoria ‘em perigo’ (EN) encontram-se o morcego *Lonchophylla dekeyseri* e o marsupial *Thylamys*

macrurus (ICMBio, 2018); com status de ‘vulnerável’ (VU), o marsupial *T. karimii*; e ‘quase ameaçados’ (NT), os morcegos *Vampyrum spectrum* e *Myotis ruber* (IUCN, 2021).

Com relação aos mamíferos de médio e grande porte, ameaças mais diretas incluem a perda e degradação de habitats, o fogo, a caça, conflitos com cães e colisão com veículos, em especial as populações de tatu-canastra (*Priodontes maximus*; ‘VU’), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*; ‘VU’), anta (*Tapirus terrestres*; ‘VU’), queixada (*Tayassu pecari*; ‘VU’), ariranha (*Pteronura brasiliensis*; ‘VU’), cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*; ‘VU’), veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*; ‘VU’), onça-pintada (*Panthera onca*; ‘VU’), onça-parda (*Puma concolor*; ‘VU’), gatos-do-mato (*Leopardus colocolo*, ‘VU’; *L. geoffroyi*, ‘VU’; *L. tigrinus*, ‘EN’; *L. wiedii*, ‘VU’), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; ‘VU’) e cachorro-do-mato-vinagre (*Speothos venaticus*; ‘VU’; ICMBio, 2018). Para as espécies de grande porte, além das ameaças já descritas, a vulnerabilidade aumenta considerando que, de modo geral, apresentam naturalmente baixa densidade populacional, gestação relativamente mais longa e, em alguns casos, menor número de filhotes por gestação e maior tempo de cuidado parental.

6. AMEAÇAS

O Pantanal enfrenta ameaças significativas, podendo ser tanto endógenas (dentro da própria região) quanto exógenas (originadas no planalto e na depressão; Nunes da Cunha *et al.*, 2020; Figura 10). O número e a diversidade dessas ameaças são fortemente influenciados por pressões políticas e econômicas, incluindo as demandas dos mercados de exportação. Em outras palavras, o Pantanal está inserido em uma complexa rede socioeconômica e política e as exigências relacionadas às *commodities* podem afetar diretamente os modos de vida das comunidades pantaneiras. Entre as múltiplas ameaças, destacam-se aquelas que têm o potencial de comprometer a natureza ecológica do Pantanal, como ocupação de áreas por cultivo de soja, construção de hidrovias, hidrelétricas, drenagens e barragens, entre outras.

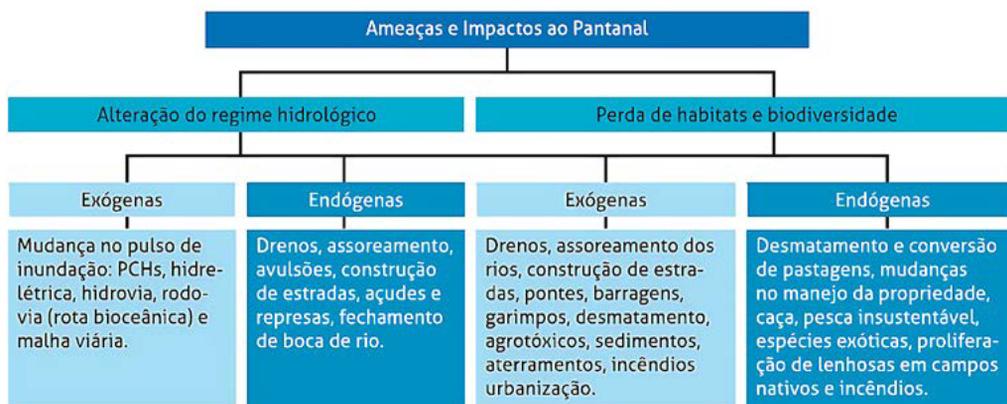


Figura 10. Ameaças endógenas e exógenas ao Pantanal. Fonte: Nunes da Cunha *et al.* (2020).

Nunes da Cunha *et al.* (2020), analisando a sinergia entre a dependência das águas do planalto para o Pantanal, apontam que das 25 pressões sobre as áreas úmidas (Figura 11), nove são consideradas impactos graves ao Pantanal e 13 ao Planalto; 16 são consideradas ameaças ao Pantanal e oito ao Planalto.

O problema central é a hidrologia do Pantanal, afetada principalmente pela construção da hidrovia, que tem impactos negativos diretos em cerca de 30% da área, além de possíveis impactos indiretos maiores. Outras atividades, como a construção de barragens nas cabeceiras dos afluentes e o aumento das estradas de acesso a fazendas, também comprometem a hidrologia local. A expansão do agronegócio e a contaminação das águas por defensivos agrícolas são preocupações adicionais. A mineração na região também gera impactos indiretos, embora estudos recentes sejam escassos. É necessária uma maior interação entre políticos, administradores, cientistas e a população local para buscar soluções sustentáveis e proteger a biodiversidade do Pantanal, bem como o bem-estar das comunidades locais.

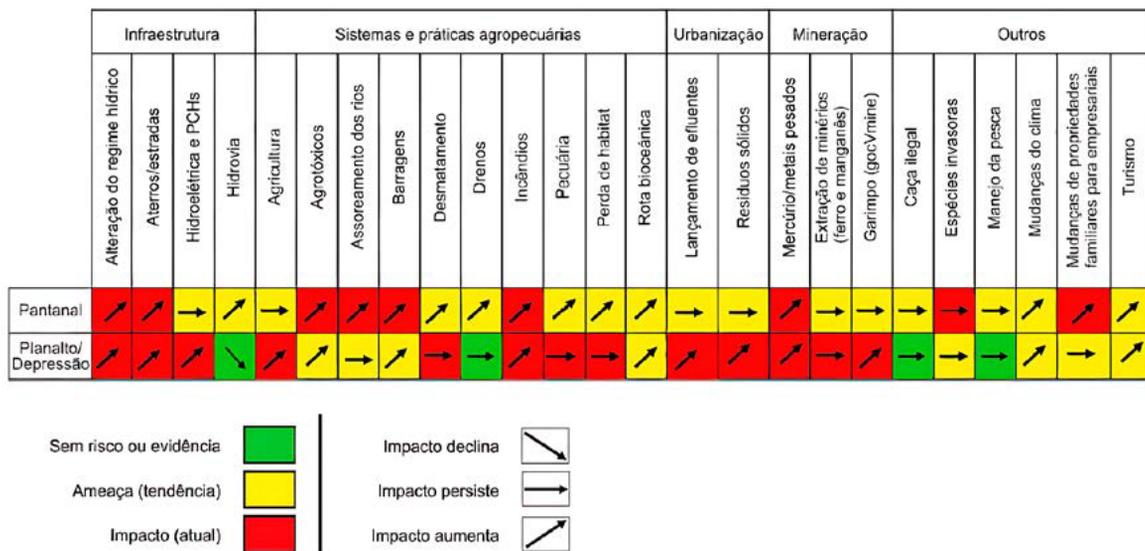


Figura 11. Evoluções qualitativas de pressões sobre as áreas úmidas. Fonte: Nunes da Cunha *et al.* (2020).

7. INTERDEPENDÊNCIA PANTANAL – PLANALTO

Nos últimos anos, vários estudos de diferentes áreas do conhecimento realizados no Pantanal observaram que a saúde dessa área tem sido afetada por práticas inadequadas, que causam mudanças negativas nesse ecossistema.

Os principais impulsionadores das mudanças do Pantanal vêm crescendo e continuam os mesmos. A Figura 12 evidencia a sinergia entre o Pantanal com a sua borda, os planaltos e depressões da Bacia do Alto Paraguai (BAP), em que o uso da terra vem sendo intensificado. As bacias dos rios tributários (afluentes), que drenam para o Pantanal, têm toda sua origem no planalto e atravessam áreas agrícolas; estas, que são associadas às características geomorfológicas da região, também são propícias à construção de hidroelétricas, responsáveis pela principal ameaça ao ecossistema.

A avaliação mais recente sobre o impacto da relação entre o planalto e a planície está contida em Roque *et al.* (2016). Aproximadamente 60% da vegetação de cerrado nos planaltos foi convertida em pastagens e áreas agrícolas, causando a intensificação do processo erosivo no planalto nos últimos 30 anos, que acelerou os processos de avulsão dos rios dentro da planície alagável, causando efeitos negativos na vegetação, na dinâmica da biodiversidade, nos processos ecossistêmicos e, conseqüentemente, na economia local (Assine *et al.*, 2005).

As mudanças no pulso de inundação - duração do regime de cheias e secas - causadas por hidroelétricas, além de terem alterado os padrões de biodiversidade, promovem alterações nos movimentos sazonais de peixes entre o planalto e as planícies, afetando a piracema (Medina de Campos *et al.*, 2020). A migração das aves também é afetada devido à perda de conectividade ecológica entre a planície e os planaltos.

Essas ameaças resultam da pressão econômica do agronegócio, do setor energético e da extração de minerais, que carecem de infraestrutura de escoamento. Por isso, a hidrovía no Rio Paraguai tem sido incentivada, com a via Bioceânica, e as tentativas de federalizar a Transpantaneira¹, e, com isso, permitir a interligação com o estado de Mato Grosso do Sul, servindo como mais uma via para o escoamento de commodities até o Rio Paraguai em Corumbá.

A necessidade de criar melhorias da infraestrutura do Pantanal é urgente, entretanto, isso não pode ser realizado de forma a causar impactos e externalidades em larga escala. Entendemos que existem muitas alternativas para construção de um futuro mais sustentável para a região por meio de fortalecimento de cadeias de valores baseadas na biodiversidade, ecoturismo e turismo de natureza, infraestruturas verdes, energias de baixo impacto, agregação de valor à pecuária orgânica e sustentável, pesca recreativa, pagamentos por serviços ecossistêmicos e negócios de carbono. Na prática, existem iniciativas em todas essas áreas no Pantanal, o desafio é ganhar escala.

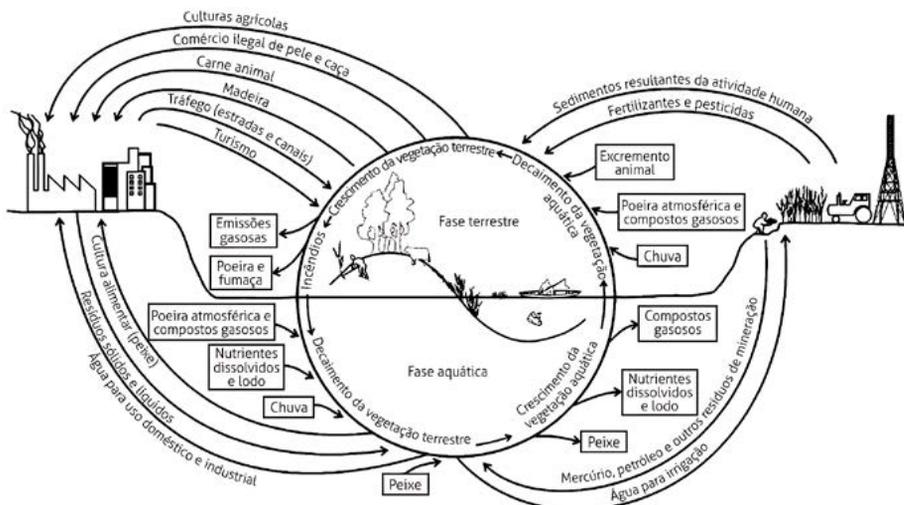


Figura 12. Ciclo de nutrientes e impactos humanos sobre o Pantanal. Sinergia planalto-Pantanal. Fonte: Junk (2002), modificado por Nunes da Cunha e Junk (2020).

1 Dois projetos de lei já foram apresentados à Câmara dos Deputados, com esse objetivo, sem sucesso.

8. POLÍTICAS PÚBLICAS

Em que pese à fragilidade do bioma e às ameaças que sobre ele incidem, agravadas pelo quadro de mudanças climáticas (Marengo *et al.*, 2015; 2021), é flagrante a inexistência de políticas públicas consistentes para uma gestão eficaz e eficiente do Pantanal, tanto no aspecto jurídico, como também administrativo e político, sobretudo que considerem sua característica como Área Úmida e enfrentem questões como vulnerabilidade, mitigação e adaptação às mudanças sociais e ambientais previstas para os próximos anos.

Um primeiro aspecto a considerar refere-se às limitações quanto ao marco regulatório. Embora considerado patrimônio nacional (art. 225, § 4º, da Constituição Federal de 1988) e, nessa condição, merecedor de tratamento condizente à sua relevância ecossistêmica (conforme interpretação do Supremo Tribunal Federal), esse preceito constitucional não tem sido adequadamente implementado pelo Estado brasileiro. Nesse sentido, a inexistência de uma lei nacional que proteja o Pantanal em suas especificidades cria um vácuo legislativo, agravado pela ausência de políticas públicas (federais, estaduais e municipais) concernentes à proteção desse bioma. O resultado desse quadro de insuficiência jurídico-institucional se traduz na crescente vulnerabilidade do Pantanal em face da degradação oriunda de diversas atividades econômicas insustentáveis.

A Lei Federal nº 9.433/1997, ao estabelecer a Política Nacional de Recursos Hídricos, também incide diretamente sobre o Pantanal no que concerne, por exemplo, à dominialidade dos corpos d'água, concessão de outorgas, instituição de bacias hidrográficas e elaboração de Planos de Recursos Hídricos, destacando-se, nesse aspecto, a aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Rio Paraguai pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

A lei de proteção da vegetação nativa (Lei Federal 12.651/2012; Brasil, 2012), em seu art. 10, estabeleceu que os pantanais e planícies pantaneiras são Áreas de Uso Restrito, em que é permitido o uso ecologicamente sustentável. Portanto, todo o Pantanal é uma Área de Uso Restrito. No entanto, o Capítulo III dessa Lei, que trata das Áreas de Uso Restrito, apresenta uma definição de uso ecologicamente sustentável apenas para os salgados e apicuns, localizados na zona costeira. Desse modo, a lei federal não estabeleceu uma regra clara para salvaguardar as Áreas Úmidas, incluindo o Pantanal. O art. 10 também estabeleceu que novas supressões de vegetação nativa devem ter autorização prévia dos órgãos estaduais de meio ambiente. Contudo, a ausência de uma definição clara do que seria o uso restrito e ecologicamente sustentável forçou os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso a promulgarem decretos estaduais para regulamentar esse uso, devendo consultar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, conforme estabelecido na Lei 12.651/2012.

O estado de Mato Grosso estabeleceu a Política de Gestão e Proteção da Bacia do Alto Paraguai, visando à manutenção da sustentabilidade ambiental, econômica e social da região através da Lei nº 8.830/2008 (Mato Grosso, 2008). Essa lei define as Áreas de

Preservação Permanente (APP), as Áreas de Conservação Permanente e as restrições de uso na planície alagável da bacia. Seu conteúdo estabelece a proteção necessária para a planície pantaneira no estado de Mato Grosso, conferindo uma restrição de uso. Entre as restrições, é proibida a realização de quaisquer intervenções que alterem o fluxo livre da água, o que garante a manutenção desse processo ecológico chave para o Pantanal. Também é proibida a implantação de culturas agrícolas em larga escala, incluindo de cana, de usinas de álcool e açúcar, carvoarias e abatedouros no Pantanal. Além disso, a Lei 8.830/2008 permite uma supressão apenas parcial da vegetação nativa, exclusivamente nas Áreas de Conservação Permanente, mediante licenciamento prévio no órgão ambiental estadual.

Portanto, boa parte do conteúdo da Lei 8.830/2008 já estava em consonância com a restrição de uso estabelecida pela Lei Federal 12.651/2012. No entanto, a lei estadual precisava ser atualizada perante a lei federal, principalmente em relação às métricas de delimitação das APPs. Além disso, não havia um limite claro para a supressão da vegetação nativa fora das APPs. Desse modo, o governo de Mato Grosso estabeleceu um contrato de cooperação técnica com a Embrapa Pantanal, uma instituição oficial de pesquisa, para obter subsídios técnicos e científicos que embasassem as alterações da Lei 8.830/2008 e a sua regulamentação. Tais subsídios foram enviados pela Embrapa por meio de notas técnicas. As alterações foram previstas no PL 561/2022, aprovadas pela Assembleia Legislativa de Mato Grosso e sancionadas pelo governo do estado através da Lei 11.861/2022 (Mato Grosso, 2022). Entre as alterações sancionadas, estão: **i)** a proibição da implantação de projetos: agrícolas, exceto os de subsistência; da pecuária intensiva; de cultura em larga escala de soja; da instalação e funcionamento de pequenas centrais hidrelétricas e de mineração; **ii)** a necessidade de autorização prévia para o manejo da vegetação visando à restauração de ambientes campestres; e **iii)** o limite de até 40% da área total da propriedade rural para a implantação de pastagem cultivada para a realização da pecuária extensiva.

A regulamentação dessa lei ainda está sendo elaborada pela Secretaria de Estado e Meio Ambiente de Mato Grosso para ser publicada na forma de um decreto pelo governo. Tal regulamentação prevê aspectos previstos nas Notas Técnicas da Embrapa, mas que não puderam ser elaborados na forma de lei, tais como: a definição da exploração ecologicamente sustentável; a frequência e a época correta para a autorização de queima controlada para o manejo da vegetação nativa em áreas campestres ou savânicas, proibindo seu uso em áreas florestais; o detalhamento para a autorização das atividades de manejo da vegetação para a manutenção ou recuperação das áreas campestres ou savânicas; o limite de até 40% da área total da propriedade rural para a supressão de vegetação nativa, respeitando os limites estabelecidos para as Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal (35% em cerrado e 80% em florestas) da Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012); a proibição da supressão de vegetação nativa em corredores de biodiversidade e em seus remanescentes relevantes de vegetação nativa (Tomas *et al.*, 2022b), que estejam

eventualmente presentes no imóvel rural, visando à manutenção da conectividade da paisagem; e a localização das Áreas de Reserva Legal preferencialmente nos corredores de biodiversidade.

Já a porção do Pantanal localizada no estado de Mato Grosso do Sul é regulamentada pelo Decreto Estadual nº 14.273/2015, que dispõe sobre a Área de Uso Restrito da planície inundável do Pantanal e dá outras providências. O decreto considerou parte das recomendações da Embrapa Pantanal (Embrapa, 2013; Embrapa, 2014) e, também, um estudo denominado “Exploração ecologicamente sustentável do bioma Pantanal: uma análise econômica e social, de acordo com a Lei Federal nº 12.651/2012, Capítulo III e o art. 10”, realizado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (Mato Grosso do Sul, 2015). As atividades de manejo da vegetação nativa para a restauração das áreas campestres foram consideradas como de baixo impacto pelo Decreto 14.273/2015, estando dispensadas de autorização prévia. O art. 7º desse Decreto exclui das restrições de uso aqueles imóveis que, embora localizados no Pantanal, estejam livres dos efeitos do pulso de inundação e/ou apresentem unidades de paisagem diversas daquelas que caracterizam o bioma Pantanal. Para tanto, é preciso um laudo técnico no Cadastro Ambiental Rural para análise pelo órgão ambiental. No entanto, não há especificação de quais seriam essas áreas livres dos efeitos do pulso de inundação, nem tampouco de como seriam as paisagens que caracterizam o Pantanal nas definições do art. 2º do Decreto 14.273/2015. O art. 9º define que as áreas que contenham vegetação nativa de porte arbóreo sejam priorizadas para alocação das Áreas de Reserva Legal dos imóveis rurais, em detrimento das áreas de campo nativo. São proibidas intervenções que alterem o regime hidrológico na planície pantaneira. A supressão de vegetação nativa poderá ser realizada mediante autorização prévia do órgão ambiental estadual. O inciso I do § 1º do art. 14 permite a supressão de 50% das áreas com vegetação nativa de cerrado e de florestas, do total existente na propriedade. O inciso II do § 1º do art. 14 permite a supressão de 60% das áreas com formações campestres, do total dessas áreas existentes no imóvel. Os limites foram estabelecidos por fitofisionomia e não pela área total do imóvel, podendo alcançar mais de 40% da área total da propriedade rural em várias situações.

Embora se verifique uma certa compatibilidade entre as normas mato-grossense e sul-mato-grossense, não se pode negar que as discrepâncias existentes fragilizam e dificultam a proteção do bioma, sem mencionar os “retrocessos normativos” operados mediante normas infralegais, a exemplo da Resolução Consema-MT nº 45/2022, que regulamentou a implementação de drenos em áreas úmidas localizadas na porção mato-grossense do Pantanal.

Naturalmente, não se pode ignorar a existência de normas internacionais que podem, igualmente, ser empregadas no apoio às políticas públicas que visem à proteção do Pantanal. Destacam-se, nesse contexto, o Tratado da Bacia do Prata, a Convenção de Ramsar e a Convenção sobre Diversidade Biológica.

O Tratado da Bacia do Prata é um acordo internacional assinado em 1969 entre cinco países sul-americanos (Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai) que compartilham a Bacia do Prata, que tem como formadoras as bacias hidrográficas dos rios Paraguai e Paraná. Esse tratado tem como objetivo promover a cooperação entre os países signatários para a gestão sustentável e o uso equitativo dos recursos hídricos na região, reconhecendo a importância da conservação dos ecossistemas naturais na Bacia do Prata, incluindo o Pantanal, como um elemento essencial para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região.

Outra norma internacional de grande relevância para a proteção do Pantanal é a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, também conhecida como Convenção de Ramsar. O Brasil é signatário dessa convenção desde 1993 (Decreto nº 1.905/1996) e o Pantanal é reconhecido como uma zona úmida de importância internacional desde 2000. A Convenção de Ramsar tem como objetivo promover a conservação e o uso sustentável de zonas úmidas em todo o mundo, implicando, para os países-membros, o compromisso de implementação de medidas para a conservação e uso racional dos recursos naturais, bem como a promoção da cooperação internacional para a proteção das Áreas Úmidas constantes da Lista de Ramsar, tal como o Pantanal.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), da qual o Brasil é signatário desde 1994 (Decreto nº 2.519/1998), também exerce um importante papel na proteção do Pantanal, na medida em que tem por objetivo conservar a diversidade biológica, o uso sustentável dos recursos naturais e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados do uso dos recursos genéticos. O Pantanal é reconhecido como uma área de grande biodiversidade e, nos termos da CDB, o Estado brasileiro deve implementar medidas de proteção da flora e da fauna pantaneiras, bem como garantir a participação das comunidades locais na tomada de decisões sobre o uso dos recursos naturais.

Outro relevante mecanismo jurídico internacional de proteção do Pantanal consiste na Rede Mundial de Reservas da Biosfera, implementada pela Unesco no âmbito do Programa O Homem e a Biosfera². As Reservas da Biosfera constituem espaços institucionalmente delimitados em que são desenvolvidos programas e ações com vistas ao progresso do conhecimento científico, ao desenvolvimento econômico e à preservação dos recursos naturais.

Cumpra assinalar que os documentos internacionais citados, embora de natureza principiológica, servem de apoio na interpretação das normas existentes com vistas à tutela jurídica de Áreas Úmidas, incluindo o Pantanal. Nesse sentido, recente decisão do Superior Tribunal de Justiça enfrenta esse quadro de atecnias e desproteção, lançando luzes sobre a tutela de Áreas Úmidas, destacando a aplicação da Convenção de Ramsar e a pertinência do princípio *in dubio pro natura* na conservação desses frágeis ecossistemas, conforme destacado em acórdão do Superior Tribunal de Justiça³:

² O Pantanal é uma Reserva da Biosfera desde 2000.

³ Superior Tribunal de Justiça-STJ. REsp. n. 1.787.748/RS (2018/0323870-7). Relator: Min. Herman Benjamin. Recorrente:

Segundo a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional de 1971 (Convenção de Ramsar, promulgada pelo Decreto nº 1.905/1996), reconhecem-se “as funções ecológicas fundamentais das zonas úmidas enquanto reguladoras dos regimes de água e enquanto habitats de flora e fauna características, especialmente de aves aquáticas”. Tais áreas “constituem um recurso de grande valor econômico, cultural, científico e recreativo, cuja perda seria irreparável” (preâmbulo).

A lei de proteção da vegetação nativa (Lei Federal 12.651/2012), com atecnia legislativa, trata as zonas úmidas - *ope legis* do art. 4º, II, lago ou lagoa, que pode ser perene ou intermitente, rasa ou profunda –, ora como Área de Preservação Permanente administrativa (art. 6º, III e IX), ora como Área de Uso Restrito (art. 10). Qualquer que seja a classe em que se enquadre, o banhado está especialmente protegido, vedada sua destruição. Levando-se em conta que não se está diante de categorias que se separam claramente, preto no branco, apresentando-se mais como *continuum* entre ambientes aquáticos e terrestres, verdadeiras zonas de transição terrestre-aquáticas, conclui-se que as definições tendem a ser arbitrárias e, por isso, administrador e juiz devem empregar, no difícil processo de interpretação da norma e da realidade natural, o princípio *in dubio pro natura*, nos termos da jurisprudência do STJ.

Embora a Convenção de Ramsar possa ser empregada no apoio das normas federais e estaduais existentes, a inadequação dos textos legais e as insuficiências político-institucionais não podem justificar a desproteção de uma das mais relevantes Áreas Úmidas do planeta: a variabilidade de macro-habitats e a multifuncionalidade desses espaços no Pantanal exigem a elaboração de uma norma federal capaz de abranger suas peculiaridades ecológicas e socioambientais, assegurando o uso sábio e a perenidade desse bioma em prol das gerações presentes e futuras.

9. RECOMENDAÇÕES PARA A PROTEÇÃO E O MANEJO SUSTENTÁVEL DO PANTANAL

As ameaças que comprometem o Pantanal podem ser divididas em dois grupos: aqueles oriundos do planalto e da depressão e aqueles de dentro da própria planície. Além disso, existem pressões econômicas e políticas em nível nacional que também têm influência para o Pantanal, por exemplo, o preço da carne bovina, que força os fazendeiros a aumentarem a produção a custo de outros serviços ecossistêmicos importantes.

Abaixo apresentamos uma série de recomendações para a manutenção do caráter ecológico do Pantanal (estrutura e funcionamento) e dos seus serviços ecossistêmicos:

9.1 Ações no Planalto e Depressão que assegurem o funcionamento do Pantanal

As sub-regiões do Pantanal são afetadas de forma diferenciada devido às características abióticas, sociais e econômicas. Alguns impulsionadores significativos incluem alterações na hidrologia e no pulso de inundação, como hidrovias, hidrelétricas, PCHs e assoreamento. O planalto ao redor da planície inundável é interconectado e requer zoneamento socioeconômico ambiental distinto. Restrições claras devem ser estabelecidas para o uso das nascentes, áreas úmidas do planalto e a do Pantanal. Em face das mudanças climáticas, com previsões de redução da precipitação, aumento da temperatura média, períodos mais secos e ondas de calor mais frequentes, é essencial preservar a água na paisagem. Medidas que interceptem nascentes, riachos e corpos d'água devem ser proibidas para evitar consequências ecológicas, econômicas e sociais desastrosas.

- Orientar os pequenos produtores, chacareiros e fazendeiros sobre boas práticas de manejo em nascentes, pequenas e médias áreas úmidas, incentivando a implementação de práticas além das exigências legais.
- Promover a inclusão de assentados e territórios indígenas localizados nas regiões de nascentes em ações relacionadas ao emprego de REDD+⁴, além de integrar trabalhadores rurais extrativistas que dependem de atividades impactantes das áreas úmidas, como isqueiros e raizeiros, por meio da promoção de boas práticas que visem ao bem-estar ambiental e humano.
- Promover estratégias abrangentes para o manejo sustentável das áreas agropecuárias no planalto, visando controlar a erosão e reduzir a carga sedimentar dos rios. Além disso, implementar ações educativas para conscientizar sobre a importância da manutenção da migração de espécies de peixes e os impactos negativos, em caso de seu impedimento, na população, afetando a pesca e os ribeirinhos tradicionais. Buscar o engajamento do Estado e da sociedade brasileira na redução da exploração hidrelétrica dos rios do Pantanal que ainda não possuem barragens, considerando que um aproveitamento de 55% de seu potencial hidrelétrico já pode ser considerado elevado.
- Estabelecer espaços de diálogo entre diversos setores para implementar ações de restauração em larga escala, especialmente em áreas historicamente afetadas, como a Bacia do Taquari, as nascentes dos rios Cuiabá, Jauru, São Lourenço, entre outros.
- Apoiar decisões estruturadas sobre o uso da terra no Planalto e Depressão, visando evitar a perda crítica de vegetação ainda existente, promovendo ações de proteção da vegetação natural remanescente, preservando a função das “torres de água” que abastecem o Pantanal.

4 REDD+ é um incentivo desenvolvido no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) para recompensar financeiramente países em desenvolvimento por seus resultados de Redução de Emissões de gases de efeito estufa provenientes do Desmatamento e da Degradação florestal, considerando o papel da conservação de estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal (+). (Fonte: MMA).

- Incentivar a busca de alternativas e regulamentações para combater o uso abusivo e o manejo inadequado de pesticidas e promover diálogos com a população da BAP para conscientizá-la sobre os potenciais riscos do uso de água contaminada por agrotóxicos.
- Apoiar ações para proteção integral das Áreas Úmidas da BAP, promotoras e reconhecidas pela ciência como reservatórios de carbono, inclusive no contexto de mercado de carbono.
- Orientar/capacitar os proprietários para o aproveitamento das oportunidades do mercado de carbono para geração de renda com atividade de proteção em substituição de práticas insustentáveis.
- Estabelecer uma rede de monitoramento sobre a qualidade da água a jusante e a montante dos represamentos para avaliar o impacto dos garimpos, das caixas de rejeitos sobre as áreas úmidas, nascentes e rios na Depressão da BAP.
- Avaliar o impacto na identidade sociocultural das comunidades rurais afetadas pelo garimpo, avaliando os custos-benefícios/ética-cultural.
- Avaliar de forma integrada os impactos da Rota Bioceânica, incluindo efeitos sociais, econômicos e ecológicos, garantindo ações de mitigação, adaptação e compensação quando cabíveis às comunidades e regiões afetadas, incluindo um programa de monitoramento adaptativo de longo prazo.

Propõe-se:

- Incluir as Áreas Úmidas na política de gestão de bacias hidrográficas, promovendo uma abordagem ecossistêmica.
- Recomendar e promover ações de política pública para a restauração das zonas úmidas da BAP, englobando o gerenciamento, monitoramento, restauração e busca de recursos financeiros oficiais. Além disso, fomentar a gestão participativa dos recursos hídricos por meio do apoio aos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) da BAP.

9.2 Ações dentro do Pantanal

- Elaborar um marco legal para uma política pública, com foco na manutenção do caráter ecológico do Pantanal, reavaliando os zoneamentos ecológico-econômicos dos dois estados e planos-diretores, considerando abordagens científicas de Áreas Úmidas e metodologias interdisciplinares apropriadas.
- Desenvolver em parcerias um Programa de Capacitação visando difundir bases conceituais de ecossistema de Áreas Úmidas, para fortalecer uma nova percepção conservacionista e de manejo sustentável desse ecossistema na região, atendendo gestores de Sítios Ramsar.
- Desenvolver programa de capacitação continuada em sustentabilidade de Áreas Úmidas para professores, guias e outros agentes que atuam no Pantanal.

- Realizar o monitoramento dos Sítios Ramsar, focando na disponibilidade de água no solo em seus macro-habitats distantes dos cursos d'água, por meio de incidência nos órgãos públicos responsáveis.
- Desenvolver diretrizes para a regulamentação do corte de espécies nativas no Pantanal, considerando critérios de diâmetro e ciclo de corte, visando ao uso sustentável dos recursos florísticos.
- Promover estratégias de gestão e manejo das propriedades baseadas no conceito de macro-habitats, validando o papel da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, gerenciando oportunidades das fases de inundação e seca.
- Promover a restauração de campos nativos degradados utilizando protocolos de boas práticas.
- Promover práticas sustentáveis de manejo para pastagens inundáveis, divulgando raças de gado de corte adequadas. Fortalecer os serviços veterinários para controlar doenças que afetam a produtividade. Difundir o manejo integrado de fogo como uma boa prática na gestão da cadeia pecuária.
- Fortalecer as cadeias dos produtos e subprodutos da piscicultura de tanque para reduzir a pressão sobre a pesca. Expandir e aprimorar os sistemas de monitoramento da pesca no Pantanal, incluindo abordagens de ciência cidadã. Aprimorar a rastreabilidade e expandir os sistemas oficiais de monitoramento da pesca, incluindo informatização e disponibilização de dados.
- Recuperar as florestas inundáveis ao longo dos rios, com espécies de interesse para a ictiofauna.
- Incluir serviços ecossistêmicos e capital natural como temas em políticas transversais da agenda nacional, com valoração dos serviços ecossistêmicos prestados, incluindo negociação no mercado econômico de carbono zero e biodiversidade.
- Capacitar instrutores, pousadeiros e fazendeiros e comunidades tradicionais que trabalham com as diversas modalidades de turismo sobre os preceitos de uso sustentável de Áreas Úmidas.
- Realizar planos de manejo das unidades de conservação, aplicando o conceito de macro-habitats e seguindo preceitos do SNUC e Ramsar.
- Restabelecer as caixas de empréstimo (áreas úmidas artificiais), partes de canais antigos abandonados, seguindo estratégias que preservem o banco de propágulos animais/vegetais e que se torne um ambiente com disponibilidade de água durante a seca, como uma adaptação a cenários severos de estiagem.

9.3 Proposições

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), instrumento de planejamento territorial para o bioma, que tem por objetivo ordenar de forma equilibrada as atividades do bioma, deve-se basear nas características que definem o Bioma Pantanal como uma Área Úmida:

1. Considerar a característica climática que envolve eventos plurianuais no Pantanal.
2. Considerar a heterogeneidade ambiental do Bioma Pantanal que reflete nas peculiaridades de diferentes sistemas dentro de um enorme trato deposicional dominado por sedimentação aluvial (Assine *et al.*, 2015, 2016).
3. Diferenciar a planície de inundação de acordo com características hidromineralógicas propostas por Irion *et al.* (2016) em áreas alagáveis recentes ativas, paleo-áreas alagáveis ativas e paleoáreas alagáveis inativas (Nunes da Cunha *et al.*, em preparação).
4. Baseado na diferenciação da planície de inundação, aplicar o conceito de macro-hábitats, mapeando as diferentes tipologias dentro da unidade de conservação e/ou produção. Fazer hierarquização dos macro-hábitats passíveis de uso, proteção, manejo, entre outros.

Diante da importância nacional e internacional do Pantanal, considerando a necessidade de definição de acordo com a Lei nº 12.651/2012, propõe-se:

- Adotar a definição de uso sustentável do bioma Pantanal como recomendado pela Convenção de Ramsar e Recomendação Técnica nº 01/2019/PPP/INAU definindo-se como:

Ecologicamente Sustentável implica em usar as Áreas Úmidas de forma que mantenha: (1) os componentes da paisagem, (2) o funcionamento da dinâmica hídrica e do ciclo de nutrientes e (3) a dinâmica da comunidade biológica.

Sendo assim, adotaremos o conceito Ecologicamente Sustentável:

Uso de forma equitativa dos macro-hábitats (componente ecoestrutural da paisagem), para que mantenha a biodiversidade, o funcionamento (não alterar a dinâmica hidrológica) e os serviços prestados pelo ecossistema que caracterizam o Pantanal.

Para atingir o uso sustentável, segundo preceito de Ramsar para as grandes Áreas Úmidas como o Pantanal, a unidade de gestão que atente a esses preceitos é o conceito de **Macro-hábitats**, pois é a unidade mais sensível a qualquer alteração do seu funcionamento, seja a partir do manejo ou das mudanças climáticas.

Portanto, a adoção desse conceito, que considera a natureza hidrológica e o conjunto de espécies adaptadas a essa condição de disponibilidade de água, no manejo das unidades de produção e conservação (UCs), é a forma de promover o uso sustentável de cada ambiente.

Conceito de Macro-hábitat: “Unidade ecológica caracterizada pelas condições específicas da hidrologia (umidade e inundação) e espécies de plantas adaptadas que responde a condição hidrológica” (Nunes da Cunha & Junk, 2022).

- Uso restrito

O “uso restrito” para os pantanais e planícies pantaneiras foi introduzido pela Lei Federal nº 12.651/2012, porém sem uma definição desse termo. Para o Pantanal, a aplicação desse termo estabelecerá restrições e limitações específicas no que diz respeito às atividades e intervenções humanas nesse ecossistema. Consistem em regulamentações que visam proteger e preservar a integridade ecológica do Pantanal, considerando sua importância como habitat de diversas espécies e sua função vital na regulação hídrica e na manutenção dos ciclos naturais.

Essas restrições podem incluir limitações quanto à alteração hidrológica, mudanças na estrutura da paisagem, modificação da composição florística e impactos no funcionamento do regime hidrológico, desde as cheias até as secas. O uso restrito também pode abranger a delimitação de áreas prioritárias para a conservação, estabelecimento de corredores ecológicos e a promoção de práticas de manejo sustentável, como a pecuária de forma equilibrada e compatível com a conservação dos recursos naturais.

Diante desse cenário, todo o Pantanal é de uso restrito. Sendo assim, indicamos os seguintes procedimentos quanto às restrições:

- Nas proximidades do Rio Paraguai -, não será permitido nenhum tipo de alteração no funcionamento do regime hidrológico, de cheias a secas, nem da estrutura e composição da paisagem.
- Para outras áreas do Pantanal, onde há proliferação de lenhosas em áreas campestres deverá seguir as recomendações técnicas para a restauração dos campos nativos, de acordo com a nota técnica da Embrapa. (Assunto: Considerações sobre a substituição da vegetação nativa para uso alternativo do solo no Pantanal em Mato Grosso).
- Mantendo a restrição para mudança hidrológica e estrutural da paisagem, observar a manutenção dos corredores, podendo manejar 25% - 30% da área de macro-habitat adequado para uso sustentável da pecuária, como os campos nativos e savânicos, excetuando macro-habitats como brejos, vazantes e campos nativos com inundação superior a 30 cm. Fica vedado o desmatamento dos macro-habitats não inundáveis periodicamente, diques marginais, cordilheiras e capões, campos de murunduns para fins de pastagens, exceto para habitações ribeirinhas, atividade turística, sedes e retiros de fazendas e piquetes para rebanho equino e vacas parideiras.

REFERÊNCIAS

Adámoli, J., & Pott, A. (1999). Estudo fitossociológico e ecológico do Pantanal de Paiaguás. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Socio-econômicos do Pantanal, Manejo e Conservação, 1996, Corumbá. Anais. Brasília: Embrapa, p. 215-225.

Adler, M. (2002). Primärproduktion von Phytoplankton und Periphyton sowie Nährstofflimitation und-konkurrenz mit aquatischen Makrophyten im Pantanal, Mato Grosso (Brasilien) (Doctoral dissertation, Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky).

Allem, A.C. & Valls, J.F.M. (1987). Recursos forrageiros nativos do Pantanal Matogrossense. Embrapa Documentos, 8: 330p.

Almeida, F.F.M. (1945). Geologia do Sudoeste Mato-Grossense. Div. de Geol. e Miner., Boi. n° 116. Rio de Janeiro.

Alvarenga, S.M., Brasil, A.E., Pinheiro, R., & Kux, H.J.H. (1984). Estudo geomorfológico aplicado à bacia do Alto Rio Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. Projeto RadamBrasil, Boletim técnico, Série Geomorfologia. p. 89-183.

Antunes, P.C.; Miranda, C.L.; Hannibal, W.; Aragona, M.; Godoi, M.N.; Rademaker, V.; Mozerle, H.B.; Santos-Filho, M.; Layme, V.M.G.; Rossi, R.V.; Brandão, M.V. & Semedo, T.B.F. (2022a). Marsupiais da Bacia do Alto Paraguai: uma revisão do conhecimento do planalto à planície pantaneira. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, 16: 527-577. doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i3.813

Antunes, P.C.; Miranda, C.L.; Hannibal, W.; Godoi, M.N.; Aragona, M.; Mozerle, H.B.; Rademaker, V.; Santos-Filho, M.; Layme, V.G.M.; Brandão, M.V. & Semedo, T.B.F. (2022b). Roedores da Bacia do Alto Paraguai: uma revisão do conhecimento do planalto à planície pantaneira. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, 16: 579-649. doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i3.811

Assine, M.L. (2003) Sedimentação na bacia do pantanal mato-grossense, Centro Oeste do Brasil. Tese (de Livre Docência). Universidade Estadual Paulista. 105p.

Assine, M. L. (2010). Pantanal Mato-Grossense: uma paisagem de exceção. In: Modenesi-Gauttieri, M. C.; Bartorelli, A.; Mantesso-Neto, V. Carneiro, C. D. R. & Lisboa, M. B. A. L. (eds.). A Obra de Aziz Nacib Ab'Saber. São Paulo, Beca-BALL edições, p. 464-489.

Assine, M.L. & Soares, P.C. (2004). Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. Quaternary International, 114(1): 23-34. [doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00039-9)

Assine, M.L.; Padovani, C.R.; Zacharias, A.A.; Ângulo, R.J. & Souza, M.C. (2005). Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. Revista Brasileira de Geomorfologia, 6: 97-108. doi.org/10.20502/rbg.v6i1.43

Assine, M. L., Merino, E. R., Pupim, F. N., Macedo, H. A. & Santos, M. G. M. (2015). The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. Brazilian Journal of Geology, 45(3): 475-489. [doi: 10.1590/2317-4889201520150014](https://doi.org/10.1590/2317-4889201520150014)

Assine, M. L., Merico, E. R., Pupim, F. N., Warren, L. V., Guerreiro, R. L. & McGlue, M. M. (2016). Geology and geomorphology of the Pantanal Basin. In: Bergier, I. & Assine, M.L. (eds). Dynamics of the Pantanal Wetland in South America. New York: Springer. p. 23-50. [doi:10.1007/978-1-4939-9351-1_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9351-1_3)

Barbosa da Silva, F.H., Arieira, J., Parolin, P., Nunes da Cunha, C. and Junk, W.J. (2016), Shrub encroachment influences herbaceous communities in flooded grasslands of a neotropical savanna wetland. Applied Vegetation Science, 19: 391-400. <https://doi.org/10.1111/avsc.12230>

Bergier, I., Assine, M.L., McGlue, M.M., Alho, C.J.R., Silva, A., Guerreiro, R.L. & Carvalho, J.C. (2018). Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. Science of The Total Environment, 619-620: 1116-1125. [doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.163](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.163)

Bird Life International. (2020). Threatened birds of the world, CDROM. Cambridge, UK: BirdLife International.

Brandão, M. V., Percequillo, A. R., D'Elia, G., Paresque, R. & Carmignotto, A. P. (2021). A new species of Akodon Meyen, 1833 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) endemic from the Brazilian Cerrado. Journal of Mammalogy, 102(1): 101-122. [doi:10.1093/jmammal/gyaa126](https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaa126)

Brandorff, G.O.; Silva, V. & Morini, A. (2011). Zooplankton: species diversity, abundance and community development. In: Junk, W.J.; Da Silva, C.J.; Nunes da Cunha, C; Wantzen, K.M. (eds). The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow. p. 355-391.

Brasil. (1997). Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - Pantanal - PCBAP, Volume 2, Tomo 2 - Hidrosedimentologia. Brasília: MMA/PNMA.

Brasil. (2014). Ministério do Meio Ambiente Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Dispõe sobre a “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção, dos grupos: mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados terrestres”. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legisla-cao/Portaria/2014/p_mma_444_2014_lista_esp%C3%A9cies_ame%C3%A7adas_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf

Britski, H.A., Silimon, K.Z.S. & Lopes, B.S. (1999). Peixes do Pantanal – Manual de identificação, EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Corumbá, 184 pp.

Brown-Júnior, K.B. (1986). Zoogeografia da região do Pantanal Mato-grossense. In: Anais do I Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Brasília: Embrapa. p. 137–178.

Buchas, H., Irion, G., Nunes da Cunha, C., Da Silva, C.J., Kasbohm, J. & Junk, W.J. (2000). Sedimentological, Geochemical and Geomorphological Studies of Sediment Deposits in the Pantanal/Brazil. In: German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research. p. 737-742

Burliga, A. L. & Schwarzbald, A. (2013). Perifiton: diversidade taxonômica e 105 morfológica. Ecologia do perifiton (A. Schwarzbald, AL Burliga & LC Torgan, eds) Rima, São 106 Carlos, 1-6.

Callil, C.T. & Junk, W.J. (2001). Aquatic gastropods as mercury indicators in the Pantanal of Poconé Region (Mato Grosso, Brazil). *Water, Air, and Soil Pollution* 319: 319–330. doi.org/10.1023/A:1005230716898

Camargo, J., Loverde-Oliveira, S. M., Sophia, M. G. & Nogueira, F. (2009). Desmídias perifíticas da baía do Coqueiro, Pantanal Matogrossense. *Iheringia. Série Botânica*, 64: 25-41.

Campos, Z., Mourão, G. & Magnusson, W. E. (2020). Drought drastically reduces suitable habitat for Yacare caiman. *Newsletter Crocodile Specialist Group*, 39(4), 14-16. doi.org/10.4257/oeco.2022.2603.01

Castelo Branco Filho, H. (2005). Distribuição Espacial e Temporal das Características Hidroquímicas das Águas Subterrâneas do Pantanal do Rio Negro. 104f. Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

Chase, C.G.; Sussman, A.J. & Coblentz, D.D. (2009). Curved Andes: Geoid, forebulge, and flexure. *Lithosphere*, 1(6): 358–363. doi.org/10.1130/L67.1

Cole, M.M. (1960). Cerrado, Caatinga and Pantanal: The distribution and origin of the savana vegetation of Brazil. *Geographical Journal* 126: 168-179.

Cole, J.J.; Prairie, Y.T.; Caraco, N.F.; McDowell, W.H.; Tranvik, L.J.; Striegl, R.G.; Duarte, C.M.; Kortelainen, P.; Downing, J.A.; Middelburg, J.J. & Melack, J. (2007). Plumbing the Global Carbon Cycle: Integrating Inland Waters into the Terrestrial Carbon Budget. *Ecosystems* 10, 172–185. doi.org/10.1007/s10021-006-9013-8

CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução CONSEMA nº 45, de 31 de agosto de 2022. Regulamenta a proteção e o licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos localizados em áreas úmidas no âmbito do Estado de Mato Grosso. [Internet]. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso. 2022 set. 05 [citado em 2023 fev. 12]. Disponível em: <https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/html/16940/#e:16940/#m:1382527>

Couldert, P. (1973). Reconhecimento Hidrogeológico Preliminar no Pantanal MatoGrossense entre os Rios Negro e Taquari. Rio de Janeiro: Editorial DNOS.

Damasceno-Junior, G.A.; Silva, R.H.; Gris, D.; Souza, E.B.; Rocha, M.; Pineda, D.A.M.; Amador, G.A.; Souza, A.H.A.; Oldeland, J. & Pott, A. (2021). Monodominant Stands in the Pantanal. In: Damasceno-Junior, G.A. & Pott, A. (eds) *Flora and Vegetation of the Pantanal Wetland*. Plant and Vegetation, vol 18. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83375-6_8

Desbiez, A.L.J.; Kluyber, D.; Massocato, G.F.; Barreto, L.M. & Attias, N. (2022). O que sabemos sobre os tatus do Pantanal? Revisão do conhecimento sobre ecologia, biologia, morfologia, saúde, conservação, distribuição e métodos de estudo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17: 11-69. doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i1.834

Duarte, T.G.; Nunes da Cunha, C.; Junk, W.J. (2017) Reconhecimento e apreciação da classificação dos macrohabitats do Pantanal Mato-grossense por pantaneiros de Poconé–MT. In: Nunes da Cunha, C.; Arruda, E.C.; Junk, W.J. (Orgs.). Marcos Referenciais para a Lei Federal do Pantanal e gestão de outras áreas úmidas. EdUFMT, Carlini & Caniato. p 81–97.

Eiten, G. (1982). Brazilian savannas. In: Huntley, B.J. & Walker, B.H. (eds.). Ecology of tropical savannas. Berlin: Springer-Verlag. p.25-47.

Embrapa (2013). Nota Técnica. Referência: Decreto Estadual que institui o Cadastro Ambiental Rural de Mato Grosso do Sul (CAR-MS) e o Programa de Regularização Ambiental denominado “MS Nosso Ambiente” em conformidade com a Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012 e sua regulamentação. 27 páginas. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354999/1529097/Nota+T%C3%A9cnica+decreto+CAR+MS+Embrapa+Pantanal_outubro+2013.pdf/4fba305d-71e3-4d7f-bf33-eb9fa99b5496#:~:text=%C3%81rea%20de%20uso%20restrito%3A%20%C3%A1rea,de%20%C3%B3rg%C3%A3os%20oficiais%20de%20pesquisa.&text=altera%C3%A7%C3%A3o%20na%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20e%20nos%20ambientes%20naturais. Acesso em: 17 maio 2023.

Embrapa (2014). Nota Técnica. Referência: Recomendação Técnica para o Artigo 17º do Decreto Estadual Nº 13.977, de 5 de junho de 2014, que dispõe sobre o Cadastro Ambiental Rural de Mato Grosso do Sul e dá outras providências, em conformidade com a Lei Federal 12.651, de 25 de maio de 2012. 10 páginas. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354999/1529097/Nota+T%C3%A9cnica+CAR+MS+Embrapa+Pantanal_agosto+2014.pdf/cc757107-32ae-4a73-ad83-acebf7b413b0. Acesso em: 17 maio 2023.

Ferreira, V. L., Terra, J. D. S., Piatti, L., Delatorre, M., Strüssmann, C., Béda, A. F. & Albuquerque, N. R. (2017). Répteis do Mato Grosso do Sul, Brazil. Iheringia Serie Zoologia, 107(Suppl), e2017153. doi.org/10.1590/1678-4766e2017153

Figueiredo, D.M. & Salomão, F.X.T. (2009). Bacia do Rio Cuiabá: Uma Abordagem Socioambiental. Cuiabá: Editora UFMT.

Fischer, E.; Eriksson, A.; Francisco, A.L.; Pulchério-Leite, A.; Santos, C.F.; Gonçalves, F.; Camargo, G.; Graciolli, G.; Carvalho, L.F.A.C.; Bordignon, M.O.; Silveira, M.; Carvalho, N.; Cunha, N.L. & Munin, R.L. (2022). Morcegos da Bacia do Alto Paraguai: revisão da fauna e distribuição de registros. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, 17: 585-687. doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i3.817

Freitas, L.C. & Loverde-Oliveira, S.M. (2013). Checklist of green algae (Chlorophyta) for the state of Mato Grosso, Central Brazil. Check List, 9: 1471-1483. doi.org/10.15560/9.6.1471

Gimênes-Junior, H. & Rech, R. (2022). Guia Ilustrado dos Peixes do Pantanal e Entorno. Julien Design: Campo Grande. 670 p.

Godoi Filho, J. D. (1986). Aspectos geológicos do Pantanal Mato-Grossense e de sua área de influência. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, 1., 1984. Corumbá. Anais. Brasília: EMBRAPA-DDT. p.63-76.

Hamilton, S.K.; Sippel, S.J. & Melack, J.M. (1996). Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. Archiv fur Hydrobiologie, 137: 1-23. doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/137/1996/1

Hamilton, S. K. (1999). Potential effects of a major navigation project (Paraguay-Praná Hidrovía) on inundation in the Pantanal floodplains. Regulated Rivers: Research and Management, 15: 289–299. [doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199907/08\)15:4<289::AID-RRR520>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199907/08)15:4<289::AID-RRR520>3.0.CO;2-I)

Hasenack, H.; Cordeiro, J. L. P. C. & Hofmann, G. H. (2010). O Clima da RPPN SESC Pantanal. Conhecendo o Pantanal, 5: 61-89.

Horton, B.K. & DeCelles, P.G. (1997). The modern foreland basin system adjacent to the Central Andes. Geology, 25(10): 895–898. [doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0895:TMFBSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0895:TMFBSA>2.3.CO;2)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2004). Mapa de Biomas e de Vegetação. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. (2018). Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Mamíferos (Vol. 2). ICMBio/MMA.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources – IUCN. (2021). IUCN red list of threatened species. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>

Irion, G., Buchas, H., Junk, W.J., Nunes da Cunha, C., De Moraes, J.O., & Kasbohm, J. (2011). Aspects of geological and sedimentological evolution of the Pantanal plain. In: Junk, W.J.; da Silva, C.J.; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (eds.). The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Sofia, Moscow: Pensoft Publishers. p. 47-69.

Irion, G.; Nunes, G.M.; Nunes da Cunha, C.; Arruda, E.C.; Santos-Tambelini, M.; Dias, A.P.; Moraes, J.O. & Junk, W.J. (2016). Araguaia River floodplain: size, age, and mineral composition of a large tropical savanna wetland. *Wetlands*, 36: 945-956. doi.org/10.1007/s13157-016-0807-y

Junk, W.J.; Bayley, P.B. & Sparks, R.E. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain-Systems. *Canadian Special Publications for Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 110-127.

Junk, W.J., Nunes da Cunha, C., Wantzen, K.M., Petermann, P., Strüssmann, C., Marques, M.I. & Adis, J. (2006). Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aqua Science*, 69: 278-309. doi.org/10.1007/s00027-006-0851-4

Junk, W.J.; Nunes da Cunha, C.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Parolin, P. & Piedade, M.T.F. (2023). A classificação das áreas úmidas brasileiras e sua implicação para a definição e classificação das macrófitas aquáticas e hidrófitas lenhosas. In: Pivari, M.O.D.; Melo, P.H.A. & Moura Júnior, E.G. (Eds). *Plantas aquáticas do Brasil*. Viçosa – MG: Editora UFV.

Keuroghlian, A.; Hofmann, G.S.; Andrade, B.S.; Tiepolo, L.M.; Oliveira, M.R.; Camilo, A.R. & Tomas, W.M. (2022). História natural dos artiodáctilos nativos da Bacia do Alto Paraguai com apontamentos sobre taxonomia, distribuição, abundância, ecologia e conservação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17: 115-162. doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i1.836

Krol, J.G. (1983). *Geological Studies of the Upper Paraguay River Basin (Pantanal)*. Paris: UNESCO Press and Editorial DROS.

Kuhlmann, E. (1954). A vegetação de Mato Grosso: seus reflexos na economia do estado. *Revista Brasileira de Geografia*. 16(1): 77-122.

Kuhlmann, E.; Silva, Z. L. & Eneas, Y. S. (1983). Cobertura vegetal da região do cerrado: carta da cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Geografia*. 45(2): 205- 231.

Loureiro, R.L.; Lima, J.P.S. & Fonzar, B.C. (1982). Vegetação. In: Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil – Levantamento de Recursos Naturais, vol. 27, Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20. Rio de Janeiro: Secretaria Geral. p. 329-372.

Loverde-Oliveira, S.M., Adler, M. & Silva, V.P. (2011). Phytoplankton, periphyton and metaphyton of the Pantanal floodplains: species composition and richness, density, biomass and primary production. In: Junk, W.J.; Da Silva, C. J; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (orgs.). *The Pantanal Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia: Pensoft Publishers. p. 235-256.

Marchese, M.R., Wantzen, K.M. & Ezcurra de Drago, I. (2005). Benthic assemblages and species diversity patterns of the Upper Paraguay River. *River Research & Applications* 21: 1–15. doi.org/10.1002/rra.814

Marengo, J.A., Oliveira, G.S. & Alves, L.M. (2015). Climate Change Scenarios in the Pantanal. In: Bergier, I. & Assine, M. (eds). *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 37. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-319-2015-3_57

Marengo, J.A.; Cunha, A.P.; Cuartas, L.A.; Deusdará Leal, K.R.; Broedel, E.; Seluchi, M.E.; Michelin, C.M.; Praga Baião, C.F.; Angulo, E.C.; Almeida, E.K.; Kazmierczak, M.L.; Mateus, N.P.A.; Silva, R.C. & Bender, F. (2021) Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: Characterization, Causes, and Impacts. *Frontiers in Water*, 3: 639204. doi.org/10.3389/frwa.2021.639204

Mateus, L.A.F.; Penha, J.M.F. & Petrere, M. (2004). Fishing resources in the rio Cuiabá basin, Pantanal do Mato Grosso, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 2: 217-227. doi.org/10.1590/S1679-62252004000400004

Mato Grosso (Estado). Governo do Estado do Mato Grosso. Lei N° 8.830, de 21 de janeiro de 2008. Dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso. 2008 jan. 21 [citado em 2023 fev. 12]. Disponível em: <https://www.iomat.mt.gov.br/portal/visualizacoes/pdf/1629#/p:3/e:1629?find=Lei%208.830>

Mato Grosso (Estado). Governo do Estado do Mato Grosso. Lei N° 11.861, de 04 de agosto de 2022. Altera a Lei nº 8.830, de 21 de janeiro de 2008, que dispõe sobre a Política Estadual de Gestão e Proteção à Bacia do Alto Paraguai no Estado de Mato Grosso e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso. 2022 agos. 04 [citado em 2023 maio. 17]. Disponível em: https://www.iomat.mt.gov.br/legislacao/diario_oficial#955-2022-8-1

Mato Grosso do Sul (Estado). Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. Decreto N° 14.273, de 8 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Área de Uso Restrito da planície inundável do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul. 2015 out. 09 [citado em 2023 maio. 17]. Disponível em: https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2022/01/DECRETO-No-14.273-DE-08_10_2015-1.pdf

McGlue, M.M., Silva, A., Assine, M.L., Stevaux, J.C. & Pupim, F.N. (2015). Paleolimnology in the Pantanal: using lake sediments to track quaternary environmental change in the world's largest tropical wetland. In: Bergier, I. & Assine, M.L. (Eds.), Dynamics of the Pantanal Wetland in South America. The Handbook of Environmental Chemistry 37. Springer. p. 51–81. doi.org/10.1007/698_2015_350

Medina, E. (1982). Physiological Ecology of Neotropical Savanna Plants. In: Huntley, B.J. & Walker, B.H. (eds). Ecology of Tropical Savannas. Ecological Studies, vol 42. Berlin: Springer. doi.org/10.1007/978-3-642-68786-0_15

Medinas de Campos, M., Tritico, H.M., Girard, P., Zeilhofer, P., Hamilton, S.K., Fantin-Cruz, I. (2020). Predicted impacts of proposed hydroelectric facilities on fish migration routes upstream from the Pantanal wetland (Brazil). *River Research and Applications*, 36: 452–464. [doi: 10.1002/rra.3588](https://doi.org/10.1002/rra.3588)

Medina-Junior, P.B. & Rietzler, A.C. (2005). Limnological study of a Pantanal saline lake. *Brazilian Journal of Biology*, 65: 651-659. doi.org/10.1590/S1519-69842005000400013

Mitsch, W.J.; Nahlik, A.; Wolski, P.; Bernal, B.; Zhang, L. & Ramberg, L. (2010). Tropical wetlands: Seasonal hydrologic pulsing, carbon sequestration, and methane emissions. *Wetlands Ecology and Management*, 18(5): 573-586. doi.org/10.1007/s11273-009-9164-4

Mourão, G.H., Ishii, I.H. & Campos, Z.H.S. (1988). Alguns fatores limnológicos relacionados com a ictiofauna de baías e salinas do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 11: 181-198.

Neves, M.O.; Cabral, H.; Pedrozo, M.; Ferreira, V.L.; Moura, M.; Santana, D.J. (2020). Dataset of occurrences and ecological traits of amphibians from Upper Paraguay River Basin, central South America. *Nature Conservation* 41: 71-89. doi.org/10.3897/natureconservation.41.54265

Nobre, A.D. (2014). O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica. São José dos Campos, SP: ARA, CCST-INPE, INPA.

Nogueira, F.M.B.; Silveira, R.; Girard, P.; Silva, C.; Abdo, M. & Wantzen, K.M. (2011). Hydrochemistry of lakes, rivers and groundwater of the Pantanal. In: Junk, W.J.; Da Silva, C. J; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (orgs.). The Pantanal Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Sofia: Pensoft Publishers. p. 167-198.

Nunes, A.P.; Posso, S.R.; Frota, A.V.B.; Vitorino, B.D.; Laps, R.R.; Donatelli, R.J.; Straube, F.C.; Pivatto, M.A.C.; Oliveira, D.M.M.; Carlos, B.; Melo, A.V.; Tomas, W.M.; Freitas, G.O.; Souza, R.A.D.; Benites, M.; Mamede, S. & Moreira, R.S. (2021). Birds of the Pantanal floodplains, Brazil: historical data, diversity, and conservation. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 61: e20216182. doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.82

Nunes, A.P. (2011). Quantas espécies de aves ocorrem no Pantanal? *Atualidades Ornitológicas*, 160: 45–54.

Nunes, A.P. & Tomas, W.M. (2004). Aves migratórias ocorrentes no Pantanal: Caracterização e conservação. *Embrapa Documentos*, 62: 27p.

- Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. (1999). Composição florística de capões e cordilheiras: localização das espécies lenhosas quanto ao gradiente de inundação no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. In: Anais do II Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. Embrapa - CPAP, Corumbá, p. 387-406.
- Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. (2001). Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 27: 63-70.
- Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. (2004). Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. *Applied Vegetation Science*, 7: 103-110. doi.org/10.1111/j.1654-109X.2004.tb00600.x
- Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. (2014). A classificação dos macrohabitats do pantanal Mato-grossense. In: Nunes da Cunha, C.; Piedade, M.T.F. & Junk, W.J. (Orgs.). *Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de Seus Macrohabitats*. Cuiabá: EdUFMT. p. 77-122.
- Nunes da Cunha, C. & Junk, W.J. (2020). Pantanal – A Identidade da Grande Área Úmida. In: Irigaray, C.T.J.H.; Nunes da Cunha, C. & Junk, W. J. (Orgs.) *Pantanal à Margem da Lei - Panorama das Ameaças e Perspectivas para a Conservação*. Cuiabá-MT: Editora Mupan. p.21-36.
- Nunes da Cunha, C.; Paixão, E. & Junk, W.J. (2020). Análise das Ameaças e Impactos ao Pantanal. In: Irigaray, C.T.J.H.; Nunes da Cunha, C.; Junk, W.J. (Orgs.) *Pantanal à Margem da Lei - Panorama das Ameaças e Perspectivas para a Conservação*. Cuiabá-MT: Editora Mupan. p. 37-72.
- Nunes da Cunha, C.; Bergier, I.; Tomas, W.M.; Damasceno-Junior, G.A.; Santos, S.A.; Assunção, V.A.; Sartori, A.L.B.; Pott, A.; Arruda, E.C.; Garcia, A.S.; Nicola, R.D.; Junk, W.J. (2021). Hydrology and Vegetation Base for Classification of Macrohabitats of the Brazilian Pantanal for Policy-Making and Management. In: Damasceno-Junior, G.A. & Pott, A. (eds) *Flora and Vegetation of the Pantanal Wetland*. Plant and Vegetation, vol 18. Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-83375-6
- Oliveira JE & Milheira RG. (2020). Etnoarqueologia de dois aterros Guató no Pantanal: dinâmica construtiva e história de lugares persistentes. *Mana*, 26(3): e263208. doi.org/10.1590/1678-49442020v26n3a208
- Padovani, C.R. (2017). Conversão da vegetação natural do Pantanal para uso antrópico de 1976 até 2017 e projeção para 2050. *Embrapa Comunicado Técnico*, 109: 1-6.
- Paulino, H.B.; Assis, P.C.R.; Vilela, L.A.F.; Curi, N. & Carneiro, M.A.C. (2015). Campos de Murundus: Gênese, Paisagem, Importância Ambiental e Impacto da Agricultura nos Atributos dos Solos. In: Nascimento, C.W.A.; Souza Júnior, V.S.; Freire, M.B.G.S. & Souza, E.R. (Orgs.). *Tópicos em Ciência do Solo - Volume IX*. 1ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 290p.
- Penha, J.; Arrolho, S.; Calheiros, D.F.; Da Silva, C.J.; Ikeda-Castrillon, S.K.; Lázaro, W.L.; Machado, F.A.; Mateus, L.; Matos, L.S.; Muniz, C.C.; Nunes, R.V. & Oliveira-Júnior, E.S. (2023). Tomada de decisão de cima pra baixo para fugir da responsabilidade de se manejar uma atividade complexa: o caso da Projeto de Lei do banimento da pesca artesanal comercial no MT. Disponível em: https://www.cpap.embrapa.br/pesca/online/Penha_etal2023_PL1363_banimento_pesca.pdf
- Piatti, L.; Rosauer, D.F.; Nogueira, C.C.; Strussmann, C.; Ferreira, V.L. & Martins, M. (2019). Snake diversity in floodplains of central South America: is flood pulse the principal driver? *Acta Oecologica*, 97: 34–41. doi.org/10.1016/j.actao.2019.04.003
- Pinho, J.B.; Aragona, M.; Marini, M.Â. & Hakamada, K.Y.P. (2017). Migration patterns and seasonal forest use by birds in the Brazilian Pantanal. *Bird Conservation International*, 27:371-387. doi.org/10.1017/S0959270916000290
- Piva, A.; Caramaschi, U. & Albuquerque, N. R. (2017). A new species of *Elachistocleis* (Anura: Microhylidae) from the Brazilian Pantanal. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 16(2), 143–154. doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v16i2p143-154
- Pott, A. & Pott, V.J. (1996). Flora do Pantanal – Listagem atual de Fanerógamas. In: EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ed.), *Anais II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal*. Manejo Conservação, Corumbá: EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Pantanal. p. 297–325.

Pott, A.; Nunes da Cunha, C.; Pott, V. J.; Silveira, E. A. & Sartori, A. L. (2001). Avaliação ecológica rápida Parque Nacional do Pantanal e RPPNS do entorno Botânica. Componente botânica. Relatório Final. Plano de Manejo do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense, IBAMA/TNC, Brasil, 174 pp.

Pott, A & Pott, V.J. (2021). Flora of the Pantanal. In: Damasceno-Junior, G.A., Pott, A. (eds) Flora and Vegetation of the Pantanal Wetland. Plant and Vegetation, vol 18. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-030-83375-6_3

Pott, V.J. & Pott, A. (1997). Checklist das macrófitas aquáticas do Pantanal, Brasil. Acta Botanica Brasílica. 11: 215–227. doi.org/10.1590/S0102-33061997000200010

Pott, V.J. & Pott, A. (2000). Plantas aquáticas do Pantanal. Brasília: Embrapa, 404 pp.

Presidência da República (Brasil). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília: Senado Federal; 1988.

Presidência da República (Brasil). Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. [Internet]. Diário Oficial da União. 1996 maio. 17 [citado em 2023 fev. 22]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1905.htm

Presidência da República (Brasil). Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. [Internet]. Diário Oficial da União. 1998 março 17 [citado em 2023 fev. 22]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2519.htm

Presidência da República (Brasil). Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. [Internet]. Diário Oficial da União. 1997 jan. 09 [citado em 2023 fev. 22]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm

Presidência da República (Brasil). Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial da União. 2012 maio. 28 [citado em 2023 fev. 22]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm

Projeto MapBiomias. Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra entre 1985 a 2021 – Pantanal, 2022. Coleção 7. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/FactSheet-Pantanal.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.

Reid, J.W. (1997). *Argyrodiaptomus nhumirim*, a new species, and *Austrinodiptomus kleerekoperi*, a new genus and species, with redescription of *Argyrodiaptomus macrochaetus* Brehm, new rank, from Brazil (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae). Proceedings of the Biological Society of Washington 110: 581–600.

Rizzini, C.T. (1979). Tratado de fitogeografia do Brasil. vol. 2. São Paulo: HUCITEC/EDUSP. 374p.

Rodrigues, F.H.G.; Medri, I.M.; Tomas, W.M. & Mourão, G.M. (2005). Revisão do conhecimento sobre a ocorrência e distribuição de mamíferos no Pantanal. Embrapa Documentos, 38: 41p.

Roque, F.O., Ochoa-Quintero, J., Ribeiro, D.B., Sugai, L.S.M., Costa-Pereira, R., Lourival, R. & Bino, G. (2016). Upland habitat loss as a threat to Pantanal wetlands. Conservation Biology 30:1131-1134. doi.org/10.1111/cobi.12713

Sabino, J. (2022). Conservação de Peixes do Pantanal. In: Gimênes-Junior, H. & Rech, R. (Orgs.). Guia Ilustrado dos Peixes do Pantanal e Entorno. Campo Grande: Julien Design. 670 p.

Sarmiento, G. (1983). The Savannas of Tropical America. In: Goodall, D.W. (Ed.). Ecosystems of the world – tropical savannas. Amsterdam: Elsevier. p. 245-288.

Silva, J.C. (1986). Pesca artesanal no litoral Norte da Paraíba: contradições e pobreza. Dissertação de mestrado pela Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Ciências Geográficas.

- Silva, J.S.V. & Abdon, M.M. (1998). Delimitação do Pantanal Brasileiro e Suas Sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33: 1703-1711.
- Silva, J.S.V.; Abdon, M.M.; Silva, S.M.A. & Moraes, J.A. (2011). Evolution of Deforestation in the Brazilian Pantanal and Surrounds in the timeframe 1976 - 2008. *Geografia*, 36: 35-55.
- Silva, W.M. & Godoy, F.M.R. (2018). Check-list das espécies de Fitoplâncton do estado do Mato Grosso do Sul. *Iheringia, Série Botânica*, 73(supl.): 219-230. doi.org/10.21826/2446-8231201873s219
- Sobek, S.; Durisch-Kaiser, E.; Zurbrügg, R.; Wongfun, N.; Wessels, M.; Pasche, N.; Wehrli, B. (2009). Organic carbon burial efficiency in lake sediments controlled by oxygen exposure time and sediment source. *Limnology and Oceanography*, 54. doi.org/10.4319/lo.2009.54.6.2243.
- Sousa, T.P., Marques, D.K.S., Vitorino, C.D.A., Faria, K.D.C., Braga, G.D.S.F., Ferreira, D.C. & Venere, P.C. (2017). Cytogenetic and molecular data Support the occurrence of three *Gymnotus* species (Gymnotiformes: Gymnotidae) used as live bait in Corumbá, Brazil: Implications for conservation and management of professional fishing. *Zebrafish*, 14(2), 177–186. doi.org/10.1089/zeb.2016.1356
- Souza, F. L., Prado, C. P. A., Sugai, J. L. M. M., Ferreira, V. L., Aoki, C., Landgraf-Filho, P. & Duleba, S. (2017). Diversidade de anfíbios do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia Serie Zoologia*, 107(Suppl): e2017152. doi.org/10.1590/1678-4766e2017152
- Strüssmann, C., Ribeiro, R. A. K., Ferreira, V. L. & Béda, A. D. F. (2007). Herpetofauna do Pantanal brasileiro. In: Nascimento, L.B. & Oliveira, M. E. (Eds.). *Herpetologia no Brasil II*. Belo Horizonte, MG: Sociedade Brasileira de Herpetologia. p. 66–84.
- Strüssmann, C.; Prado, C.P.A.; Ferreira, V.L. & Kawashita-Ribeiro, R.A. (2011). Diversity, ecology, management and conservation of amphibians and reptiles of the Brazilian Pantanal: a review. In: Junk, W.J.; Da Silva, C.J.; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (Eds). *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia–Moscow: Pensoft Publishers. p. 495-519.
- Tomas, W.M., Cáceres, N.C., Nunes, A.P., Fischer, E., Mourão, G. & Campos, Z. (2011). Mammals in the Pantanal wetland, Brazil. In: Junk, W.J.; Da Silva, C.J.; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (Eds). *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia–Moscow: Pensoft Publishers. p. 563–595.
- Tomas, W.M., Roque, F.O., Morato, R.G., Medici, P.E., Chiaravalloti, R.M. & Junk, W.J. (2019). Sustainability Agenda for the Pantanal Wetland: Perspectives on a Collaborative Interface for Science, Policy, and Decision-Making. *Tropical Conservation Science*, 12: 1-30. doi.org/10.1177/1940082919872
- Tomas, W.M.; Timo, T.P.C.; Camilo, A.R.; Oliveira, M.R.; Tortato, F.R.; Mamede, S.; Benites, M.; Garcia, C.M.; Gusmão, A.C. & Rimoli, J. (2022a). Primatas ocorrentes na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17: 701-724. doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i3.882
- Tomas, W.M.; Oliveira, M.R.; Fernando, A.M.E; Camilo, A.R.; Pereira, G.M.F.; Silva, T.L. (2022b). Corredores de biodiversidade na Bacia do Alto Paraguai: modelagem, mapeamento e aplicação em políticas públicas para sustentabilidade. *Embrapa Documentos*, 175: 55p.
- Tremarin, P.I.; Ludwig, T.A.V.; Lezilda C. & Torgan, L.C. (2014). Four new *Aulacoseira* species (Coscinodiscophyceae) from Matogrossense Pantanal, Brazil. *Diatom Research*, 29 (2): 1-17. doi.org/10.1080/0269249X.2014.880072
- Tricart, J. (1982). El Pantanal: un ejemplo del impacto de la geomorfología sobre el medio ambiente. *Geografía* 7(13-14): 37-50.
- Tubelis, D.P. & Tomas, W.M. (2003). Bird species of the Pantanal wetland. Brazil. *Ararajuba*, 11(1), 5–37.
- Tusset, E.A.; Tremarin, P.I.; Ludwig, T.A.V. & Cardoso, L.S. (2023). The genus *Dorofeyukea* (Bacillariophyta, Stauroneidaceae) in karst environments in the Brazilian Pantanal: with the description of four new species. *Journal of the Czech Phycological Society*, 23(1): 30–48. doi.org/10.5507/fot.2022.011
- Ussami, N.; Shiraiwa, S. & Dominguez, J. M. L. (1999). Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: The Pantanal wetland, SW Brazil, *Tectonics*, 18(1): 25–39. doi.org/10.1029/1998TC900004

Wantzen, K.; Callil, C.; Butakka, C. (2011). Benthic invertebrates of the Pantanal and its tributaries. In: Junk, W.J.; Da Silva, C.J.; Nunes da Cunha, C. & Wantzen, K.M. (Eds). The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Sofia–Moscow: Pensoft Publishers. p. 393-430.

Wantzen, K.M.; Girard, P.; Roque, F.O.; Nunes da Cunha, C.; Chiaravalloti, R.M.; Nunes, A.V.; Bortolotto, I.M.; Guerra, A.; Pauliquevis, C.; Friedlander, M. & Penha, J. (2023): The Pantanal: How long will there be Life in the Rhythm of the Waters? In: Wantzen, K.M. (ed.). River Culture – Life as a Dance to the Rhythm of the Waters. Paris: UNESCO Publishing. p. 497–536. doi.org/10.54677/DYRD7304

Weaver, J.E.; Clements, F.E. (1929). Plant Ecology. New York: McGraw-Hill Book Company. 522p.

Weaver, J.E.; Clements, F.E. (1938). Plant Ecology. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company. 601p.