



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO FLORESTAL EM DIQUES MARGINAIS NA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO MIRANDA, CORUMBÁ, MS

Orientador: Geraldo Alves Damasceno Junior
Mestranda: Anny Grazielly da Silva Arruda

Campo Grande, MS
Junho, 2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



**ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO FLORESTAL EM DIQUES MARGINAIS NA
PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO MIRANDA, CORUMBÁ, MS**

Mestranda: Anny Grazielly da Silva Arruda

Orientador: Geraldo Alves Damasceno Junior

Dissertação apresentada como um dos
requisitos para obtenção de grau de
Mestre Junto ao Instituto de Biociências.

Campo Grande, MS
Junho, 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concebido a vida, saúde, força e coragem para concluir mais uma etapa da minha vida;

Ao meu orientador, Geraldo Alves Damasceno Junior, pela orientação, aprendizado, atenção, paciência e compreensão nos momentos em que mais precisei;

Aos Professores Arnildo Pott e Letícia Couto, por me encorajar e fazer acreditar que sou capaz de vencer mesmo que em meios transtornos;

Aos Professores; Rosani Arruda, Flavio Macedo, Arnildo Pott e Letícia Couto, pelos auxílios nas identificações, classificação e partes anatômicas das espécies vegetais.

Ao Professor Aguinaldo Silva, por me receber inúmeras vezes e contribuir nos esclarecimentos de dúvidas da geomorfologia dos rios;

Aos amigos, equipe de campo e colaboradores, Rosa Helena da Silva, Flaviano Assis Rodrigues, Leidy Anni da Silva Arruda, Cristiano Assis Rodrigues, Diego Moraes, Edson “Bananinha”, Barbara Marquês, Marley “cão protetor”, pelo apoio ao trabalho;

Aos Amigos, equipe de laboratório; Rodrigo Rivaben, Darlene Gris, Milton Cordova, Evaldo B. de Souza, Francielli Bão pelo apoio ao trabalho;

A BEP (Base de estudo do Pantanal) Na pessoa Coordenador Antônio Lopez sempre disposto a ajudar na logística do trabalho, a Dona Aparecida “Cida”, Cleide, Clemilda, Sra. “Bil”, Thianne, Graciene “Ciene”, Sr. Zé e Geisiel “Pernambuco” por sempre nos tratarem bem nas estadias da BEP;

Aos motoristas da UFMS, Jorge Gonçalves e Almir Mendes pelo suporte ao trabalho realizado;

As instituições de fomento, UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), PPGBV (Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal), INAU (Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias em Áreas Úmidas), Fundect (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul) pelo apoio financeiro e suporte ao trabalho;

Aos meus Amigos; David Machate, Carla Cerezolli, Allan H. Almeida, Geissely Pedrosa, Juliana Chrestana, Luciana Alves, pelo ombro amigo e palavras de incentivo;

A minha família, irmãos Leidy Anni da Silva Arruda, Maicon da Silva Arruda e Laís Helena C. da Silva, aos meus avós Zélia de Margalhães e Angelo Ferreira, as minhas tias Fátima da Silva e Luiza da Silva, ao meu padrasto Antônio Silvino L. Conceição, A minha Prima Joyceane Samarry e a minha Sogra Luciléia B. de Souza, pelas palavras de incentivo e apoio prestados durante a minha ausência;

Ao meu esposo Herivelton B. de Souza e meu filho Jhonny da Silva Corrêia pelo companheirismo, paciência, incentivo e principalmente pela compreensão nos momentos em que não pude estar presente;

A minha tia Rosa Helena da Silva a minha eterna gratidão; por me mostrar o caminho da Biologia e acreditar na minha capacidade, por abrir as portas e me receber em sua casa, pelos incentivos, apoios e ensinamentos, pela parceria e orientação do começo ao fim em campo e no laboratório, sem essa ajuda não seria possível concluir mais essa etapa da minha vida. Muito obrigada por tudo;

E, finalmente a minha eterna rainha “mãe” Auxiliadora Luzia da Silva pelo incentivo, educação, por sempre me apoiar nos estudos, pelo ombro amigo, pelos bons conselhos, por cuidar da minha casa (filho, esposo e animais) durante a minha ausência e por todos os ensinamentos de vida. Sem esse apoio ficaria muito difícil. Muito obrigada por tudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	12
2.1 Área de trabalho	12
2.2 Escolha das áreas	14
2.3 Levantamento da vegetação.....	16
2.4 Medição do nível de inundaçāo.....	16
2.5 Análise de dados	17
2.5.1 Análise de parâmetros estruturais riqueza, área basal e abundância	17
2.5.2 Composição e análises de espécies indicadoras	17
2.6 Classificação dos estádios sucessionais das espécies indicadoras	18
3. RESULTADOS.....	18
3.1 Parâmetros estruturais	18
3.1.1 Riqueza.....	18
3.1.2 Abundância	21
3.1.3 Área basal.....	21
3.2 Composição e espécies indicadoras	23
4. DISCUSSÃO	25
4.1 Parâmetros estruturais	25
4.1.1 Riqueza.....	25
4.1.2 Abundância	26
4.1.3 Área basal.....	27
4.2 Composição e espécies indicadoras	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo no trecho do rio Miranda, mostrando no detalhe diques marginais em meandros ativos e abandonados, Corumbá, MS. Fonte: A. Mapa do Pantanal adaptado do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) (Brasil 1997). B. USGS, 2017, elaborado no aplicativo computacional ARCGIS 10.1. C. Landsat, US Dept of State Geographer 2016, Inav, Geosistemas SRL. Imagem obtida pelo Google Earth).....13

Figura 2. Figura 2. Esquema de amostragem das parcelas: grupo de três parcelas de 5x30 m, utilizado para avaliação dos parâmetros estruturais da vegetação dos diques marginais abrangendo todas as posições topográficas do terreno, Corumbá, MS. As áreas de marcadores branco representam diques marginais adjacentes ao meandro ativo do canal atual do Rio Miranda de ordem (1,2 e 3) e as áreas de marcadores amarelo representam diques adjacentes ao meandro abandonado do canal antigo de ordem (4, 5 e 6). Fonte: Landsat, US dept of State Geographer 2016, Inav, Geosistemas SRL. Imagem obtida pelo Google Earth.....15

Figura 3. Modelo linear generalizado para relação entre variável dependente (riqueza) e os fatores ambientais: inundação e atividade dos meandros em matas ciliares do rio Miranda, Corumbá, MS, Brasil. A inundação está em (cm); as linhas contínuas são função real e as áreas sombreadas são intervalos de confiança.....21

Figura 4. Figura 4. Modelo linear generalizado para relação entre variável dependente (área basal) e os fatores ambientais: inundação e atividade dos meandros em matas ciliares do rio Miranda, Corumbá, MS, Brasil. A área basal está em (cm^2) e inundação em (cm); as linhas contínuas são função real e as áreas sombreadas são intervalos de confiança.....22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela 1. Lista de espécies arbóreas, arbustivas e palmeiras encontradas na mata ciliar dos diques marginais dos meandros ativos e abandonados no rio Miranda, Corumbá-MS (1 = meandro ativo, 2 = meandro abandonado).....	19
Tabela 2. Modelos lineares generalizados mostrando as relações entre riqueza, abundância e área basal com inundação e atividade dos meandros e a interação entre os dois. O tipo de distribuição aplicada é listado abaixo do nome da respectiva variável dependente. Os primeiros números indicam a probabilidade e os números entre parênteses indicam estimativa. Meandro na tabela indica a atividade dos meandros (ativos e abandonados)	23
Tabela 3. Análise de espécies indicadoras para todas as combinações de ambiente: ordem e inundação. Onde 1,2,3,4,5,6 indicam as diferentes ordens dos diques dos meandros ativos e abandonados, (B) indica inundação baixa e (A) indica inundação alta.....	24

RESUMO

A inundação e suas variações naturais e os processos geomorfológicos são fatores que atuam em conjunto e influenciam na estrutura da vegetação dos diques marginais. O objetivo deste trabalho foi avaliar se os processos geomorfológicos de formação dos diques marginais e as inundações periódicas estão relacionados às variações na estrutura e composição das florestas ripárias. O trabalho foi desenvolvido no Pantanal da sub-região do Miranda, em áreas adjacentes ao rio Miranda (Bacia do alto Paraguai). Foram amostradas três áreas de meandro ativo e três de meandro abandonado. Em cada área foram amostrados três diques marginais. Foram amostrados indivíduos arbóreo-arbustivos e palmeiras com a circunferência do caule à altura do peito (1,3 m acima do solo) maior ou igual a 10 cm em 162 parcelas. Medimos a altura da marca de inundação e estimamos a duração da inundação de cada parcela. Para verificar se os parâmetros estruturais variam entre os diques marginais com diferentes níveis de inundação e atividade dos meandros, utilizamos modelos lineares generalizados (GLM). Para investigar se existem diferenças na composição no gradiente de inundação e atividade dos meandros, calculou-se a análise de similaridade (ANOSIM) e para verificar se existem espécies específicas em certas combinações de habitats da interação entre os fatores foi realizada a análise de espécies indicadoras. A riqueza e a área basal tiveram relação com a inundação e atividade dos meandros e a interação. A abundância e a composição não tiveram relação com a inundação e atividade dos meandros. Do total de espécies, 15 são indicadoras de uma das possíveis combinações da interação entre os fatores. A alta inundação restringe a riqueza nos diques dos meandros ativos e restringe a área basal nos diques dos meandros abandonados. A baixa inundação aumenta a riqueza nos diques dos meandros ativos e aumenta a área basal dos diques dos meandros abandonados. Os resultados evidenciam que a atividade dos meandros, as variações naturais de duração e frequência da inundação e os processos geomorfológicos são fatores que atuam em conjunto e influenciam na estrutura da vegetação dos diques marginais.

PALAVRAS-CHAVES: diques marginais, floresta ripária, inundação

ABSTRACT

Structure of forest vegetation on marginal levees in the Miranda River floodplain, Corumbá, MS, Brazil. - The flood and its natural variations and geomorphological processes are factors that act together and influence the structure of the vegetation of the marginal levees. The objective of this work was to evaluate whether the processes of geomorphological formation of marginal levees and periodic flooding are related to variations in the structure and composition of riparian forests. The study was carried out in the Pantanal in the sub-region of Miranda, in an area adjacent to the Miranda River (in the upper Paraguay basin). We sampled three areas of active meanders and three areas of abandoned meanders. In each area were sampled three marginal levees. We sampled the shrubs, palms and trees with stem circumference at breast height (1.3 m above ground) greater than or equal to 10 cm, in 162 plots. We measured the height of the flood mark on the stems and thereby estimated flood duration in each plot. To check if the structural parameters vary between marginal levees with different levels of flood and activity of the meander, we used generalized linear models (GLM). To investigate whether there are differences in species composition over the flood gradient and activity of meanders, we performed an analysis of similarity (ANOSIM), and to check if there are specific species in certain combinations of habitats in the interaction between factors we performed the analysis of indicator species. The richness and basal area were associated with flood and meander activity and their interaction. The abundance and the species composition had no relation with flood and meander activity. Among the total number of species, 15 are indicative of one of the possible combinations of interaction between factors. Deep flooding restricts species richness on the levees of the active meander and restricts the basal area on the levees of the abandoned meanders. The shallow flooding increases species richness on the levees of the active meanders and increases the basal area of the levees of the abandoned meanders. The results showed that the activity of the meander, the natural variations of duration and frequency of flooding, and the geomorphological processes are factors that act together and influence the structure of the vegetation of the marginal levees.

Key words: flooding, riparian forest, marginal levees

1. INTRODUÇÃO

O pulso de inundação é um importante fator para a distribuição de espécies e diversidade vegetal, porque determina os processos ecológicos e controla o nível de adaptação e seleção de cada espécie dentro de uma dada comunidade (Wittmann *et al.* 2008). A distribuição espacial e sua composição específica são controladas em parte pela frequência, duração e intensidade das cheias (Damasceno Junior *et al.* 2005). Florestas distribuídas ao longo do gradiente de inundação, influenciadas pela altura e duração das inundações anuais, diferem quanto a sua composição, riqueza e estrutura (Assis & Wittmann 2011). As espécies ripárias têm sido foco particular dos estudos de interações vegetação-hidrologia dentro dos corredores de rios de planície (Gurnel & Petts 2002). A estrutura e desenvolvimento sucessional dessas comunidades ao longo dos corredores fluviais é fortemente regulada pelo regime de fluxo do rio (Nilsson & Svedmark 2002). A inundação e a instabilidade do canal são considerados fatores ambientais importantes em ambientes fluviais. Esses fatores influenciam nas variáveis ambientais (sucessão ecológica e parâmetros estruturais) no rio Ain na França (Piégay *et al.* 2000), nas áreas baixas (*bottomland*) dos Estados Unidos da América (Kidd *et al.* 2015) nas florestas, várzea na Amazônia (Junk *et al.* 1989; Campbell *et al.* 1992; Ferreira & Stohlgren 1999; Ferreira 2000; Wittmann *et al.* 2004; Wittmann *et al.* 2010; Assis *et al.* 2014), nas florestas de igapó na Amazônia (Wittmann *et al.* 2010; Parolin 2009; Montero *et al.* 2013) e no Pantanal (Damasceno Junior *et al.* 2004; Damasceno Junior *et al.* 2005; Oliveira *et al.* 2014 e Wittmann *et al.* 2008). Ainda na Amazônia, diferenças substanciais no nível da água, na duração da inundação e na variação espacial natural das espécies de plantas (estabelecimento e sobrevivência) em florestas de planícies de inundação de águas pretas levam a variações acentuadas na estrutura da floresta (Ferreira 2000).

Na Amazônia Central, o gradiente topográfico nas margens dos principais rios é sujeito a inundações anuais e exposto à dinâmica elevada de água e sedimento, resultando em processos altamente dinâmicos de colonização e recolonização pela vegetação (Piedade *et al.* 2010). Nesta dinâmica, as entradas do grupo de espécies ripárias desempenham um papel crucial, mas também os

processos geomorfológicos como deposição e erosão associados à evolução da planície de inundação podem controlar componentes florísticos e estruturais das florestas de igapó (Montero *et al.* 2013).

O Pantanal é a maior planície inundável do planeta (Junk *et al.* 2006), sua bacia sedimentar compreende uma área de deposição complexa composta por vários sistemas fluviais, localizada dentro da bacia de drenagem do Alto Paraguai (Assine *et al.* 2015). Esses sistemas são regidos pela dinâmica dos rios aos quais estão associados. Essa dinâmica exerce influência na estruturação da vegetação que ocorre nas margens dos rios. Existem vários fatores que podem atuar na estruturação da vegetação ripária, dentre esses podemos destacar as cheias sazonais, que são reguladas pelos ciclos hidrológicos de cheias e secas, anuais e plurianuais (Adámoli 1995; Damasceno Junior *et al.* 2005; Oliveira *et al.* 2014). Um dos fatores que determina as inundações na planície pantaneira é a topografia local que confere baixa declividade promovendo picos de cheias diferenciadas no tempo e no espaço (Adámoli 1982). Esses ciclos são reguladores ambientais e interferem na ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica, ciclos biológicos e no tipo e composição específicas das comunidades (Pott & Pott 2000). Em trabalhos realizados no Pantanal nos rios Miranda e Paraguai, a planície de inundação no cinturão de meandros é composta por diversas formas deposicionais, tais como o canal atual do rio, lagoas (*oxbow lakes*), barras em pontal (*point bars*), diques marginais e ilhas (Macedo *et al.* 2014; Merino *et al.* 2013). Os diques marginais adjacentes ao canal atual do rio Miranda se destacam na planície de inundação por estarem em cotas topográficas mais altas, ressaltadas ainda mais pela vegetação ripária desenvolvida (Merino *et al.* 2013). De acordo com Labrecque *et al.* (2011), pode ocorrer ainda o desvio de deposição da barra em pontal promovendo o chamado quebra-banco, que resulta na abertura de um novo canal e, consequentemente, nova conformação na planície, com abandono de canal, meandros e diques marginais, formando uma lagoa em forma de ferradura (*oxbow lake*). A sequência de formação e abandono desses diques marginais forma uma série de paleodiques, que, por ter depósitos sequenciados, oferece uma boa ferramenta para entendimento do processo sucesional da vegetação ao longo do espaço e do tempo (Campbell *et al.* 1992). Embora haja entendimento da formação dos diques

marginais e de sua importância nos processos fluviais, ainda existem fatores importantes a serem estudados, por exemplo, avaliar como ocorrem os processos de ocupação desses diques marginais pela vegetação, e como a inundação e a processos geomorfológicos influenciam nesses processos. Estudos realizados em situações semelhantes na Amazônia mostram que sequência de vários diques marginais se mostra coerente com o processo sucessional, influenciados pelos níveis de inundação que atingem os diques marginais a cada ano (Campbell *et al.* 1992).

No Pantanal já se sabe que os diferentes níveis de inundação criam uma zonação da vegetação nos diques marginais, onde as espécies arbóreas se organizam em microambientes com tempo de inundação variável entre 30 e 180 dias por ano. Essas comunidades pioneiras possuem uma estabilidade mantida pela regularidade do regime de inundação (Damasceno Junior *et al.* 2005). Sabe-se ainda que durante cheias excepcionais ocorre mortalidade diferencial das espécies menos tolerantes à inundação, abrindo espaço na sucessão para as mais tolerantes que ocorre nas partes mais baixas do gradiente (Damasceno Junior *et al.* 2004). Nessas matas ciliares, o conjunto de espécies é principalmente de pioneiras (Damasceno Junior *et al.* 2005). Diante do exposto, trabalhos avaliando a estrutura da vegetação em função dos fatores naturais de enchentes, bem como a composição florística e sua diversidade em diques marginais, são indispensáveis para compreender as estratégias e mecanismos que as plantas utilizam para ocupar ambientes. Os resultados dessas análises devem retratar os efeitos que a inundação e a dinâmica de formações dos diques produzem sobre os padrões de distribuição das espécies nas florestas ripárias, além de auxiliar na formulação de estratégias de conservação das áreas úmidas.

O nosso objetivo foi avaliar se os processos geomorfológicos de formação dos diques marginais e as inundações periódicas estão relacionados às variações na estrutura e composição das florestas ripárias. Assim, responderemos as seguintes questões:

1- Como a riqueza, abundância e área basal variam em relação à inundação e à atividade dos meandros? Nossa hipótese é de que áreas de diques dos meandros abandonados com baixa inundação têm maior riqueza e área basal, e nos diques dos meandros recentes maior abundância, pois áreas de

meandros abandonados são mais antigas e possivelmente estão mais estabilizadas em um estádio sucessional avançado e em áreas quem têm maior área basal a abundância é menor. Além disso, acreditamos que, tanto nos diques dos meandros abandonados como nos ativos, a inundação prolongada provoca redução na riqueza e área basal. Esperamos também maior área basal, riqueza e abundância em áreas que sujeitas a efeitos menores de inundação, pois a inundação quando é prolongada tende a restringir esses parâmetros estruturais.

2- Como a composição de espécies varia em relação a inundação e atividade dos meandros? Existem espécies indicadoras para diferentes combinações de idades dos diques e níveis de inundação dos ambientes avaliados? Nossa hipótese é de que há mudanças na composição de espécies associadas a atividade dos meandros e níveis de inundação, mudanças nas atividade dos meandros e no gradiente de inundação modificam a composição. Dessa forma esperamos espécies que podem ser consideradas como indicadoras para diferentes combinações de idades e níveis de inundação.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de trabalho

O trabalho foi desenvolvido no Pantanal da sub-região do Miranda, em áreas adjacentes ao rio Miranda (Bacia do alto Paraguai) entre as coordenadas (19°38'35.10"S e 56°59'5.58"O; 19°30'50.66"S e 57° 5'49.71"O) no município de Corumbá, MS (Figura 1).

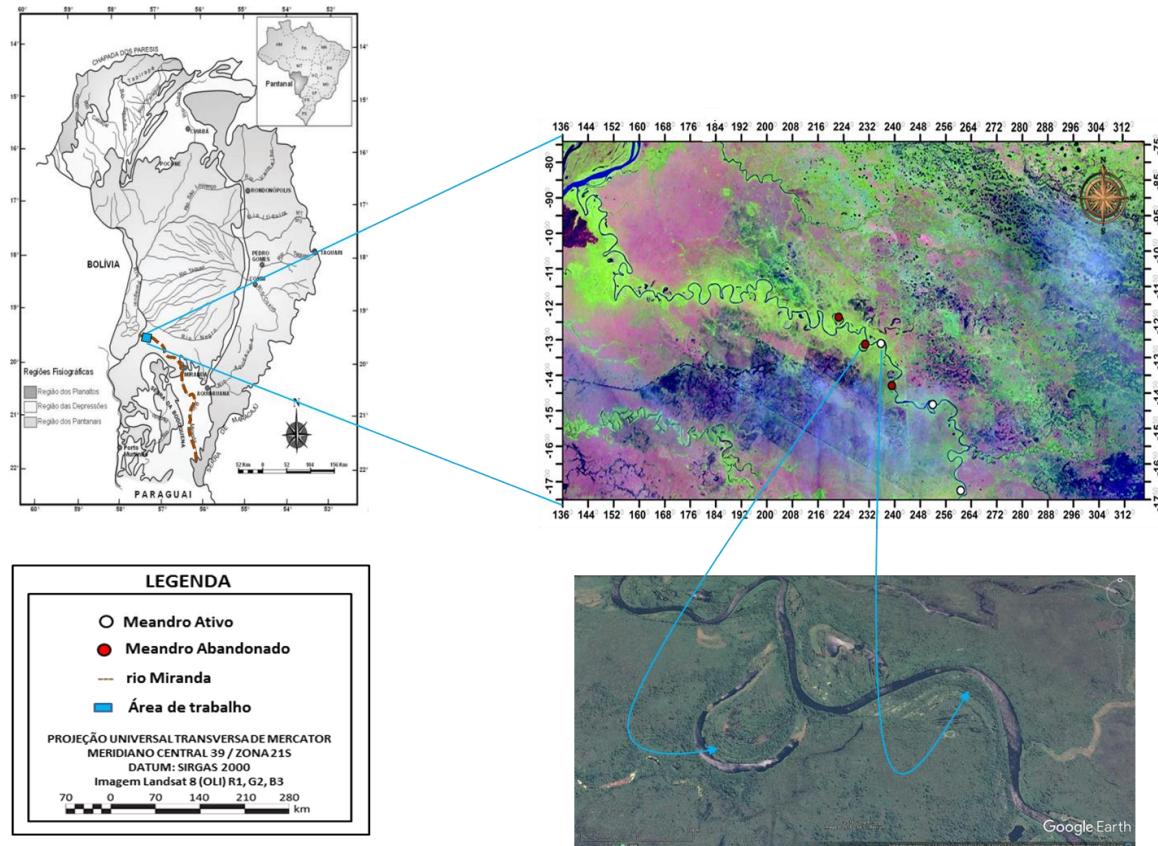


Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo no trecho do rio Miranda, mostrando no detalhe diques marginais em meandros ativos e abandonados, Corumbá, MS. Fonte: A. Mapa do Pantanal adaptado do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) (Brasil 1997). B. USGS, 2017, elaborado no aplicativo computacional ARCGIS 10.1. C. Landsat, US dept of State Geographer 2016, Inav, Geosistemas SRL. Imagem obtida pelo Google Earth).

A sub-região do Miranda localiza-se na parte sul do Pantanal, possui uma área de 4.383 Km², envolvendo 3,17% de todo Pantanal brasileiro (Silva & Abdon 1998). O Pantanal é caracterizado por uma forte sazonalidade, com maiores taxas de precipitação durante o verão (dezembro-março) e os períodos de cheias longas (fevereiro-junho) (Assine *et al.* 2015). Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático da região é o “Awa”, definido como clima tropical megatérmico, com inverno seco e chuvas no verão (Soriano 1997). O regime hidrológico da área é comandado pela bacia hidrográfica do rio Miranda, que inclui o rio Aquidauana, tem área de drenagem de 47.000 km² (Carvalho 1986).

A Planície aluvial do rio Miranda tem suas nascentes no planalto de Maracaju-Campo Grande (Merino *et al.* 2013). A área de estudo se encontra no cinturão de meandros abandonados e atuais em planície degradacional que apresenta formas deposicionais mais antigas, configuração essa, evidenciada pela erosão lateral bastante obliterada pela ação das águas das cheias anuais

(Merino *et al.* 2013). Os solos junto ao curso principal do rio Miranda são do tipo glei, pouco húmico, eutrófico (Brasil 1982a;1982b; Mato Grosso do Sul 1988; 1989) que sustentam uma floresta estacional semidecidual aluvial, (IBGE 2012).

2.2 Escolha das áreas

Para a seleção das áreas de estudo foi realizado o processamento digital e análise das imagens do satélite do tipo Landsat 5, 7 e 8 com a órbita/ponto 227/73 e 227/74 de Corumbá-MS, no programa de geoprocessamento Quantum GIS. Foram selecionadas para o estudo apenas áreas que apresentavam diques marginais bem definidos e que se apresentavam em sequências. Dessa forma foram escolhidas três áreas de meandro ativo ao longo do canal atual do rio e três áreas de meandro abandonado ao longo do canal antigo. Em cada área de meandro ativo foram amostrados três diques próximos ao canal atual distribuídos em sequências. E para cada área de meandro abandonado foram amostrados três diques próximos ao canal antigo distribuídos em sequências.

Para efeito da análise de espécies indicadoras de ambientes deste estudo, assumiu-se que os diques com posições semelhantes na paisagem apresentavam condições semelhantes. Para isso foram criados grupos com diques de diferentes ordens: diques de ordem 1, 2 e 3 para áreas de diques ao longo do canal atual do rio de meandros ativos e diques de ordem 4, 5 e 6 em áreas de diques ao longo do canal antigo de meandros abandonados (Figura 2). Para cada ordem foram amostrados três diques marginais. O grupo de ordem 1 se constituiu de todos os diques próximos ao canal atual do rio, no grupo de ordem 2 foram considerados todos os diques localizados imediatamente após os diques de ordem 1. Diques localizados após os diques de ordem 2 foram considerados de ordem 3 (Figura 2). No grupo de ordem 4 foram agrupados todos os diques próximos ao canal antigo nas áreas de meandros abandonados, no grupo de ordem 5 foram considerados todos os diques imediatamente após os diques de ordem 4. Os diques distribuídos após os de ordem 5 foram considerados de ordem 6 (Figura 2). Os diques marginais amostrados estão localizados em uma porção do rio Miranda considerada por Merino *et al.* (2013) como um segmento fluvial homogêneo denominado pelo autor como cinturão de meandros.

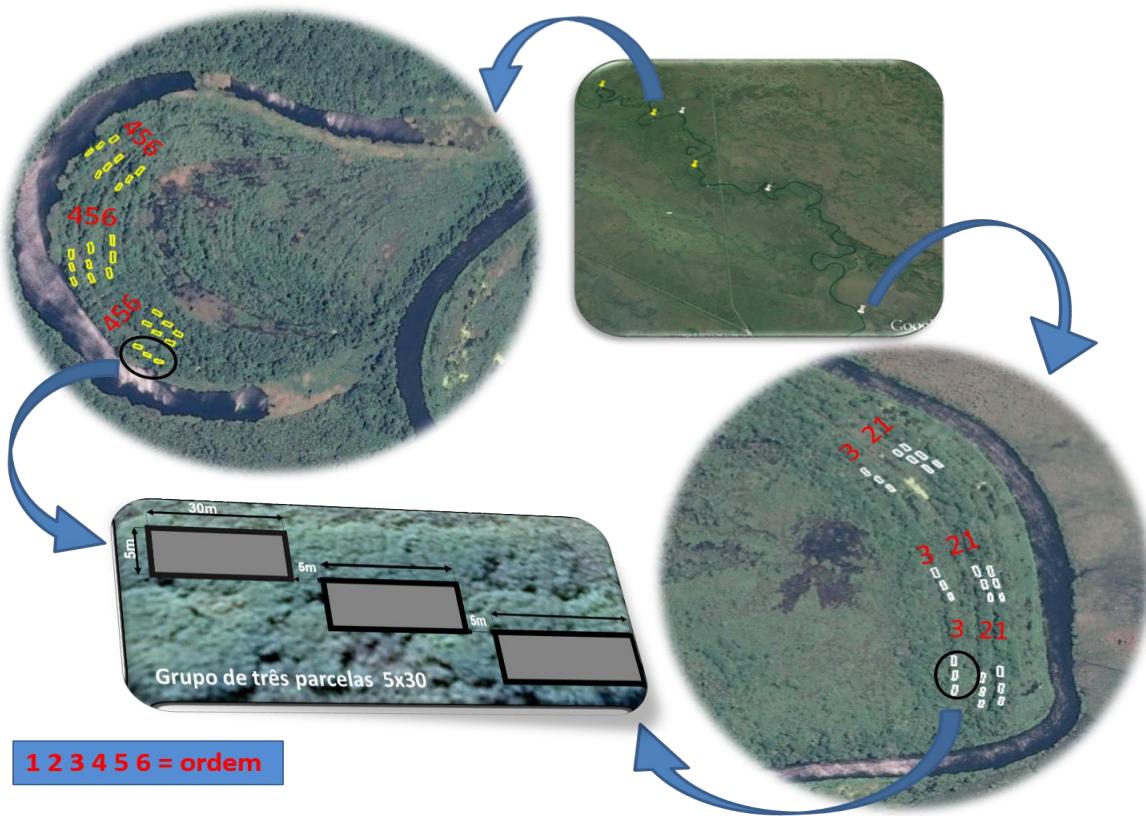


Figura 2. Esquema de amostragem das parcelas: grupo de três parcelas de 5x30 m, utilizado para avaliação dos parâmetros estruturais da vegetação dos diques marginais abrangendo todas as posições topográficas do terreno, Corumbá, MS. As áreas de marcadores branco representam diques marginais adjacentes ao meandro ativo do canal atual do Rio Miranda de ordem (1,2 e 3) e as áreas de marcadores amarelo representam diques adjacentes ao meandro abandonado do canal antigo de ordem (4, 5 e 6). Fonte: Landsat, US dept of State Geographer 2016, Inav, Geosistemas SRL. Imagem obtida pelo Google Earth.

Para efeito de interpretação dos dados para análise de espécies indicadoras de ambientes, as ordens dos diques (1, 2, 3, 4, 5 e 6) foram consideradas como “proxy” da idade dos diques na paisagem uma vez que a planície de inundação apresenta áreas de diques marginais de deposição sedimentar temporal (Christofoletti 1936), e os diques dos meandros abandonados apresentam deposições mais antigas que os diques dos meandros atuais. Os meandros abandonados não possuem ligação direta com o curso do canal atual (Christofoletti 1936), e não formam novos diques marginais, já nas áreas de meandros atuais os diques são depositados na margem convexa formando novos diques até que o leito evolua para meandro abandonado.

2.3 Levantamento da vegetação

Foram amostrados três diques marginais por área de meandro (ativo e abandonado) (Figura 2). As amostragens dos componentes arbóreos, arbustivos e palmeiras foram realizadas utilizando-se o método de parcelas sistematizadas. As parcelas foram distribuídas em três grupos de três parcelas de 5x30m em cada dique marginal distando 100m entre si. Em cada grupo de três, as parcelas foram espaçadas com distância de cerca de 5m entre si de forma a abranger todas as posições topográficas do terreno (Figura 2). Foram alocadas um total de 162 parcelas, totalizando 2.43 hectares. Todos os indivíduos arbóreo-arbustivos e palmeiras com a circunferência do caule à altura do peito (1,3 m acima do solo) maior ou igual a 10 cm foram amostrados. A altura das árvores foi estimada por comparação com uma vara metrada.

O material botânico coletado, foi prensado e identificado com o auxílio de literatura, especialistas, por comparação com exsicatas depositados no Herbário CGMS, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, e todo material coletado fértil foi depositado no Herbário CGMS.

2.4 Medição do nível de inundação

A topografia do terreno foi estimada indiretamente através da medida da altura da marca d'água da última cheia no tronco de cada árvore, arbusto ou palmeira medida. Para verificar a altura da marca d'água nos indivíduos foi utilizada uma régua, sempre no lado da planta voltada para o rio. A base da régua era fixada ao solo e a medida da marca do pico da cheia mais recente encontrada no indivíduo foi registrada. Através desta medida foi calculada a média do nível máximo de inundação para cada parcela no ano de 2016. Esses dados foram comparados com a medida de inundação máxima da régua da BEP (Base de Estudos do Pantanal/UFMS), Corumbá, MS. Baseado nessa comparação as medidas (média da marca d'água de cada parcela) foram convertidas em posições topográficas em relação ao zero da régua. Usamos os valores transformados para estimar a média da duração da inundação por ano para cada parcela nos últimos 10 anos.

2.5 Análise dos dados

2.5.1 Análise dos parâmetros estruturais (*riqueza, área basal e abundância*).

Para verificar se os números de espécies citadas, variam entre os diques marginais em diferentes níveis de inundação e atividade dos meandros utilizamos modelos lineares generalizados (GLM) (Nelder & Wedderburn 1972), na plataforma R (R Development Core Team 2015). Para as análises do GLM foi utilizado o pacote MASS (Ripley *et al.* 2016). As distribuições de área basal, riqueza e abundância foram verificadas utilizando o pacote fitdistrplus (Delignette Muller *et al.* 2016) na plataforma R (R Development Core Team 2015). Foi testado se há interação entre inundação e atividade dos meandros associados a variações da riqueza, abundância e área basal. Para riqueza, a família utilizada foi Poisson, para a abundância e área basal a família utilizada foi binomial negativo. Atividade dos meandros (meando abandonado e ativo) e inundação (gradiente de inundação) foram definidos como fatores. Apresentações gráficas destas análises foram geradas usando o pacote visreg (Breheny & Burchett 2016) na plataforma R (R Development Core Team 2015).

2.5.2 Composição e análise de espécies indicadoras

Para estas análises foi realizada uma matriz com o número de indivíduos por espécies em cada área dos diques dos meandros (ativo e abandonado) e gradiente de inundação. Combinamos as diferentes áreas de meandros, com fator de alta e baixa inundação dividindo-se o gradiente de inundação ao meio: grupo 1 com áreas de baixa inundação e grupo 2 com áreas de alta inundação, seguindo os mesmos critérios de Damasceno Junior *et al.* (2005) e Arruda *et al.* (2016) sobre a variação na composição de espécies de acordo com os níveis de inundação. Para investigar se existem diferenças na composição de espécies relacionadas ao gradiente de inundação e as áreas dos diques dos meandros, utilizamos a seguinte abordagem: a fim de detectar diferenças entre as classes que representam as combinações dos fatores ambientais, calculou-se a análise de similaridade (ANOSIM) proposta por Clarke (1993) utilizando a distância de Bray-Curtis na plataforma R (R Development Core Team 2015). Esta análise realiza 999 permutações e apresenta um nível de significância de 99%. Para verificar se ocorrem frequentemente espécies específicas em certas combinações

de habitats com diferentes ordens e gradiente em alta e baixa inundação foi realizada a análise de espécies indicadoras utilizando o pacote *indicspecies* (De Caceres & Jacen 2016) na plataforma R (R Development Core Team 2015).

2.6 Classificação dos estádios sucessionais das espécies indicadoras.

Para atribuir o grupo ecológico para espécies indicadoras, foi aplicada a metodologia utilizada por Alves *et al.* (2005), onde cada espécie foi enquadrada em seu respectivo grupo ecológico de acordo com a classificação de Budowski (1965), pioneira, secundária inicial, secundária tardia (Tabela 3). Para as espécies indicadoras em que essa classificação não esteve disponível, foram avaliadas as características quanto a exigências de luz, para reprodução, desenvolvimento e abundância da produção de frutos e sementes, obtidos através de literatura e observações em campo.

3. RESULTADOS

3.1 Parâmetros estruturais

3.1.1 *Riqueza*

Foi encontrado um total de 52 espécies (árvores, arbustos e palmeiras) nas áreas amostradas (Tabela 1), nas áreas dos diques dos meandros ativos foram registradas 43 espécies e nas áreas dos diques dos meandros abandonados foram registradas 44 espécies.

A interação entre atividade dos meandros e inundação apresentou um efeito positivo sobre a riqueza em diques dos meandros abandonados e um efeito negativo sobre a riqueza em diques dos meandros ativos (Tabela 2). Áreas inundadas de diques dos meandros abandonados que possuem um nível maior de inundação têm o maior número de espécies, quanto maior a inundação maior é a riqueza (Figura 3). Em áreas mais inundáveis dos diques ativos a riqueza foi menor, quanto maior é a inundação menor é a riqueza nesses ambientes (Figura 3).

Tabela 1. Lista de espécies arbóreas, arbustivas e palmeiras encontradas na mata ciliar dos diques marginais dos meandros ativos e abandonados no rio Miranda, Corumbá-MS (1 = meandro ativo, 2 = meandro abandonado).

Família	Nome científico	Hábito	Meandro
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Árvore	1, 2
Annonaceae	<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.	Árvore	1, 2
Apocynaceae	<i>Rauvolfia ligustrina</i> Willd.	Arbusto	1, 2
Arecaceae	<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Palmeira	2
	<i>Bactris glaucescens</i> Drude	Palmeira	1, 2
	<i>Bactris major</i> Jacq.	Palmeira	2
	<i>Copernicia alba</i> Morong ex Morong & Britton	Palmeira	1
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Palmeira	2
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Árvore	2
Boraginaceae	<i>Cordia naidophila</i> I.M.Johnst.	Árvore	2
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	Árvore	1, 2
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Árvore	2
Combretaceae	<i>Combretum lanceolatum</i> Pohl ex Eichler	Arbusto/Liana	2
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart.	Arbusto/Árvore	1, 2
Euphorbiaceae	<i>Alchornea castaneifolia</i> (Willd.) A.Juss.	Arbusto	1, 2
	<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	Arbusto/Árvore	1, 2
	<i>Sapium haematospermum</i> Müll.Arg.	Arbusto/Árvore	1, 2
	<i>Sapium obovatum</i> Klotzsch ex Müll.Arg.	Arbusto	1, 2
Fabaceae	<i>Albizia inundata</i> (Mart.) Barneby & J.W.Grimes	Árvore	1, 2
	<i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC.	Árvore	2
	<i>Cassia grandis</i> L.f.	Árvore	1, 2
	<i>Inga vera</i> Willd.	Árvore	1, 2
	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Arbusto/Árvore	1
	<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	Arbusto/Árvore	1
Lamiaceae	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Árvore	1, 2
Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Árvore	1, 2
Malpighiaceae	<i>Byrsonima arthropoda</i> A.Juss.	Árvore	1, 2
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Árvore	1, 2
	<i>Helicteres guazumifolia</i> Kunth	Arbusto	1, 2

Meliaceae	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Árvore	1, 2
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Arbusto/ Árvore	1, 2
	<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	Árvore	2
	<i>Ficus pertusa</i> L.f.	Árvore	2
Myrtaceae	<i>Eugenia egensis</i> DC.	Árvore	1, 2
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Árvore	1, 2
	<i>Psidium striatum</i> Mart. ex DC.	Árvore	1, 2
Nyctaginaceae	<i>Neea hermaphrodita</i> S.Moore	Arbusto	1, 2
Ochnaceae	<i>Ouratea purpuripes</i> S.Moore	Arbusto	2
Phyllanthaceae	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	Arbusto	1, 2
Polygonaceae	<i>Coccoloba obtusifolia</i> Jacq.	Arbusto/Árvore	1, 2
	<i>Coccoloba parimensis</i> Benth.	Arbusto/Liana	1, 2
	<i>Triplaris americana</i> L.	Árvore	1, 2
	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Árvore	2
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Árvore	1, 2
	<i>Psychotria carthagrenensis</i> Jacq.	Arbusto/ Árvore	1, 2
	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Arbusto/ Árvore	1, 2
Salicaceae	<i>Banara arguta</i> Briq.	Árvore	1, 2
	<i>Casearia aculeata</i> Jacq.	Árvore	1, 2
	<i>Laetia americana</i> L.	Arbusto/Árvore	1, 2
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Árvore	1
Sapotaceae	<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk.	Árvore	1, 2
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Árvore	1, 2

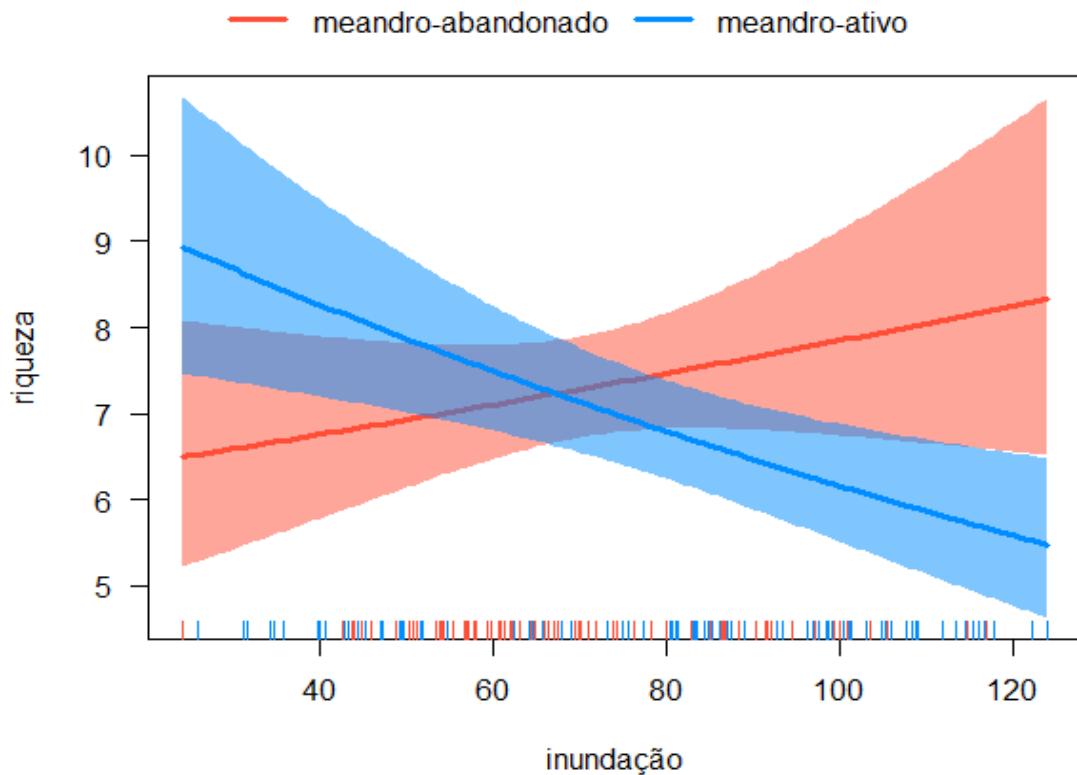


Figura 3. Modelo linear generalizado para relação entre variável dependente (riqueza) e os fatores ambientais: inundação e atividade dos meandros em matas ciliares do rio Miranda, Corumbá, MS, Brasil. A inundação está em (cm); as linhas contínuas são função real e as áreas sombreadas são intervalos de confiança.

3.1.2 Abundância

Foi encontrado um total de 2903 indivíduos (árvores, arbustos e palmeiras) nas áreas amostradas. Nas áreas de diques dos meandros ativos foram registrados 1458 indivíduos e nas áreas de diques dos meandros abandonados foram registrados 1445. As espécies mais abundantes foram: *Inga vera* com 612 indivíduos sendo a mais representativa, *Guazuma ulmifolia* foi a segunda espécie mais abundante com 250 indivíduos, *Crateva tapia* com 225, *Ocotea diospyrifolia* com 219 e *Bactris glaucescens* com 183 indivíduos, totalizando 1489 indivíduos. Os fatores (atividade dos meandros e inundação) não influenciaram a abundância nos ambientes avaliados (Tabela 2).

3.1.3 Área basal

A soma total da Área basal foi de 94,48 m² nas áreas amostradas. A soma da área basal nas áreas de diques dos meandros ativos foi de 45,45 m², nas áreas de diques dos meandros abandonados foi de 49,03 m².

Há interação entre os fatores inundação e atividade dos meandros, com efeito negativo para área basal em diques dos meandros abandonados e efeito positivo em diques dos meandros ativos (Tabela 2). Áreas em diques dos meandros abandonados que possuem um nível elevado de inundação apresentaram menor área basal, quanto maior é a inundação menor é a área basal nesses ambientes (Figura 4). Áreas em diques dos meandros ativos que possuem um nível elevado de inundação apresentaram maior área basal, quanto maior a inundação maior é a área basal (Figura 4).

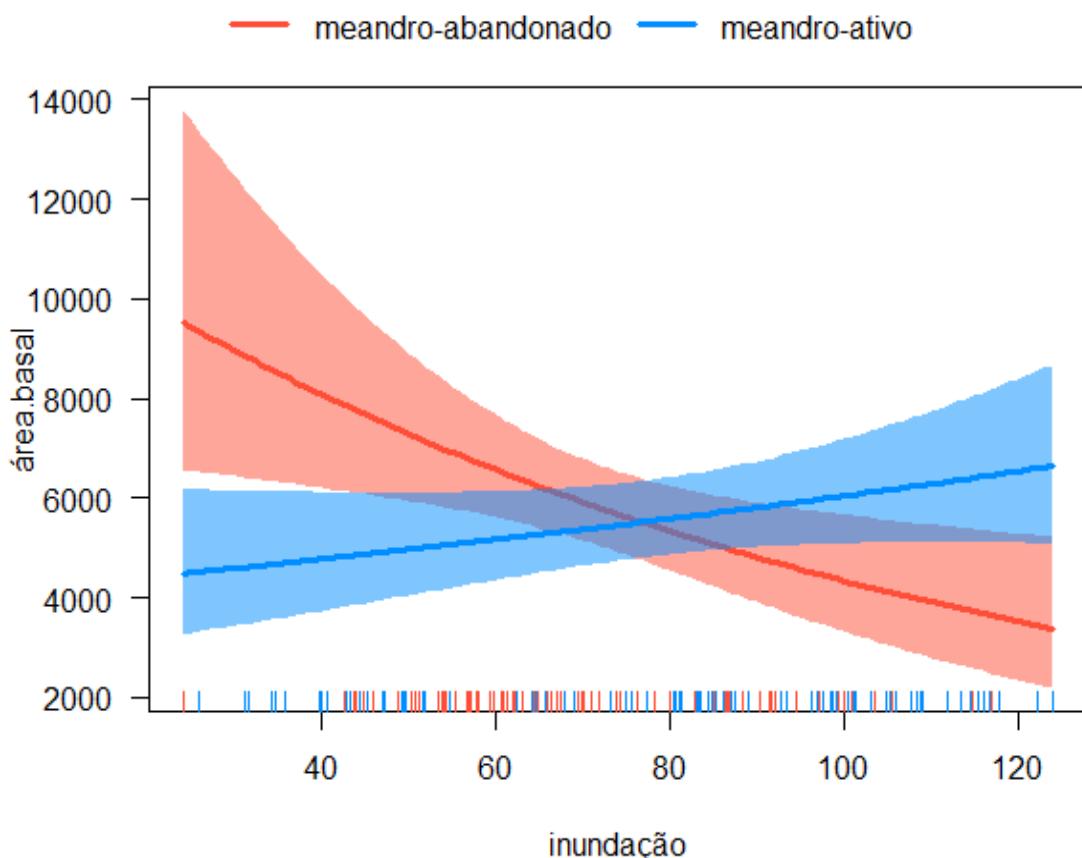


Figura 4. Figura 4. Modelo linear generalizado para relação entre variável dependente (área basal) e os fatores ambientais: inundação e atividade dos meandros em matas ciliares do rio Miranda, Corumbá, MS, Brasil. A área basal está em (cm²) e inundação em (cm); as linhas contínuas são função real e as áreas sombreadas são intervalos de confiança.

Tabela 2. Modelos lineares generalizados mostrando as relações entre riqueza, abundância e área basal com inundação e atividade dos meandros e a interação entre eles. O tipo de distribuição aplicada é listado abaixo do nome da respectiva variável dependente. Os primeiros números indicam a probabilidade e os números entre parênteses indicam estimativa. Meandro na tabela indica a atividade dos meandros (ativos e abandonados).

	Variável dependente		
	Riqueza Poisson	Abundância Negative	Área basal [cm ²] Negative binomial
	(1)	(2)	(3)
Intercept	<2e-16*** (2.805148)	<2e16*** (3.458081)	<2e-16*** (7.218149)
Inundação	0.26321 (1.810617)	0.2178 (0.003075)	0.00721** (-0.010366)
Meandro	0.01564* (0.497266)	0.0847 (0.396319)	0.00202** (-1.096274)
Inundação * Meandro	0.00656** (-0.007402)	0.0821 (0.003021)	0.00222** (0.014288)
Observações (n)	162	162	162

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

3.2 Composição e espécies indicadoras

Foram registradas 52 espécies distribuídas em 28 famílias e 47 gêneros nas áreas amostradas, sendo 42 arbóreas, 6 arbustos e 4 palmeiras (Tabela 1). As famílias mais representativas foram Fabaceae (6 spp.), Arecaceae, Polygonaceae, Salicaceae e Euphorbiaceae (4 spp.), Rubiaceae, Myrtaceae e Moraceae (3 spp.), Bignoniaceae e Malvaceae (2 spp.). As demais foram representadas por apenas uma espécie (Tabela 1). Os resultados da análise ANOSIM mostraram que não há grupos claros formados pelos fatores analisados (ANOSIM R = 0,09 para atividade dos meandros, 0,08 para inundação e 0,11 para interação dos fatores). Por outro lado a análise de espécie indicadora

mostrou que 15 das 52 espécies são indicadoras de uma das possíveis combinações da interação entre os fatores; inundação e ordem dos diques (Tabela 3). Verificamos que quatro espécies, incluindo *Trichilia catigua*, *Spondias mombin*, foram indicadoras apenas na ordem 1, área mais recente de baixa inundação do canal atual. As espécies *Attalea phalerata*, *Laetia americana*, *Sapium haematospermum* e *Randia armata* foram indicadoras de áreas de meandro abandonado de ordens mais avançadas (ordem 4,5,6) sendo *Sapium haematospermum* e *Randia armata* com ocorrência em diques antigos com alto nível de inundação e *A. phalerata* e *L. americana* foram indiferentes ao nível de inundação. As espécies *Byrsonima arthropoda*, *Alchornea discolor* e *Pouteria glomerata* foram indicadoras dos diques de ordem 1, área mais recente de baixa inundação e indicadoras dos diques de ordem 4 e 5 de alta e baixa inundação. As espécies *Ocotea diospyrifolia*, *Genipa americana*, *Crateva tapia* e *Myrcia splendens* ocorreram em quase todos os ambientes com diferentes ordens e níveis de inundação com exceção da espécie *M. splendens* que foi frequente em áreas menos inundáveis, sendo *O. diospyrifolia* a espécie mais abundante.

Tabela 3. Análise de espécies indicadoras para todas as combinações de ambiente: ordem e inundação. Onde 1,2,3,4,5,6 indicam as diferentes ordens dos diques dos meandros ativos e abandonados, (B) indica inundação baixa e (A) indica inundação alta.

Combinação de Ambientes	Espécies	Estádio sucessional	Valor-p
1B	<i>Trichilia catigua</i>	Sucessional tardia	0.001 ***
1B	<i>Spondias mombin</i>	Sucessional inicial	0.002 **
1B,4A	<i>Byrsonima arthropoda</i>	Sucessional tardia	0.002 **
1B,5AB	<i>Alchornea discolor</i>	Sucessional inicial	0.002 **
1B,4A,5A	<i>Pouteria glomerata</i>	Sucessional tardia	0.008**
1AB,2A,3AB,4A,5A	<i>Crateva tapia</i>	Pioneira	0.001 ***
1B,2AB,3AB,4A,5AB,6B	<i>Genipa americana</i>	Sucessional inicial	0.033 *
1AB,2AB,3AB,4AB,5AB,6B	<i>Ocotea diospyrifolia</i>	Sucessional tardia	0.015 *
2B,3B,4B,5B,6B	<i>Myrcia splendens</i>	Sucessional inicial	0.002 **

3B	<i>Rauvolfia ligustrina</i>	Sucessional tardia	0.031 *
3B,4A	<i>Unonopsis guatterioides</i>	Sucessional inicial	0.01 **
4AB	<i>Attalea phalerata</i>	Pioneira	0.006 **
4A,5A,6A	<i>Sapium haematospermum</i>	Pioneira	0.022 *
4A	<i>Randia armata</i>	Pioneira	0.01 **
5A,6B	<i>Laetia americana</i>	Pioneira	0.001 ***

4. DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros estruturais

Os parâmetros estruturais da vegetação, riqueza e área basal estão intimamente relacionados com a interação entre a inundação e atividade dos meandros. Essa avaliação revelou os seguintes resultados: (1) A interação entre atividade dos meandros e inundação são relacionadas à área basal e riqueza dos diques avaliados. (2) A alta inundação restringe o número de espécies nos diques dos meandros ativos e restringe a área basal nos diques dos meandros abandonados. (3) A baixa inundação aumenta o número de espécies nos diques dos meandros ativos e aumenta a área basal nos diques dos meandros abandonados. (4) Do total de espécies, 15 são indicadoras de uma das combinações de ambientes da interação inundação e ordem.

4.1.1 Riqueza

A interação entre inundação e atividade dos meandros influenciou a riqueza porém em efeitos contrários para diques localizados nos meandros ativos e abandonados. A média de dias para as áreas mais inundáveis nos diques dos meandros ativos ficou em 140 dias por ano. Áreas de diques dos meandros ativos são altamente dinâmicas por estarem localizadas próximas ao canal principal atual do rio, inundação prolongada tende a restringir o número de espécie nesses ambientes, existem espécies que não toleram inundações prolongadas, isso explica o número menor de espécies em áreas mais inundáveis. Em trabalhos realizados em diversos ambientes fluviais por Arruda *et al.* (2016); Damasceno Junior *et al.* (2005), (Pantanal Brasileiro) Kidd *et al.* (2015) (*bottomland*, nos

Estados Unidos da América), Targhetta *et al.* (2015) (Campinarana e Igapó na Amazônica Central), (Budke *et al.* (2008), (Floresta fluvial no sul do Brasil), Ferreira & Stohlgren (1999); Assis *et al.* (2014), (Várzea na Amazônia central Brasileira), Campbell *et al.* (1992) (Várzea na Amazônia Ocidental Brasileira) e Rosales *et al.* (2001) (Várzea e Igapó na Venezuela) revelaram padrão semelhante, onde a inundação impede a ocupação de espécies lenhosas em áreas baixas e ainda, a duração e o nível elevado de inundação diminui a riqueza nesses ambientes.

A média de dias para as áreas mais inundáveis nos diques dos meandros abandonados ficou em 120 dias por ano. A riqueza é maior nessas áreas. Os diques dos meandros abandonados preferencialmente aqueles distante do canal antigo são áreas altamente perturbadas pelo intenso processo de erosão de sedimentos provocados pela drenagem das águas de inundações resultantes das cheias anuais. Isso promove uma grande variação topográfica dentro das parcelas utilizadas na amostragem criando diferentes habitats em curto espaço com diferentes níveis de inundações. Essa situação, proporciona maior heterogeneidade de ambiente, isso pode influenciar uma riqueza elevada nestes ambientes. Merino *et al.* (2013) relata que os paleocanais das áreas de estudo em questão são erodidas pelos “corixos” que retrabalham os sedimentos superficiais e contribuem para drenar as águas de inundação. E ainda, na porção do rio Miranda onde estão localizadas as amostragem deste estudo, apresenta formas deposicionais mais antigas, configuração essa, evidenciada pela erosão lateral bastante obliterada pela ação das águas das cheias anuais (Merino *et al.* 2013).

4.1.2 Abundância

Ao contrário das nossas expectativas os fatores analisados e a interação entre eles parece não interferir no número de indivíduos das áreas amostradas. Em estudos realizados em ambientes fluviais por Arruda *et al.* (2016); Damasceno Junior *et al.* (2005), (Pantanal Brasileiro) Kidd *et al.* (2015) (*bottomland*, Estados Unidos da América), e Targhetta *et al.* (2015) (Campinarana e Igapó, Amazônica Central) descrevem que a abundância é restringida em áreas

baixas do terreno pelos altos níveis de inundação, às vezes prolongadas. No entanto para este estudo esse padrão não foi semelhante, os fatores analisados não influenciam o número de indivíduos.

4.1.3 Área basal

A interação entre inundação e atividades dos meandros influenciou a área basal. A média de dias para as áreas menos inundáveis nos diques dos meandros abandonados foi de 81 dias por ano. Essas áreas apresentaram maior área basal, preferencialmente nos diques mais próximos ao antigo canal principal do rio. Essas áreas possuem uma alta elevação topográfica no terreno que promove baixa variação no gradiente de inundação, menos sujeitas a efeitos das cheias anuais em relação aos demais ambientes. Com isso, favorece o estabelecimento de algumas espécies, a exemplo de *Attalea phalerata*, *Ficus pertusa* e *F. luschnathiana*, que apresentam alta abundância e maiores valores de circunferências do caule e área basal nessas áreas. Porém, níveis elevados de inundação prolongada restringem o crescimento radial das espécies nos diques dos meandros abandonados, preferencialmente nos diques mais distantes do canal antigo. Trabalhos realizados por Damasceno Junior *et al.* (2005), Budke *et al.* (2008), Montero *et al.* (2013), Oliveira *et al.* (2014), Kidd *et al.* (2015) e Arruda *et al.* (2016) revelaram o mesmo padrão para a área basal, quanto maior a duração dos elevados níveis de inundação, menor é a área basal. Níveis elevados de inundação prolongada nos ambientes avaliados parece atuar como um estressor para o crescimento radial das espécies ali presentes. No entanto, essa característica pode ser uma adaptação eficaz para sobrevivência das espécies. Espécies que estão sob condições de inundação severa têm suas atividades fisiológicas alteradas causadas pela anoxia (Parolin, 2009), como resposta tem o crescimento radial inibido (Kozlowski & Pallardy 2002), atividade metabólica diminuída e até mesmo a dormência completa induzida em muitas espécies (Parolin & Wittmann, 2010). Plantas tolerantes a inundações têm capacidade variável para sobreviver a ambientes anaeróbicos, mantendo uma oferta de glicose e evitando a acumulação de compostos tóxicos.

A média de dias para as áreas menos inundáveis nos diques dos meandros ativos foi de 74 dias por ano. Ao contrário das nossas expectativas, as áreas de baixas inundações dos diques de meandros ativos apresentaram menor área basal, no entanto, em áreas de altos níveis de inundaçāo a área basal foi maior. Níveis elevados de inundaçāo prolongada nesses ambientes parecem atuar como um subsídio para o crescimento radial das espécies. Porém, ainda é desconhecido de que forma a duração da inundaçāo elevada atua em conjunto com outros fatores nesses ambientes para subsidiar o crescimento basal ao longo do tempo. Trabalhos baseados no modelo subsídio-estresse proposto por Odum *et al.* (1979) revelaram que a inundaçāo poder ser um estressor ou um subsídio para crescimento basal em determinados ambientes de zonas úmidas. Rodríguez-González *et al.* (2010) revelaram que a inundaçāo prolongada parece agir como um estressor para o crescimento basal das espécies de árvores em florestas pantanosas no sul da Europa. Em uma floresta de *bottomland* no centro de Ohio, Anderson & Mitsch (2008) descreveram que o maior crescimento basal de árvores ocorreu em um número óptimo de dias de alta inundaçāo, em uma resposta de perturbaçāo consistente com o modelo de bonificação de estresse.

4.2 Composição e espécies indicadoras

Muitas das espécies que tiveram um número elevado de indivíduos, a exemplo de *Inga vera* e *Bactris glaucescens*, que ocorreram em todas áreas de ordens diferentes e em todos os níveis de inundaçāo sem restrição de ambiente, foram consideradas as espécies mais bem sucedidas nas áreas amostradas. Provavelmente devido a essa avaliação o ANOSIM não detectou diferenças nesses ambientes. No entanto, quando analisamos diferentes combinações de ordem e inundaçāo, a análise de espécies indicadoras detectou diferenças. De acordo com Osterkamp & Hupp (2010), plantas indicadoras de relevo fornecem informações consideráveis sobre as condições hidrogeomórficas dos padrões de distribuição que refletem regimes de perturbaçāo específicos e, portanto, tolerância para interações bióticas que prevalecem sob níveis de estresse.

As espécies *Trichilia catigua*, *Spondias mombin*, *Pouteria glomerata*, *Byrsonima arthropoda* e *Alchornea discolor* foram indicadoras dos diques de

ordem 1 nas áreas de diques dos meandros ativos menos inundáveis adjacentes ao canal atual do rio. Essas espécies pertencem a diferentes estádios sucessionais: *Trichilia catigua*, *Pouteria glomerata* e *Byrsonima arthropoda* são espécie sucessionais tardias, *Alchornea discolor* e *Spondias monbin* são sucessionais iniciais. Com essas espécies podemos inferir que os primeiros diques de ordem 1, embora influenciadas altamente pela dinâmica do fluxo de água do rio devido à sua localização, estão mais estabelecidos em relação as áreas diques dos meandros abandonados.

As espécies *Attalea phalerata*, *Laetia americana*, *Sapium haematospermum* e *Randia armata* foram frequentes nos diques dos meandros abandonados com diferentes níveis de inundação, sendo *A. phalerata* e *R. armata* indicadoras apenas nos primeiros diques dos meandros abandonados (ordem 4). Nessas áreas excepcionalmente nos diques das ordens 5 e 6 está ocorrendo um processo de desestruturação da vegetação. Como já mencionado, essas áreas são altamente perturbadas pelos intensos processos geomorfológicos de erosão resultantes das cheias anuais. Isso pode estar promovendo a desestruturação da vegetação. Essas áreas apresentaram uma predominância de espécies pioneiras, *Laetia americana* e *Sapium haematospermum* foram as espécies indicadoras desses ambientes, sendo que *L. americana* foi a mais abundante. Espécies pioneiras são as primeiras plantas que se estabelecem no ambiente e são bem adaptadas a perturbação ambiental. Vale ainda ressaltar que nessas áreas foram observadas lianas e árvores mortas caídas e em pé, do que se pode inferir ainda mais que estas áreas se encontram em processo de desestruturação.

5. Considerações finais

Ao contrário das nossas expectativas, a baixa inundação tem relação negativa com a riqueza dos diques dos meandros abandonados e as inundações elevadas prolongadas têm uma relação positiva. A abundância e a composição não apresentam relação com interação da atividade dos meandros e variações da inundação.

A inundação elevada e prolongada parece agir como subsídio para o crescimento basal nos diques dos meandros ativos e estressor nos diques dos

meandros abandonados. Nas áreas com baixas inundações a área basal é maior em diques dos meandros abandonados, como esperado, e menor em diques dos meandros ativos. Espécies podem ser consideradas como indicadoras de ambientes de diferentes combinações de idades e níveis de inundaçāo.

Os resultados obtidos evidenciam que a atividade dos meandros, as variações naturais de duração e frequência da inundaçāo e os processos geomorfológicos são fatores que atuam em conjunto e influenciam na estrutura da vegetação dos diques marginais, onde os diques dos meandros ativos se encontram em processos de estruturação da vegetação e os diques dos meandros abandonados em processos intensos de desestruturação da vegetação. Vale ressaltar que estudos geomorfológicos se fazem necessários para maior compreensão da estruturação da vegetação nos ambientes avaliados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli, J., 1982. O pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o conceito de complexo do pantanal. In: Congresso Nacional da Sociedade Botânica do Brasil. 32, Teresina. Anais... Teresina: Universidade Federal do Piauí. P.109-119.

Adámoli, J., 1995. Diagnóstico do Pantanal: características ecológicas e problemas ambientais. Minist. do Meio Ambiente - Prog. Nac. do Meio Ambiente. Brasília. P.50.

Alves, S.L., Zaú, A.S., Oliveira, R.R., Lima, F.D. and Moura C.J.R., 2005. Sucessão florestal e grupos ecológicos em floresta Atlântica de encosta, Ilha Grande, Angra dos Reis. Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica, RJ: EDUR, vol. 25, n.1, p. 26-32.

Anderson, C. J. and Mitsch, W. J., 2008. Tree Basal Growth Response to Flooding in a Bottomland Hardwood Forest in Central Ohio. *J Am Water Resour Assoc.* vol. 44. <http://10.1111/j.1752-1688.2008.00255.x>

Arruda, W.d.S., Oldeland, J., Paranhos, Filho, A.C., Pott, A., Cunha, N.L., Ishii, I.H. and Damasceno-Junior, G.A., 2016. Inundation and Fire Shape the Structure of Riparian Forests in the Pantanal, Brazil. *PLoS ONE.* vol. 11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156825>

Assis, R.L. and Wittmann, F., 2011. Forest structure and tree species composition of the understory of two central Amazonian várzea forests of contrasting flood Heights. *Flora.* vol. 206, pp. 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.11.002>

Assis, R.L., Haugaasen, T., Schongart, J., Montero, J.C., Piedade, M.T.F. and Wittmann, F., 2014. Patterns of tree diversity and composition in Amazonian floodplain paleo-várzea forest. *Journal of Vegetation Science.* vol. 26. <http://10.1111/jvs.12229>.

Assine, L.M., Merino, E.R., Pupim, F.N., Hudson de Azevedo Macedo, H.A. and Martinho, G.M., 2015. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology.* vol.45, no.3. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-4889201520150014>

Brasil. 1982a. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE – 21, Corumbá. (Levantamento de Recursos Naturais). vol. 17. Rio de Janeiro.

Brasil. 1982b. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE – 21, Corumbá. (Levantamento de Recursos Naturais). vol. 17. Rio de Janeiro.

Brasil.1997. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP). vol. 2. Brasília.

Breheny, P. and Burchett, W., 2016. Package visreg – CRAN. Version 10.3-0. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/visreg/index.html/>

Budke, J.C., Jarenkow, J.A. and Oliveira-Filho, A.T., 2008. Tree community features of two stands of riverine forest under different flooding regimes in Southern Brazil. Flora. vol.19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2007.03.001>.

Budowski, G., 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of sucessional processes. Turrialba (Costa Rica) vol. 15, pp. 40-42.

Campbell, D.G., Stone, J.L. and Rosas, A., 1992. A comparison of the phytosociology and dynamics of three floodplain (Várzea) forests of known ages. Rio Juruá, western Brazilian Amazon. Botanical Journal of the Linnean Society. vol. 108, pp 213-217. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.1992.tb00240.x>.

Carvalho, N.O., 1986. Hidrologia da bacia do Alto Paraguai. In: Simpósio sobre recursos naturais e Sócio-econômico do Pantanal, Corumbá. Anais... Brasília, Embrapa. pp. 43-50.

Christofoletti, A., 1936. Geomorfologia fluvial. vol. 50, 2^a ed. Editora Edgard Blucher.

Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Austral Journal Ecology. vol. 18, pp. 117-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>.

De Caceres, M. and Jacen, F., 2016. Package indic/species - CRAN. Version 1.7.6. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/indic/species/index.html/>

Delignette-Muller, M.L., Dutang, C., Pouillot, R., Denis, J.B. and Siberchicot, A., 2016. Packate Fitdistrplus – CRAN. Version 1.0-7. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/fitdistrplus/index.html/>

Damasceno-Junior, G.A., Semir, J., Santos, F.A.M. and Leitão-Filho, H.F., 2004. Tree mortality in a riparian forest at Rio Paraguai, Pantanal, Brazil, after an extreme flooding. *Acta Botanica Brasilica.* vol. 18, no. 4. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000400014>

Damasceno-Junior, G.A., Semir, J., Santos, F.A.M., and Leitão-Filho, H.F., 2005. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. *Revista Flora.* vol. 200, pp. 119-135.

Ferreira, L.V. and Stohlgren, T.J., 1999. Effects of river level fluctuation on plant species richness, diversity and distribution in a floodplain forest in Central Amazonia. *Oecologia.* <http://10.1007/s004420050893>.

Ferreira, V.F., 2000. Effects of flooding duration on species richness, floristic composition and forest structure in river margin habitat in Amazonian blackwater floodplain forests: implications for future design of protected areas. *Biodiversity and Conservation.* vol. 9, pp. 1-14. <http://10.1023/A:1008989811637>.

Gurnell, A.M. and Petts, G.E., 2002. Island-dominated landscapes of large floodplain rivers, a European perspective. *Freshwater Biology.* vol. 47, pp. 581-600. <http://10.1046/j.1365-2427.2002.00923.x>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. p.271.

Junk, W.J., Bayley, P.B. and Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.* vol. 106, pp. 110-127.

Junk, W.J., Brown, M., Campbell, I.C., Finlayson, M., Gopal, B., Ramberg, L. and Warner, B.G., 2006. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: a synthesis. *Aquatic Sciences*. vol. 68, pp. 400-414. <http://10.1007/s00027-006-0856-z>.

Kidd, K.R., Copenheaver, C.A. and Michael-Aust, W., 2015. Sediment accretion rates and radial growth in natural levee and backswamp riparian forests in southwestern Alabama, USA. *Forest Ecology and Management*. <http://10.1016/j.foreco.2015.09.025>.

Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G., 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. *The Botanical Review*. vol. 68, pp. 270-334. [http://10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0270:AAAROW\]2.0.CO;2](http://10.1663/0006-8101(2002)068[0270:AAAROW]2.0.CO;2).

Labrecque, P.A., Hubbard, S.M., Jensen, J.L. and Nielsen, H., 2011. Sedimentology and stratigraphic architecture of a point bar deposit, Lower Cretaceous McMurray Formation, Alberta, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum geology*. vol. 59, pp. 147-171.

Macedo, H.A., Assine, M.L., Silva, A., Merino, E.R., Stevaux, J.C. and Silva, A., 2014. Mudanças paleo-hidrológicas na planície do rio Paraguai, quaternário do Pantanal. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. vol.15, n.1.

Mato Grosso do Sul. 1988. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Projeto Estudo Integrado do potencial de Recursos Naturais- solos. Esc. 1:100.000. FIPLAN/MS-IBGE. Campo Grande, MS.

Mato Grosso do Sul. 1989. Secretaria de planejamento e coordenação geral. Fundação Instituto de Apoio ao Planejamento do Estado. Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. p.242.

Merino, E.M, Assine, L.M. and Pupim, F.N., 2013. Estilos fluviais e evidências de mudanças ambientais na planície do rio Miranda, Pantanal. Revista Brasileira de Geomorfologia. vol. 14, pp.127-134, n. 2.

Montero, J.C. and Latrubesse, E.M., 2013. The igapó of the Negro River in central Amazonia: Linking late-successional inundation forest with fluvial geomorphology. Journal of South American Earth Sciences. vol. 46, pp. 137-149. <http://10.1016/j.jsames.2013.05.009>.

Nelder, J.A. and Wedderburn, R.W.M., 1972. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society. vol. 135, no. 3, pp. 370-384.

Nilsson, C. and Svedmark, M., 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities. Environmental Management. vol. 30, pp. 468-480. <http://10.1007/s00267-002-2735-2>.

Odum, P.E., Finn, J.T. and Franz, H.F., 1979. Perturbation Theory and the Subsidy-Stress Gradient. BioScience. vol. 29, pp. 349-352. <https://doi.org/10.2307/1307690>

Oliveira, M.T., Damasceno-Junior G.A., Pott, A, Paranhos, Filho, A.C., Suarez, Y.R. and Parolin, P., 2014. Regeneration of riparian forests of the Brazilian Pantanal under flood and fire influence. Forest Ecology and Management. vol. 331, pp. 256-263. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.011>

Osterkamp, W.R. and Hupp, C.R., 2010. Fluvial processes and vegetation — Glimpses of the past, the present, and perhaps the future. Geomorphology. vol. 116, pp. 774-285. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.11.018>

Parolin, P., 2009. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian Floodplains. Annals of Botany. vol. 103, pp. 359-376.

Parolin, P. and Wittmann, F., 2010. Struggle in the flood: tree responses to flooding stress in four tropical floodplain systems. AoB PLANTS. <http://10.1093/aobpla/plq003>

Piégay, H., Bornette, G., Citterio, A., Hérouin, E., Moulin, B. and Statiotis, C., 2000. Channel instability as a control on silting dynamics and vegetation patterns within perifluvial aquatic zones. Hydrological Processes. vol. 14, pp. 3011-3029. [http://10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<3011::AID-HYP132>3.0.CO;2-B](http://10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<3011::AID-HYP132>3.0.CO;2-B)

Piedade, M.T.F, Ferreira C.S. and Franco A.C., 2010. Estrategias reproductivas de la vegetación y sus respuestas al pulso de la inundación en las zonas inundables de la Amazonía Central. Ecosistemas. vol. 19, pp. 52-66.

Pott, V.J. and Pott, A., 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. vol. I. Brasília, Embrapa. p.404.

R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Version 3.2.0. Available from: <http://www.R-project.org/>

Ripley, B., Venables B., Bates D.M., Hornik, K., Gebhardt, A. and Firth, D., 2016. Package MASS. Version 7.3-45. Available from: <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/MASS/>

Rodríguez-González, P.M., Stella, J.C., Campelo, F. and Albuquerque, A., 2010. Subsidy or stress? Tree structure and growth in wetland forests along a hydrological gradient in Southern Europe. Forest Ecol Manag. vol. 259, pp. 2015-2025. <http://10.1016/j.foreco.2010.02.012>

Rosales, J., Petts, G. and Knab-Vispo, C., 2001. Ecological gradients within the riparian forests of the lower Caura River, Venezuela. *Plant Ecology*. vol. 152, pp. 101-118. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011411020040>

Soriano, B.M.A., 1997. Caracterização climática de Corumbá-MS. *Boletim de Pesquisa*, vol. 11, Embrapa, Corumbá, p. 25.

Silva J.S.V. and Abdon, M.M., 1998. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília vol. 33, p. 1303-1711.

Targhetta, N., Kesselmeier, J. and Wittmann, F., 2015. Effects of the hydroedaphic gradient on tree species composition and aboveground wood biomass of oligotrophic forest ecosystems in the central Amazon basin. *Folia Geobot.* vol. 50, pp. 185-205. <http://dx.doi.org/10.1007/s12224-015-9225-9>

Wittmann F., Junk W.J. and Piedade M.T.F., 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management*. vol. 196, pp. 199-212. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.060>

Wittmann F., Zorzi B.T., Tizanel F.A.T., Urquiza, M.V.S., Faria, R.R. Sousa, N.M., Módena, E.S., Gamarra, R.M. and Rosa, A.L.M., 2008. Tree species composition, structure, and aboveground wood biomass of a riparian forest of the Lower Miranda River, Southern Pantanal, Brazil. *Folia Geobotanica*. vol. 43. <http://dx.doi.org/10.1007/s12224-008-9022-9>.

Wittmann, F., Schöngart, J. and Junk, W.J., 2010. Phytoogeography, species diversity, community structure and dynamics of central Amazonian floodplain forests. In: Junk W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J. and Parolin, P. Amazon floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management. *Ecological studies*. vol. 210, pp. 61-102. Springer Verlag, Berlin. http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_4

