



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



**PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS  
FAENG - FACULDADE DE ENGENHARIAS  
ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA**

**AÍLA CHRISTY MATIAS FRANÇA**

**FENOLOGIA DO "PARATUDAL" NO PANTANAL SUL**

**CAMPO GRANDE - MS**

**2018**

**AÍLA CHRISTY MATIAS FRANÇA**

**FENOLOGIA DO "PARATUDAL" NO PANTANAL SUL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais, área de concentração Recursos Naturais e linha de pesquisa Análise Integrada de Geossistemas, sob a orientação do Prof. Dr. Rogério Rodrigues Faria e coorientação do Prof. Dr. Roberto Macedo Gamarra.

**CAMPO GRANDE - MS**

**2018**

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Aíla Christy Matias França**

### FENOLOGIA DO "PARATUDAL" NO PANTANAL SUL

Dissertação submetida ao Programa de Pós graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais, área de concentração Recursos Naturais e linha de pesquisa Geoprocessamento aplicado, sob a orientação do Prof. Dr. Rogério Rodrigues Faria e coorientação do Prof. Dr. Roberto Macedo Gamarra.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### **Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Rogério Rodrigues Faria - Orientador - PGRN – UFMS

---

Prof. Dr. Geraldo Alves Damasceno Junior.- PPGEC – UFMS

---

Prof. Dra. Ana Paula Garcia– Uniderp

**CAMPO GRANDE - MS**

**2018**

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....</b>	<b>11</b>
2.1 FENOLOGIA .....	11
2.2 PANTANAL .....	11
2.3 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A FENOLOGIA.....	13
2.4 FORMAÇÕES MONODOMINANTES .....	13
2.5 <i>TABEBUIA AUREA</i> (SILVA MANSO) BENTH. &HOOK. F. EX S. MOORE .....	14
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 OBJETIVOS GERAIS .....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>4. CIENCIOMETRIA E DINÂMICA DAS FORMAÇÕES MONODOMINANTES NO MUNDO .....</b>	<b>16</b>
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
<b>4.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>17</b>
4.2.1 CIENCIOMETRIA GERAL .....	17
4.2.2 <i>DINÂMICA DAS ESPÉCIES MONODOMINANTES: DIFERENTES ABORDAGENS.....</i>	23
<b>4.3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>31</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
<b>5. GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA FENOLOGIA DO PARATUDAL NO PANTANAL SUL....</b>	<b>35</b>
5.1 MATERIAS E MÉTODOS .....	35
<b>5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
5.3 CONCLUSÃO .....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo fomento financeiro para com esta pesquisa.

A UFMS - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, por ter aberto as portas pra mim desde a época da graduação.

Ao PGRN - Programa de Pós graduação em Recursos Naturais, pela oportunidade em fazer parte.

A minha fonte de inspiração maior Sonia Matias (mãezinha do meu coração te amo).

Agradecer a minha família biológica, pois sem eles eu nada seria: Braz Junior (irmão), Alexandre Orion (irmão), Braz Salomão (pai), Marinelson França Ária (pai).

A minha família em geral que não vou citar nome porque é gigante!

Principalmente a minha querida irmã Adini Keczy que esteve em meu lado em todos os momentos.

Ao meu querido orientador Dr. Rogério Rodrigues Faria, por ter aceitado a empreitada de me orientar no mestrado e por iluminar a vida desta pesquisa (e a minha) quando precisei.

Ao meu querido co-orientador Dr. Roberto Macedo Gamarra, pela paciência infinita, dedicação e competência que teve em me auxiliar em todos os processos desta pesquisa, gratidão eterna!

Aos meus colegas de graduação, mestres e professores doutores do LABGEO - Laboratório de Geoprocessamento de Aquidauana, Elias Rodrigues da Cunha, Leandro Félix, Vitor Matheus Bacani, Jaime Ferreira, Ednilson Mendes Ferreira por me ajudarem em todos os momentos a ponto de eu ser capaz de chegar até aqui.

A todos os meus colegas de mestrado, principalmente: Ludmila Darzi, Bruno Ferreira, Jaíza Motta, Giselle Yallouz, Isadora Taborda, Evelyn Casadias, Heloisy Marangoni, Pedro Ivo, Felipe Ianczyk, Martinho Neto, Filipe Notari, Lara Louise, Taiane Sara, Aline Paiva e Allan.

A Laís Meira Miranda, pela disponibilidade em ajudar com os arquivos de sua pesquisa.

Ao professor Dr. Geraldo Damasceno Junior e as queridas Dras. Darlene Gris, Helen Rezende e Ana Paula Garcia por terem participado da banca de qualificação e defesa.

Aos meus amigos na vida real que me ajudaram quando precisei desde o início dessa jornada, Vivi Rondon, Karolaine Deleprani, Helder Ribeiro Braz, Helton Braz, Marily Flores, Alysso Grativol, Larissa Pires, Gabriela Simões, Geo Ramires, Lari Geo (Mestre), Raíza Amaral (Minas), Joyce Gonçalves, Jaum Wundervald (Poeta), Alex Zaluski, Marly Ortiz, Luiz Carlos Bueno, Brunna Ortiz, Brutty Fontana, May Oshiro, Cris Oshiro, Júnior Alfonso, Manoel

Câmara Rasslan, Giulia Leal, Dimitre Ortt, Tracy Blanchard, Bruna Algarve, Bruninho Geo, Juh Fagundes, Julie Schultz, Thamís (Pendurada), Cássia Burigato, Naigel e Zena Haran, Viviane Freitas, Oraci (Vizinha), Mika Tamasato, João Ibanhez.

Ao meu querido mestre de Vedanta Jonas Masetti, pela quebra da ignorância da minha mente.

Prof. Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho por ter me incentivado à continuar na luta e pelas ajudas diversas e infinitas.

Ao Msc. César Claudio Cáceres Encina, colega de laboratório que me auxiliou por diversas vezes no decorrer desta pesquisa. A professora Dr. Eliane Guaraldo por ter me ajudado com a pesquisa de campo e afins. A todos os professores do programa, especialmente a Dr. José Marcato Junior, Dr. Alexandre Meira Vasconcelos, Dra. Camila Aoki e Dr. Ivan Bergier, por terem contribuindo para a expansão de meu intelecto, profissional e pessoal.

E por final e não menos importante, ao Universo maravilhoso de que faço parte.

Gratidão! Infinita & Namastê.

**Vive, aprende, ama, sorri e segue..**

## FENOLOGIA DO "PARATUDAL" NO PANTANAL SUL

### RESUMO

A fenologia vegetal é o estudo do ciclo de vida das plantas, sendo um área da ciência promissora principalmente em se tratando de áreas como o Pantanal, que possui escassez de pesquisas sobre o monitoramento vegetal com dados de ampla escala temporal. Os objetivos dessa pesquisa foram realizar levantamento das publicações científicas sobre a origem e dinâmica das formações monodominantes tropicais, bem como discutir as principais hipóteses ecológicas e biogeográficas relacionadas; descrever a variação fenológica do Paratudal no Pantanal Sul, bem como os seus fatores determinantes; os objetivos específicos dessa pesquisa foram: utilizar o NDVI para estabelecer uma metodologia de monitoramento para as formações monodominantes no Pantanal e registrar a fenologia reprodutiva da espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore no Pantanal Sul como formação monodominante. Para a metodologia foi estabelecido uma busca nas principais bases científicas disponíveis, com a palavra-chave de busca: monodominant tropical forests, foram obtidos 774 artigos nos resultados de busca. Para o tratamento das informações bibliográficas obtidas, foi utilizado o *software Endnote*, a partir de um filtro dos artigos que estavam de acordo com as análises propostas foram filtrados e utilizados para análises mais detalhadas sobre a dinâmica e metadados da produção científica. Foi realizada a delimitação da área de estudo por meio de técnicas de interpretação visual (fotointerpretação), o trabalho de campo foi realizado nos dias 03, 04 e 05 de dezembro de 2017, foram coletados 22 pontos de controle de campo próximos a parte norte da área, sendo que a coleta de dados de campo permitiu validar o limite do Paratudal. Ao total foram contabilizadas 119 imagens de satélites (cenas) utilizadas na pesquisa, sendo essas entre o período de 1984 a 2017, que foram tratadas no SIG QGIS. Foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram feitos gráficos dos valores obtidos com o cálculo do NDVI, para todos os anos, os dados de temperatura e precipitação do INMET. As publicações sobre a origem e dinâmica das formações monodominantes ainda não explicam totalmente, as causas de sua existência nem como ocorrem os processos. Aparentemente devem ser observadas localmente as espécies, bem como monitoradas em uma série temporal mais ampla. A variação fenológica do Paratudal nessa região possui um padrão fenológico com suas fenofases bem marcadas, no mês de março (brotamento foliar), de maio a julho (senescência), de julho a setembro (floração), a partir do mês de setembro ela passa pelo processo de frutificação e então reinicia o ciclo. Os fatores climáticos explicaram uma baixa porcentagem do efeito sobre a variação fenológica, o que pode indicar um indicativo de controle genético do período de floração para a espécie *T. aurea*. A aplicação da técnica do NDVI se mostrou eficaz para este tipo de pesquisa, servindo de base metodológica para futuras aplicações em formações monodominantes.

**Palavras-chave:** formações monodominante, NDVI, fenologia, Pantanal Sul, *Tabebuia Aurea*.

## PHENOLOGY OF THE "PARATUDAL" IN THE SOUTH PANTANAL

### ABSTRACT

Plant phenology is the study of the plant life cycle, being a promising area of science especially in areas such as the Pantanal, which has a shortage of research on plant monitoring with data of a large temporal scale. The objectives of this research were to survey scientific publications on the origin and dynamics of tropical monodominant formations, as well as to discuss the main ecological and biogeographic related hypotheses; to describe the phenological variation of Paratudal in the South Pantanal, as well as its determining factors; the specific objectives of this research were: to use the NDVI to establish a monitoring methodology for the monodominant formations in the Pantanal and to record the reproductive phenology of the species *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore in the South Pantanal as monodominant formation. For the methodology was established a search in the main scientific bases available, with the keyword search: monodominant tropical forests, 774 articles were found in the search results. For the treatment of the bibliographic information obtained, the Endnote software was used, from a filter of the articles that were according to the proposed analyzes were filtered and used for more detailed analyzes on the dynamics and metadata of the scientific production. The study area was delimited by means of visual interpretation techniques (photointerpretation), fieldwork was performed on 03, 04 and 05 December 2017, 22 field control points were collected near the northern part of the area, and the field data collection allowed the Paratudal limit to be validated. A total of 119 satellite images (scenes) used in the survey were counted, from 1984 to 2017, which were treated in the QGIS GIS. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used. Graphs of the values obtained with the calculation of the NDVI, for each year, the temperature and precipitation data of the INMET were made. The publications on the origin and dynamics of monodominant formations still do not fully explain the causes of their existence nor how the processes occur. Apparently, species should be observed locally as well as monitored over a longer time series. The phenological variation of the Paratudal in this region has a phenological pattern with its well marked phenophases, in the month of March (foliar sprouting), from May to July (senescence), from July to September (flowering), from September it passes by the fruiting process and then restarts the cycle. The climatic factors explained a low percentage of the effect on the phenological variation, which may indicate an indicative of genetic control of the flowering period for *T. aurea* species. The application of the NDVI technique proved effective for this type of research, serving as a methodological basis for future applications in monodominant formations.

**Key-words:** monodominant formations, NDVI, phenology, Southern Pantanal, *Tabebuia Aurea*.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O presente trabalho aborda a temática do estudo da fenologia do Paratudal (formação monodominante da espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (Ipê amarelo) no Pantanal Sul. Ainda existem poucas publicações que discorrem sobre o comportamento das espécies vegetais com uma ampla escala temporal, ainda mais no Pantanal que é muito importante do ponto de vista da biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Na seção 2, trouxemos um pouco do referencial teórico-metodológico com o qual foi embasada pesquisa. Na seção 3, os objetivos gerais e específicos para o qual foram realizadas todas as análises.

Na seção 4, buscamos estabelecer uma pesquisa cienciométrica para entender o comportamento das formações monodominantes, quais seriam suas origens e a dinâmica das mesmas. Questões como quais são as espécies, quantidade de publicações, autores e demais situações relevantes que possam contribuir para o entendimento de como ocorrem os processos, foram abordadas.

Na seção 5, foi realizada uma aplicação metodológica de geotecnologias para estabelecer como se dão os processos da fenologia da espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore, no Pantanal Sul.

Os objetivos dessa pesquisa foram: realizar levantamento das publicações científicas sobre a origem e dinâmica das formações tropicais monodominantes, bem como discutir as principais hipóteses ecológicas e biogeográficas relacionadas; e tentar entender como ocorrem os processos de fenofases que incluem entendimento da época no ano que ocorre o brotamento, a senescência foliar, floração e frutificação da espécie *Tabebuia aurea*. (Silva Manso)Benth. & Hook. f. ex S. Moore.

Essa pesquisa é de suma importância, para entendimento de base dos processos ecológicos, que podem ocorrer com espécies vegetais no Pantanal Sul, quais as causas e consequências, como ocorrem e como isso está interligado com os processos de inundação e climáticos, buscando o melhor entendimento e aprimoramento científico bem como o entendimento de padrões ecológicos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

### 2.1 Fenologia

A fenologia é um termo que vem do grego, *phaino*, que significa “mostrar”, “aparecer”. É, portanto, estudo das fases do ciclo da vida das plantas e animais, principalmente a relação dos mesmos com aspectos climáticos e temporais. A ciência fenológica contribui para a avaliação das mudanças ambientais pelo uso de observações de comportamento vegetal ou animal (Van Vliet et al. 2003; Rodrigues et al. 2014), bem como indicador biológico para mudanças climáticas e descrições de padrões sazonais (Walther et al. 2002 ; Schwartz, 2013).

Através da fenologia vegetal é possível analisar não apenas plantas individuais, mas também os comportamentos fenológicos, em níveis de populações, comunidades e ecossistemas. Além disso, realizar pesquisa com dados mensuráveis do desenvolvimento da planta são valiosos para várias aplicações, especialmente quando podem ser comparados entre espécies e escalas espaciais, abrangendo os padrões estacionais de floração, frutificação e folhagem (Wood & Burley, 1991; Schwartz & Liang, 2013).

A fenologia do brotamento foliar, floração e frutificação das espécies vegetais apresentam grande diversidade de padrões fenológicos (Opler et al., 1980; Borchert, 1983; Schaik et al. 1993; Newstrom et al., 1994). Esses padrões podem ser diferentes dependendo do nível (comunidade, população ou indivíduo) em que são analisados (Janzen, 1967; Auspurger, 1981; McGraw e Antonovics, 1983; Primack, 1985), justamente nos níveis hierárquicos mais baixos que operam os principais fatores determinantes desses padrões (Dieringer , 1991; Sun et al., 2006).

Mesmo tendo diferentes níveis, parâmetros e critérios de análise, a fenologia de plantas também é guarnecida de uma infinidade de métodos amostrais. Estes incluem desde observação focal até a análise por imagens de satélites, bem como a utilização de modelos analíticos, estatísticos e mecanicistas (Munguía-Rosas et. al., 2011; Wolkovich et al. 2014; Basler, 2016).

### 2.2 Pantanal

O Pantanal é uma grande área continental inundável com 147.574 km<sup>2</sup> no Brasil. Seu complexo de níveis de inundação, nutrientes e biota formam um sistema dinâmico, sendo a inundação sazonal o fenômeno ecológico mais importante do Pantanal (Adámoli, 1981; Alho, 2008).

Embora seja um dos mais importantes ecossistemas do Planeta, a produção científica sobre o comportamento das espécies vegetais do Pantanal ainda é muito escassa, devido à fatores diversos (Farinaccio et al., 2018). Inúmeros esforços têm sido feitos para aumentar o conhecimento científico dessas espécies por diversos pesquisadores (Pott & Sartori, 2018; Bueno et al. 2018; Damasceno-Junior et. al. 2018; Sartori et al. 2018; Alves et al., 2018).

Silva et al. (2000) apontam que as principais fitofisionomias do Pantanal são campo, cerradão, cerrado, brejos, mata semidecídua, mata de galeria e baceiro. A composição florística de uma determinada região é dinâmica e provavelmente continua a mudar ao longo do tempo, sendo, portanto, necessária a atualização das pesquisas neste campo do conhecimento. Principalmente porque não se sabe como os processos de interação, adaptação das espécies vegetais ocorrem no mosaico da paisagem pantaneira levando em consideração as alterações climáticas sazonais, no nível de população, que sejam disponíveis em grande escala temporal (Pott & Adámoli, 1996).

De acordo com o *World Resources Institute* (2005), as zonas úmidas oferecem uma gama de serviços ecossistêmicos que vão desde os produtos oriundos da pesca ao tratamento e desintoxicação de resíduos de produtos, bem como são destinos turísticos importantes, por causa de seu valor estético e biodiversidade e ainda desempenham um papel importante na regulação do clima, sequestrando e liberando quantidades significativas de carbono.

A diversidade da paisagem do Pantanal é moldada principalmente pelo pulso de inundação, que é a força da descarga do rio que controla a biota nessas áreas (Junk et al. 1989). Outros fatores também afetam fortemente a paisagem pantaneira, o que interfere na dinâmica das plantas e comunidades, sendo que a retração e expansão das mesmas, reflete em importantes aspectos ecológicos, considerando a variedade de características morfológicas, anatômicas e ecofisiológicas da espécie. Por isso, pesquisas voltadas ao entendimento em longo prazo do comportamento dos padrões e respostas fisiológicas das plantas são cruciais para se compreender de maneira mais aprofundada, o ciclo de vida das espécies (Scremin-Dias et al. 2011; Girard et al. 2010).

A dependência do sistema no pulso de inundação torna o Pantanal muito vulnerável às mudanças previstas no clima global (Junk, 2006). O ciclo hidrológico do Pantanal guarda um significado importante na Bacia do Alto Paraguai, a qual compreende duas áreas em condições consideravelmente diversas no que se refere aos recursos hídricos e naturais, o planalto e a planície. Sob o enfoque de função ecossistêmica, o fluxo hidrológico na relação planalto-planície é importante fator ambiental na dinâmica dos mais variados tipos vegetacionais (Junk & Silva, 1999; Hamilton, 2002; Gonçalves et al. 2011).

### **2.3 Geotecnologias aplicadas a fenologia**

O sensoriamento remoto tem por objetivo estudar o ambiente terrestre, através do registro e da análise das interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) e as substâncias existentes na superfície da Terra (Ponzoni & Shimabukuro, 2007). Esta ferramenta, tem exercido grande papel no estudo da vegetação, auxiliando no monitoramento, dinâmica e detecção de mudanças, além das aplicações em estudos fisiológicos e fenológicos das plantas (Holanda & Guerra, 2010; Testa, et al. 2018).

Os dados derivados de imagens de satélite, devido à alta escala espacial e temporal, têm sido amplamente utilizados para estudar a fenologia da vegetação na escala de paisagem regional (Degagne et al., 2009; Tang et al., 2015).

As diversas aplicações que podem ser realizadas com o sensoriamento remoto permitem que sejam feitos estudos de análise da vegetação com facilidade de amplas séries de dados temporais e obtenção de dados na região do Pantanal, que tem áreas de difícil acesso, bem como o grande acervo de imagens de satélite disponíveis para análise (Nunes da Cunha et al., 2006). Para isto, as imagens gratuitas da série de satélites Landsat distribuídas através da USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos), são excelentes produtos, devido a sua ampla temporalidade, são peças chaves em estudos fenológicos. Pois a partir delas se têm uma amplitude e alta escala de tempo, onde pode-se desenvolver estudos de longa duração, que são primordiais para o entendimento da dinâmica de população (Rankine et al. 2017; Sillio-Calzada et al. 2017).

O NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) vem sendo utilizado frequentemente, para interpretar a sazonalidade da vegetação bem como as mudanças espaciais e temporais das mesmas, em diversos tipos de pesquisas (Verbesselt et al. 2010; Busetto et al., 2010; Robinson et al., 2017). O NDVI é sensível a clorofila, baseia-se no fato de que a clorofila absorve a banda do vermelho, enquanto a estrutura foliar dispersa (reflete) no infravermelho-próximo, que são as bandas utilizadas na fórmula do índice, valores menores correspondem a ausência de vegetação (Myneni, 1995). Valores maiores correspondem a maior quantidade de vegetação, mostrando assim, o comportamento temporal do desempenho e a dinâmica da vegetação (Spanner et al., 1990).

### **2.4 Formações monodominantes**

Uma formação é considerada monodominante quando mais de 50% dos indivíduos ou da sua área basal pertence a uma única espécie (Connell & Lowman, 1989). Existe uma série de hipóteses sobre o motivo da monodominância das espécies, quais são suas causas e

origens, tais como: associação com ocorrência de eventos de fogo, inundações, ectomicorrizas, períodos sem grandes distúrbios, tolerância das mudas à sombra (Hart, 1989; Hart et al. 1989). Porém, ainda são escassas as informações sobre a dinâmica dessas formações, sobretudo no Pantanal, onde há ocorrência de vários tipos de formações monodominantes (Marimon et al. 2001; Fantin-Cruz et al. 2010; Dalmagro, 2016), como: Abobral (*Erythrina fusca* Lor.), Cambarazal (*Vochysia divergens* Pohl.), Canjiqueiral (*Byrsonima orbignyana* A. Juss.), Carandazal (*Copernicia alba* Morong ex Morong & Britton), Caronal (*Elionurus muticus* Spreng. Kuntze), Carvoeiro (*Callisthene fasciculata* Mart.), Espinheiral (*Byttneria* / *Mimosa* Loefl.), Lixeiral (*Curatella americana* L.), Pacoval (*Heliconia marginata* Griggs Pittier), Pimenteiral (*Licania parvifolia* Huber), Pindaival (*Xylopia aromatica* Lam. Mart.), Piuval (*Tabebuia heptaphylla* Vell. Toledo) e Pombeiro (*Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler) (Pott & Pott, 2009). Necessitando, portanto, de mais estudos que envolvam o entendimento da dinâmica e origem dessas formações, tanto local, como regionalmente (Lopes e Kursar, 2007; Woolley et al., 2008; Biudes et al., 2009; Scremin-Dias et al., 2011).

## **2.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore**

A espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore é parte integrante das espécies pioneiras do Pantanal, que são caracterizadas por serem formações monodominantes de grande ocorrência no Bioma (Pott & Pott, 2009). Vale ressaltar, que tais espécies também são distribuídas em comunidades de plantas de outros biomas, mas é apenas no Pantanal que elas formam grandes populações monodominantes de tamanho e forma variáveis, atingindo uma área de 1.000 hectares ou mais (Scremin-Dias et al, 2011). Esta espécie encontra-se no *Checklist das Bignoniaceae* do Estado de Mato Grosso do Sul, sendo considerada um componente importante da flora do Estado, pela sua abundância (Lohmann, 2018).

O Paratudal é uma formação savânica alagável (Savana Parque, Savana Arbórea), também chamada de Zona de Transição ou Consorciação (Brasil, 1982; Ribeiro & Walter, 1998), com estrato arbóreo quase exclusivo de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae), muitas vezes crescendo sobre murundus, que são pequenas elevações de terra, aos quais as árvores podem estar associadas. Ocorre principalmente no sul do Pantanal até as proximidades do rio Nabileque, associado às zonas de maior influência das inundações por águas de pH alcalino, como do rio Miranda (Soares & Oliveira, 2009).

Este tipo de vegetação tem sido relativamente pouco estudado (ver Adámoli, 1982; Pott & Pott, 2000; Soares & Oliveira, 2009), ainda são necessárias pesquisas de longa duração sobre a dinâmica das mesmas ( Pott & Pott, 2009). Tais pesquisas permitem compreender a dinâmica ecossistêmica das formações monodominantes (Bueno et al., 2014). Os estudos neste sentido possuem especial relevância, ao levarmos em conta as mudanças climáticas globais. A instabilidade do clima atual, que é caracterizada por períodos úmidos e secos plurianuais, tem um forte impacto na distribuição, estrutura da comunidade e tamanho populacional de muitas espécies vegetais e animais, estudos como este servem para entender as respostas ecofisiológicas das plantas frente às mudanças nas condições ambientais (Pott & Pott 1994; Lorenzi 2002; Sano et al. 2008), sendo necessário levar em consideração que investigações fenológicas mais detalhadas e de longo prazo são fundamentais para confirmar essa relação (Inouye, 2008).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivos Gerais**

1. Realizar levantamento das publicações científicas sobre a origem e dinâmica das formações monodominantes tropicais, bem como discutir as principais hipóteses ecológicas e biogeográficas relacionadas;
2. Descrever a variação fenológica do Paratudal no Pantanal Sul, bem como os seus fatores determinantes.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Utilizar o NDVI para estabelecer uma metodologia de monitoramento para as formações monodominantes no Pantanal;
- ✓ Registrar a fenologia reprodutiva da espécie *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore no Pantanal Sul como formação monodominante.

## 4. CIENCIOMETRIA E DINÂMICA DAS FORMAÇÕES MONODOMINANTES NO MUNDO

### 4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de estabelecer o Estado da Arte dos estudos sobre as formações monodominantes no mundo foram realizadas buscas nas principais bases científicas disponíveis, através da Plataforma CAPES-PERÍODICOS ([www-periodicos-capes-gov-br](http://www-periodicos-capes-gov-br)): *Scopus (Elsevier)*; *Science Citation Index Expanded (Web of Science)*; *OneFile (GALE)*; *Technology Research Database*; *Engineering Research Database*; *Aquatic Science Journals*; *ASFA: Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*; *Springer (CrossRef)*; *Springer Link*; *MEDLINE/PubMed (NLM)*; *Materials Science & Engineering Database*; *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*; *AGRIS (United Nations, Food and Agriculture Organization)*; *JSTOR Archival Journals*; *SciELO (CrossRef)*; *Science Direct Journals (Elsevier)*; *Elsevier (CrossRef)*. As buscas foram realizadas no dia 14 de abril de 2018, com a palavra-chave de busca: *monodominant tropical forests*, foram obtidos 774 artigos nos resultados de busca. Para o tratamento das informações bibliográficas obtidas, foi utilizado o *software Endnote*, versão X5 (Reuters, 2011) que é um software que tem por finalidade auxiliar no gerenciamento de informações bibliográficas. Para eliminar os trabalhos que não agregariam a pesquisa foi feito um processo de análise do título e do resumo dos artigos encontrados, no intuito de verificar quais artigos não estariam de acordo com a pesquisa, após este processo restaram um total de 106 artigos científicos, para serem realizados na pesquisa cienciométrica e de metadados. Para a análise dos metadados das publicações, foi utilizado o *software Excel 2007* (Microsoft, 2014) para a confecção dos gráficos de barras e colunas. Nesta análise priorizamos os dados, de anos de publicações, autores que mais publicaram, os periódicos que mais publicaram, palavras-chaves mais utilizadas, artigos mais citados em todas as publicações.

Para a confecção da tabela onde o autor (Peh, 2011), propôs mecanismos para tentar explicar, quais fatores determinam a monodominância das espécies, foi realizada uma análise dos resumos dos 106 artigos encontrados na pesquisa feita inicialmente.

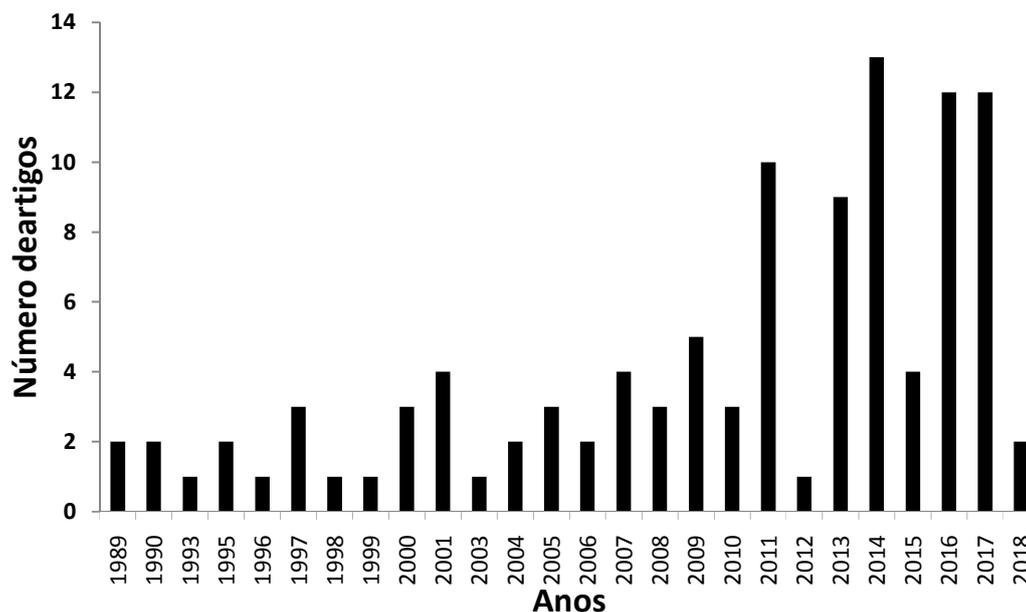
Para a sistematização dos dados em formato de tabela, das espécies e suas regiões biogeográficas foram analisados todos os artigos, levantados os dados das espécies monodominantes, e o trabalho de (Holt, 2013), para dividir as mesmas por regiões biogeográficas.

Analisamos a dinâmica das formações monodominantes no mundo, para isto foram filtrados dos 106 artigos da pesquisa, utilizamos os artigos que tinham análises de comportamento da espécie com tempo superior a 12 meses. Após esse filtro foram lidos e extraídas informações de 25 artigos, para entender a dinâmica das formações monodominantes.

## 4.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

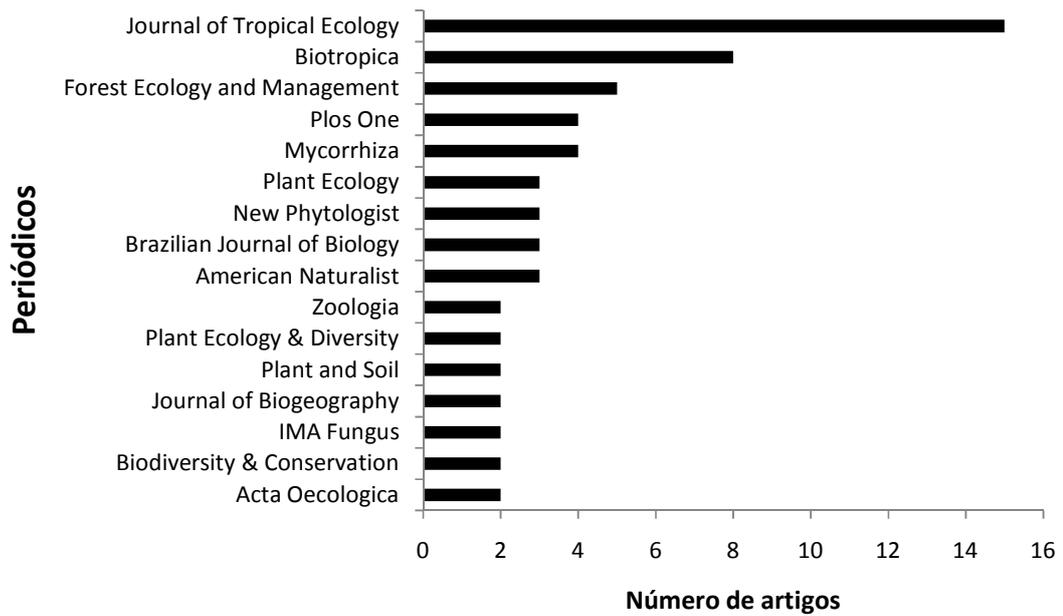
### 4.2.1 CIENCIOMETRIA GERAL

Pode-se perceber o comportamento das publicações, sobre as formações monodominantes ao longo dos anos, que elas vieram oscilando desde 1989 entre altas e baixas porém em 2011 houve um número elevado. No ano de 2012 houveram poucas publicações sobre o tema e nos anos seguintes continuou a progressão, com exceção de 2015 (também em baixa), seguindo em alta para o ano de 2016 e 2017, finalizando com 2018, o interesse em realizar pesquisas voltadas para as formações monodominantes, cresceu a partir de 2011, com exceção de 2012 (1 artigo) e 2015 (4 artigos) os anos de 2013, 2014, 2016 e 2017, mostra uma crescente para este tema tendo o seu pico em 2014 (Figura 1).



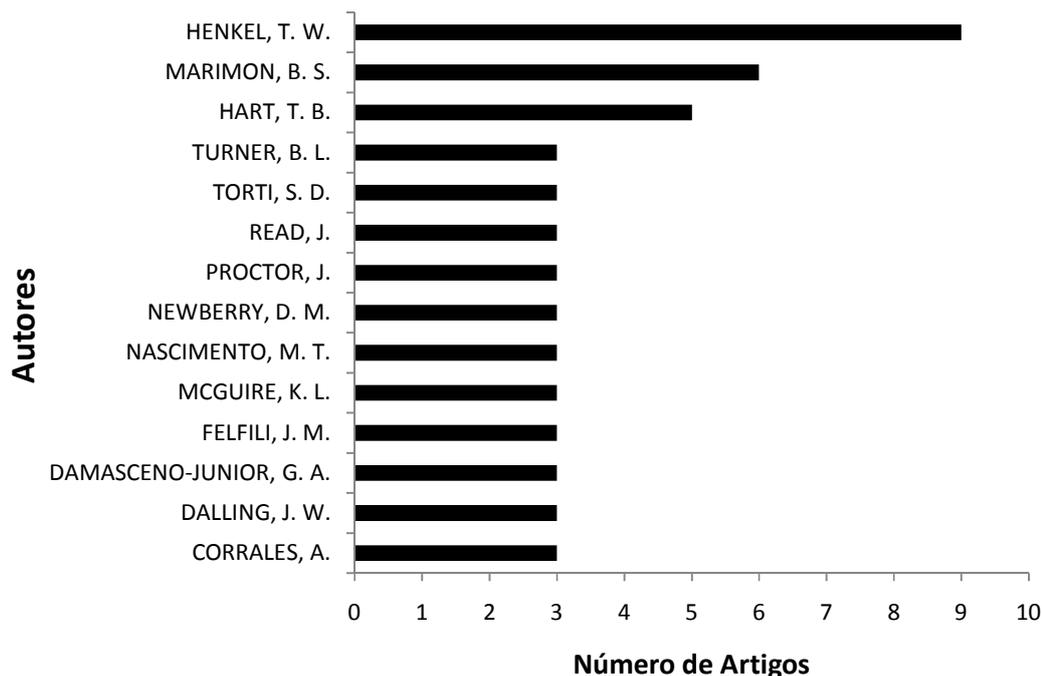
**Figura 1.** Número de artigos publicados por ano.

É possível identificar quais são os periódicos que mais publicam sobre o tema e a quantidade de publicações. Para este resultado era esperado que as principais seriam a *Journal of Tropical Ecology* e a *Biotropica*, pois estas revistas tem foco específico em zonas tropicais, com o gráfico podemos perceber que isto de fato ocorre. (Figura 2)



**Figura 2.** Quantidade de publicações por periódico, que publicam sobre a temática das formações monodominantes tropicais, de acordo com o levantamento de dados realizados.

O ranking dos autores que possuem mais publicações sobre o tema sendo eles: Henkel (9 publicações), Marimon (6 publicações) e Hart, (5 publicações). Os demais autores Turner, Torti, Read, Proctor, Newberry, Nascimento, Mcguire, Felfili, Damasceno-Junior, Dalling, Corrales, aparecem com um total de três publicações no ranking de autores. (Figura 3)



**Figura 3.** Autores que mais obtiveram publicações sobre o tema.

O primeiro estudo constatado na revisão bibliométrica, foi o de Hart (1990). Apesar disso o trabalho de Connell & Lowman (1989), foi o primeiro a definir o conceito de formação monodominante, que é quando mais de 50% dos indivíduos ou da sua área basal pertencem uma única espécie. Deve-se destacar aqui o fato de que o mesmo não apareceu nas bases de busca.

Considerou-se neste trabalho que a autora Hart (1990) foi uma das pioneiras ao tratar de monodominância em formações tropicais, trazendo à tona o fato de que o trabalho publicado por ela incitou as pesquisas que viriam a serem publicadas após este ano.

Hipóteses propostas por Peh (2011), onde ele fez esforços para compilar as possíveis causas das formações monodominantes, ele aponta que é provável que hajam múltiplas causas da monodominância, para isto ele elaborou oito hipóteses (Tabela 1).

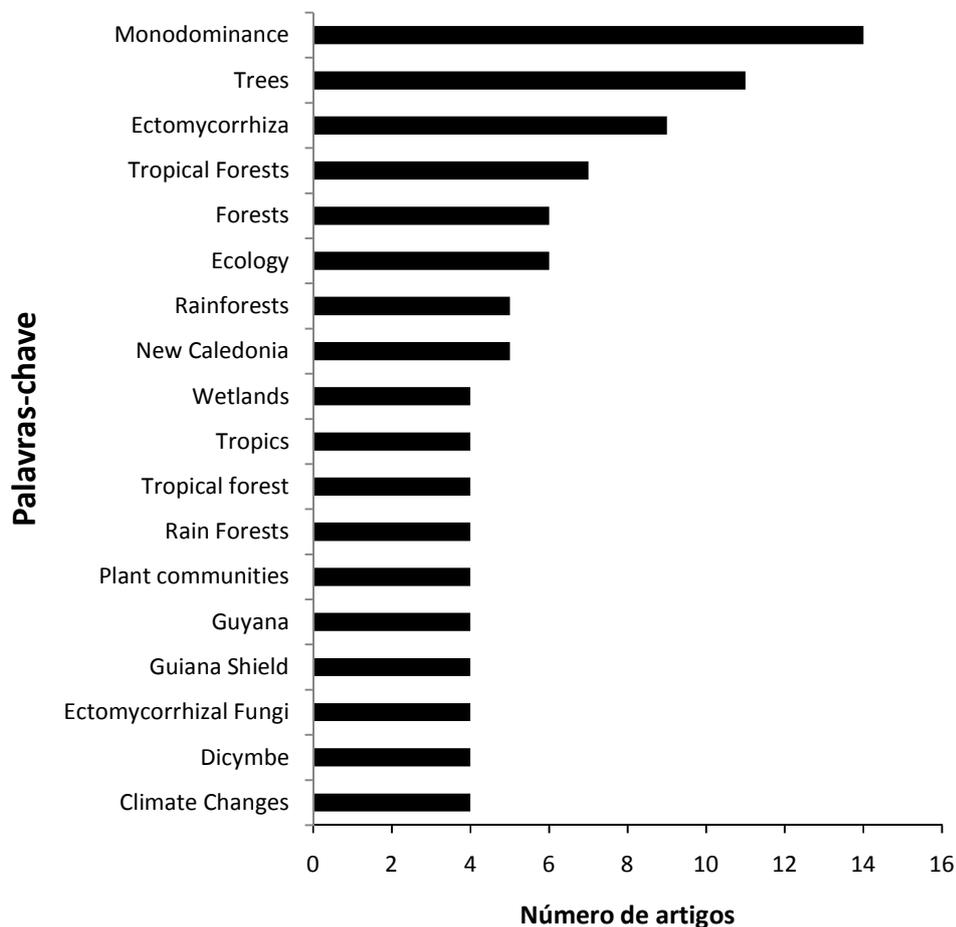
**Tabela 1.** Hipóteses propostas por Peh (2011), para estabelecer as causas da monodominância das espécies, e sua utilização nas pesquisas.

Mecanismos	Autores	Total
1 - Falta de distúrbio exógeno	CONNELL & LOWMAN (1989); HART (1990); HART & MURPHY. (1989) OSCAR & OSCAR (2014)	4

2 -A tolerância à sombra e a sobrevivência da plântula próximo a árvore mãe	FETENE & FELEKE (2001); HART (1990);HART (1995); HART (1989); HENKEL (2003); KACHI (1993); TORTI (2001) DJUIKOUO et al. (2014) OSCAR & OSCAR (2014) READ & JAFFR (2013)	10
3 - Líder de decomposição lenta / Baixa disponibilidade nutritiva	FONTY (2011); HART (1990); HENKEL (2003); TORTI (2001)	4
4 - Profundidade da serapilheira/seleção para sementes	NÃO HAVIA	0
5 - Associaçãoectomicorrízica	BAKARR (1996); CONNELL & LOWMAN (1989); DEGAGNE (2009); HENKEL (2003); MCGUIRE (2008); MCGUIRE (2007); TORTI (1997); TORTI (2001) ARGELLES-MOYAO et al. (2017) CORRALES et al. (2017) CORRALES, et al. (2017) CORRALES, et al. (2016) CORRALES, et al. (2016) MICHAELLA et al. (2017) SMITH et al. (2017) TADASHI (2017) VERBEECK (2017).	17
6 - Saciação do predador pelo excesso de frutos	HART (1995); HENKEL (2003); MCKENNA (2006); TORTI (2001)	4
7 - Dispersão de pouca semente que leva a habitação gregária	CONNELL & LOWMAN (1989); FONTY (2011); HART (1990); HENKEL (2005); NEWBERRY (2004) BEAUNE et al. (2013)	6
8 - Fuga da herbivoria	MCGUIRE (2007) MARIMON (2016)	2

Foi analisado quais dos artigos encontrados na busca cienciométrica se encaixariam nessas hipóteses, e se os autores estavam utilizando-as para estabelecer algum tipo de parâmetro para sua pesquisa. As hipóteses mais utilizadas foram a "associação ectomicorrízica" (com 17 publicações) e "a tolerância à sombra e a sobrevivência da plântula próximo a árvore mãe" (com 10 publicações) Contudo, o autor aponta que é necessário conhecer melhor sobre o assunto, para poder adquirir explicações mais avançadas e consistentes sobre a dominância das espécies.

As palavras-chave que mais se destacaram foram: *Monodominance*, *Trees*, *Ectomycorrhiza* e *Tropical Forests*, mostrando resultados acima de seis ocorrências em todos os artigos da pesquisa cienciométrica (Figura 4).



**Figura 4.** Número de ocorrências das palavras-chave mais importantes.

As famílias que se destacam são: Fabaceae e Poaceae, e a região biogeográfica é a Neotropical. Por outro lado as mais raras são Anacardiaceae, Arecaceae, Bigoniaceae, Combretaceae, Cupressaceae Gray, Cyperaceae, Dipterocarpaceae, Dennstaedtiaceae, Dileniaceae, Juglandaceae, Auraceae, Marantaceae, Moraceae, Nothofagaceae, Picrodeandraceae, Pinaceae, Rosaceae, Vochysiaceae (Tabela 2).

**Tabela 2.** Espécies monodominantes e sua região biogeográfica

Família	Espécie	Região biogeográfica
ANACARDIACEAE	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Neotropical
		Neotropical
ARECACEAE	<i>Attalea phaleratta</i> Mart. ex Spreng. <i>Attalea speciosa</i> Mart.	Neotropical

	<i>Copernicia alba</i> ex Morong & Britton	Neotropical
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. et Hook.	Neotropical
COMBRETACEAE	<i>Combretum laxum</i> Jacq.	Neotropical
CUPRESSACEAE GRAY	<i>Juniperus procera</i> Hochst. ex Endl.	Etiópica
CYPERACEAE	<i>Cyperus giganteus</i> Griseb.	Neotropical
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Neotropical
DILLENACEAE	<i>Curatella americana</i> L.	Neotropical
DIPTEROCARPACEAE	<i>Dryolabanops aromatica</i> C.F. Gaertn.	Oriental
FABACEAE	<i>Brachystegia microphylla</i> Harms	Neotropical
	<i>Colophospermum mopane</i> (J. Kirk ex Benth.) J. Léonard	Neotropical
	<i>Cynometra alexandri</i> C.H. Wright	Etiópica
	<i>Dicymbe corymbosa</i> Spruce ex Benth.	Neotropical
	<i>Julbernardia globiflora</i> (Benth.)	Neotropical
	<i>Spirotropis longifolia</i> (DC.) Baill.	Neotropical
	<i>Brachystegia spiciformis</i> Benth.	Neotropical
	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	Etiópica
	<i>Microberlinia bisulcata</i> A. Chev	Etiópica
	<i>Mora excelsa</i> Benth.	Neotropical
	<i>Peltogyne gracilipes</i> Ducke	Neotropical
	<i>Prioria copaifera</i> Griseb.	Neotropical
	<i>Quercus oleoides</i> Schlttdl. & Cham.	Neotropical
JUGLANDACEAE	<i>Oreomunnea mexicana</i> (Standl.) J.-F. Leroy ssp.	Neotropical
LAURACEAE	<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.	Australiana
MARANTACEAE	<i>Thalia geniculata</i> L.	Neotropical
MORACEAE	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Neotropical
NOTHOFAGACEAE	<i>Nothofagus</i> Blume	Australiana
	<i>Celaenodendron mexicanum</i> Standl.	Neotropical
PICRODENDRACEAE		
PINACEAE	<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schlttdl. & Cham.	Neotropical
POACEAE	<i>Guadua sarcocarpa</i> Londoño & P.M. Peterson	Neotropical
	<i>Oryza glumaepatula</i> Steud.	Neotropical
	<i>Oxalis latifolia</i> Desv.	Neotropical
	<i>Bambusa arnhemica</i> F. Muell.	Australiana
ROSACEAE	<i>Hagenia abyssinica</i> J.F. Gmel.	Etiópica
VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia divergens</i> Pohl.	Neotropical

Em seu trabalho Hart (1990), comenta as possíveis causas da monodominância áreas tropicais, podendo estarem relacionadas à sucessão secundária, intrigando a pensar que o fator edáfico por si só, não explica a monodominância. A autora comenta que a monodominância pode ser resultado de espécies de crescimento rápido e a alta competitividade, sendo que possivelmente estresses ambientais sejam um dos fatores para seleção da espécie dominante. Assim, a espécie que domina seria mais tolerante ao estresse e se expandiria, levando a dominância do local, se não houver mais perturbações por longos períodos de tempo.

#### **4.2.2 DINÂMICA DAS ESPÉCIES MONODOMINANTES: DIFERENTES ABORDAGENS**

Esta seção aborda a dinâmica das espécies apresentadas nas diversas pesquisas que coletamos e filtramos, aqui expomos os trabalhos sub-divididos em tópicos em comum, sobre como se dá o comportamento das espécies ao longo do tempo, individualmente e sua interação com o meio biótico e abiótico.

#### **INUNDAÇÃO**

Em trabalho realizado por Fantin-Cruz et al. (2010), que teve por objetivo avaliar a relação das unidades fitofisionômicas com a topografia, intensidade e duração de inundação no Pantanal de Mato Grosso, planície de inundação do Rio Cuiabá, utilizando imagens de satélite, os autores chegam a conclusão de que o Cambarazal (*Vochysia divergens* Pohl.) predomina em áreas de intensidade e duração médias de inundação e elevação intermediária; indicando ainda que a intensidade da inundação é o principal fator responsável pela distribuição de mesoescala das unidades fitofisionômicas no norte do Pantanal, e que de forma geral, as diferenças locais na inundação se refletem na distribuição das unidades fitofisionômicas na área de estudo proposta na pesquisa.

#### **RESILIÊNCIA NO CRESCIMENTO DAS MUDAS**

Hart (1995) avaliou alguns parâmetros tais como: a relação entre densidade de sementes e sobrevivência das mesmas pós-germinação e o impacto de predadores em uma floresta central de Ituri no Zaire, para duas espécies: *Gilbertiodendron dewevrei* como sendo monodominante e a espécie *Julbenardia seretii* como sendo subdominante adjacente. Obteve como resultados o conhecimento de que a sobrevivência de sementes foi maior para *Julbenardia seretii*, mas as mudas de *Gilbertiodendron dewevrei* sobreviveram mais tempo no sub-bosque da floresta, sugerindo que independente da mortalidade das sementes a capacidade de *Gilbertiodendron dewevrei* é maior. As mudas desta espécie tiveram

sobrevivência notável em ambiente desfavorável, indicando maior resiliência, levando a entender que a manutenção da dominância de *Gilbertiodendron dewevrei* é facilitada por aspectos de autoperpetuação. As baixas taxas de mortalidade pós-germinativa resultam em acúmulo de juvenis ao longo do tempo no sub-bosque, facilitando a monodominância da mesma.

Nascimento (1997) examinou a dinâmica populacional de cinco espécies arbóreas em uma formação monodominante de *Peltogyne gracilipes*. Ao avaliar se esta espécie é uma dominante persistente e se esta dominância está relacionada a uma maior taxa de sobrevivência de suas mudas e fases subsequentes. Seu estudo teve como resultado o conhecimento de que a população desta espécie tem capacidade de persistir no sub-bosque, parecendo indicar que esta persistente dominância do dossel está relacionado a baixa taxa de mortalidade pós-germinativa de suas plântulas e mudas.

Fetene e Feleke (2001) em estudo realizado para avaliar o potencial e as preferências de habitats das espécies, utilizaram em suas análises o crescimento, a fotossíntese e o padrão de alocação de carbono. De acordo com os resultados há indicação de que as características de crescimento de *Hagenia abyssinica*, são típicas de espécies sucessionais iniciais. A biomassa de plântulas foi influenciada pelos regimes de luz para todas as espécies sendo que *Hagenia abyssinica* teve a maior taxa de crescimento, mas a menor taxa de sobrevivência na sombra e isso seria o indicativo de como esta espécie foi empurrada para as montanhas do leste da África. Sendo que *Juniperus procera* e *Hagenia abyssinica*, apresentaram características pioneiras e são exigentes em luz. Pode-se explicar a indagação de pesquisas anteriores (Bussman & Beck 1996) sobre a regeneração após o fogo de *Juniperus procera* e *Hagenia abyssinica* e que isso poderia ser uma explicação sobre a causa das duas espécies e a formação de manchas monodominantes após grandes clareiras que são causados por fogo.

Lopez & Kursar (2007) investigaram a mortalidade das plântulas em relação à sazonalidade e a dinâmica de inundação, durante três anos, da espécie *Prioria copaifera* bem como sua capacidade de tolerância a diferentes graus de sazonalidade em Darien no Panamá. As mudas de *Prioria copaifera* obtiveram o menor grau de mortalidade, neste estudo foi identificado que aparentemente o que difere entre a espécie monodominante e as outras é a sua baixa mortalidade relacionada à estação seca.

Mcguire (2007) investigou a dinâmica da espécie *Dicymbe corymbosa* nos primeiros estágios de vida, priorizando a sobrevivência de plântulas e colonização ectomicorrízica na Guiana. A sobrevivência das plântulas após 1 ano foi medida para a árvore monodominante e quatro espécies de árvores não dominantes (*Eschweileras agotiana*, *Licania laxiflora*,

*Chrysophyllum sanguinolentum* e *Carapa guianensis*). O sucesso da germinação foi significativamente menor para todas as espécies na floresta mista, com uma germinação média de 41% em comparação com 78% de germinação da espécie monodominante. A sobrevivência de sementes e plântulas após 1 ano foi maior dentro da floresta monodominante com 93% das sementes germinando e 85% das plântulas sobrevivendo, comparado com 65% de germinação e 15% de sobrevivência de plântulas na floresta mista. Estes resultados sugerem que os padrões de sobrevivência das plântulas, ao invés da sobrevivência das sementes, são importantes indicativos de sucesso de recrutamento neste sistema e as redes ectomicorrízicas podem limitar o estabelecimento de *Dicymbe corymbosa* na floresta mista.

Marimon et al. (2012) realizaram um estudo em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* na Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. Foi comparado ao longo de cinco anos, a estrutura e dinâmica da regeneração natural desta espécie, buscando perceber padrões no estabelecimento de plântulas e domínio das mesmas e averiguou-se que o estabelecimento de mudas pode ser limitado por períodos mais secos, ou por condições específicas de luz que atingem o solo da floresta, supondo que a formação de um banco de plântulas persistente, pode fornecer uma vantagem competitiva para a regeneração desta espécie contribuindo para manutenção da monodominância.

#### **FUGA DAS PLÂNTULAS PELA HERBIVORIA**

Marimon (2016) testou a hipótese de que a dispersão de plântulas da herbivoria foliar poderia contribuir para a manutenção da monodominância da espécie *Brosimum rubescens* em uma zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia, em Nova Xavantina, Mato Grosso/Brasil. Foi descoberto que a espécie não segue o padrão hipotético de um ataque herbívoro intensivo em áreas de maior densidade de plântulas, e que a fuga de *Brosimum rubescens* da pressão de herbívoros sob condições de alta densidade de plântulas pode fazer parte de um conjunto de condições que determinam a manutenção desta formação monodominante.

#### **VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA**

Read e Jaffr (2013) avaliaram as formações tropicais dominadas pelo gênero *Nothofagus*, na Nova Caledônia, puderam observar que são florestas secundárias, sendo que o recrutamento demonstra ser insuficiente para manter a monodominância, exceto em locais de altas altitudes.

#### **A DOMINÂNCIA AFETA FLORESTAS MISTAS ?**

Shirma et al. (2015) exploraram como as espécies de árvores dominantes afetam as espécies mistas em florestas da Tanzânia. Foi sugerido a partir deste estudo que as espécies dominantes (*Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia microphylla* e *Julbernardia globiflora*)

estão suprimindo as espécies de árvores não dominantes, especialmente em áreas com alto recrutamento, talvez porque suas importantes características adaptativas (sistemas radiculares extensos e associações ectomicorrízicas), facilitam o acesso aos nutrientes.

### **BIOMASSA DA FORMAÇÃO MODOMINANTE**

Em uma formação tropical dominada por *Peltogyne gracilipes* (Fabaceae), na Ilha de Maracá em Roraima no Brasil, Nascimento et al. (2007) avaliaram como se procedia a dinâmica de biomassa desta floresta, durante um período de 11 anos. Foi averiguado que não houve aumento de biomassa acima do solo no geral, pelo contrário houve perda da biomassa, e que estas florestas podem não estar atuando como um sumidouro para o CO<sup>2</sup> atmosférico.

Em estudo realizado por Makana et al. (2011), visando entender a demografia e mudança de biomassa da espécie *Gilbertiodendron dewevrei* na floresta de Ituri, no leste do Congo, foram realizados ao longo de 12 anos para entender como se dão estes processos, *Gilbertiodendron dewevrei* aumentou sua participação de biomassa de 4,1% para 4,4% em floresta mista, a densidade de mudas diminuiu, provavelmente porque o aumento da biomassa significou sub-bosques com mais sombra, dificultando o estabelecimento das plântulas.

### **PERÍODOS SEM PERTURBAÇÕES**

A pesquisadora Hart (1989) fez um estudo voltado a comparação de formação tropical da África, dominada por *Gilbertiodendron dewevrei*, com uma floresta mista adjacente, que é consideravelmente mais diversificada. Foi identificado que as formações tropicais dominantes podem indicar áreas que não tenham passado por perturbações de grande escala durante longos períodos.

### **ASSOCIAÇÃO ECTOMICORRÍZICAS**

Em uma investigação proposta por Henkel (2003) sobre as florestas de *Dicymbe corymbosa* (Fabaceae), nas montanhas Pakaraima, no oeste da Guiana, as densidades de plântulas e mudas foram significativamente maiores que a maioria das espécies no dossel, indicando monodominância persistente. Esta pesquisa propõe uma hipótese, de que o micélio ectomicorrízico permite a ciclagem direta de nutrientes, e a captação desses nutrientes por parte das plantas, pode ser o promotor da dominância para esta espécie em questão, propõe ainda que esta associação pode ser um promotor a tolerância à sombras das mudas, pois elas podem receber o carbono diretamente das redes de ectomicorrizas.

Mayor & Henkel (2006) testaram a hipótese de que as ectomicorrizas de *Dicymbe corymbosa* (monodominante), alteram a decomposição foliar e a qualidade da serapilheira residual em florestas tropicais da Guiana. Foram realizados experimentos em um período de 12 meses, onde foi averiguado que a perda de massa da serapilheira na floresta de *Dicymbe*

*corymbosa* não foi influenciada pelas ectomicorrizas, e expõe que a falta de efeito na taxa de decomposição da serapilheira, juntamente com alta colonização pelas ectomicorrizas, sugere um papel importante, mas indireto na aquisição de nutrientes minerais.

Mcguire (2007) explorou o potencial de redes ectomicorrizas em exercer um aumento na sobrevivência de mudas perto de árvores-mãe da espécie *Dicymbe corymbosa*, monodominante na Guiana. Seu estudo apontou que as mudas com acesso a rede de ectomicorrizas tiveram crescimento, número de folhas e sobrevivência maior que as plântulas sem tal acesso. O que sugere que essas redes oferecem uma vantagem de sobrevivência para esta espécie em questão, e serve de base para explicar em partes a monodominância da mesma.

Em um estudo realizado por Mcguire et al. (2008), em uma área de formação monodominante da espécie *Dicymbe corymbosa* e floresta mista adjacente na Bacia do Rio Potato na Guiana, o mesmo utilizou a hipótese de que a maioria das árvores tropicais formam associações micorrízicas arbusculares. Foram avaliadas as raízes para a obtenção de dados, foi percebido que a espécie *Dicymbe corymbosa* possuía ambas as estruturas tanto micorrízicas arbusculares, quanto ectomicorrizas. Ainda levando em consideração que foram feitas análises com 142 espécies, o trabalho fornece dados que suportam a hipótese de que a maioria das árvores tropicais formam associações micorrízicas arbusculares para a área estudada, e propõe que a colonização da espécie de *Dicymbe corymbosa* deve ser mais explorada para determinar se essa capacidade contribui para a estabelecimento e manutenção do domínio da espécie.

Corrales et al. (2016) testaram a hipótese que as simbioses micorrízicas poderiam estar ligadas a dominância da árvore *Oreomunnea mexicana*, em floresta tropical de montanha no Panamá. Não foi encontrada correlação de que a dominância seja causado pela rede ectomicorriza, porém foi identificado que a concentração de nitrato e amônia do solo, na formação dominada por esta espécie, era três vezes maior do que as que não possuíam dominância. O que sugere uma correlação entre abundância de nitrato e a ciclagem de nutrientes, feitas por ectomicorrizas.

### **TOLERÂNCIA A SOMBRA**

A pesquisa de Kachi (1993) monitorou durante dois anos a sobrevivência pós-dispersão e estabelecimento de plântulas da espécie monodominante *Dryobalanops aromatica* (Dipterocarpaceae) em Kapur na Península da Malásia. Com a alta mortalidade das sementes, a pesquisa indicou que a espécie é tolerante à sombra e que poderia responder a condições de

luz aumentadas causadas pela abertura do dossel supondo que essas características podem contribuir para manter a monodominância da mesma.

Para entender como as características funcionais da planta moldam a limitação de nutrientes e ciclagem na terra, Brookshire (2013) buscou examinar a ciclagem de nitrogênio na espécie monodominante *Mora excelsa* (Ilha de Trinidad). Sua análise foi realizada em quatro anos, e foi constatado que a monodominância reduz o nitrato disponível no sistema planta-solo a níveis extremamente baixos e averiguou que o domínio desta espécie está fortemente associado à essas reduções de nitrogênio.

## **SOLOS**

Em um período que compreendeu um ano de observações, Marimon et al. (2001) estudaram a espécie *Brosimum rubescens* na Terra Indígena de Areões, em Mato Grosso no Brasil. Foram analisados a composição florística, estrutura, fertilidade do solo e concentrações de nutrientes foliares. Constatou-se que a distribuição de diâmetro foi desequilibrada, indicando um recrutamento que poderia levar a mudanças futuras na estrutura da formação. Com relação a estrutura e fertilidade dos solos, o pH médio do solo foi de 4,6 e a disponibilidade de nutrientes essenciais foi muito baixa, a análise das amostras foliares mostrou que a espécie dominante, manteve maiores concentrações foliares de K, Ca e Mg do que outras espécies na floresta, isso seria provavelmente um indicativo da vantagem desta espécie em dominar a floresta.

Suazo-Ortuño et al. (2015) analisaram como o desmatamento e a degradação da terra em regiões tropicais podem criar condições para o crescimento de espécies de plantas perenes monodominantes. *Pteridium aquilinum* foi analisada, no sudeste do México com diferentes históricos de mudança no uso da terra. Para os campos utilizados em cultura e pastagens com altos níveis de luz, foi identificada prevalência máxima, e para os campos aluviais férteis que nunca tinham sido utilizados para pastagem estavam sem a espécie. Foi concluído que solos menos férteis, que neste caso são os que tinham culturas e pastagens, são uma das principais causas de proliferação desta espécie naquele local.

Dalmagro (2016) testou mecanismos de adaptação a estresses hidrológicos extremos (inundação e seca) no Norte do Pantanal na Reserva Particular do Patrimônio Natural do Serviço Social do Comércio Brasileiro (RPPN-SESC Pantanal), Mato Grosso, Brasil e concluiu que, as espécies *Vochysia divergens* Pohl e *Byrsonima orbignyana* A. Juss. podem ter um alto desempenho fisiológico sob uma ampla gama de condições de solo e isso pode ajudar a explicar a dominância das mesmas.

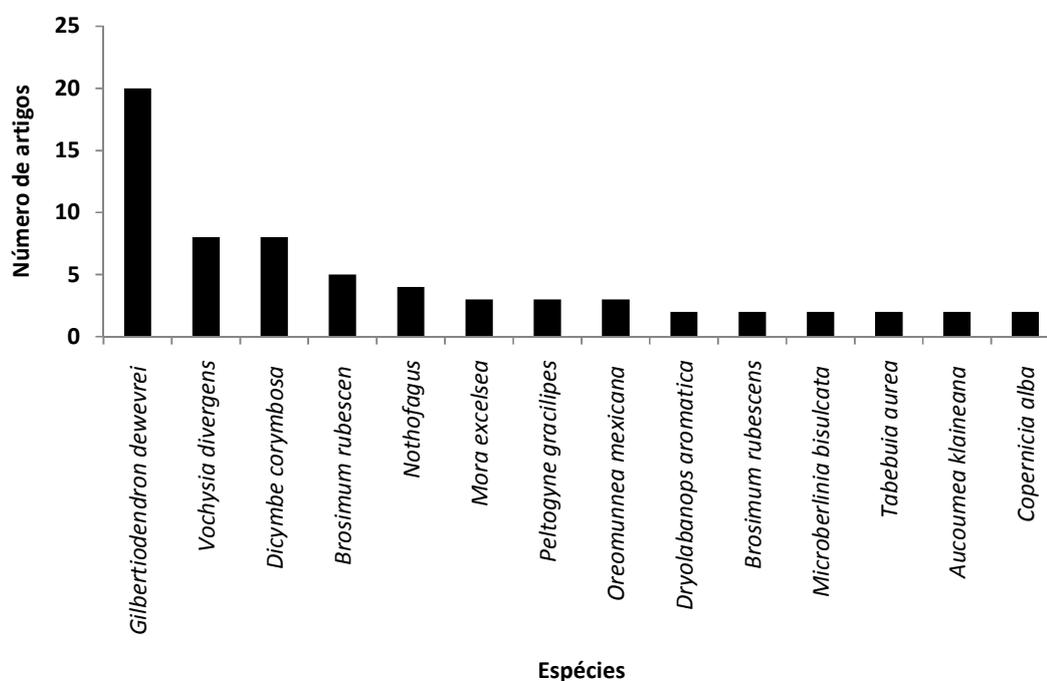
## **RECRUTAMENTO POR PERÍODOS DE INTENSAS PERTURBAÇÕES**

Newbery et al. (2004) sugerem uma discussão sobre a dinâmica da espécie *Microberlinia bisulcata*, que está localizada no Parque Nacional Korup em Camarões, ele criou a hipótese de que esta espécie expandiu e infiltrou-se a partir de uma área possivelmente de menor densidade de árvores adultas. Isso possivelmente pode ter acontecido em períodos de distúrbios intensos, como secas prolongadas que ocorreram na África, ele alinhou esta análise com o fato de que nos últimos 50 anos não houveram grandes eventos de recrutamento, possivelmente pela falta desses períodos de distúrbios intensos.

Almeida et al. (2016) levaram em conta as percepções humanas sobre a mudança da paisagem em uma formação monodominante de *Attalea speciosa* Mart ex. Spreng no Nordeste do Brasil, juntamente com documentos históricos sobre a área. De acordo com os resultados, a espécie pode ter sido favorecida por áreas onde eram realizados cultivo ou pecuária e foram abandonadas ou a áreas dizimadas por secas.

### ESPÉCIES MONODOMINANTES

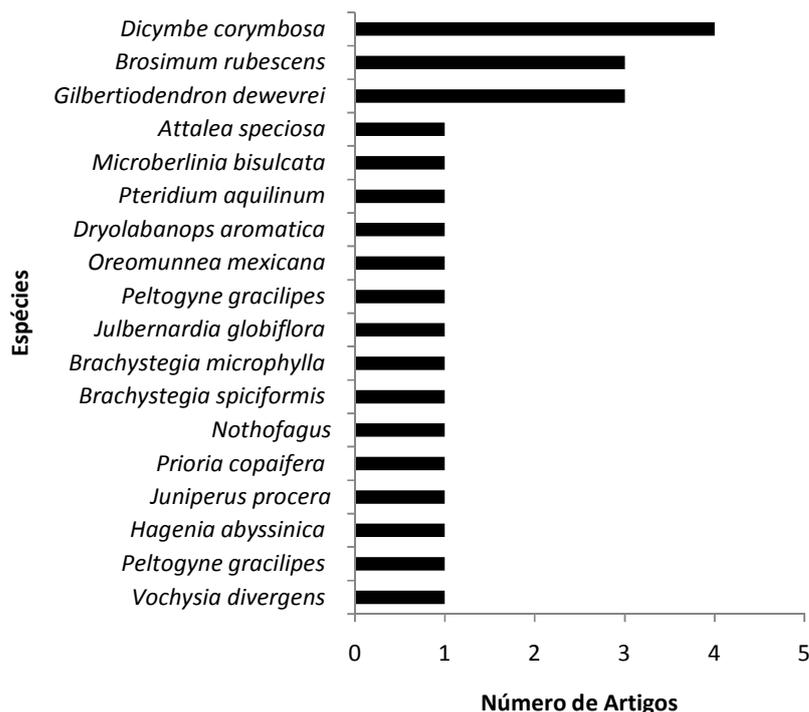
Através do ranking de publicações por espécie da pesquisa, podemos perceber que as maiores ocorrências são para a espécie: *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard . (com 20 artigos), *Vochysia divergens* Pohl. (com 8 artigos), *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. (com 5 artigos) e *Nothofagus* Blume, o restante aparece com três artigos publicados, logo abaixo do gráfico temos a relação das espécies que tem ocorrência de uma vez (Figura 5).



**Figura 5.** Ranking de publicações para todas as espécies.

As espécies: *Mauritia flexuosa* L. f.; *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis ex Hoyle, *Cynometra alexandri* C.H. Wright; *Tetraberlinia Tubmaniana* J. Léonard; *Mora Gonggrijp*; *Eperua Falcata* Aubl.; *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze; *Backhousia bancroftii* F.M. Bailey & F. Muell.; *Backhousia bancroftii* F.M. Bailey & F. Muell.; *Backhousia bancroftii* F.M. Bailey & F. Muell.; *Shorea Albida* Sym.; *Maesopsis eminii* Engl.; *Mysanga cecropioides* R. Br. ex Tedlie; *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth.; *Hagenia abyssinica* J.F. Gmel.; *Juniperus procera* Hochst. ex Endl.; *Spirotropis longifolia* (DC.) Baill.; *Bambusa arnhemica* F. Muell.; *Eusideroxylon zwageri* Teijsm. & Binn.; *Cynometra alexandri* C.H. Wright; *Metrosideros polymorpha* Gaudich.; *Prioria copaifera* Griseb.; *Celaenodendron mexicanum* Standl.; *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze; *Podocarpus nagi* (Thunb.) Zoll. & Mor. ex Zoll.; *Neolitsea aciculata* (Blume) Koidz.; *Leptospermum recurvum* Hook. f.; *Attalea speciosa* Mart ex.; *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.; *M. polymorpha* J.R. Forst. ex Hook. f.; *Combretum lanceolatum* Pohl; *Combretum laxum* Jacq.; *Byrsonima orbignyana* A. Juss; *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.; *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham.; *Arillastrum gummiferum* (Brongn. & Gris) Pancher; *Nothofagus aequilateralis* (Baum.-Bod.) Steenis; *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze; *Hagenia abyssinica* J.F. Gmel.; *Macaranga hypoleuca* (Rchb. f. & Zoll.) Müll. Arg.; *M. beccariana* (Baill.); *Callitris intratropica* R.T. Baker & H.G. Smith; *Prioria copaifera* Griseb.; *Pterocarpus officinalis* Jacq.; *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton; *Peltogyne gracilipes* Ducke; *Alnus acuminata* Kunth; *Prioria copaifera* Griseb.; *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.; *Attalea speciosa* Mart.; *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol.; *Curatella americana* L.; *Cyperus giganteus* Griseb.; *Thalia geniculata* L.; *Oryza glumaepatula* Steud.; *O. latifolia* Desv.; *Brachystegia spiciformis* Benth.; *Brachystegia microphylla* Harms; *Julbernardia Pellegr.*; *Guadua sarcocarpa* Londoño & P.M. Peterson; *Colophospermum mopane* (J. Kirk ex Benth.) J. Léonard; *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, tiveram ocorrência de uma vez nos artigos analisados.

A espécie *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard., aparece em primeiro lugar com maior quantidade de artigos publicados sobre a dinâmica com quatro artigos, seguida da espécie *Brosimum rubescens* Taub. e da espécie *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. com três artigos publicados na análise da dinâmica das espécies (Figura 6)



**Figura6.** Ranking de publicações para as espécies da análise de dinâmica.

#### 4.3 CONCLUSÃO

As publicações tiveram aumento após 2011, os periódicos que mais publicam sobre o tema *Journal of Tropical Ecology* e a *Biotropica*, e os autores que mais publicaram sobre o assunto foram, Henkel, Marimon e Hart.

As hipóteses mais abordadas (Peh, 2011) foram a "associação ectomicorrízica" e "a tolerância à sombra e a sobrevivência da plântula próximo a árvore mãe", as palavras-chave que mais se destacaram foram: *monodominance*, *trees*, *ectomycorrhiza* e *tropical forests*. As famílias que se destacam são: Fabaceae e Poaceae, e a região biogeográfica é a Neotropical.

As hipóteses, que foram utilizadas para a análise da dinâmica das monodominantes foram: resiliência no crescimento das mudas; dispersão das plântulas pela herbivoria; vegetação secundária; a dominância afeta florestas mistas?; biomassa da formação monodominante; períodos sem perturbações; associação ectomicorrízicas; tolerância a sombra; solos; recrutamento por períodos de intensas perturbações. No ranking de publicações para todas as espécies as que tiveram maior ocorrência foram: *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Vochysia divergens* Pohl, *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. No ranking de publicações para as espécies da dinâmica as que tiveram maior

ocorrência foram: *Gilbertiodendron dewevrei*, *Brosimum rubescens* Taub.e *Dicymbe corymbosa* Spruce ex Benth. Para essas espécies mais estudadas, há padrões mais claros em relação aos fatores determinantes da monodominância.

As publicações sobre a origem e dinâmica das formações monodominantes ainda não explicam totalmente, as causas de sua existência nem como ocorrem os processos. Aparentemente devem ser observadas localmente as espécies, bem como monitoradas em uma série temporal mais ampla.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGSPURGER, C.K. **Reproductive synchrony of a tropical shrub: Experimental studies on effects of pollinators and seed predators on *Hybanthus sprunifolius*(Violaceae).***Ecology*, **62**, 775–788, 1981.

ALMEIDA, G. et al. **Human perceptions of landscape change: The case of a monodominant forest of *Attalea speciosa* Mart ex. Spreng (Northeast Brazil).** *Ambio, Dordrecht*, v. 45, n. 4, p. 458-467, ISSN 0044-7447, 2016.

BASLER, D. **Evaluating phenological models for the prediction of leaf-out dates in six temperate tree species across central Europe.** *Agricultural and Forest Meteorology* 217:10–21, 2016.

BIUDES, M. S.; JÚNIOR, H. C.; NOGUEIRA, J. de S., SANCHES, L. **Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 135-143, 2009.

BROOKSHIRE, E. N. J. **Ecosystem Consequences of Tree Monodominance for Nitrogen Cycling in Lowland Tropical Forest.** *Plos One*, v. 8, n. 7, p. 1-8, ISSN 19326203, 2013.

BUSSMANN, R. W. & BECK, E. **Regeneration and succession processes in the Cedar-Forests (*Juniperion procerae*) of Mt. Kenya.** *Ecotropical*1:79–84, 1996.

BORCHERT, R. **Phenology and control of flowering in tropical trees.** *Biotropica*.15:81-89, 1983.

CORRALES, A. et al. **An ectomycorrhizal nitrogen economy facilitates monodominance in a neotropical forest.** *Ecology Letters*, v. 19, n. 4, p. 383-392, ISSN 1461-023X, 2016.

CONNELL, JH. and LOWMAN, MD. **Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence.** *American Naturalist*, vol. 134, no. 1, p. 88-119. <http://dx.doi.org/10.1086/284967>, 1989.

DALMAGRO, H. J. **Physiological responses to extreme hydrological events in the Pantanal wetland: heterogeneity of a plant community containing super-dominant species.** *Journal of Vegetation Science*, v. 27, n. 3, p. 568-578, ISSN 11009233, 2016.

DIERINGER, G. **Variação na floração individual tempo e sucesso reprodutivo de *Agalinis strictifolia* (Scrophulariaceae).** *American Journal of Botany*, 78, 497-503, 1991.

FANTIN-CRUZ, I. et al. **Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia.** *Biota Neotropica*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 31-38, ISSN 1806-129X, 2010.

- FETENE, M.; FELEKE, Y. **Growth and photosynthesis of seedlings of four tree species from a dry tropical afro-montane forest.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 17, n. 2, p. 269-283, ISSN 0266-4674, 2001.
- HART, T. B. **Monospecific dominance in tropical rain forests.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 5, n. 1, p. 6-11, ISSN 0169-5347, 1990.
- HART, T. B. **Seed, seedling and sub-canopy survival in monodominant and mixed forests of the Ituri Forest, Africa.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 11, n. 3, p. 443-459, ISSN 0266-4674, 1995.
- HART, T. B.; HART, J. A.; MURPHY, P. G. **Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence.** *American Naturalist*, v. 133, n. 5, p. 613-633, 1989.
- HENKEL, T. W. **Monodominance in the ectomycorrhizal *Dicymbecorymbosa* (Caesalpinaceae) from Guyana.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 19, n. 4, p. 417-437, ISSN 0266-4674, 2003.
- INSTITUTE, World Resources. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water.** Washington, DC. 80 pg. Millennium Ecosystem Assessment, *World Resources Institute*. ISBN 1-56973-597, 2005.
- HOLT, B. G.; LESSARD, J. P.; BORREGAARD, M. K.; FRITZ, S. A. F.; ARAÚJO, M. B.; DIMITROV, D.; FABRE, P. H.; GRAHAM, C. H.; GRAVES G. R.; JONSON, K. A.; NOGUÉS-BRAVO, D.; WANG, Z.; WHITTAKER, R. J.; FJELDSA, J.; RAHBECK, C.; **An Update of Wallace's Zoogeographic Regions of the World.** *Science*. 339: 74-78, 2013.
- JANZEN, D. H. **Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America.** *Evolution* 21: 620-637, 1967.
- KACHI, N. **Seedling Establishment of a Canopy Tree Species in Malaysian Tropical Rain Forests.** *Plant Species Biology*, v. 8, n. 2/3, p. 167-175, ISSN 0913557X, 1993.
- LOHMANN, L. G.; **Check-list das *Bignoniaceae* do estado de Mato Grosso do Sul.** *Iheringia, Série Botânica*, Porto Alegre, 73(supl.):157-162, 15 de março de 2018.
- LOPEZ, O.; KURSAR, T. **Interannual variation in rainfall, drought stress and seedling mortality may mediate monodominance in tropical flooded forests.** *Oecologia*, Berlin/Heidelberg, v. 154, n. 1, p. 35-43, ISSN 0029-8549, 2007.
- MAKANA, JR. et al. **Demography and biomass change in monodominant and mixed old-growth forest of the Congo.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 27, n. 05, p. 447-461, ISSN 0266-4674, 2011.
- MARIMON, B. S. et al. **Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub. (Moraceae): Structure and dynamics of natural regeneration.** *Acta Oecologica*, v. 43, p. 134-139, ISSN 1146-609X, 2012.
- MARIMON, B. S. **Leaf herbivory and monodominance in a Cerrado–Amazonia transitional forest, Mato Grosso, Brazil.** *Plant Biosystems*, v. 150, n. 1, p. 124-131, ISSN 11263504, 2016.
- MCGUIRE, K. L. **Recruitment dynamics and ectomycorrhizal colonization of *Dicymbecorymbosa*, a monodominant tree in the Guiana Shield.** *Journal of Tropical Ecology*, v. 23, n. 3, p. 297-307, ISSN 0266-4674, 2007.
- MCGRAW, J. B., ANTONOVICS, J. **Experimental ecology of *Dryas octopetala* ecotypes. I. Ecotypic differentiation and life-cycle stages of selection.** *Journal of Ecology* 71:879-98, 1983.

MICROSOFT. **Excel**. Disponível em: . <https://products.office.com/pt-br/excel>, 2016.

MUNGUÍA-ROSAS, M. A.; OLLERTON, J.; TABLA, V. P.; DE-NOVA, J. A.; **Meta-analysis of phenotypic selection on flowering phenology suggests that early flowering plants are favoured**. *Ecology Letters*, 14: 511–521 doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01601.x, 2011.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. **Population dynamics of five tree species in a monodominant Peltogyne forest and two other forest types on Maracá Island, Roraima, Brazil**. *Forest Ecology and Management*, v. 94, n. 1, p. 115-128, ISSN 0378-1127, 1997.

NASCIMENTO, M. T. et al. **Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests**. *Plant Ecology*, v. 192, n. 2, p. 181-191, ISSN 1385-0237, 2007.

MAYOR, J. R.; HENKEL, T. W. **Do ectomycorrhizas alter leaf-litter decomposition in monodominant tropical forests of Guyana?** *New Phytologist*, Oxford, UK, v. 169, n. 3, p. 579-588, ISSN 0028-646X, 2006.

MCGUIRE, K. et al. **Dual mycorrhizal colonization of forest-dominating tropical trees and the mycorrhizal status of non-dominant tree and liana species**. *Mycorrhiza*, Berlin/Heidelberg, v. 18, n. 4, p. 217-222, ISSN 0940-6360, 2008.

MCGUIRE, K. L. **Common ectomycorrhizal networks may maintain monodominance in a tropical rain forest**. *Ecology*, v. 88, n. 3, p. 567-574, ISSN 0012-9658, 2007.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; HARIDASAN, M. **Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brazil: II a forests in the Areões Xavante Indian Reserve**. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 58, n. 3, p. 483-497, ISSN 0960-4286, 2001.

NEWBERY, D. M.; BURGT, X. M. V. D. **Structure and inferred dynamics of a large grove of Microberlinia bisulcata trees in central African rain forest: the possible role of periods of multiple disturbance events**. *Journal of Tropical Ecology*, v. 20, n. 2, p. 131-143, ISSN 0266-4674, 2004.

OPLER, P. A., FRANKIE, G. W., BAKER, H. G. **Comparative phenological studies of tree and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica**. *J. Ecol.* 68:167-88, 1980.

PEH, K.; LEWIS, S.; LLOYD, J. **Mechanisms of monodominance in diverse tropical tree-dominated systems**. *Journal of Ecology*, v. 99, n. 4, p. 891-898, 2011. ISSN 0022-0477. Acesso em 14.04.2018. Disponível em: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2745.2011.01827.x>>.

PRIMACK, R.B. **Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals and single flowers**. *The Population Structure of Vegetation* (ed. J. White), pp. 571–593. Junk, Dordrecht, 1985.

READ, J.; JAFFR, T. **Population dynamics of canopy trees in new caledonian rain forests: Are monodominant *Nothofagus* (Nothofagaceae) forests successional to mixed rain forests?** *Journal of Tropical Ecology*, v. 29, n. 6, p. 485-499, ISSN 02664674, 2013.

REUTERS, T. **EndNote X5**. Thomson Reuters: Philadelphia, PA, USA, Mídia digital, 2011.

SCHAIK, C.P.; TERBORGH, J.W.; WRIGH, J.; **THE PHENOLOGY OF TROPICAL FORESTS: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers**. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24:353-377, 1993.

SHIRIMA, D. et al. **Does the abundance of dominant trees affect diversity of a widespread tropical woodland ecosystem in Tanzania?** *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v. 31, n. 4, p. 345-359, ISSN 02664674, 2015.

SUAZO-ORTUÑO, I. et al. **Land-use Change Dynamics, Soil Type and Species Forming Monodominant Patches: the Case of *Pteridium aquilinum* in a Neotropical Rain Forest Region.** *Biotropica*, v. 47, n. 1, p. 18-26, ISSN 0006-3606, 2015.

WALTHER, G.R.; POST, E.; CONVEY, P.; MENZEL, A.; PARMENSANK, C.; BEEBEE, T. J. C.; FROMENTIN, J. M.; GULDBERG, O. H.; BAIRLEIN, F.; **Ecological responses to recent climate change.** *NATURE*. VOL 416 .389-395, 2002.

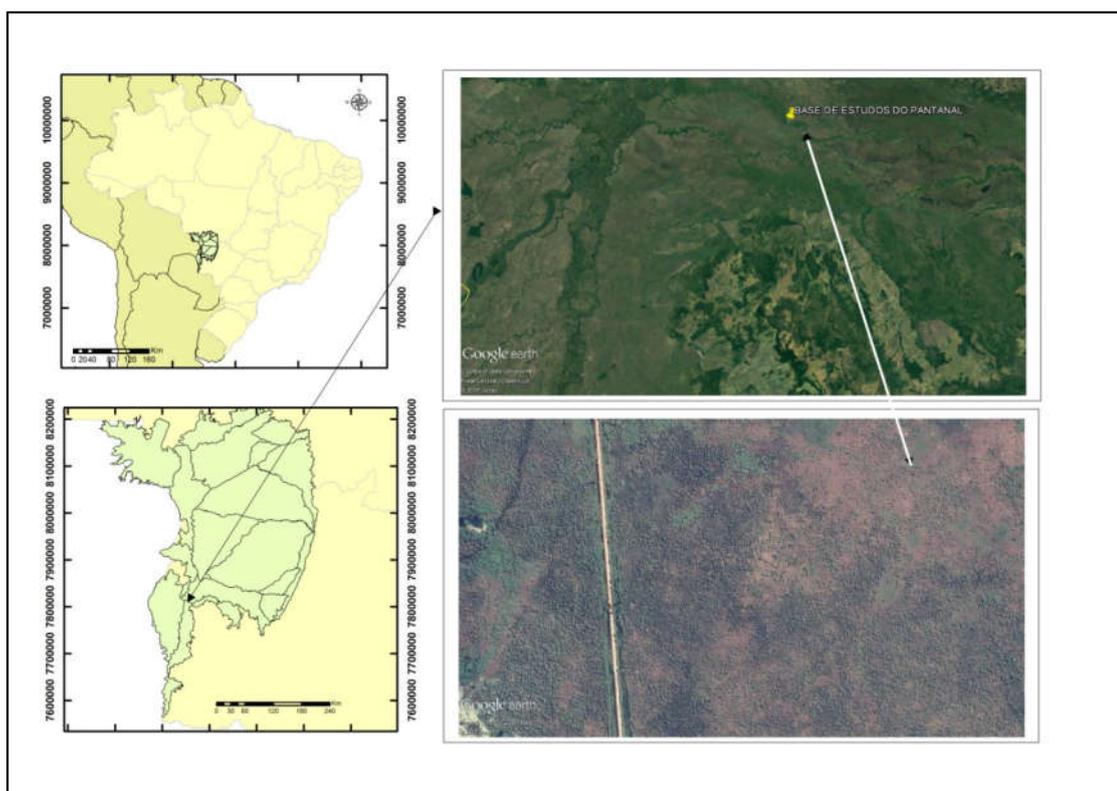
WOLKOVICH, E. M., B. I. Cook, and T. J. Davies. **Progress towards an interdisciplinary science of plant phenology: building predictions across space, time and species diversity.** *New Phytologist* 201: 1156–1162, 2014.

WOOLLEY, L. P.; HENKEL, T. W. SILLETT, S. C.; **Reiteration in the Monodominant Tropical Tree *Dicymbe corymbosa* (Caesalpiniaceae) and its Potential Adaptive Significance.** *Biotropica* 40(1): 32–43 2008 10.1111/j.1744-7429.00348.x, 2007.

## **5. GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA FENOLOGIA DO PARATUDAL NO PANTANAL SUL**

### **5.1 MATERIAS E MÉTODOS**

A delimitação da área de estudo foi realizada por meio de técnicas de interpretação visual (fotointerpretação) (Novo, 2010; Florenzano, 2011). Foi traçado um limite inicial com o *software Google Earth Pro*, (Google Inc., 2017) tomando como partida a Base de Estudos do Pantanal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (BEP – UFMS), latitude 19°34'29.00"S e longitude 57° 2'15.50"O (Figura 7). Foram utilizados como referência trabalhos anteriores que indicam a presença do Paratudal na área de estudo (Silva et al.1998; Ragusa-Netto, 2005; Ribeiro & Brown, 2002 ; 2006; Soares e Oliveira, 2009; Bueno et al. 2014).



**Figura 7.** Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Vetores com os limites da América do Sul e Brasil (IBGE, 2010). Vetor com o limite do Pantanal (Mioto et al. 2012). Imagens *Google Earth* (*Google Earth*, 2018).

Foi realizado trabalho de campo nos dias 03, 04 e 05 de dezembro de 2017, com os quais pode-se validar, através de análise e interpretação realizadas no *software Google Earth Pro* (Google Inc., 2017) a delimitação visual que tinha sido realizada anteriormente. Com os navegadores GNSS *Garmin Etrex 30* e *Monterra*, foram coletados 22 pontos de controle de campo próximos a parte norte da área, com câmera fotográfica Canon T3I, foram registradas fotos referentes a cada ponto de controle para posterior análise e validação (Tabela 3).

**Tabela 3.** Pontos de controle de campo.

<b>03.12.17</b>		
	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
P3	19°41'40.11"S	57° 0'6.81"O
P4	19°41'0.69"S	57° 0'28.18"O
P5	19°37'53.54"S	57° 2'1.19"O
P6	19°36'58.70"S	57° 2'5.05"O
<b>04.12.17</b>		
P1	19°38'32.17"S	57° 2'27.92"O
P2	19°38'9.78"S	57° 3'11.88"O
P3	19°36'9.30"S	57° 7'6.19"O

P4	19°34'0.82"S	57°11'15.69"O
P5	19°32'58.14"S	57°13'36.62"O
P6	19°34'11.38"S	57°16'54.14"O
P7	19°33'53.48"S	57°18'38.29"O
P10	19°33'42.61"S	57°19'49.98"O
P11	19°26'19.13"S	57°26'31.50"O
<b>05.12.17</b>		
P1	19°40'26.32"S	57° 1'9.03"O
P3	19°40'55.62"S	57° 1'46.08"O
P4	19°41'11.10"S	57° 2'5.87"O
P6	19°42'10.08"S	57° 3'20.99"O
P7	19°43'12.02"S	57° 4'3.51"O
P8	19°43'26.99"S	57° 4'14.46"O
P9	19°43'50.47"S	57° 4'32.09"O
P10	19°44'1.92"S	57° 4'40.50"O
P11	19°44'17.66"S	57° 4'52.14"O
P12	19°46'8.72"S	57° 6'17.80"O
P13	19°46'14.59"S	57° 6'27.21"O

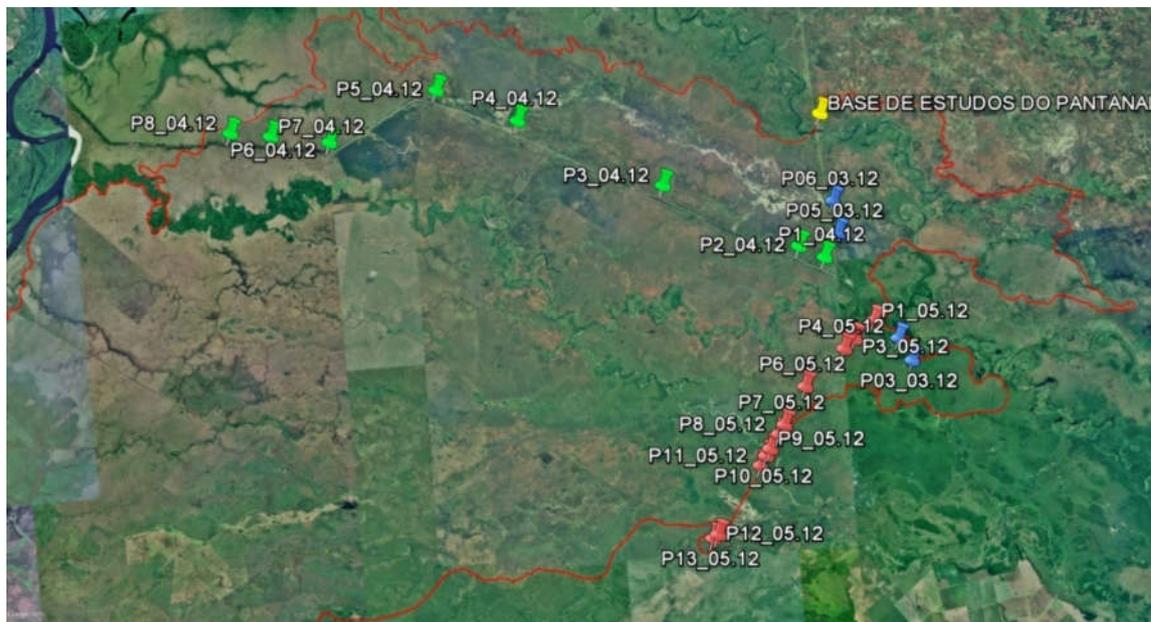
No período do trabalho de campo o clima era chuvoso e o Paratudal estava alagado (Figura 8).



**Figura 8.** Paratudal no ponto P7 de coordenadas: latitude 19°43'12.02"S e longitude 57° 4'3.51"O em 04 de dezembro de 2017.

A coleta de dados de campo permitiu validar o limite do Paratudal. Foram selecionadas quatro amostras ao norte da área de estudo, onde foi realizada validação *in loco* (Figura 9). No dia 22 de agosto de 2018, houve outro trabalho de campo, dessa vez para

verificar como estava o processo de floração dos ipês próximos à Base de Estudos do Pantanal (BEP – UFMS), nesta data eles estavam iniciando a floração.



**Figura 9.** Pontos coletados próximos a Base de Estudos do Pantanal (BEP-UFMS). Fonte: (Google Earth, 2018)

Como base cartográfica foram utilizadas imagens dos satélites Landsat5 sensor TM (Tabela 4), Landsat 7 sensor ETM+ (Tabela 5) e Landsat 8 sensor OLI (Tabela 6) - produto *Landsat Surface Reflectance* (que fornece imagens ortorretificadas, com correção atmosférica e com valores de radiometria convertidos para reflectância), órbita-ponto 226/74, obtidas pelo catálogo do Serviço Geológico Americano (USGS - *Earth Explorer* 2018). Sumarizando um total de 119 imagens de satélites (cenas) que estavam adequadas (sem nuvens) do período de 1984 a 2017 (Tabelas 4, 5 e 6).

**Tabela 4.** Data das imagens utilizadas dos anos 1984 até 2011 (77 imagens) do satélite Landsat5.

1984	1985	1986	1987	1988	1989
18/09/1984	14/04/1985	07/08/1986	19/03/1987	17/01/1988	16/09/1989
	17/06/1985	26/10/1986	25/07/1987	29/09/1988	02/10/1989
	19/07/1985		10/08/1987		21/12/1989
	08/11/1985		22/11/1987		
1990	1991	1992	1993	1994	1996
15/06/1990	20/07/1991	28/01/1992	22/05/1993	10/06/1994	28/04/1996
02/08/1990		20/06/1992	23/06/1993	12/07/1994	30/05/1996
21/10/1990		10/10/1992			02/08/1996
1997	1998	1999	2000	2001	2003
08/10/1997	20/05/1998	16/02/1999	02/01/2000	13/06/2001	09/10/2003

		23/05/1999	23/04/2000	03/10/2001	
		10/07/1999	09/05/2000		
		17/12/1999	28/07/2000		
			13/08/2000		
<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
13/01/2004	04/03/2005	10/05/2006	26/03/2007	03/11/2008	10/01/2009
05/06/2004	24/06/2005	13/07/2006	30/06/2007	09/12/2008	15/03/2009
23/07/2004	10/07/2005		02/07/2007		16/04/2009
24/08/2004	11/08/2005				03/06/2009
25/09/2004					06/08/2009
14/12/2004					07/09/2009
<b>2010</b>	<b>2011</b>				
18/03/2010	22/04/2011				
19/04/2010	11/07/2011				
05/05/2010	12/08/2011				
24/07/2010	13/09/2011				
28/10/2010					
30/11/2010					

**Tabela 5.** Data das imagens utilizadas (17 imagens) do satélite Landsat 7.

1999	2000	2001	2002	2003
22/10/1999	08/10/2000	28/01/2001	31/01/2002	23/03/2003
	27/12/2000	01/03/2001	04/03/2002	24/04/2003
		18/04/2001	05/04/2002	
		07/07/2001	23/05/2002	
		08/08/2001	24/06/2002	
			11/08/2002	
			15/11/2002	

**Tabela 6.** Data das imagens utilizadas (25 imagens) do satélite Landsat 8.

2014	2015	2016	2017
03/07/2014	11/01/2015	18/03/2016	21/03/2017
19/07/2014	20/06/2015	03/04/2016	22/04/2017
04/08/2014	07/08/2015	24/07/2016	30/08/2017
05/09/2014	11/11/2015	10/09/2016	25/06/2017
21/09/2014	13/12/2015	28/10/2016	11/07/2017
		15/12/2016	28/08/2017
			13/09/2017
			15/10/2017
			16/11/2017

Posteriormente, foi gerado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de todas essas cenas. O processamento dos dados foi realizado no programa SIG (Sistema de Informações Geográficas) livre e gratuito QGIS (QGIS *Development Team*, 2017).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por (Rouse et al., 1973) é calculado pela seguinte relação:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \text{ (equação 1)}$$

onde,

NIR: Reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo;

R: Reflectância da vegetação na banda do vermelho.

Os valores médios do NDVI são considerados uma medida indireta da complexidade do habitat, pois indicam a complexidade estrutural (vertical) e quantidade de fitomassa do habitat e o desvio padrão dos valores do NDVI é considerado uma medida indireta da heterogeneidade do habitat, pois indica a variação/dispersão da complexidade vertical e da fitomassa do ambiente no plano horizontal (Corrêa et al. 2011; Oliveira et al. 2012; Gamarra et al. 2016).

As imagens NDVI das diferentes datas foram recortadas utilizando os vetores (polígonos) das 4 amostras obtidas previamente. Para caracterização do Paratudal utilizando o NDVI, esperou-se que os valores médios se aproximem de formações savânicas/florestais e que os valores de desvio-padrão sejam baixos por se tratar de uma formação monoespecífica. Dessa maneira foi possível caracterizar a estrutura da vegetação do Paratudal e identificá-lo em imagens de satélite, sendo possível portanto, estabelecer a dinâmica fenológica da espécie, ou seja, como é o comportamento da espécie durante os meses do ano.

Foram feitos gráficos dos valores obtidos com o cálculo do NDVI, para todos os anos, tentamos buscar um padrão para estabelecer a distinção das fenofases de brotamento, floração, frutificação e senescência foliar. No caso de *Tabebuia aurea* esta distinção é visualmente perceptível e sequencial. No episódio de floração ela perde todas as folhas (provocando uma queda nos valores do NDVI) e há predominância da cor amarela das flores, as plantas florescem massiva e sincronicamente, por aproximadamente um mês, durante a estação seca (julho a setembro) (Barros, 2001). A frutificação sucede a floração e ocorre de setembro a outubro (Lorenzi, 2002). E o brotamento foliar é o evento que sucede os eventos reprodutivos (provocando um aumento nos valores do NDVI).

Também foram levantados dados de temperatura e precipitação do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, que abriga dados meteorológicos em formato digital da rede de estações do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 22 de outubro de 2018). As estações escolhidas foram as mais próximas da área de estudo, estações Corumbá e

Nhumirim Nhecolândia, para o período compatível com as imagens de satélite entre 01/01/1984 a 31/12/2017 (Tabelas 7 e 8)

**Tabela 7.** Dados de precipitação total, obtidos no INMET.

	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
<b>Janeiro</b>	104	164,7		94,2	67,5	264,9
<b>Fevereiro</b>	115,5	130		110,5	188,9	240,7
<b>Março</b>	47,4	173,5		170,9	102,1	136,4
<b>Abril</b>	53,6	118,4		79,4	39,6	56,4
<b>Mai</b>	22,8	25,5		7,8	64,4	11,6
<b>Junho</b>	1,2	0,3		4,3	45,9	3,7
<b>Julho</b>	0	51		14,5	12,2	18,2
<b>Agosto</b>	146,5	13,6		4,4	0	0
<b>Setembro</b>	117	58,9		1,3	1,1	3,2
<b>Outubro</b>	46	54,6	194,7	44,7	100,3	126
<b>Novembro</b>	298,8	65,2	130,7	37,3	158,9	187,4
<b>Dezembro</b>	279,3	60	164,2	258,3	234,8	129,6
	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
<b>Janeiro</b>	154	225,2	97,3	96,8	88,1	168,2
<b>Fevereiro</b>	41,6	110,4	283	9	245,3	74,4
<b>Março</b>	219	82,6	108,4	195	340,9	67,4
<b>Abril</b>	116	140,8	159,4	40	127	113,6
<b>Mai</b>	45,3	54,6	71,1	10,3	1,4	88,2
<b>Junho</b>	0	103,2	9,5	12,3	3	11
<b>Julho</b>	7,4	0	1	0	9	10,4
<b>Agosto</b>	25,8	11,5	30	0	124	10
<b>Setembro</b>	119,5	52,6	66,5	0	21	124,9
<b>Outubro</b>	95,8	57,6	159,2	50	51	219,6
<b>Novembro</b>	161,4	66,8	127,3	109,3	223,4	141,1
<b>Dezembro</b>	256,6	80,8	165,8	225,6	193,8	176,3
	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Janeiro</b>	40,6	183,8	63,4	275,4	162,2	282,2
<b>Fevereiro</b>	155,1	61	182,2	99,4	165,6	211,7
<b>Março</b>	131,1	107,5	56,2	37,4	152,2	31,8
<b>Abril</b>	50,6	84,4	75,5	41,6	54,6	10,4
<b>Mai</b>	39,6		158,7	44,2	52,5	85,4
<b>Junho</b>	0		21,9	33,6	2,6	0
<b>Julho</b>	7		8	27,4	14,2	12
<b>Agosto</b>	13,2		0,5	0	16,4	0
<b>Setembro</b>	28,1		17	45,6	31	0
<b>Outubro</b>			200	64,2	112,4	76,6
<b>Novembro</b>	26,2		278	126,5	183,4	176,7
<b>Dezembro</b>			60,4	171,9	209,3	91,4
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>

<b>Janeiro</b>	392,8	193,4	181,4	187,9	237,8	141
<b>Fevereiro</b>	167,6	146,4	64,4	153,9	127,8	22,9
<b>Março</b>	123	190,2	67,8	455,2	107,2	130,2
<b>Abril</b>	27	1,4	10,4	168,8	88,2	51,8
<b>Mai</b>	86	54,9	71,8	2,5	60,4	29,8
<b>Junho</b>	22,3	11,1	7,4	1	51,8	88,7
<b>Julho</b>	0	32,3	0	3,2	2,4	23,6
<b>Agosto</b>	4,6	56,6	0	2	0	0
<b>Setembro</b>	43,3	1,5	18,5	30	64,8	35,6
<b>Outubro</b>	85,9	101,8	96,3	150,1		17,7
<b>Novembro</b>	116,6	81,8	108,9	50,2		115,7
<b>Dezembro</b>	139,2	216,2	121,8	67,8		129,5
	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>		
<b>Janeiro</b>	89,5	61,4	261,2	302,4		
<b>Fevereiro</b>	64,4		149,5	107,6		
<b>Março</b>	173,7		81,2	109,9		
<b>Abril</b>	69,1		38,8	109,8		
<b>Mai</b>	274		29	96		
<b>Junho</b>	21,2		36,8	37		
<b>Julho</b>			0	0		
<b>Agosto</b>	5,2		91,3	84		
<b>Setembro</b>	68,6		27	6,2		
<b>Outubro</b>	49,6		56,8	239,2		
<b>Novembro</b>	234,8		147,2	102,3		
<b>Dezembro</b>	80,8			345,5		

Tabela 8. Dados de temperatura média, obtidos no INMET.

	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
<b>Janeiro</b>	27,2	27,1	27,4	27,6	27,3	27,2
<b>Fevereiro</b>	27,0	27,4	26,5	27,5	27,6	27,5
<b>Março</b>	27,8	27,0	27,3	26,5	27,7	27,0
<b>Abril</b>	24,3	25,5	26,0	25,7	24,7	25,9
<b>Mai</b>	24,7	24,7	22,0	23,8	22,0	23,6
<b>Junho</b>	21,0	21,0	21,1	21,9	22,0	19,0
<b>Julho</b>	22,9	21,1	19,4	20,7	22,1	20,0
<b>Agosto</b>	21,3	21,4	20,6	22,3	22,6	24,3
<b>Setembro</b>	24,6	25,1	24,3	25,9	25,1	23,0
<b>Outubro</b>	28,4	27,2	27,2	28,0	25,9	26,6
<b>Novembro</b>	27,0	27,9	28,5	27,4	26,9	26,8
<b>Dezembro</b>	26,2	29,6	27,9	27,6	27,8	27,9
	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>Janeiro</b>	27,5	28,4	28,3	28,5	27,5	28,1
<b>Fevereiro</b>	27,5	27,8	28,4	27,4	27,6	26,9
<b>Março</b>	26,5	27,6		26,3	27,0	27,8

<b>Abril</b>	24,8	26,6	25,6	24,0	25,8	26,7
<b>Mai</b>	23,1	21,8	22,3		22,2	24,9
<b>Junho</b>	22,1	21,8	21,9	21,2	19,4	21,1
<b>Julho</b>	21,8	22,8	21,0	18,2	21,9	21,1
<b>Agosto</b>	22,1	23,0	22,3	23,2	24,1	
<b>Setembro</b>	27,1	23,2	26,3	23,6	25,1	
<b>Outubro</b>	28,0	26,3	27,7	27,6	26,5	
<b>Novembro</b>	28,4	27,2	24,8	26,8	27,0	
<b>Dezembro</b>	28,1	27,2	27,9	27,4	26,6	
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Janeiro</b>		28,1	27,3	27,2	27,5	
<b>Fevereiro</b>			27,4	27,4	27,3	
<b>Março</b>		27,0	26,7	27,5	27,6	27,0
<b>Abril</b>	24,5	26,1	25,0	25,4	26,4	25,0
<b>Mai</b>		20,2	23,2	19,6		21,9
<b>Junho</b>		21,0	22,5	21,8		20,3
<b>Julho</b>		19,9	19,3	21,6		21,7
<b>Agosto</b>		21,5	22,3	22,8		24,0
<b>Setembro</b>		24,7	22,6	24,6		23,5
<b>Outubro</b>		25,9	27,0	27,0		26,7
<b>Novembro</b>		26,4	27,2	26,9		27,4
<b>Dezembro</b>		27,6	27,3	27,3		27,3
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Janeiro</b>	26,8	27,2	27,1			27,0
<b>Fevereiro</b>	27,1	28,1	26,6			26,6
<b>Março</b>	27,2	28,2	26,6	26,5		
<b>Abril</b>	25,5	25,5	26,6			
<b>Mai</b>	23,4	20,9	22,8	22,9		
<b>Junho</b>	20,1	21,9	21,4	21,4		
<b>Julho</b>	21,2	20,1	21,6			
<b>Agosto</b>	22,7	21,8	22,3		25,1	
<b>Setembro</b>	24,9	26,1	25,2	26,7		
<b>Outubro</b>	27,9	26,5	26,7		27,9	
<b>Novembro</b>	28,9	25,9	27,7			27,6
<b>Dezembro</b>	27,7	28,3				
	<b>2017</b>					
<b>Janeiro</b>	27,5					
<b>Fevereiro</b>	27,3					
<b>Março</b>	27,1					
<b>Abril</b>	25,1					
<b>Mai</b>	24,5					
<b>Junho</b>						
<b>Julho</b>						
<b>Agosto</b>						
<b>Setembro</b>						
<b>Outubro</b>	26,6					

Novembro	
Dezembro	

Foram criados dois gráficos, um com as médias de temperatura e precipitação para obter as normais climáticas dos meses do ano e outro gráfico com a média de temperatura e soma de precipitação anual, para avaliar o comportamento dessas variáveis ao longo dos anos.

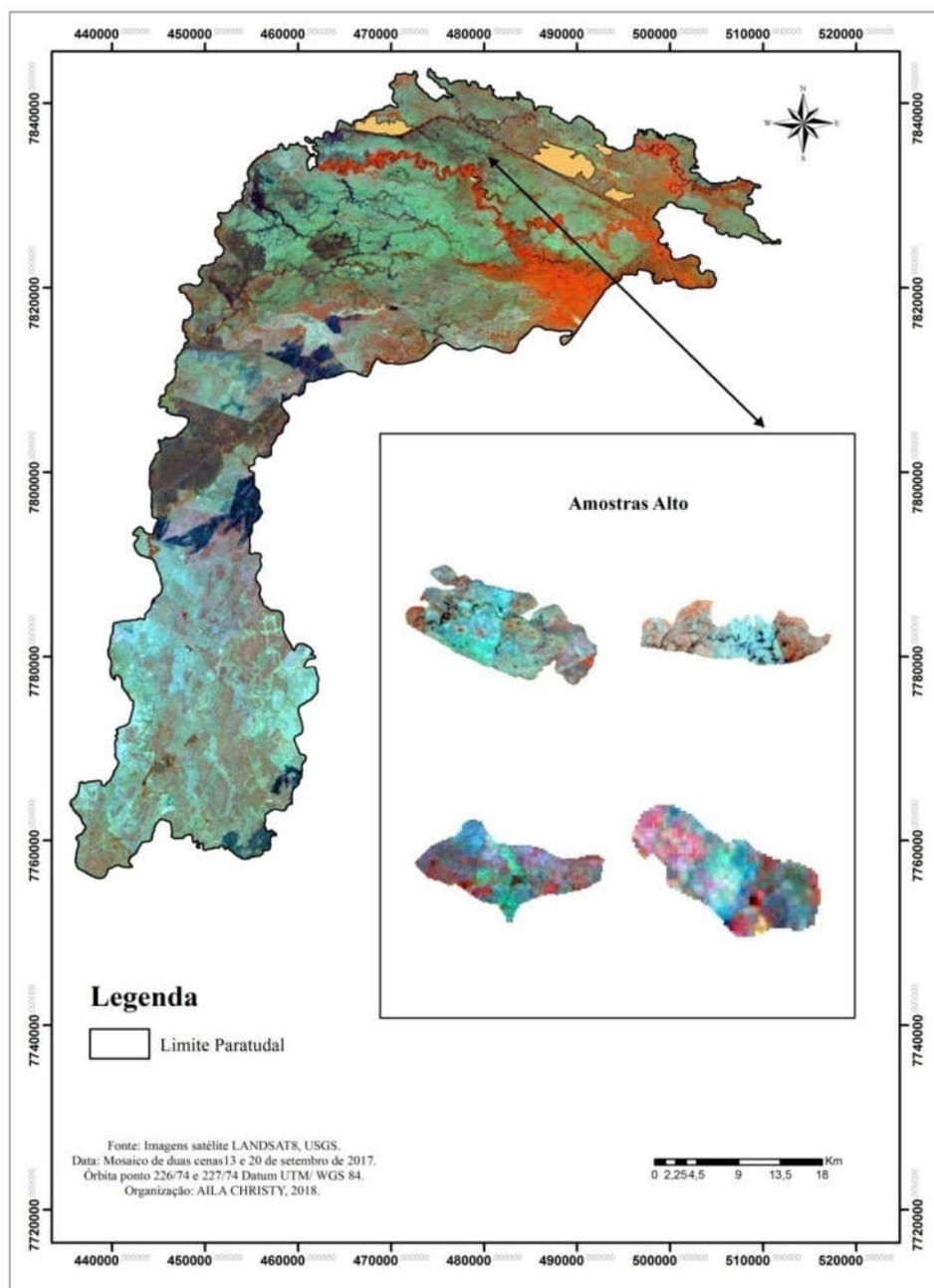
Foi utilizada a classificação proposta por Pell et al. (2007), onde o clima do Pantanal é descrito como sendo o Aw, com dois períodos distintos de regime de temperatura e chuva um período mais seco com temperaturas mais amenas (maio a setembro) e um período chuvoso com médias de temperaturas mais altas (entre outubro e abril).

Para a análise de correlação entre os dados de NDVI, temperatura e chuva, foram aplicadas duas equações estatísticas, a regressão polinomial (quadrática) e a regressão linear simples com os dados de NDVI, temperatura e chuva de 65 casos que tinham todos os dados disponíveis das três variáveis propostas.

Para o gráfico de interpretação da fenologia, onde constam os valores de médias mínimas e médias máximas do NDVI de todos os meses do ano, foram utilizados os menores e maiores valores de médias de cada mês.

## 5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação gerada indica que o Paratudal está distribuído entre as coordenadas 19°34'29.00"S/57°2'15.50"O ao norte e 20°15'30.87"S/7°30'36.93"O ao sul, possuindo uma área total equivalente a 209.841,64 ha (Figura 10).



**Figura 10.** Delimitação do Paratodal no Pantanal Sul e das amostras utilizadas.

A interpretação visual ou fotointerpretação (Novo, 2010; Florenzano, 2011), demonstrou ser eficaz para a delimitação de áreas que ainda não possuem um limite específico, como o Paratodal. Pesquisas envolvendo o *software Google Earth*, (Ayach et al., 2012; Junior & Ferreira, 2013; Ávila & Oliveira, 2013) já comprovaram sua eficácia, para mapeamento ambiental, porém isso ainda é pouco explorado no Pantanal, principalmente em

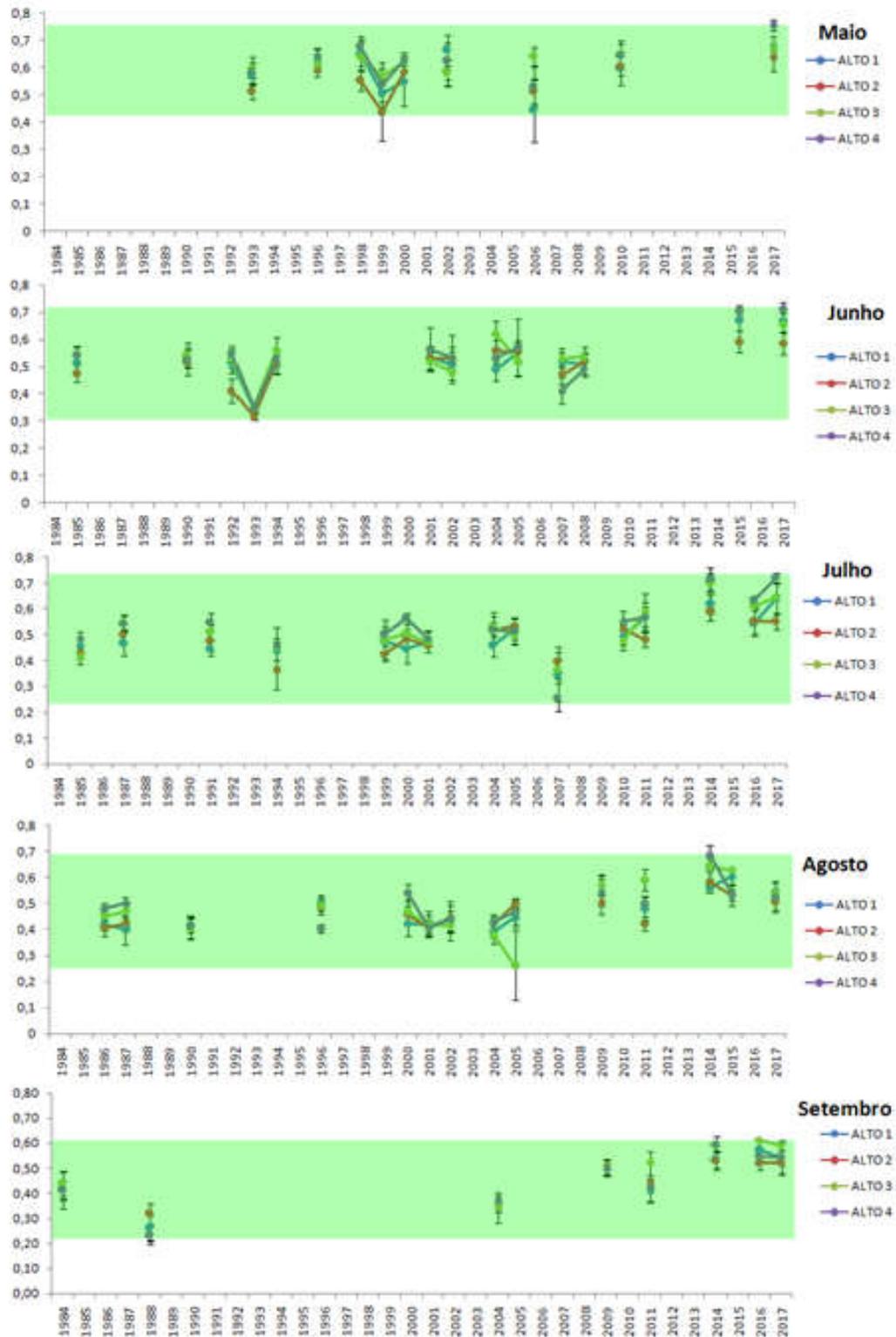
escala local, acredita-se que os autores, preferem trabalhar com escalas regionais (Silva & Abdon, 1998; Miotto et al., 2012) devido à sua grande extensão territorial, porém fica a ressalva de que é uma excelente ferramenta para esse tipo de pesquisa.

As amostras correspondentes foram chamadas de amostras alto 1, 2, 3 e 4. Optou-se por este nome, pois elas correspondem a área norte da delimitação geral. Os valores do NDVI variaram entre 0,66 e 0,78 para média e de 0,01 a 0,07 para desvio-padrão (Tabela 9).

**Tabela 9.** Valores de NDVI para amostras de validação de área do Paratudal.

AMOSTRAS	NDVI	
	Média	Desvio-padrão
<b>Norte do Paratudal</b>		
Amostra alto 1	0,73	0,04
Amostra alto 2	0,66	0,07
Amostra alto 3	0,81	0,01
Amostra alto 4	0,78	0,03

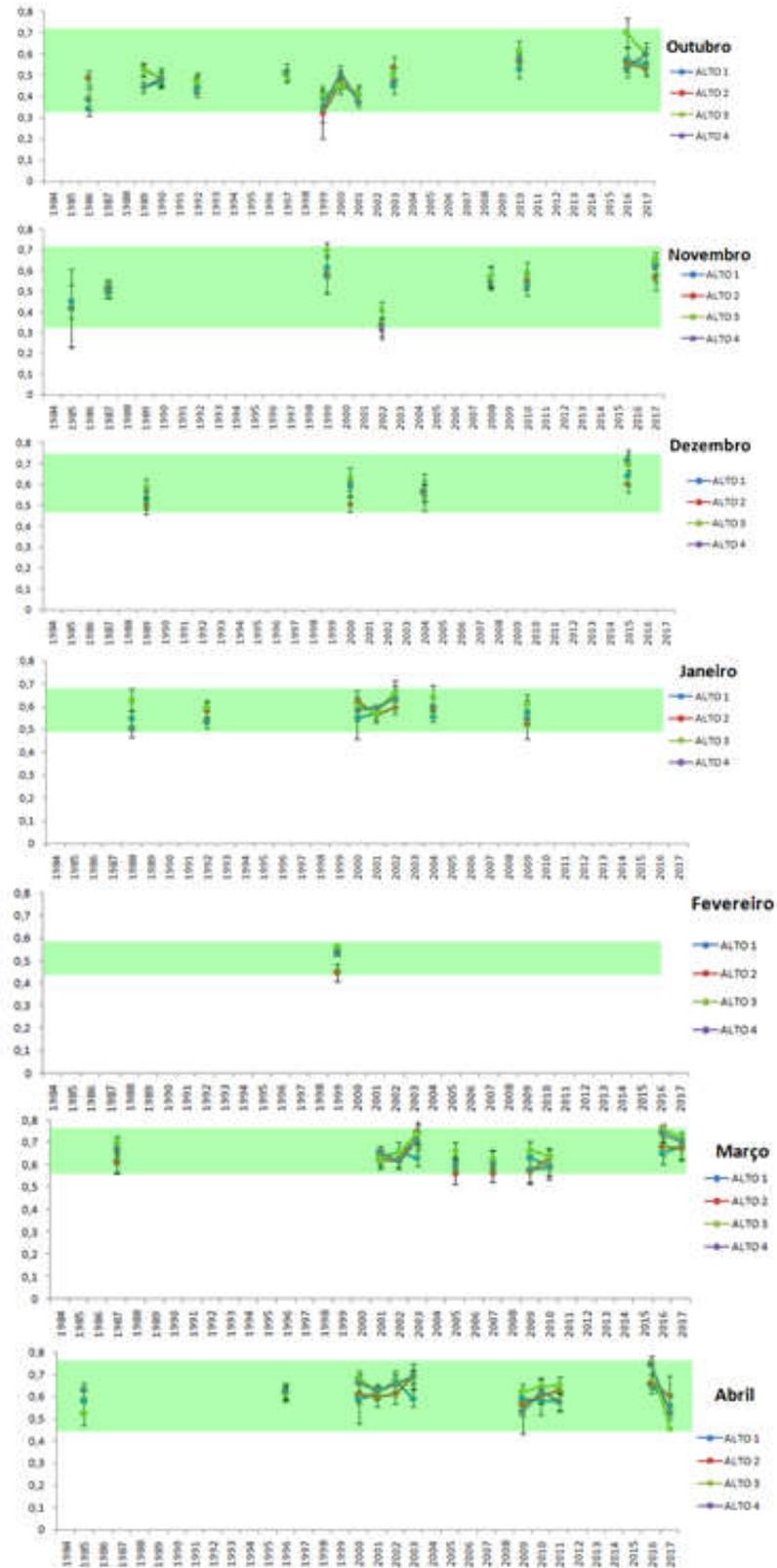
Os valores médios do NDVI para a época seca variaram entre 0,24 (setembro) e 0,44 (maio) para média mínima do NDVI. A média máxima variou entre 0,61 (setembro) e 0,72 (julho). Já o desvio-padrão variou de 0,00 (setembro) a 0,13 (agosto). A área verde destaca a variação na amplitude dos valores de média, máximos e mínimos (Figura 11).



**Figura 11.** Valores de média e desvio-padrão do NDVI, entre os anos de 1984 a 2017 para os meses de seca (maio a setembro). A área em destaque na cor verde representa a amplitude dos valores de média, máximo e mínimo em cada mês.

Os valores médios do NDVI para a época de chuva variaram entre 0,33 (novembro) e 0,56 (março) para média mínima do NDVI. A média máxima variou entre 0,56 (fevereiro) e 0,76 (março). Já o desvio-padrão variou de 0,00 (abril) a 0,19 (novembro). A área verde destaca a variação na amplitude dos valores de média máximos e mínimos (Figura 12).

Detectar mudanças em qualquer fenofase requer primeiro estabelecer um comportamento médio, a partir do qual os desvios possam ser quantificados, exigindo conjuntos de dados cobrindo vários ciclos (Fenner, 1998; Diez et al., 2012; Abernethy et al., 2018). Destacando o papel necessário de séries temporais fenológicas de longo prazo (Tang et al. 2016), e as mudanças relacionadas ao clima principalmente em sistemas tropicais (Morellato et al., 2016), existem poucos locais de estudo com monitoramento fenológico de mais de 10 anos (Abernethy et al. 2018). Devendo ainda ser levado em consideração que a baixa qualidade ou inexistência de dados como temperatura, chuva, ou insolação, e de medidas mais exigentes, como concentrações de nutrientes, presença de poluentes ou genótipo, torna difícil as análises detalhadas e robustas de fatores desencadeantes das fenofases (Abernethy et al., 2018). O entendimento dos padrões fenológicos é importante pois, as mudanças na fenologia, podem afetar o ecossistema através de mudanças nas interações ecológicas, (Encinas-Viso et al., 2012) bem como na distribuição de espécies, gerando um efeito cascata nos ecossistemas (Kissling & Bohning-Gaese, 2008; Butt et al., 2015).

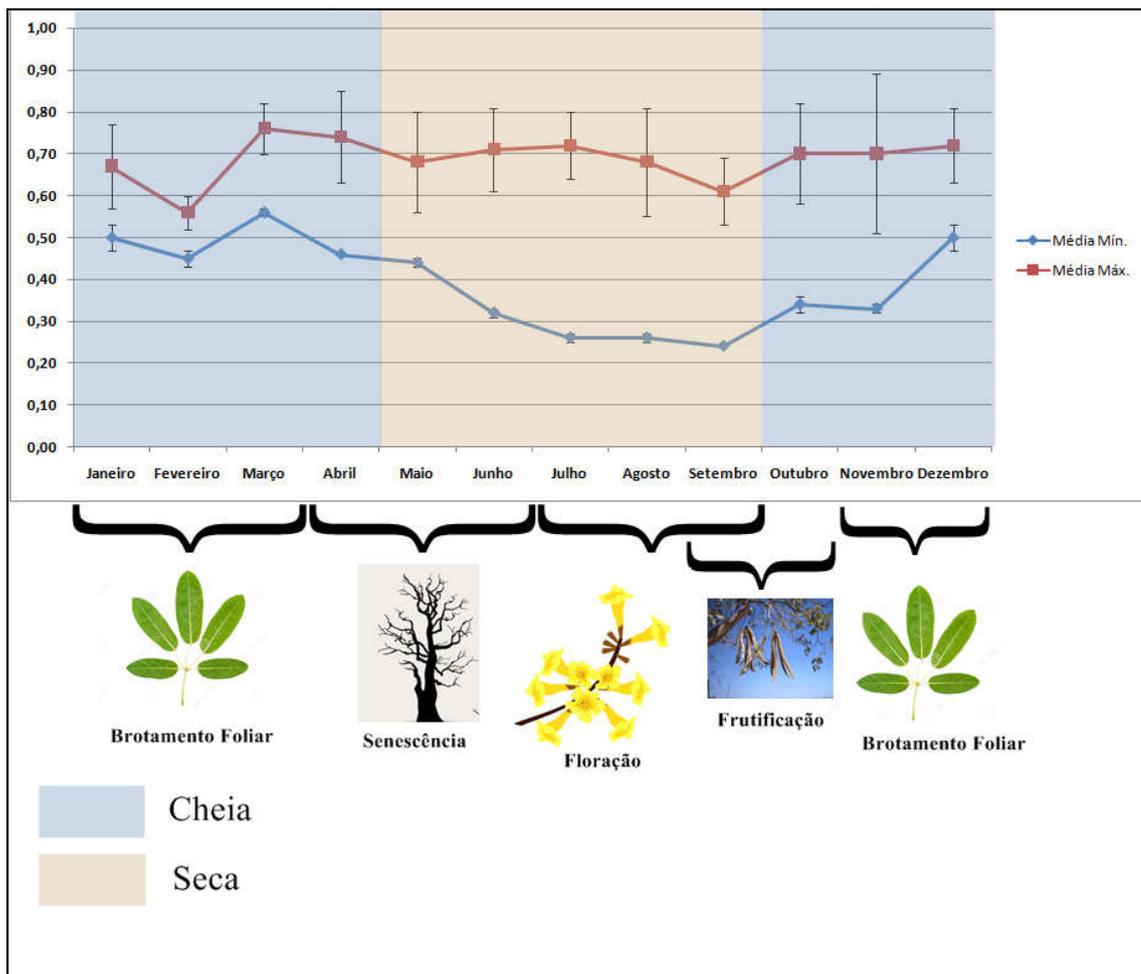


**Figura 12.** Valores de média e desvio-padrão do NDVI, entre os anos de 1984 a 2017 para os meses de chuva (outubro à abril). A área em destaque na cor verde representa a amplitude dos valores de média, máximo e mínimo em cada mês.

A partir da interpretação das médias do NDVI, constatou-se que na época seca os valores são menores e seguem decrescendo, como já era esperado, pois com a perda de folhas (senescência foliar) os valores do NDVI caem drasticamente também, pois sua resposta está fortemente relacionada a fitomassa foliar (fotossinteticamente ativa). Já na época de chuva (outubro a abril) os valores são maiores e seguem aumentando indicando que a variação do NDVI acompanha o padrão de precipitação, isso pode estar associado ao fato de que na época de chuva, o brotamento foliar é maior, e com maior quantidade de folhas a resposta (valores médios) do NDVI também é maior devido à maior fitomassa fotossinteticamente ativa.

A diversidade de estratégias fenológicas entre as plantas lenhosas de Cerrado mostra que as variações sazonais não são determinantes exclusivos do processo reprodutivo. A diversidade fenológica do Cerrado tem uma função na manutenção das comunidades vegetais na medida em que proporciona uma distribuição espacial temporal dos eventos reprodutivos, relaxando a competição e permitindo uma utilização mais eficiente de recursos nutricionais e também dos serviços de polinização e dispersão (Oliveira, 2008). No Pantanal é esperado uma dinâmica semelhante ao que se encontra no Cerrado, se levarmos em conta o domínio climático em que se encontra. E fatores locais (como inundação, disponibilidade de nutrientes e interações bióticas) podem atuar na intensidade e sincronia populacional das fenofases.

Pode-se constatar as fenofases da *Tabebuia aurea* no Pantanal sul através dos valores de média e desvio-padrão do NDVI, com a linha de tendência que une os valores de média podemos perceber que entre os meses de outubro e março temos um aumento na média, chegando ao seu máximo em março, onde indica uma fase gradiente e crescente da média do NDVI. Esse período em que a planta está produzindo suas folhas, sendo que o mês de março indica o pico de média o que está relacionado com mais folhas na árvore (brotamento foliar), sendo caracterizada pelo maior valor de média do NDVI. Entre os meses de maio e julho, temos uma queda na média do NDVI indicando perda de folhas, (senescência foliar). Entre os meses de julho e setembro, temos uma estabilidade na média (floração), período o qual está registrado na literatura que ocorre a floração (Figura 13).

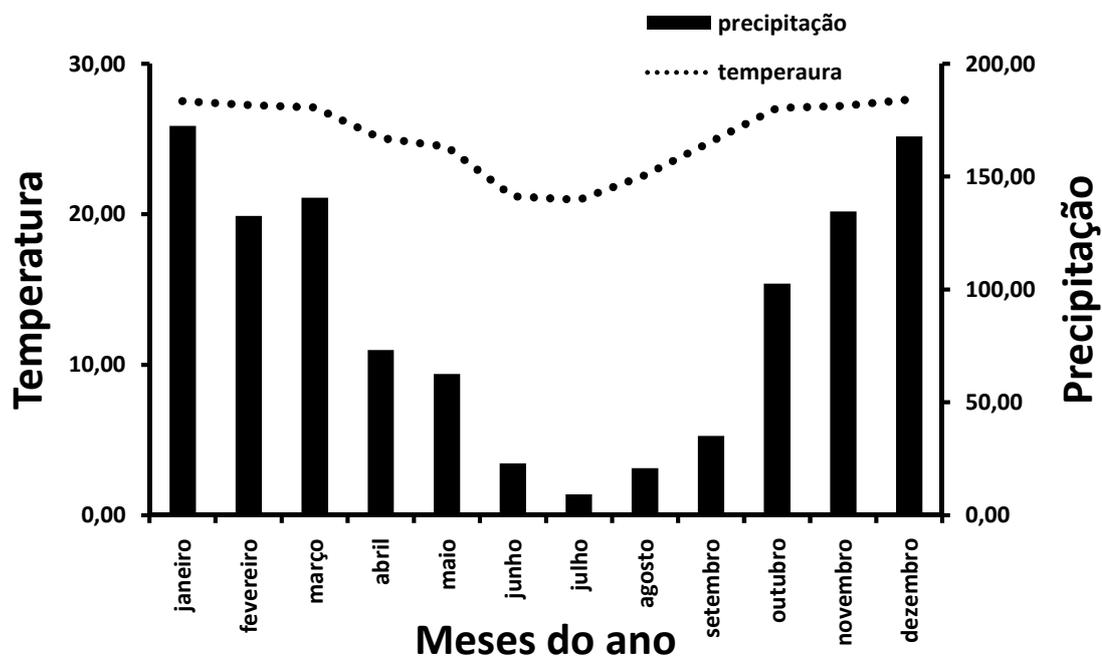


**Figura 13.** Valores máximos e mínimos de média e desvio-padrão para todos os meses dos anos de 1984 até 2017. As setas pretas indicam desvio-padrão máximo e mínimo.

Sabe-se que a floração da *Tabebuia aurea* coincide com a estação seca, isso é um indicativo que o fator abiótico é importante para a explicação de suas fenofases, sendo comum no Cerrado brasileiro que a floração e frutificação sejam desencadeadas por períodos de estiagem (Guilherme, 2015), isso está de acordo como padrão de floração "*big bang*" das Bignoniaceae estabelecido por Gentry (1974), que é caracterizado pela floração maciça e sincrônica dos indivíduos, durante poucos dias do ano na estação seca e está associada a uma estratégia da espécie para atrair polinizadores (Barros, 2001).

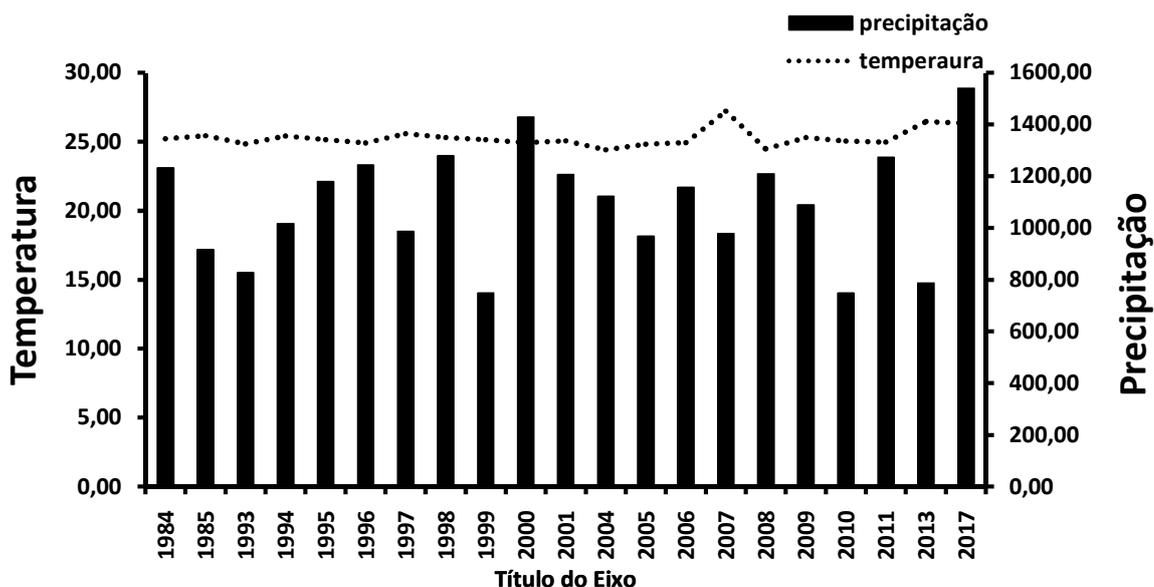
O tipo de clima descrito para o Pantanal é Aw, caracterizado por dois períodos distintos de regime de temperatura e chuva (Pell et al. 2007), um período mais seco com temperaturas mais amenas (maio a setembro) e um período chuvoso com médias de temperaturas mais altas (entre outubro e abril) (Figura 14).

O período de floração indica uma associação, ao se observar as normais climáticas (Figura 14), onde temos pouca precipitação nos meses de julho a setembro, com leves quedas na temperatura. O florescimento e amadurecimento de frutos na estação seca é uma estratégia para garantir o sucesso reprodutivo no Cerrado, pois as sementes tem melhores chances de germinação e estabelecimento com o início das chuvas (Gouveia & Felfili, 1998).



**Figura 14.** Normais climáticas entre os meses do ano. Elaborado com os valores de média mensal de temperatura e precipitação dos anos de 1984 até 2017.

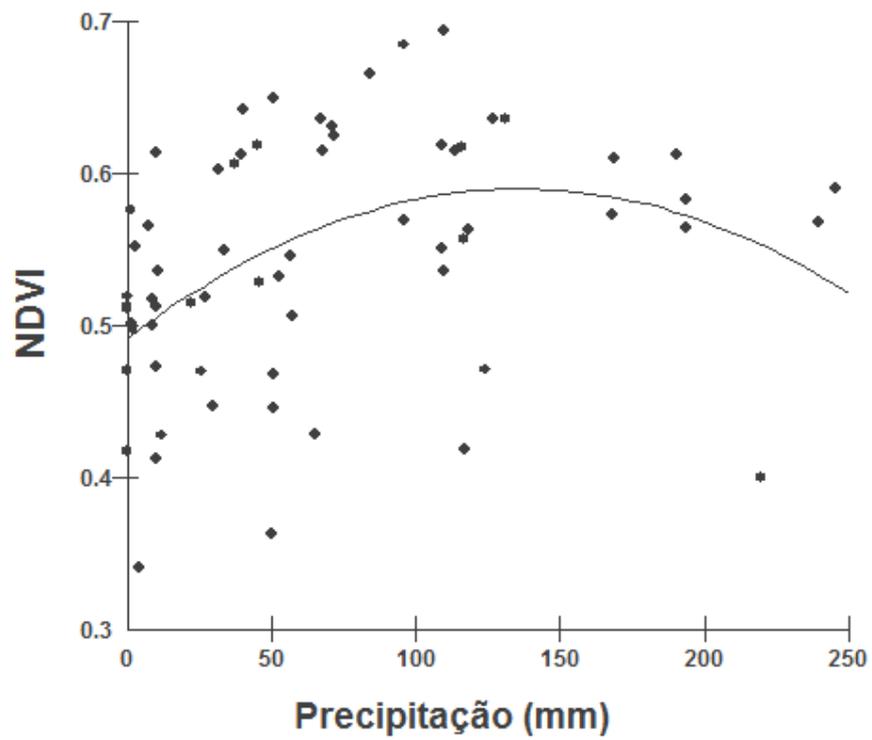
As temperaturas médias entre os anos de 1984 a 2017 ocorrem entre 24,4 °C e 27,2 °C, bem como a média de precipitação anual é de 1.091 mm (Figura 15).



**Figura 15.** Dados climáticos de temperatura média e precipitação total acumulada entre os anos de 1984 a 2017. Fonte: Estações Nhumirim Nhecolândia-MS e Corumbá-MS (INMET)

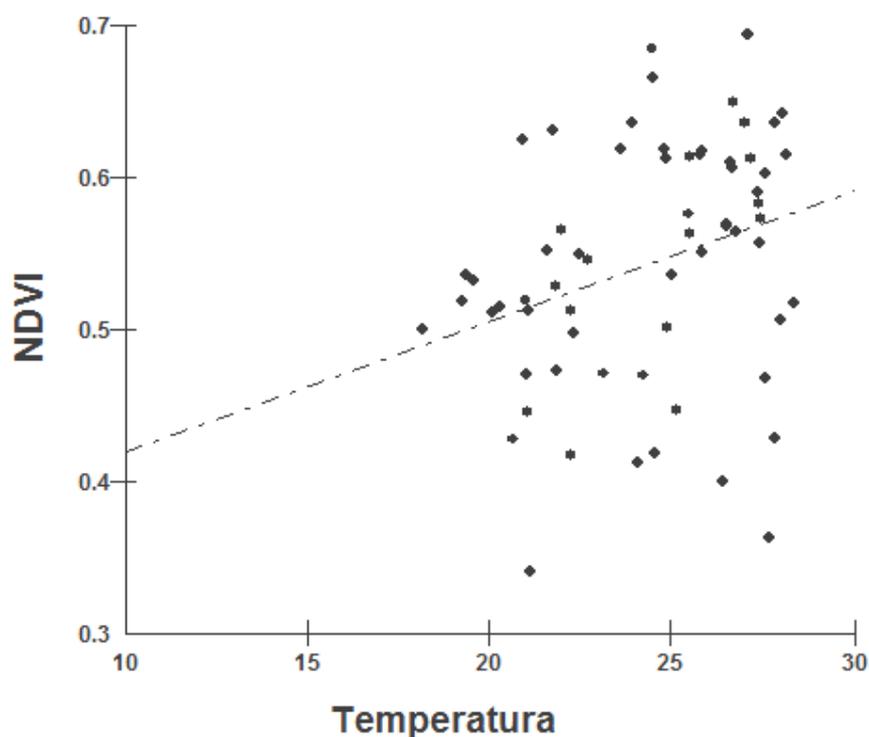
O clima é apontado como fator fundamental para entender a fenologia e comportamento das espécies e padrões fenológicos (Chuine & Beaubien 2001; Belo et al., 2013; Morellato et al., 2016) ainda mais em formações tropicais, onde os eventos fenológicos parecem se ajustar à variação anual na precipitação e temperatura (Wright & van Schaik 1994).

Para a regressão polinomial (quadrática) com dados de NDVI e precipitação de 65 casos foi significativo ( $F(2,62)=7,2211$ ;  $GL=1$  e  $p=0,0019$ ); o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) = 0,1889; e  $y=0.4916+(0.002)X+(0)X^2$  (Figura 16).



**Figura 16.** Regressão polinomial (quadrática) com dados de NDVI e precipitação.

Para a regressão linear simples com os dados de NDVI e temperatura de 65 casos, foi significativo ( $F=6,2661$ ;  $gl=1$ ;  $p=0.0142$ ), com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) = 0,0905; e  $y=0.335+0.009X$  (Figura 17).



**Figura 17.** Regressão linear simples com os dados de NDVI e temperatura.

A partir da análise da regressão polinomial (quadrática) (Figura 16) e da regressão linear simples (Figura 17), as relações foram significativas, porém com baixa porcentagem de explicação da variação. Para a variável de precipitação teve um ajuste polinomial e para a temperatura um efeito mais linear. Como a duração e o período de floração é similar em diferentes locais estudados, há um indicativo de controle genético do período de floração. Desta forma, fatores locais como fogo, inundação, disponibilidade de nutrientes, interações bióticas e demais perturbações poderiam estar mais associados com a intensidade e sincronia da fenofase.

Há de se destacar que a análise fenológica em nível de paisagem (Yu et al, 2015), que é o caso deste estudo, pode ser complementada com dados populacionais e infrapopulacionais (indivíduos, ramos, inflorescências) para se verificar a intensidade e sincronia. Pois, no nível populacional é possível associar os fatores que se referem ao investimento energético entre os episódios reprodutivos. Ou seja, é conhecido que para algumas populações de plantas o investimento em reprodução pode variar em longo prazo, com indivíduos que não se reproduzem ou mesmo que se reproduzem com menor intensidade em um determinado ano (Faria & Araujo, 2016). A metodologia estabelecida ainda pode ser melhor explorada para o

monitoramento de formações monodominantes, tendo em vista que os valores de média e desvio-padrão do NDVI, oferecem dados confiáveis para este tipo de pesquisa (Piao et al., 2006; Brown et al. 2010; Pan et al. 2015).

### 5.3 CONCLUSÃO

A variação fenológica do Paratudal nessa região possui um padrão fenológico com suas fenofases bem marcadas, no mês de março (brotamento foliar), de maio a julho (senescência), de julho a setembro (floração), a partir do mês de setembro ela passa pelo processo de frutificação e então reinicia o ciclo. Os fatores climáticos explicaram uma baixa porcentagem do efeito sobre a variação fenológica, o que pode indicar um indicativo de controle genético do período de floração para a espécie *T. aurea*. A aplicação da técnica do NDVI se mostrou eficaz para este tipo de pesquisa, servindo de base metodológica para futuras aplicações em formações monodominantes.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, K.; BUSH, E. R.; FORGET, P. M.; MENDOZA, I.; MORELLATO, P. C.; **Current issues in tropical phenology: a synthesis** (2018). *BIOTROPICA* 50(3): 477–482, 10.1111/btp.12558, 2018.
- ADAMOLI, J.; **Zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações**. In: *Encontro sobre sensoriamento remoto aplicado a estudos no Pantanal*. 1995, Corumbá. Anais. São José dos Campos: Inpe, p.15-17, 2005.
- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Brasília: *EMBRAPA*, 464p., 1998.
- ALVES, F. M.; LEHN, C. R.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SARTORI, A. L. B.; POTT, A.; POTT, V. J.; BORTOLOTO, I. M.; ISHII, I. H.; SALIS, S. M.; URBANETZ, C.; BUENOS, M. L.; SCIAMARELLI, A.; **Coleções Botânicas do estado de Mato Grosso do Sul: situação atual e perspectivas**. *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, **73**(supl.):**93-100**, 15 de março de 2018.
- ALHO, C.J.R.; **Concluding remarks: overall impacts on biodiversity and future perspectives for conservation in the Pantanal biome**. *Braz. J. Biol.*, vol. 71, no. 1 (suppl.), p. 337-341, 2011.
- ALHO, C.J.R.; **Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation**. *Braz. J. Biol.* 68 (4, Suppl.): 957-966., 2008.
- ARRUDA, W. de S.; OLDELAND, J. PARANHOS, A.C.; POTT, A.; CUNHA, N. ; ISHII, I. H.; DAMASCENO-JUNIOR. **Inundation and Fire Shape the Structure of Riparian Forests in the Pantanal, Brazil**. *PLOS ONE*, June 9, DOI:10.1371/journal.pone.0156825, 2016.

AYACH, L. R.; CUNHA, E. R. da; SILVA, L. F.; BACANI, V. M.; **Utilização de imagens Google Earth para mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do córrego Indaiá, MS. REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1801 – 1811, 2012.

ÁVILA, R. de.; OLIVEIRA, L. C. N. de; **Uso do Quantum GIS e Google Earth para delimitação e análise de áreas de preservação permanentes da sub-bacia do córrego Água Branca em Goiânia.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 2013.

BUTT, N., L. SEABROOK, M. MARON, B. LAW, T. DAWSON, J. SKYTUS, AND C. MCALPINE. **Cascading effects of climate extremes on vertebrate fauna through changes to low-latitude tree flowering and fruiting phenology.** *Glob. Chan. Biol.* 21: 3267–3277, 2015.

BARROS, M. G.; **Pollination ecology of *Tabebuia aurea* (Manso) Benth.& Hook. and *T. ochracea* (Cham.) Standl.(Bignoniaceae) in Central Brazil cerrado.vegetation.** *Revista brasil.Bot.*, São Paulo, V.24, n.3, p.255-261, set. 2001.

BENCKE, C. S.C.; MORELLATO, L. P. C.; **Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação.** *Rev. bras. Bot.* [online]. vol.25, n.3, pp.269-275.ISSN 0100-8404. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003>, 2002.

BEAUBIEN, E. G.; CHUINE, I.; **Phenology is a major determinant of tree species range.** *Ecology Letters*4:500-510, 2001.

BELO, R. M.;NEGREIROS, D.; FERNANDES, W. G.;SILVEIRA, F. A. O.;RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C.; **Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil.** *Rodriguésia* vol.64 no.4 Rio de Janeiro out./dez. <http://dx.doi.org/10.1590/S2175-78602013000400011>, 2013.

BUSETTO, L.; COLOMBO, W.R.; MIGLIAVACCA, M.; CREMONESE, E.; MERONI, M.; GALVAGNO, M; ROSSINI, M.; SINISCALCO, C.; MORRA DI CELLA U.; PA, R I.; **Remote sensing of larch phenological cycle and analysis of relationships with climate in the Alpine region.** *Global Change Biology* 16, 2504–2517, doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02189.x, 2010.

BUENO, M. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de.; PONTARA, V.; POTT, A.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; **Flora arbórea do Cerrado de Mato Grosso do Sul.** *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, 73(supl.):53-64, 15 de março de 2018

BROWN, M. E.; de BEURS, K.; VRIELING, A.; **The responde of African land surface phenology to large scale climate oscillations.** *Remote Sensing of Enviroment.* v.114, ed. 10 - 2286-2296, 2010.

BUENO, ML; DAMASCENO-JUNIOR, GA; POTT, A.B.; PONTARA V.; SELEME, EP; FAVA, WS. d.; SALOMÃO, A. K. D.; RATTER, J.A. **Structure of arboreal and herbaceous strata in a neotropical seasonally flooded monodominant savanna of *Tabebuia aurea*.** *Brazilian Journal of Biology*, vol. 74, no. 2, p. 325-337 32. <http://dx.doi.org/10.1590/15196984.16612.>, 2014.

BUSH, E. R.; BUNNEFELD, N.. DIMOTO, E.; DIKANGADISSI, J. T.; JEFFERY, K.; TUTIN,C.; WHITE, L.; ABERNETHY, K.; **Towards effective monitoring of tropical phenology: maximizing returns and reducing uncertainty in long-term studies.** *BIOTROPICA* 50(3): 455–464, 2018.

CAMARGO, M. G. G.; CARVALHO, G. H.; ALBERTO, B. C.; REYS, P.; MORELLATO, P. P. C.; **Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody community.** *BIOTROPICA* 50(3): 442–454, 2018.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. (Ed) **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 345p., 2001.

CHAMBERS, L. E., R. ALTWEGG, C. BARBRAUD, P. BARNARD, L. J. BEAUMONT, R. J. M. CRAWFORD, J. M. DURANT, L. HUGHES, M. R. KEATLEY, M. LOW, L. P. C. MORELLATO, E. S. POLOCZANSKA, V. RUOPPOLO, R. E. T. VANSTREELS, E. J. WOEHLE, AND A. C. WOLFAARDT. **Phenological Changes in the Southern Hemisphere.** *PLOS ONE* 8: e75514., 2013.

CHAPIN F.S. et al.; **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**, 3. DOI 10.1007/978-1-4419-9504-9\_1, © Springer Science+Business Media, LLC 2011.

CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. **Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore.** *Acta Botanica Brasílica*, Porto Alegre, v.17, n.4, p.609-617, 2003.

CONNELL, J. H. and LOWMAN, MD. **Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence.** *American Naturalist*, vol. 134, no. 1, p. 88-119. <http://dx.doi.org/10.1086/284967>, 1989.

CORRÊA, C.C. PIMENTA, M. DUTRA, S.L. MARCO JÚNIOR, P. **Utilização do NDVI na avaliação da resposta de besouros herbívoros à complexidade e heterogeneidade ambiental em diferentes escalas no Bioma cerrado.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Curitiba, p. 3103-3110., 2011.

CHMURA, H. E.; KHAROUBA, H. M.; ASHANDER, J.; EHLMAN, S.M.; RIVEST, E.B.; YANG, L. H.; **The mechanisms of phenology: the patterns and processes of phenological shifts.** *Ecological Monographs*. <https://doi.org/10.1002/ecm.1337>, 2018.

DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; POTT, A.; NEVES, D. R. M.; SCIAMARELLI, A.; FINA, B. G.; **Flora lenhosa de Florestas estacionais do estado de Mato Grosso do Sul: estado da arte.** *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, 73(supl.):65-79, 15 de março de 2018.

DIEZ, J. M.; IBANHEZ, I.; RUSHING, A. J. M.; MAZER, S. J.; CRIMMINS, T. M.; CRIMMINS, M. A.; BERTELSEN, D. C.; INOUE, D. W.; **Forecasting phenology: from species variability to community patterns.** *Ecology Letters* 15: 545–553, 2012.

ENCINAS-VISO F.; REVILLA, T. A.; ETIENNE, R. S.; **Phenology drives mutualistic network structure and diversity.** *Ecology Letters* 15: 198–208, 2012.

FARIA, R. R.; ARAUJO, A. C.; **Flowering phenology and floral visitors in distylous populations of *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae) in Brazilian Cerrado.** *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 101: 636-647., 2016.

FARINACCIO, M. A.; ROQUE, F. de O.; GRACIOLLI, G.; SOUZA P. R. de S.; PINTO, J. O. P.; **A flora no Biota-MS: montando o quebra-cabeçada biodiversidade de Mato Grosso do Sul.** *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, 73(supl.):11-17, 15 de março de 2018.

FENNER, M; **The phenology of growth and reproduction in plants.** *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Vol. 1/1, pp. 78–91, 1998.

FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA Manuel Eduardo; **Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da arte.** *Acta Scientiarum Biological Sciences*. Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3º ed. Ampl. e Atual.– São Paulo: Oficina de Textos, 125 p., 2011.

GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. **Uso do NDVI na Análise da Estrutura da Vegetação e Efetividade da Proteção de Unidade de Conservação no Cerrado, Curitiba – PR,** Vol. 37, p. 307-332, 2016.

GIRARD, P.; IBRAHIM F. C.; OLIVEIRA, S. M. L. de; HAMILTON, S. K.; **Small-scale spatial variation of inundation dynamics in a floodplain of the Pantanal (Brazil).** *Hydrobiologia* 638:223–233. DOI 10.1007/s10750-009-0046-9, 2010.

GONÇALVES, H. C.; MERCANTE M.A.; SANTOS, E.T. **Hydrological cycle.** *Braz. J. Biol.*, vol. 71, no. 1 (suppl.), p. 241-253, 2011.

GEWIN, V. **Mapping opportunities.** *Nature* 427. p. 376-377, 2004.

GENTRY, A. H.; **Flowering phenology and diversity in Tropical Bignoniaceae.** *Biotropica*. 6 (1):64-68, 1974.

GUILHERME, F. A. G. et al. **Vegetative and reproductive phenology of *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae) under the effects of leaf harvesting.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 1, p. 77-85, ISSN 1519-6984., 2015.

GOOGLE. **Google Earth. Version Pro.** Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/desktop/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.

GOUVEIA, G. P.; FELFILI, J. M. **Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central.** *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 22, n.4, p.443-450, 1998.

HAMILTON, S. K. **Hydrological controls of ecological structure and functions in the Pantanal Wetland (Brazil).** *The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands*. IAHS Special Publication no. 6, 2002.

HOLANDA, A. S. S.; GUERRA, C.E.; **Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI.** *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001-005, 2010.

HUDSON, I; KEATLEY, M.R; **Phenological Research Methods for Environmental and Climate Change Analysis.** *Springer Science+Business Media B.V.* 2010. ISBN 978-90-481-3334-5 e-ISBN 978-90-481-3335-2 DOI 10.1007/978-90-481-3335-2.

INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos climáticos. Disponível para acesso em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>> Acesso em 20 de outubro de 2018.

INOUYE, D.W. **Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers.** *Ecology* 89:353-362, 2008.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em :<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 22 de outubro de 2018

INSTITUTE, World Resources. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water.** Washington, DC. 80 pg. Millennium Ecosystem Assessment, *World Resources Institute*. ISBN 1-56973-597-2, 2005.

JACKSON, R.D.; HUETE, A.R. **Interpreting vegetation indices.** *Prev. Vet. Med.*, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 185-200, 1991.

JUNK, W.J. & C. da Silva. **O conceito do pulso de inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso.** In: **II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal: Manejo e Conservação.** pp. 17-28. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Pantanal), Corumbá, Brasil, 1999.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.S.; **The flood pulse concept in river – floodplain systems.**In: DODGE, DP.,Ed. Proceedings of the International Larger River Symposium - LARS. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W.J., CUNHA, CN., WANTZEN, KM., PETERMANN, P., STRÜSSMANN, C., MARQUES, MI. and ADIS, J., **Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil.** *Aqua Science*, vol. 69, no. 3, p. 278-309, 2006.

JUNIOR, E. A. M.; FERREIRA, M. C.; **Estimativa de largura de rios, a partir de imagens do Google Earth e mapas de hierarquia fluvial, para o mapeamento de Áreas de Preservação Permanente na alta bacia do rio Jaguari, MG.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 2013.

KISSLING, W. D.; BOHNINH-GAESE K.; **Spatial patterns of woody plant and bird diversity: functional relationships or environmental effects?** *Global Ecology and Biogeography*, 17, 327–339, 2008.

LEEMANS R.. (ed.) **Ecological Systems: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology.** DOI 10.1007/978-1-4614-5755-8\_1, *Springer Science+BusinessMedia* , New York, 2013.

LIU, W.T.H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande: Ed. UNIDERP. 881p.

LORENZI, H.; **Árvores Brasileiras.** 4 ed. Plantarum. Nova Odessa. 384 p., 2007.

MIOTO, C. L.; PARANHOS, A. C.; ALBREZ, E. A.; **Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal.** *Entre-Lugar*, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 165 - 180, 2., 2012.

MYNENI, R.B. et al. **The interpretation of spectral vegetation indexes.** *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.* 33, 481–486, 1995.

MORELLATO, L. P. C., B. ALBERTON, S. T. ALVARADO, B. BORGES, E. BUISSON, M. G. G. CAMARGO, L. F. CANCIAN, D. W. CARSTENSEN, D. F. E. ESCOBAR, P. T. P. LEITE, I. MENDOZA, N. M. W. B. ROCHA, N. C. SOARES, T. S. F. SILVA, V. G. STAGGEMEIER, A. S. STREHER, B. C. VARGAS, AND C. A. PERES. **Linking plant phenology to conservation biology.** *Biol. Cons.* 195: 60–72, 2016.

MORELLATO, L. P. C., L. F. ALBERTI, AND I. L. HUDSON. **Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach.**In I. L. Hudson, and M. R. Keatley (Eds.). *Phenological research*, pp. 339– 359.Springer Netherlands, Dordrecht., 2010.

NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. **A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical forest trees at La Selva, Costa Rica.** *Biotropica*.26:141-159, 1994.

NUNES DA CUNHA, C. et al. **Mapping and characterization of vegetation units by means of Landsat imagery and management recommendations for the Pantanal of Mato Grosso (Brazil), north of Poconé.** *Amazoniana*, v. 19, n. 1-2, p. 1-32, 2006.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto.** Princípios e Aplicações. São Paulo: Edgard BlucherLtda, 1993, 2008, 2010..

OLIVEIRA, E. F. SILVA, E. A. FERNANDES, C. E. PARANHOS FILHO, A.C. GAMARRA, R. M. RIBEIRO, A. A. BRAZIL, R.P. OLIVEIRA, A.G. **Biotic factors and occurrence of Lutzomyialongipalpis in endemic area of visceral leishmaniasis, Mato Grosso do Sul, Brazil.** *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* (Impresso), 2012.

OLIVEIRA, P. E.; In: SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; (Org.). **Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado.** *Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados*, v. 1, p. 273-290, 2008.

PARANHOS FILHO, A.C. MIOTO, C.L. MARCATO JÚNIOR, J. CATALANI, T.G.T. **Geotecnologias em Aplicações Ambientais.** 1 ed. Campo Grande-MS: *Editora UFMS*, 2016.

PAN,Z. K.; HUANG, J. F.; ZHOU, Q. B.; WANG, L. M.; CHENG, Y. X.; ZHANG, H. K.; BLACKBURN, G. A.; YAN, J.; LIU, J. H.; **Mapping crop phenology using NDVI time-series derived from HJ-1 A/B data.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. v. 34, 188-197, 2015.

PEDRONI, F. SACHEZ, M.; SANTOS FLAVIO A.M. **Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil.** *Revista Brasil. Bot.*, V.25, n.2, p.183-194, jun., 2002.

PELL, M.C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.** *Australia, Hydrology and Earth System Sciences* v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PIAO, S. L.; FANG, J. Y.; ZHOU, L. M.; CIAIS, P.; ZHU, B.; **Variations in satellite-derived phenology in China's temperate vegetation.** *Global Change Biology*, v.12 ed.4 672-685, 2006.

POTT, A. and ADAMOLI, J., **Unidades de vegetação do Pantanal dos Paiaguás.** *In Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal.*Corumbá: CPAP-EMBRAPA, UFMS. p. 183-202, 1996.

POTT, A. & POTT, V.J. **Plantas do Pantanal.**Brasília: *Embrapa*. 320 p, 1994.

POTT, A. & POTT, V.J.; **Vegetação do Pantanal: fitogeografia e dinâmica.** *Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Corumbá, 7-11, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.1065-1076, 2009.

POTT, A., OLIVEIRA, A. K. M., DAMASCENO-JUNIOR, G. A., SILVA, J. S. V.; **Plant diversity of the Pantanal wetland.***Brazilian Journal of Biology*., vol. 71, no. 1 (suppl.), p. 265-273, 2011.

- POTT, A.; SARTORI, A. L. B.; **Conhecimento florístico-taxonômico sobre a Flora Sul-Mato-Grossense: ontem e hoje.** *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, **73**(supl.):18-21, 15 de março de 2018.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação.** São Paulo: Parêntese, 127p, 2007.
- PONZONI F.J; SHIMABUKURO Y.E; KUPLICH T.M; **Sensoriamento remoto da vegetação.** Oficina de Textos, 2012.
- QGIS Development Team. **QGIS versão 2.18.** 2017. Disponível em <[http://www.qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](http://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html)>. Acesso em março de 2017.
- RANKINE, C. et al. **Comparing MODIS and near-surface vegetation indexes for monitoring tropical dry forest phenology along a successional gradient using optical phenology towers.** *Environmental Research Letters*, v. 12, n. 10, ISSN 1748-9326, 2017.
- RAGUSA-NETTO, J. **Extensive consumption of *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. (Bignoniaceae) nectar by parrots in a tecoma savanna in the southern Pantanal (Brazil).** *Braz. J. Biol.*, 65(2): 339-344, 2005.
- REICH, P. B.; BORCHERT, R.; **Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia Neocrysantha* (Bignoniaceae).** *Ecology*, 63(2), pp. 294-299, 1982.
- RICHARDSON, A. D., T. F. KEENAN, M. MIGLIAVACCA, Y. RYU, O. SONNENTAG, AND M. TOOMEY. **Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system.** *Agri. For. Meteorol.* 169: 156–173, 2013.
- RIBEIRO, S. P. & BROWN, V. K.; **Insect herbivory within tree crowns of *Tabebuia aurea* and *T. ochracea* (Bignoniaceae): contrasting the Brazilian cerrado with the wetland ‘Pantanal Matogrossense.** *Selbyana*, 120, 159–170, 1999.
- RIBEIRO, S. P. & BROWN, V. K.; **Tree species monodominance or species-rich savannas: the influence of abiotic factors in designing plant communities of the Brazilian cerrado and the Pantanal matogrossense – a review.** *Ecotropica*, 8, 31–45, 2002.
- RIBEIRO, S. P. & BROWN, V. K. **Prevalence of monodominant vigorous tree populations in the tropics: herbivory pressure on *Tabebuia* species in very different habitats.** *Journal of Ecology*, 2006, 94, 932–941, 2006.
- ROBINSON, N. P. et al. **A dynamic landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States.** *Remote Sensing*, v. 9, n. 8, 2017.
- ROUSE, J.W. HAAS, R.H. SCHELL, J.A. DEEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Third ERTS (Earth Resources Technology Satellite) Symposium, Greenbelt, MD, NASA (National Aeronautics and Space Administration) SP-351 I pp. 309-317. 1973.**
- ROUGHGARDEN, J.; RUNNING, S.W.; MATSON, P.A. **What does Remote Sensing do for Ecology?.** *Ecology*. 72(6). pp 1918-1922. 1991.
- ROOT, R.B. **Organization of a plant-arthropod association in a simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*).** *Ecological Monographs* 43:95-124. 1973.

RODRIGUES, H. G.; MAITI, R.; SARKAR, N. C.; **Phenology of Woody Species: a Review.** *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 5(3):436-443, 2014.

RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C.; **Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil.** *Acta Bot. Bras.* vol.24 no.3 São Paulo jul./set. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000300019>, 2010.

SALIS, S. M.; MATTOS, P. P.; **Fenologia de *Acrocomia totai* Mart. e *Copernicia alba* Morong no Pantanal.** (1994) In: *CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 2., 1994, Londrina. Programa e Resumos. Londrina: Universidade Estadual de Londrina / Sociedade de Ecologia do Brasil, 1994. p.504.

SANO S.M; ALMEIDA S.P; RIBEIRO J.F; **Cerrado Ecologia e Flora**, vol. 2. *Embrapa Informação Tecnológica, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, Brasília, p 1279, 2008.

SANTOS, J. S. dos; PEREIRA, G.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F.; **Identificação de Áreas alagadas no Bioma Pantanal-Brasil- Utilizando dados multitemporais TERRA/MODIS.GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 34, Número Especial, p. 745-755, dez. 2009.

SARTORI, A. L. B.; POTT, V. J.; POTT, A.; CARVALHO, F. S.; **Check-list das Angiospermas do Chaco de Mato Grosso do Sul.** *Iheringia*, Série Botânica, Porto Alegre, 73(supl.):22-33, 15 de março de 2018

SCREMIN-DIAS, E.; LORENS-LEMKE, A.P.; OLIVEIRA, A.K.M.; **The floristic heterogeneity of the Pantanal and the occurrence of species with different adaptive strategies to water stress.** *Braz. J. Biol.*, vol. 71, no. 1 (suppl.), p. 275-282, 2011.

SPANNER, M.A., Pierce, L.L., Running, S.W., Peterson, D.L.; **The seasonality of AVHRR data of temperate coniferous forests: relationship with leaf area index.** *Remote Sensing Environ.* 33, 97–112., 1990.

SCHWARTZ, M.D.; **Phenology: An Integrative Environmental Science.** *Springer Science+Business Media B.V.* DOI 10.1007/978-94-007-6925-0\_21, 2013.

SHIMABUKURO, Y.E.; NOVO, E.M.; PONZONI, F.J. **Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p.1729-1737, 1998.

SILIO-CALZADA, A. et al. **Long-term dynamics of a floodplain shallow lake in the Pantanal wetland: Is it all about climate?** *Science of the Total Environment*, v. 605, p. 527-540, ISSN 0048-9697, 2017.

SILVA, M. P; MAURO, R.; MOURÃO, G; COUTINHO, M; **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo.** *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, V.23, n.2, p.143-152, jun. 2000.

SILVA, João dos Santos Vila; ABDON, Myrian de Moura; **Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-Regiões.** *Pesquisa Agropecuária de Brasília*, Número Especial, p.1703-1711, Out.1998.

SILVA, J. S. V. da; ABDON, M. de M.; BOOCK, A.; SILVA, M.P.; **Fitofisionomias dominantes em parte das sub-regiões do nabileque e Miranda, sul do Pantanal.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.33, Número Especial, p.1713-1719, out. 1998.

SILVA, MARTA PEREIRA DA et al. **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo.** *Rev. bras. Bot.*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 143-152, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042000000200004>, 2000.

SILVA, M. C.; **Diversidade genética, sistema de reprodução, estrutura genética espacial e fluxo gênico em *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore no Cerrado.** *Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.* Tese de Doutorado em Recursos Florestais. 161 pg, 2010.

SOARES, J. J.; OLIVEIRA, A. K. M.; **O Paratodal de Pantanal de Miranda.** *Revista Árvore.* Viçosa, v. 33, n. 2, p. 339-347, mar./apr., 2009.

SUN, C., KAPLIN, B. A., KRISTENSEN, K.A., MUNYALIGOGA, V., MVUKIYUMWAMI, J., KAJONDO, K. & MOERMOND, T.C.; **Tree phenology in a tropical montane forest in Rwanda.** *Biotropica* 28:668-681, 1996.

TANG, H.; ZHU, Z.; CHEN B.; ZHANG B.; XIN X.; **Variability and Climate Change Trend in Vegetation Phenology of Recent Decades in the Greater Khingan Mountain Area, Northeastern China.** *Remote Sens.*, 7, 11914-11932; doi:10.3390/rs70911914, 2015.

TANG, J.; KOMER, C.; MURAOKA, H.; PIAO, S.; MIAOGEN, S.; THACKERAY, S. J.; YANG, X.; **Emerging opportunities and challenges in phenology: a review.** *Ecosphere.* August v Volume 7(8)v Article e01436, 2016.

TANSLEY, A.G.; **The use and abuse of vegetational concepts and terms.** *Ecology* 16: 284-307, 1935.

TESTA, S. et al. **MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 64, p. 132-144, ISSN 0303-2434., 2018.

TURNER M.G.; GARDNER R.H.; O'NEIL R.V.; **Landscape ecology in theory and practice: pattern and process.** *Springer*, New York, 2001.

US Geological Survey – Departamento de Pesquisas Geológicas dos Estados Unidos. Imagens dos Satélites LANDSAT 5 7 e 8 sensor TM. Bandas 3 e 4. Órbita/Ponto 226/074. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

VAN VLIET A.J.H; BRAUN P; BRUGGER R. et al.; **The European phenology network; Nature's calendar on the move.** *Wageningen University*, Wageningen, 2003.

VAN SCHAİK, C. P.; WRIGHT, S. J.; **Light and the phenology of tropical trees.** *American Naturalist* 143: 192-199, 1994.

VERBESSELT, J.; HYNDMAN, R.; NEWNHAM, G.; CULVENOR D.; **Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series.** *Remote Sensing of Environment* 114, 106-115, 2010.

WANG, Z.X. et al. **From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation-index research.** *Acta Ecologica Sinica*, Amsterdam, v. 23, n. 5, p. 979-988, 2003.

WOOD, P. J.; BURLEY, J.; **A tree for all reasons: Introduction and evaluation of multipurpose trees for agroforestry.** *Science and Practice of Agroforestry*; ICRAF, Nairobi, Kenya. 158p, 1991.

YU, L., T. LIU, K. BU, F. YAN, J. YANG, L. CHANG, AND S. ZHANG.; **Monitoring the long term vegetation phenology change in Northeast China from 1982 to 2015.***Sci. Rep.* 7: 14770, 2015.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.