



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



ANA MARIA DE MENEZES ZANONI

**FRUTIFICAÇÃO E DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ESPÉCIES LENHOSAS DE
LEGUMINOSAE EM VEGETAÇÃO SAZONAL DE CHACO BRASILEIRO**

Orientação: MARIA ROSÂNGELA SIGRIST (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Polinização, Reprodução e Fenologia de Plantas. 79070-900. Campo Grande, MS, Brasil).

Co-orientação: LIANA BAPTISTA DE LIMA (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Sementes. 79070-900. Campo Grande, MS, Brasil).

**Campo Grande/MS
2018**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**



ANA MARIA DE MENEZES ZANONI

**FRUTIFICAÇÃO E DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ESPÉCIES LENHOSAS DE
LEGUMINOSAE EM VEGETAÇÃO SAZONAL DE CHACO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, do Instituto de Biociências/UFMS.

**Campo Grande/MS
2018**

Dedico a minha família, pois
foram minha força quando tudo
parecia perdido, foram meus
abraços quando era motivo de
alegria e foram meu porto, pois
sempre soube pra onde voltar.

AGRADECIMENTOS

CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida e sem a qual não seria possível a realização desse sonho;

A minha mãe Cleonice Alexandre de Menezes Zanoni e meu pai José Carlos Zanoni que dedicaram muito de seu tempo e dinheiro apostando na educação de nós três e nos amando incondicionalmente;

A meus irmãos, cunhadas (os), sogro (a) e sobrinhos que sempre me apoiaram em minhas escolhas com palavras de incentivo e amor;

Ao Luiz Henrique Brito Mongelos, por ser essa pessoa extraordinária e paciente, fundamental em minhas vitórias, independente da distância ou das dificuldades;

À minha co-orientadora Liana Baptista de Lima e orientadora Maria Rosângela Sigrist por acreditarem no meu potencial e contribuírem para meu amadurecimento;

Aos meus professores Arnildo Pott, Vali Joana Pott, Liana Baptista de Lima, Ângela Sartori e Flávio Macedo Alves por me servirem de inspiração;

Aos meus amigos que sempre se preocuparam comigo e me deram força;

Aos meus colegas de mestrado os quais tive o prazer de trabalhar junto durante esses dois anos e tenho um carinho imenso;

Aos meus amigos do laboratório (LabSem) que me auxiliaram no beneficiamento das sementes e nas coletas. Cada gota do suor de vocês foi fundamental para realização do meu sonho e obrigada pela amizade;

À amiga Geisieli Arruda pela ajuda com as análises circulares;

À amiga Camila pela ajuda com Programa R e coleta de dados meteorológicos

Ao Wesley e Luan pelos dados coletados que foram fundamentais para a realização deste trabalho;

Aos técnicos do laboratório de Botânica Helena Soria Teixeira, João Roberto Fabri Tamires Yule por toda ajuda e companheirismo durante as viagens.

Obrigada.

ORIENTAÇÕES GERAIS

Nesta dissertação investigamos a frutificação e alguns aspectos da germinação de sementes de três importantes espécies do Chaco brasileiro, *M. hexandra*, *Pa. praecox* e *Pr. rubriflora*, (Leguminosae, Caesalpinioideae) com o intuito de verificar se há relação entre o período (estação) de dispersão dos diásporos e dormência nas sementes destas espécies. Para tanto, cumprimos os objetivos específicos, que são também os objetivos do manuscrito oriundo desta dissertação: (i) determinar o padrão de frutificação e de dispersão dos diásporos destas espécies, relacionando as fenofases frutos imaturos e maduros (em dispersão) com alguns fatores abióticos (meteorológicos), (ii) caracterizar as sementes quanto a morfologia (e.g. biometria, teor de água) e comportamento fisiológico (germinação, presença de dormência) e (iii) avaliar se o comportamento fisiológico das sementes está relacionada a época de dispersão das espécies. Até onde sabemos este será o primeiro estudo com dormência e germinação para o Chaco brasileiro, bem como o primeiro estudo que associa dormência e período de dispersão para o Chaco como um todo.

A dissertação consta de um manuscrito que será submetido ao periódico “Journal Arid and Environments” cujas normas de submissão estão no final da dissertação.

Frutificação e dormência em sementes de espécies lenhosas de Leguminosae em vegetação sazonal de Chaco brasileiro

Ana Maria de Menezes Zanoni¹*, Liana Batista de Lima², Wesley da Silva Covre³, Luan Marcell Mitsuo Arakaki³, Wellington Santos Fava⁴, Maria Rosângela Sigris³

¹ *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Av. Costa e Silva s/nº, Cidade Universitária, Campo Grande, MS, 79070-900, Brasil*

² *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Sementes, Av. Costa e Silva s/nº, Cidade Universitária, Campo Grande, MS, 79070-900, Brasil*

³ *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Polinização, Reprodução e Fenologia de Plantas, Av. Costa e Silva s/nº, Cidade Universitária, Campo Grande, MS, 79070-900, Brasil*

⁴ *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Laboratório de Ecologia e Biologia Evolutiva, Av. Costa e Silva s/nº, Cidade Universitária, Campo Grande, MS, 79070-900, Brasil*

* Corresponding author.

E-mail addresses: aninhazanoni@gmail.com (A.M.M. Zanoni),

RESUMO

Um padrão observado principalmente em ambientes sazonais e para espécies lenhosas é a dispersão de sementes não dormentes no final da estação seca e início da chuvosa, e dispersão de sementes dormentes nos outros períodos do ano; sendo a dormência física a mais comum em ambientes áridos e dentre espécies da família Leguminosae. Para compreender melhor esse padrão entre espécies do Chaco foram coletados dados fenológicos de frutificação *Mimosa hexandra*, *Parkinsonia praecox* e *Prosopis rubriflora* durante dois anos para a determinação dos padrões de dispersão, sementes das três espécies foram coletadas para testes de germinação e superação de dormência (20, 25, 30, 35 e 20-30°C/ claro e escuro) e dados de temperatura e pluviosidade com a presença de frutos no mês de amostragem e nos dois meses anteriores. As três espécies apresentaram frutificação unimodal, anual e *Parkinsonia praecox* e *Prosopis rubriflora* também apresentaram sazonalidade, não havendo diferença na produção de frutos entre os dois anos e *Mimosa hexandra* e *Parkinsonia praecox* apresentaram relação negativa com temperatura e pluviosidade. As três espécies apresentaram sementes ortodoxas e dormentes e germinação em todas as temperaturas, onde o processo de germinação das três espécies independe da luz, mas somente para duas espécies (*Mimosa hexandra*, *Parkinsonia praecox*) as temperaturas mais elevadas apresentaram maiores valores de germinação, sendo que fator abiótico não alterou a germinação de *Prosopis rubriflora*. onde apenas *Prosopis rubriflora* não demonstrou preferência por nenhuma temperatura para germinar. Assim, nossa hipótese inicial foi confirmada para *Mimosa hexandra* e *Prosopis rubriflora*, porém não para *Parkinsonia praecox* que dispersou seus frutos no final da estação seca ou início da chuvosa, período considerado favorável para maximizar o desenvolvimento e estabelecimento das plântulas. Características essas que permitem às três espécies formar banco de sementes persistentes no solo e não recrutarem todas as sementes de uma vez nos períodos de dispersão, permanecendo no banco de sementes e germinando gradativamente.

Palavras chave

Dispersão, fenologia, germinação, sazonalidade.

ABSTRACT

A pattern observed mainly in seasonal and woody environments is the dispersion of non-dormant seeds at the end of the dry season and early rainy season, and dispersion of dormant seeds at other periods of the year; with physical dormancy being the most common in arid environments and among species of the Leguminosae family. To better understand this pattern among Chaco species, phenological data were collected from *Mimosa hexandra*, *Parkinsonia praecox* and *Prosopis rubriflora* for two years to determine the dispersion patterns. Seeds of three species were collected for germination and dormancy tests (20, 25, 30, 35 and 20-30°C / light and dark) and temperature and rainfall data with the presence of fruits in the month of sampling and in the two previous months. The three species presented annual unimodal fruiting and *Parkinsonia praecox* and *Prosopis rubriflora* also presented seasonality, with no difference in fruit production between the two years, and *Mimosa hexandra* and *Parkinsonia praecox* presented negative relation with temperature and rainfall. The three species presented orthodox and dormant seeds and germination at all temperatures, where the germination process of the three species is independent of light, but only for two species (*Mimosa hexandra*, *Parkinsonia Praecox*) the highest temperatures presented higher germination values, and the abiotic factor did not alter the twinning of *Prosopis rubriflora*. where only *Prosopis rubriflora* showed no preference for any temperature to germinate. Thus, our initial hypothesis was confirmed for *Mimosa hexandra* and *Prosopis Rubriflora*, but not for *Parkinsonia Praecox*, which dispersed its fruits at the end of the dry season or early rainy season, a favorable period to maximize the development and establishment of the seedlings. These characteristics allow the three species to form a bank of persistent seeds in the soil and do not recruit all the seeds at one time during the dispersal periods, remaining in the seed bank and germinating gradually.

Keywords

Dispersion, germination, phenology, seasonality

1. Introdução

Padrões fenológicos de frutificação podem ser influenciados por diversos fatores abióticos (e.g. luminosidade, pluviosidade, temperatura), bióticos (e.g. modos de dispersão, atividade de dispersores de sementes/frutos) (Marco e Páez, 2002; Reys et al., 2005) ou filogenéticos (Kochmer e Handel, 1986). Nas florestas sazonais e savanas tropicais, incluindo as formações savânicas brasileiras (e.g. Cerrado, Chaco), as espécies lenhosas frutificam e dispersam os diásporos o ano todo, com picos ocorrendo principalmente na estação seca e/ou na transição da seca–chuvosa (Frankie et al., 1974; Bullock e Solís-Magallanes, 1990; Garwood, 1983; Williams et al., 1999; Batalha e Mantovani, 2000; Ramirez, 2002; Singh e Kushwaha, 2006; Oliveira, 2008; Pirani et al., 2009; Carvalho e Sartori, 2014; Escobar et al., 2018). Após a dispersão, diversos fatores, incluindo aqueles presentes no ambiente, influenciam a ocorrência ou não de germinação de sementes viáveis e quando isso irá ocorrer (Bewley et al., 2013). A dispersão de sementes não dormentes geralmente coincide com a estação em que estão presentes as condições favoráveis a germinação (Fenner, 2000), tendo como principais fatores, água e temperatura (Bewley et al., 2013). Dormência é descrita como um bloqueio temporário no processo de germinação da semente viável mesmo em condições favoráveis, o que permite a distribuição das sementes no espaço e no tempo (Fenner, 2000; Bewley et al., 2013). A dormência é traço adaptativo que permite que a germinação ocorra durante o período mais apropriado para estabelecimento das plântulas e ciclos de vida da planta (Bradford e Nonogaki, 2007).

Nos ecossistemas tropicais sazonais, o período de germinação de sementes é regulado pela relação entre a fenologia de frutificação e a dormência de sementes. De modo geral, espécies que dispersam as sementes no início da estação chuvosa possuem sementes não dormentes que germinam rapidamente se o teor de umidade do solo for adequado para o desenvolvimento das plântulas. No entanto, sementes dispersas no final da estação chuvosa e início da estação seca, período em que as condições climáticas para o estabelecimento das plântulas são inadequadas, são geralmente dormentes e germinam somente no início da estação chuvosa subsequente, a fim de

maximizar o período de estabelecimento das plântulas (Garwood, 1983; Oliveira, 2008; Salazar et al., 2011; Escobar et al., 2018 e referências). Nos trópicos a relação entre fenologia de frutificação e dormência foi testada em nível comunitário para diversos ecossistemas florestais (Escobar et al., 2018 e referências), porém estudos em savanas são mais escassos, alguns em comunidades na América do Sul (Salazar et al., 2011; Escobar et al., 2018) e Central (Sautu et al., 2007) ou restritos a grupos taxonômicos (e.g. Melastomataceae, Poaceae) (Silveira et al., 2011; Ramos et al., 2017). Em geral estes estudos mostram que sementes dispersas durante a estação seca geralmente têm baixo teor de água e dormência física, enquanto aquelas dispersas no final da estação chuvosa apresentam elevado teor de água, dormência fisiológica e são dispersas por animais (Escobar et al., 2018 e referências). Entretanto, a dormência sementes também depende de outras características da história de vida das espécies, como modo de dispersão (síndrome), massa da semente e filogenia, dentre outros (Silveira et al., 2011; Escobar et al., 2018).

Leguminosae tem grande importância econômica e ecológica, com 770 gêneros e 19.500 espécies, sendo a terceira maior família de angiospermas (Lewis et al., 2005; LPWG, 2017). A família tem distribuição cosmopolita e representa importante elemento ecológico em quase todos os biomas do mundo, ocorrendo também em habitats extremos. Representantes da família constituem elementos significativos, em termos de diversidade e riqueza de espécies, em florestas tropicais úmidas na África, América do Sul e Ásia, bem como dominam florestas secas e savanas ao longo dos trópicos (LPWG, 2017). Dados sobre frutificação de espécies lenhosas de Leguminosae em formações vegetais sazonais do mundo, incluindo o Brasil, mostram que as espécies frutificam por 1-11 meses e dispersam os frutos por um a quatro meses (raramente mais que isto), com período de dispersão principalmente na estação seca e menor percentual de espécies dispersando na chuvosa, transição entre estações ou em ambas as estações (e.g. Frankie et al., 1974; Bullock & Solís-Magallanes, 1990; Williams et al., 1999; Griz e Machado, 2001; Bulhão & Figueiredo, 2002; Singh & Kushwaha, 2006; Pirani et al., 2009; Escobar et al., 2018). Ocorrência de dormência é comum em espécies de Leguminosae, sendo a dormência física a mais freqüente, embora também possa

ocorrer outros tipos de dormência (e.g. Baskin e Baskin, 2013; Escobar et al., 2018 e referências). A impermeabilidade do tegumento dessas sementes geralmente está relacionada a presença de uma ou mais camadas de células paliádicas na testa, ou também a composição dessas camadas por componentes hidrofóbicos, como é o caso de espécies de Leguminosae, e podendo ser superada através de remoção ou abrasão por exemplo (Bewley et al., 2013).

Chaco ou “Gran Chaco” é termo aplicado para a vegetação sazonal que cobre a vasta planície do centro-norte da Argentina, sudeste da Bolívia, oeste do Paraguai e do Brasil, totalizando cerca de 800.000 km² (Prado 1993). O clima do Chaco é caracterizado por forte sazonalidade, com verão quente com máxima de até 49°C e inverno seco e frio, com geadas. A pluviosidade diminui de 1000mm/ano a leste a menos de 550mm/ano a oeste, com uma estação seca no inverno e primavera e uma estação chuvosa no verão. Os solos na região chaquenha são derivados do acúmulo maciço de fino sedimento eólico e aluvial no Quaternário. A ausência de rochas resulta em solo compacto que impede a drenagem. Desta forma a vegetação do Chaco está sujeita a solo com baixa umidade, a ocorrência de baixa temperatura na estação seca e extremamente elevada na chuvosa e com alagamento temporário (Pennington et al., 2000). No Brasil, o Chaco ocupa 2,78% do Pantanal e ocorre na borda oeste de Mato Grosso do Sul (MS), na sub-região de Porto Murtinho (Pennington et al., 2000). A flora lenhosa do Chaco é dominada por representantes de Leguminosae e Bignoniaceae (Pennington et al., 2000), sendo que no Chaco brasileiro (Savana Estépica) Leguminosae é a família mais representativa do estrato lenhoso, com destaque para espécies de Caesalpinioideae (senso LPWG, 2017) como *Mimosa hexandra* Micheli, *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav.) Hawkins, e *Prosopis rubriflora* Hassl. que são elementos florísticos importantes da Savana Estépica Arbórea (Thorn Forest), um tipo de vegetação chaquenha brasileira (Noguchi et al., 2009; Sartori, 2012, Carvalho e Sartori, 2014). Dados sobre a frutificação de Leguminosae em vegetação chaquenha estão “diluídos” em dois estudos comunitários realizados no Brasil (Freitas et al., 2013, Carvalho e Sartori, 2014), um deles com plantas lenhosas e no qual a frutificação da comunidade foi contínua, não sazonal e bimodal, com um pico maior na transição seca-chuvosa e

um menor na estação seca (Carvalho e Sartori, 2014). Para o Chaco Argentino, estudos de Funes et al. (2009) e Jaureguiberry e Díaz (2015) com 25 e 26 espécies nativas, respectivamente, relatam a temperatura como principal fator regulador da germinação nas espécies estudadas, indiferentes à luz (Funes et al., 2009) e dormência física em seis espécies, todas Leguminosae (Jaureguiberry e Díaz, 2015).

Assim, aqui investigamos a frutificação e alguns aspectos da germinação de sementes de três importantes espécies do Chaco brasileiro, *M. hexandra*, *Pa. praecox* e *Pr. rubriflora*, com o intuito de verificar se há relação entre o período (estação) de dispersão dos diásporos e dormência nas sementes destas espécies. Para tanto, buscamos (i) determinar o padrão de frutificação e de dispersão dos diásporos destas espécies, relacionando as fenofases frutos imaturos e maduros (em dispersão) com alguns fatores abióticos (metereológicos), (ii) caracterizar as sementes quanto a morfologia (e.g. biometria, teor de água) e comportamento fisiológico (germinação, presença de dormência) e (iii) avaliar se o comportamento fisiológico das sementes está relacionada a época de dispersão das espécies. Hipotetizamos ausência de dormência nas sementes das espécies que dispersarem os frutos/sementes no final da estação seca ou início da chuvosa não apresentem dormência, pois teriam toda a estação chuvosa para o desenvolvimento e estabelecimento das plântulas, ocorrendo o contrário (dormência) naquelas que dispersarem os diásporos fora deste período (Garwood, 1983; Oliveira, 1998). Esperamos que nas três espécies o processo de germinação seja regulado pela temperatura e independa da luz, como registrado em espécies de chaquenhas e leguminosas deste bioma (Funes et al., 2009; Jaureguiberry e Díaz, 2015). Até onde sabemos este foi o primeiro estudo com dormência e germinação para o Chaco brasileiro, bem como o primeiro estudo que associa dormência e período de dispersão para o Chaco como um todo.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Coletamos os dados fenológicos e os frutos das espécies estudadas em remanescente de vegetação chaquenha (Savana Estépica Arborizada) em períodos distintos (ver adiante). Na região de estudo as médias anuais de precipitação e temperatura são 1.004 mm e 25°C, respectivamente (2000-2010). A estação chuvosa ocorre de novembro a fevereiro (precipitação ≥ 100 mm por mês) e a seca em de abril a setembro, quando há déficit hídrico. Estação transicional ocorre em março (chuvosa para a seca) e em outubro (seca para a chuvosa), quando não há déficit hídrico e precipitação é inferior a 100 mm por mês (Freitas et al., 2013).

2.2 Espécies estudadas

Mimosa hexandra é arbusto com cerca de 4 metros de altura e com fruto tipo craspédio de dispersão autocórica (Fig. 1A-B) (Carvalho e Sartori, 2014; Souza-Lima et al., 2017). Ocorre em locais sazonalmente alagados em floresta estacional semi-decidual ou decídua. Possui distribuição descontínua no norte tropical e nos trópicos e subtropicais da América do Sul, sendo abundante no Paraguai, estendendo-se até o Pantanal de Mato Grosso e Argentina. No Brasil, ocorre nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, na Caatinga, Cerrado e Pantanal (Souza-Lima et al. 2017). *Parkinsonia praecox* é árvore com 2,5-3,0 metros, cujos frutos são legumes indeiscentes, avermelhados quando imaturos (Fig. 1C-D) e acastanhados quando maduros e com dispersão anemocórica (Alves e Sartori, 2009). Esta espécie ocorre no centro e norte da Argentina, oeste e norte da América do Sul (Peru, Equador e Venezuela) até o México e Califórnia. No Brasil ocorre em áreas arborizadas de Chaco no Estado de Mato Grosso do Sul (Alves e Sartori, 2009). *Prosopis rubriflora* é árvore com 2-4 m, com fruto do tipo lomento drupáceo, carnoso, indeiscente (Fig. 1 E-G) e zoocóricas (Noguchi et al., 2009; Souza-Lima et al. 2017). É espécie característica do Chaco brasileiro, ocorrendo no nordeste do Paraguai e áreas adjacentes no Brasil, em Mato Grosso do Sul (Souza-Lima et al., 2017). Material testemunho das espécies foi coletado, herborizado e depositado no Herbário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) em Campo Grande – MS

(CGMS): *Mimosa hexandra* CGMS 64305, *Parkinsonia praecox* CGMS 57687 e *Prosopis rubriflora* CGMS 64306.

2.3 Frutificação e fatores abióticos

Realizamos as amostragens fenológicas de outubro/2009 a setembro/2011 em 15 indivíduos marcados por espécie e localizados ao longo de cinco transectos fixos (200 m de comprimento x 6m de largura). Mensalmente contamos os frutos imaturos e maduros, cujos dados utilizamos para calcular o vetor médio (μ), o desvio padrão do vetor médio, a data média, o comprimento do vetor médio (r), teste de Rayleigh (Z e p) pela estatística circular através do programa Oriana 2.0 (Kovach, 2004) (Tabela 1). O ângulo médio representa a data média de atividade fenológica e r representa o grau de agregação (sincronia) das fenofases analisadas (frutos imaturo e maduro). Utilizamos Teste de Rayleigh (Z) para determinar se os ângulos ou datas apresentaram distribuição uniforme ao longo do ano (Morellato et al., 2010). Usamos os valores de Z para calcular a unimodalidade ou bimodalidade das fenofases avaliadas (senso Steege e Persaud, 1991). Fenofases unimodais terão valor elevado de Z , enquanto nas bimodais o valor de Z será baixo, porém elevado se os ângulos forem duplicados, pois os dois picos opostos serão adicionados. Assim utilizamos a fórmula Z/Z^2 para calcular o Índice de Modalidade (IM), sendo que fenofase unimodal terá $IM < 1,0$, bimodal $IM > 1,0$ e não modal $IM = 1,0$ (Steege e Persaud, 1991). Para testar se o padrão de frutificação das três espécies se repete entre os dois anos de amostragem, aplicamos o teste a posteriori de Watson-Williams (F) apenas quando o ângulo médio de frutificação foi significativo (Zar 2010; Morellato et al.; 2000; Rubim et al., 2010). Para isso utilizamos o programa Oriana 2.0 a um nível de significância de 5%. Classificamos a frequência e duração das fenofases de acordo com Newstrom et al. (1994).

Regressão múltipla inicial foi aplicada para verificar a relação entre as fenofases amostradas e as variáveis climáticas analisadas (temperatura média e precipitação mensal total) no período de amostragem fenológica e um e dois meses anteriores ao mês de amostragem, a fim selecionar o

modelo mais simples e mais parcimonioso suportado pelos dados. Para tanto, utilizamos o Critério de Informação de Akaike (AIC) (Johnson e Omland, 2004) pelo pacote *vegan*, através da linguagem R (R Development Core Team, 2015) usando o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2010) (Tabela 2). Obtivemos os dados meteorológicos no site do Centro de Monitoramento do Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC – Mato Grosso do Sul).

2.4 Sementes

2.4.1 Coleta e parâmetros técnicos

Coletamos as sementes em períodos distintos da estação seca (Tabela 3) em pelo menos 15 matrizes por espécie, por meio de caminhadas assistemáticas. Após a coleta, removemos manualmente as sementes dos frutos, limpamos e as classificamos em íntegras, ocas e predadas. Para compor o lote de sementes puras utilizado nas análises, conforme descrito em Brasil (2009) utilizamos as sementes íntegras de cada espécie. Para a caracterização dos parâmetros técnicos das sementes do lote de cada espécie determinamos o número de sementes por fruto, o peso de 1000 sementes, a porcentagem de sementes não predadas por fruto, a biometria das sementes e o teor de água inicial segundo Brasil (2009) (Tabela 3).

2.4.2 Comportamento fisiológico: germinação e dormência

Avaliamos a germinação e a presença (ou não) de dormência pelo testes de germinação utilizando três repetições de 50 (*M. hexandra*, *Pa. praecox*) ou 25 sementes (*Pr. rubriflora*) na ausência e presença de luz e em diferentes temperaturas (constantes de 20, 25, 30, 35 e alternada 20-30°C) (Tabela 4). Para *Pr. rubriflora* utilizamos menor número de semente por repetição e não realizamos teste de escarificação no escuro devido a menor disponibilidade de sementes desta espécie no campo. Distribuímos as sementes em caixas de acrílico do tipo Gerbox sobre duas folhas de papel mata borrão umedecidos com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes seu peso (Brasil, 2009). Nos testes de germinação utilizamos caixas transparentes e pretas para os

tratamento na presença e ausência de luz, respectivamente. Nos tratamentos com ausência de luz realizamos as leituras sob luz verde de segurança. Mantivemos os conjuntos em câmaras incubadoras B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) reguladas nas temperaturas referidas acima (Tabela 4). Para as espécies com dormência avaliamos também sementes escarificadas, utilizando escarificação mecânica do tegumento com lixa no lado oposto ao hilo, para não atingir o embrião. Neste caso também avaliamos o comportamento fisiológico sob diferentes condições de luz e temperatura.

Consideramos como germinadas as sementes com protrusão de raiz primária com no mínimo 2mm de comprimento. Diariamente realizamos contagem das sementes germinadas e plântulas normais (senso Brasil, 2009 para Leguminosae) até a estabilização da germinação. Determinamos a presença ou não de dormência segundo Baskin e Baskin (1998) que consideram dormentes os lotes de sementes que não atingem 75% de germinação em quatro semanas.

Após a estabilização da germinação, avaliamos a viabilidade das sementes não germinadas utilizando teste de Tetrazólio, no qual as sementes escarificadas são embebidas durante 12 horas em papel úmido, em seguida retiramos o tegumento e colocamos os embriões em solução de Trifenil tetrazólio 0,5% no escuro por 30 minutos (modificada de Camargos et al., 2008). Após a coloração, cortamos as sementes com bisturi ao longo do eixo embrionário para avaliação da coloração. Classificamos as sementes em viáveis e não viáveis de acordo com a coloração, intensidade, local e extensão do dano em relação as estruturas vitais do embrião (Camargos et al., 2008; Krzyanowski et al., 1999; Moore, 1972).

Em todos os tratamentos utilizamos delineamento inteiramente casualizado com três repetições e submetemos os dados a ANOVA e as médias comparadas por teste de Tukey a 5%, pelo programa Sisvar 5.6. (Ferreira, 2011).

3. Resultados

3.1 Frutificação e fatores abióticos

Todas as espécies apresentaram frutificação anual, porém diferiram quanto a duração: *M. hexandra* e *Pr. rubriflora* possuem frutificação contínua (10-12 meses) (ano todo ou quase), enquanto a de *Pa. praecox* tem duração intermediária (2 meses) (> 1 mês e < 5 meses) (senso Newstrom et al., 1994) (Fig. 2).

Nos dois anos de amostragem, a produção de frutos imaturos e maduros foi unimodal ($IM < 1,0$) nas três espécies e sazonal ($r > 0,5$), exceto para produção de frutos imaturos em *Pr. rubriflora* que foi não sazonal ($r < 0,5$) (Tabela 1). Os picos e datas médias de produção de frutos imaturos de *M. hexandra* ocorreram na estação chuvosa e/ou transição da chuvosa para seca, enquanto que para frutos maduros (em dispersão) estes eventos ocorreram na estação seca nos dois anos de amostragem (Fig. 2, Tabela 1). Para frutos imaturos e maduros de *Pa. praecox* o pico e datas médias ocorreram no final da estação seca e/ou transição da seca para chuvosa (Fig. 2, Tabela 1). Para *Pr. rubriflora* maior produção e data média de frutos imaturos foram registradas na estação chuvosa e/ou períodos de transição, enquanto que para frutos maduros (em dispersão) variaram entre os dois anos de amostragem: na estação seca no primeiro ano e na chuvosa no ano seguinte (Fig. 2, Tabela 1). Entretanto, não houve diferença significativa na data média de frutificação (frutos imaturos entre anos 1 e 2) e frutos maduros (entre anos 1 e 2) entre as três espécies, comparando mês a mês: *M. hexandra* imaturo ($F = 1,14$, $p = 0,30$) e maduro ($F = 1,56$, $p = 0,22$); *Pa. praecox* imaturo ($F = 0,0034$, $p = 0,95$) e maduro ($F = 0,81$, $p = 0,62$); *Pr. rubriflora* imaturo ($F = 1,68$, $p = 0,21$) e maduro ($F = 0,00$, $p = 0,99$).

Quanto a relação dos fatores abióticos com a produção de frutos nas fenofases avaliadas foram verificadas para *M. hexandra* em relação fruto: (1) maduro - negativa com a (i) temperatura média do mês de amostragem nos dois anos e no mês anterior ao de amostragem no segundo ano e (ii) com a pluviosidade total no mês de amostragem do segundo ano; (2) imaturo – positiva para temperatura média dois meses antes de amostragem do segundo ano (Tabela 2).

3.2 Sementes

3.2.1 Parâmetros técnicos

Prosopis rubriflora apresentou maior número de sementes por fruto que *M. hexandra* e *Pa. praecox* (Tabela 3). Entretanto, o peso de mil sementes foi maior para *Pa. praecox* em relação a *Pr. rubriflora* e *M. hexandra*. *Parkinsonia praecox* também possui sementes mais longas e menos predadas (não danificadas) que as de *Pr. rubriflora* e *M. hexandra*. No entanto as medidas de espessura e largura e teor inicial de água na semente foram semelhantes entre as três espécies (Tabela 3). As sementes das três espécies são ortodoxas, pois apresentaram teor inicial de água inferior a 35% (entre 14-18%) (Tabela 3).

3.2.2 Comportamento fisiológico: germinação e dormência

As sementes das três espécies germinaram na presença e na ausência de luz em todas as temperaturas avaliadas. Maior porcentagem de germinação e de plântulas normais de *M. hexandra* e *Pa. praecox* foram obtidas a 35°C e 20-30°C (47,3%), respectivamente, e menor percentual a 20°C para ambas as espécies. Em *Pr. rubriflora* o maior percentual de germinação não diferiu entre as temperaturas testadas (Tabela 4). Nas três espécies as sementes não germinadas após finalização do experimento apresentaram elevada viabilidade pelo teste de Tetrazólio, com percentuais de 99,5% (*Pr. rubriflora*), 98,6% (*M. hexandra*) e 97,4% (*Pa. praecox*).

Em todas as espécies as sementes escarificadas embeberam e apresentaram elevado percentual de germinação (80-98%) (Fig. 3). As sementes escarificadas de *M. hexandra* e *Pa. praecox* germinaram em no máximo cinco e sete dias de semeadura, respectivamente, na presença e ausência de luz (Fig. 3). Em *Pr. rubriflora* a germinação das sementes escarificadas sob luz finalizou após três dias de semeadura em todas as temperaturas testadas (Fig. 3). Portanto, as sementes das três espécies apresentam dormência física (senso Baskin e Baskin, 1998) e fotoblastismo neutro (*M. hexandra*), preferencialmente positivo (*Pa. praecox*) e neutro (*Pr. rubriflora*).

4. Discussão

De modo geral, as três espécies apresentaram semelhanças (e.g. frequência, sazonalidade, modalidade) e diferenças (e.g. duração, datas médias, pico de produção) no padrão de frutificação e/ou dispersão dos diásporos, sendo que somente em *M. hexandra* foi verificada relação com os fatores abióticos testados (temperatura, pluviosidade). *Mimosa hexandra* apresentou pico de dispersão (autocórica) na estação seca, *Pa. praecox* dispersa seus frutos anemocóricos no final da seca ou transição seca-chuvosa e os lomentos carnosos e zoocóricos de *Pr. rubriflora* podem ser dispersos no início da seca ou da chuvosa. Se considerarmos que nas três espécies registramos dormência física, nossa hipótese inicial se confirma para *M. hexandra* e *Pr. rubriflora*, porém não para *Pa. praecox*, cujas sementes foram coletadas no final da estação seca. Entretanto, para comunidade de outra savana brasileira (Cerrado), o início da estação chuvosa foi o período mais favorável à germinação das sementes e este período pode ser também o melhor período para o Chaco brasileiro, que é “úmido”, pois apresenta maior pluviosidade que as formações chaquenhass a oeste (Pennington et al., 2000). Assim, dormência em *Pa. praecox* permitiria que as sementes dispersas no final da seca ou transição seca-chuvosa pudessem “esperar” o período mais favorável (início da chuvosa) para germinar, ampliando o período de recrutamento das plântulas (e.g. Brancalion e Marcos Filho, 2008). Nesta espécie o período de dispersão é curto com amadurecendo e dispersão rápida dos diásporos (1-2 meses), diferindo das demais espécies cuja produção de frutos é contínua e o período de dispersão mais longo e mais gradual (6-7 meses). Assim, a dormência e o fato das sementes serem ortodoxas permitem às três espécies formar banco de sementes persistentes no solo e não recrutarem todas as sementes de uma vez nos períodos de dispersão, permanecendo no banco de sementes e germinando gradativamente, garantindo seu sucesso reprodutivo em longo prazo.

De qualquer modo, dormência física causada pela impermeabilidade do tegumentar é registrada em espécies chaquenhass de *Parkinsonia* (e.g. *Pa. aculeata*), *Mimosa* (e.g. *M. pigra*) e *Prosopis* (e.g. *P. alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. juliflora*, *P. seriantha*, *P. torquata*) (Everitt et

al., 1983; Jayasuriya et al., 2013; Klinken e Goulier, 2013; Jaureguiberry e Díaz, 2015). Em ambientes áridos e semi-áridos a dormência tegumentar é caráter importante (e.g. Fabaceae, Malvaceae), pois a impermeabilidade (dureza) do tegumento protege o embrião para formação da plântula apenas em período favorável (Fenner et al. 2000; Baskin e Baskin, 2001). A dureza do tegumento das sementes depende da taxa de secagem, que pode auxiliar também na impermeabilização (Bewley e Black, 1994), que é controlada geneticamente e pela umidade presente durante a fase de desenvolvimento (Bewley et al., 2013).

Além da dormência, outros fatores influenciam o período de dispersão, como por exemplo, modo de dispersão dos diásporos (síndromes) e melhor condição abiótica para a germinação (e.g. temperatura, luminosidade) (Escobar et al., 2018). Com efeito, os diásporos anemo- e autocóricos geralmente são secos e dispersos com mais eficiência na estação seca, enquanto os zoocóricos frutificam principalmente nos períodos mais úmidos do ano, quando os pericarpos carnosos podem permanecer atrativos por mais tempo e quando há maior atividade de animais frugívoros (Batalha e Martins, 2004 e referências). Para o Chaco brasileiro cerca de 60% das espécies zoocóricas frutificaram na estação chuvosa, sendo a frutificação de espécies anemocóricas bimodal, com picos na transição entre estações, e espécies autocóricas frutificação mais ou menos uniforme e não sazonal (Carvalho e Sartori, 2014).

As sementes das três espécies germinaram na presença e ausência de luz, sendo que maior percentual de germinação foi registrado nas maiores temperaturas (30, 35, 20-30°C) para *M. hexandra* e *Pa. praecox*, sendo a temperatura indiferente para *Pr. rubriflora*. O fator luz não ser obrigatório para que a germinação ocorra é caráter favorável pois permite a germinação de sementes em qualquer condição de luminosidade no substrato. O padrão de resposta das sementes à temperatura pode estar relacionado à sazonalidade da precipitação na área de estudo. A maior quantidade de chuvas nesta região ocorre durante a estação chuvosa, quando as temperaturas são mais elevadas (Funes et al., 2009).

As três espécies apresentam sementes ortodoxas e dormência física tegumentar. Assim, nossa hipótese inicial foi confirmada para *M. hexandra* e *Pr. rubriflora*, porém não para *Pa. praecox* que dispersou seus frutos no final da estação seca ou início da chuvosa, período considerado favorável para maximizar o desenvolvimento e estabelecimento das plântulas. Entretanto, dormência física é característica comum em Leguminosae (Baskin e Baskin, 2003) e esta característica, aliada ao fato das sementes serem ortodoxas, permitem às três espécies formar banco de sementes persistentes no solo e não recrutarem todas as sementes de uma vez nos períodos de dispersão, permanecendo no banco de sementes e germinando gradativamente. Assim, a dormência é particularmente importante para *Pa. praecox* que produz e dispersa frutos em curto período (1-2 meses), diferindo das demais espécies cuja dispersão é mais longo e mais gradual (6-7 meses). Como esperado o processo de germinação das três espécies independe da luz, mas somente para duas espécies (*M. hexandra*, *Pa. praecox*) as temperaturas mais elevadas apresentaram maiores valores de germinação, sendo que fator abiótico não alterou a germinação de *Pr. rubriflora*.

5. AGRADECIMENTOS

CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida à primeira autora. Projeto Casadinho/CNPQ e Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal/UFMS pelo apoio financeiro e/logístico. Ângela Lúcia Bagnatori Sartori pela confirmação da identificação das espécies estudadas. João Roberto Fabri pelo auxílio nas viagens de coleta de dados.

6. REFERÊNCIAS

- Alves, F.M., Sartori, A.L., 2009. Caesalpinoideae (Leguminosae) de um remanescente de chaco em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rodriguésia*. 60, 531-550.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998. Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and

Germination. Elsevier.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2001. Seeds; ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic press, San Diego.

Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2003. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy, pp. 517-544 in Smith, R.D.; Dickie, J.B.; Linnington, S.H.; Pritchard, H.W.; Probert, R.J. (Eds) *Seed conservation: Turning science into practice*. Kew, Royal Botanic Gardens.

Batalha, M.A., Mantovani, W., 2000. Reproductive phenological patterns of Cerrado plant species at the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Rev. Brasil. Biol.* 60, 129-145.

Bewley JD, Black M. 1994. Seeds. Physiology of development and germination. 2nd. Ed. Springer Science, Business Media, LLC.

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M., Nonogaki, H., 2013. Seeds: phisiology of development, germination and dormancy. Third edition. Springer. 299-338.

Brasil, 2009. Regras para Análise de Sementes. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. 399.

Bradford, K.J., Nonogaki, H., 2007. Seed development, dormancy and germination. Wiley-Blackwell, 133-149.

Brancalion, P.H.S., Marcos Filho, J., 2008. Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. *Informativo ABRATES*, 18, 11-17.

Bulhão, C.F., Figueiredo, P.S., 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasil. Bot.* 25, 361-369.

Bullock, S.H., Solís-Magalhanes, J.A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous Forest in México. *Biotropica*. 22, 22-35.

- Camargos, V.N., Carvalho, M.L.M., Araújo, D.V., Magalhães, F.H.L., 2008. Dormancy break and evaluation of physiological quality of *Sesbania virgata* seeds. *Ciência e Agrotecnologia*. 32, 1858-1865.
- Carvalho, F.S., Sartori, A.L.B., 2014. Reproductive phenology and seed dispersal syndromes of woody species in the Brazilian Chaco. *Journal of Vegetation Science*. 26, 302-311.
- Everit J.H., 1983. Seed germination characteristics of two woody Legumes (Retama and Twisted Acacia) from South Texas. *Journal of Range Management*, 36, 411-414.
- Escobar, D.F.E., Silveira, F.A.O., Morellato, L.P.C., 2018. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. *Annals of botany*. 6, 1197-1209.
- Fenner, M., 2000. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. 2nd edn. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*. 35, 1039-1042.
- Frankie, G.W., Baker, H.G., Opler, P.A., 1974. Comparative phonological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 62, 881-919.
- Freitas, T.G., Souza, C.S., Aoki, C., Arakaki, L.M.M., Stefanello, T.H., Sartori, A.L.B., Sigrist, M.R., 2013. Flora of Brazilian humid Chaco: Composition and reproductive phenology. *Check List*. 9, 973–979.
- Funes, G., Sandra, D., Venier, P., 2009. La temperatura como principal determinantede la germinación en especies del Chaco Seco de Argentina. *Ecologia Austral* 19, 129-138.
- Garwood, N., 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: A community study. *Ecological Monographs*. 53, 159-181.
- Griz, L.M.S., Machado, I.C.S., 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 17, 303-321.

- Jaureguiberry, P., Díaz, S., 2015. Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock. *Oecologia*. 177, 689-699.
- Jayasuriya, K.M.G.G., Wijetunga, A.S.T.B., Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2013. Seed dormancy and storage behavior in tropical Fabaceae: a study of 100 species from Sri Lanka. *Seed Science Research*. 23, 257-269.
- Johnson, J.B., Omland, K.S., 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends Ecol Evol*. 19, 101-108.
- Klinken, R.D., Goulier, J-B, 2013. Habitat-specific seed dormancy-release mechanisms in four legume species. *Seed Science Research*, 23, 181-188.
- Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D., Neto, J.B.F., 1999. Abrates. Associação Brasileira de tecnologia de sementes. Comitê de vigor de sementes. *Vigor de Sementes: Conceitos e Testes*.
- Kochmer, J.P., Handel, S.N., 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs*. 56, 303-325.
- Kovach, W., 2004. Anglesey, Wales: Kovach Computing Service.
<http://www.kovcomp.co.uk/oriana/> (accessed 15 January 2018).
- Lewis, G.P., Schrire, B.D., Mackinder, B.A., Lock, J.M., 2005. *Legumes of the World*. Richmond. Royal Botanic Gardens, Kew.
- LPWG, 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon*. 66, 44-77.
- Marco, D.E., Páez, S.A., 2002. Phenology and phylogeny of animal-dispersed plants in a Dry Chaco Forest (Argentina). *Journal of Arid Environments*. 52, 1-16.
- Moore, R.P., 1972. Interpretation of color differences in tetrazolium testing. *Seed Technologist News*. 44, 22-24.
- Morellato, L.P.C., Talora, D.C., Takahasi, A.D., Bencke, C.C., Romera, E. C., Zipparro, V.B., 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica*, 32, 811-823.

- Morellato, L.P.C., Alberti, L.F., Hudson, I.L., 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. 357-371. In: Keatley, M., Hudson, I.L. (eds.) Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. New York, Springer.
- Newstrom, L.E., Frankie, G.W., Baker, H.G., 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva Costa Rica. Biotropica. 26, 141-159.
- Noguchi, D.K., Nunes, G.P., Sartori, A.L.B., 2009. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. Rodriguésia. 60, 353-365.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'hara, R.G., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Wagner, H., 2010. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0.
- Oliveira, P.E., 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In Cerrado: ambiente e flora. (Sano, S.M., Almeida S.P. & Ribeiro J.F. eds.). EMBRAPA - Cerrados, Planaltina. 275-287.
- Oliveira, P.E.A.M., 2008. Fenologia e biologia reprodutiva de espécies de cerrado, p. 273-290. In S.M. Sano, S.P. de Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil.
- Pennington, R.T., Prado, D.E., Pendry, C.A., 2000. Neotropical seasonally dry forest and Quaternary vegetation changes. Journal of Biogeography. 27, 261-273.
- Pirani, F.R., Sanchez, M., Pedroni, F., 2009. Fenologia de uma comunidade arbórea em Cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. Acta Bot. Bras. 23, 1096-1109.
- Prado, D.E., 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America: II. A definition contribution to the study of the flora and vegetation of the Chaco.VII. Conservatoire et JardinBotaniques de Geneve. 48, 615.

- R Development Core Team, 2012. Writing R extensions. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://CRAN.R-Project.org/doc/manuals/R-exts.html>. (accessed 12 December 2017).
- Ramirez, N., 2002. Reproductive phenology, life-forms, and habits of the Venezuelan Central Plain. *American Journal of Botany*. 89, 836-842.
- Ramos, D.M., Diniz, P., Ooi, M.K.J., Borghetti, F., Valls, J.F.M., 2017. Avoiding the dry season: dispersal time and syndrome mediate seed dormancy in grasses in Neotropical savanna and wet grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 28: 798-807.
- Reys, P., Galetti, M., Morellato, L.P.C., Sabino, J. 2005. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica*. 5, 309-318.
- Rubim, P., Nascimento, H.E., Morellato, L.P.C., 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 756-762.
- Salazar, A., Goldstein G., Franco, A.C., Miralles-Wilhelm, F., 2011. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. *Seeds Science Research*, 21, 103-116.
- Sauto, A., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Deago, J., Condif, R., 2007. Classification and ecological relationships of seed dormancy in seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*, 17, 127-140.
- Sartori, A.L.B. 2012. The Brazilian Chaco. *Gaglia*. 4, 11-18.
- Silveira, F.A.O., Ribeiro, R.C., Oliveira, D.M.T., Fernandes, O.G., Lemos-Filho, J.P., 2011. Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation. *Seed Science Research*, 22, 37-44.
- Singh, K.P., Kushwaha, C.P., 2006. Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. *Annals of Botany*. 97, 265-276.

- Souza-Lima, E.S., Sinani, T.R., Pott, A., Sartori, A.L.B. 2017. Mimosoideae (Leguminosae) in the Brazilian Chaco of Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul. *Rodriguésia*. 68, 263-290.
- Steege, H., Persaud, C.A., 1991. The phenology of Guyanese timber species: a compilation of a century of observations. *Vegetatio*. 95, 177-198.
- Williams, R.J., Myers, B.A., Eamus D., Duff, G.A., 1999. Reproductive phenology of woody species in a North Australian tropical savanna. *Biotropica*. 31, 626-636.
- Zar JH. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5. ed. New York: Pearson Prentice-Hall. 944.

Table 1

Phenophase duration (Pd), number of observations (N), mean vector (μ) (and mean date), standard deviation of the mean vector (SD μ), mean vector length (r), Rayleigh Test (Z), chi-square (χ^2) and index of modality (IM) for immature and mature fruit of three Leguminosae species in remnant of Chaco vegetation (Thorn-Forest), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil, from October 2009 to September 2011.

First year (Oct 2009-Sep 2010)				Second year (Oct 2010-Sep 2011)	
Species		Immature fruit	Mature fruit	Immature fruit	Mature fruit
<i>Mimosa hexandra</i>	Pd	Jan-Mar/Aug (4)	Abr-Oct (7)	Jan-Jun (6)	Apr-Sep (6)
	N	52	128	477	378
	μ	55.60° (25/Feb)	152.17° (17/Apr)	75.58 (18/Mar)	187.70° (09/Jul)
	SD μ	34.80°	67.46°	0.17°	38.02°
	r	0.832	0.542	0.825	0.802
	Z	35.95	37.53	324.81	243.32
	p	<1E-12	<1E-12	<1E-12	<1E-12
	χ^2	162.62	104.5	1100.59	686.83
	p	<1E-12	<1E-12	<1E-12	<1E-12
	IM	0.028	0.027	0.003	0.004
<i>Parkinsonia praecox</i>	Pd	Sep-Oct (2)	Oct (1)	Aug (1)	Sep (1)
	N	475	230	1154	85
	μ	254.21° (15/Sep)	285.75° (16/Oct)	226.22° (18/Aug)	263.57° (24/Sep)
	SD μ	-	-	1.87°	12.35°
	r	1.0	1.0	0.999	0.977
	Z	475	230	1152.78	81.14
	p	<1E-12	<1E-12	<1E-12	<1E-12
	χ^2	4921.54	2389.76	12038.31	520.51
	p	<1E-12	<1E-12	<1E-12	<1E-12
	IM	0.002	0.004	0.001	0.012
<i>Prosopis rubriflora</i>	Pd	Feb-Jul/Sep-Dec (10)	Apr-Jul/Nov-Dec (6)	Jan-Apr/Jun-Nov (10)	Jan-Mar/Sep-Oct (6)
	N	49	5	107	7
	μ	76.27° (19/Mar)	114.87° (26/Apr)	310.94° (11/Nov)	345° (16/Dec)
	SD μ	70.74°	59.0°	69.73°	67.40°
	r	0.467	0.589	0.477	0.501
	Z	10.67	1.73	24.33	1.75
	p	1.36E-5	0.19	2.73E-11	0.18
	χ^2	157.45	-	132.44	-
	p	<1E-12	-	<1E-12	-
	IM	0.094	0.577	0.041	0.570

Table 2

Akaike Information Criterion (AIC). Regression model between mean temperature and total monthly rainfall and imature and mature fruit of three Leguminosae species in remnant Chaco vegetation (Thorn Forest), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil. Number of observations = 24.

Significant values ($p < 0.05$) are shown in bold.

Species	First year (Oct 2009-Sep 2010)							Second year (Oct 2010-Sep 2011)					
	Imature fruit			Mature fruit				Imature fruit			Mature fruit		
		two months before sampling month	anterior month sampling	month sampling	two months before sampling month	anterior month sampling	month sampling	two months before sampling month	anterior month sampling	month sampling	two months before sampling month	anterior month sampling	month sampling
<i>Mimosa hexandra</i>	Δ AIC	1.14	1.75	1.67	1.95	1.95	1.98	1.74	1.32	0.61	1.51	1.49	0
	Intercept	-1.62	-1.98	-16.93	10.73	10.73	63.58	-208.18	-199.424	14.19	161.942	251.504	279.13
	r^2	0.43	0.53	0.16	-	-	0.64	0.361	0.314	0.17	0.2027	0.539	0.726
	F	7.55	11.29	1.90	-	-	17.66	5.66	4.597	2.05	2.542	11.73	11.93
	p	0.02	0.007	0.19	-	-	0.001	0.038	0.057	0.18	0.142	0.0064	0.002
	Temperature	-	-	0.84	-	-	-2.09	9.91	9.515	-	-5.208	-8.746	-9.184
<i>Parkinsonia praecox</i>	Rain fall	0.071	0.07	-	-	-	-	-	-	0.433	-	-	-0.28
	Δ AIC	1.65	1.36	1.98	1.59	1.97	1.84	1.58	1.85	1.85	1.61	1.39	1.39
	Intercept	408.36	39.65	39.65	19.17	19.17	19.17	1075.64	96.18	96.18	58.221	7.083	7.083
	r^2	0.16	-	-	-	-	-	0.2134	-	-	0.1825	-	-
	F	2.03	-	-	-	-	-	2.712	-	-	2.232	-	-
	p	0.184	-	-	-	-	-	0.1306	-	-	0.266	-	-
<i>Prosopis rubriflora</i>	Temperature	-14.54	-	-	-	-	-	-39.14	-	-	-2.044	-	-
	Rainfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Δ AIC	1.94	1.91	0.86	1.94	1.12	1.99	1.99	0.96	1.65	0	1.73	1.84
	Intercept	-0.60	4.33	4.33	0.58	0.58	0.58	9.033	9.033	9.033	-2.496	0.75	0.75
	r^2	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-	0.611	-	-
	F	4.58	-	-	-	-	-	-	-	-	7.068	-	-
<i>Prosopis rubriflora</i>	p	0.057	-	-	-	-	-	-	-	-	0.014	-	-
	Temperature	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.103	-	-
	Rainfall	0.058	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0109	-	-

Table 3

Seeds technical parameters of three Leguminosae species collected in remnant of Chaco vegetation (Thorn Forest), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil. * Significant values ($p < 0.05$).

Species	Seed collection month (season)	Seed number per fruit $x \pm dp$	1000 seed weight (g)	Undamaged seeds per fruit (%)	Seed biometry (cm)			Initial seed water content (%)
					length $x \pm dp$	width $x \pm dp$	thickness $x \pm dp$	
<i>Mimosa hexandra</i>	July (dry – middle)	5.0 ± 1.7	20.8	75.9	5.3 ± 0.5	3.8 ± 0.6	1.4 ± 0.2	18.1
<i>Parkinsonia praecox</i>	September (dry – end)	1.4 ± 0.7	36.5	97.1	8.8 ± 0.6	3.8 ± 0.2	1.3 ± 0.1	14.4
<i>Prosopis rubriflora</i>	April (dry – onset)	13.2 ± 3.8	27.2	73.4	6.0 ± 0.4	3.8 ± 0.4	1.4 ± 0.1	15.1

Table 4

Percentage of germination and normal seedlings of the three species of Leguminosae collected in remnant of Chaco vegetation, Porto

Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil, after 28 days in germination camera (BOD) with temperature and light controlled. VC = variation coefficient.

Values followed by same letter in column (A, B) and line (a, b, c) are not significantly different ($p < 0.05$, Tukey's test).

Species	Light conditions	Germination (%)					Normal seedling (%)				
		Temperature °C					Temperature °C				
		20	25	30	35	20-30	20	25	30	35	20-30
<i>Mimosa hexandra</i>	Light	31,3 Ac	42 Ab	47,3 Aab	50 Aa	43,3 Aab	28,6 Ac	39,3 Ab	40,0 Ab	48,0 Aa	39,3 Ab
	Dark	28,0 Ac	40,6 Ab	44,6 Ab	54,0 Aa	40,0 Ab	26,0 Ac	37,3 Ab	39,3 Ab	48,0 Aa	37,3 Ab
	VC	8,45					8,25				
<i>Parkinsonia praecox</i>	Light	31,3 Ac	38,6 Ab	38,6 Ab	45,3 Aa	32,6 Bc	21,3 Ac	28,6 Ab	24,6 Aab	41,3 Aa	30,0 Bb
	Dark	23,3 Bd	31,3 Bc	38,6 Ab	37,3 Bb	47,3 Aa	14,6 c	22,6 Bb	26,6 Ab	24,6 Bb	35,3 Aa
	VC	5,84					10,21				
<i>Prosopis rubriflora</i>	Light	16 Aa	32,0 Aa	21,3 Aa	30,6 Aa	18,6 Aa	9,3 Ab	26,6 Aa	18,6 Aab	26,6 Aa	17,3 Aab
	Dark	17,3 Aa	20,0 Aa	25,3 Aa	28,0 Aa	14,6 Aa	17,3 Aa	13,3 Ba	20,0 Aa	20,0 Aa	12,0 Aa
	VC	34,81					38,42				

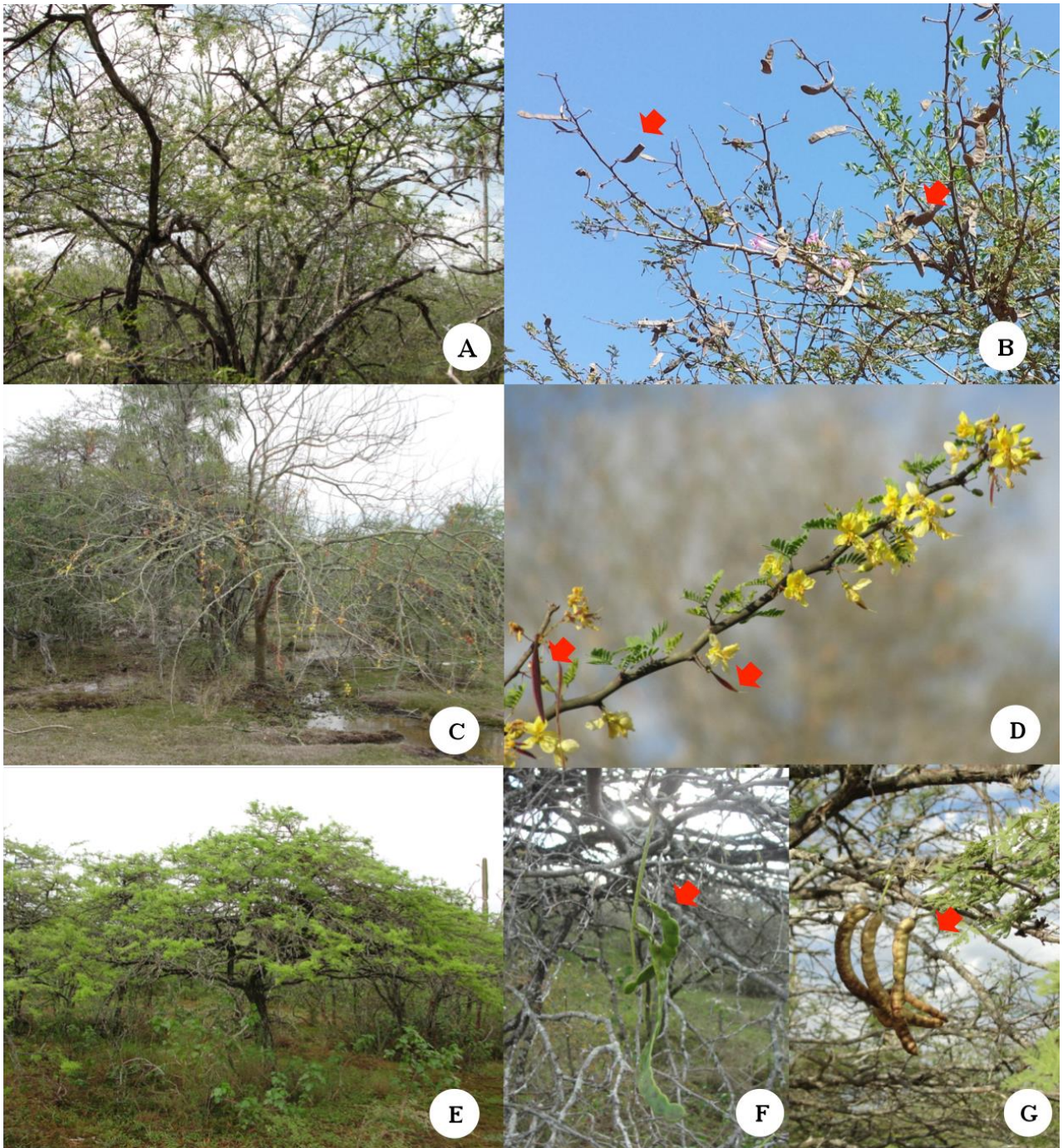


Fig. 1. Plants (A, C, E) and branches with flowers and/or immature (D, F) or mature (B, G) fruits (red arrows) (B, D, F, G) of *Mimosa hexandra* (A-B), *Parkinsonia praecox* (C-D) and *Prosopis rubriflora* (E-G) (Leguminosae, Caesalpinioideae).

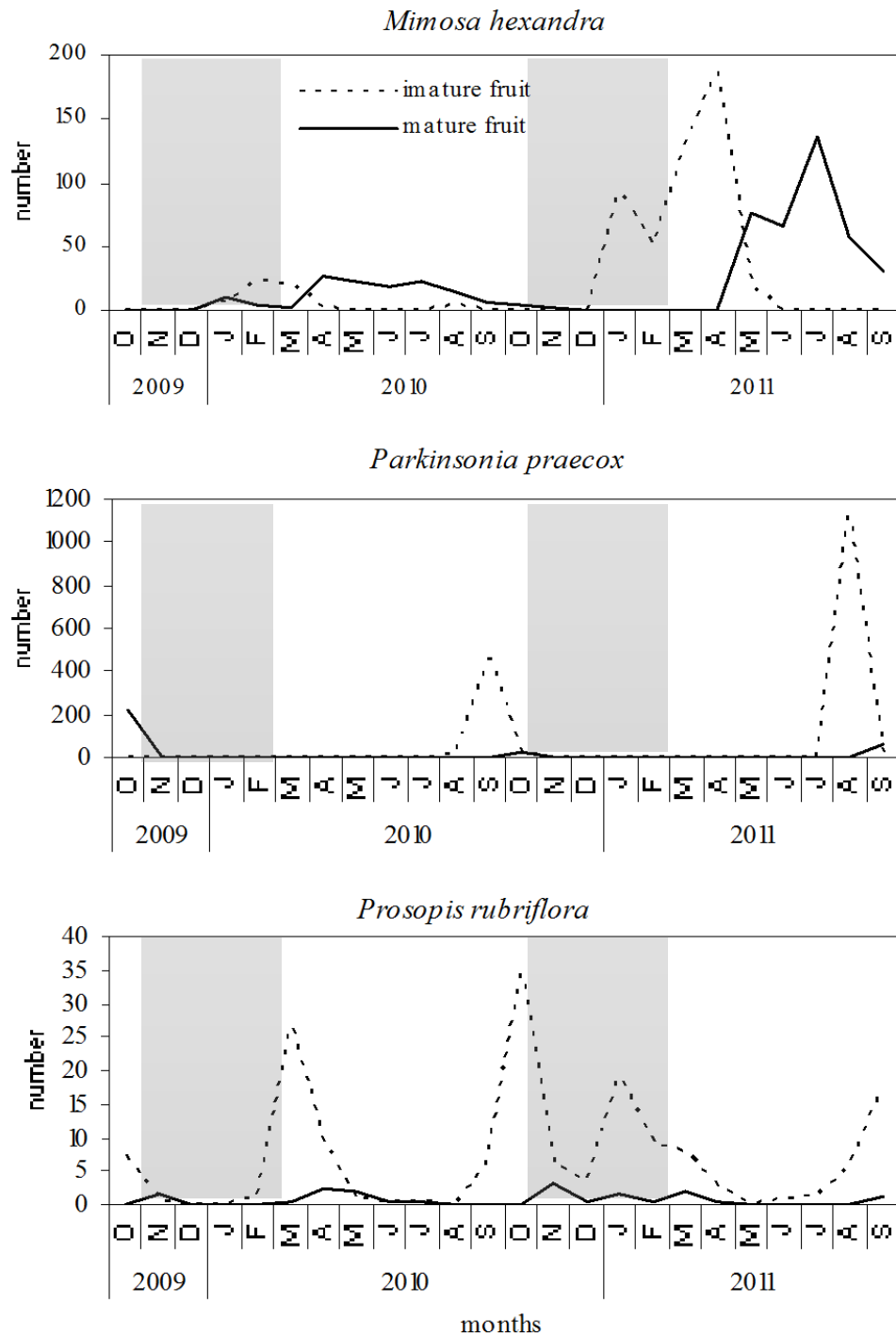


Fig. 2. Number of immature (-----) and mature fruits (—) sampled on marked plants of *Mimosa hexandra*, *Parkinsonia praecox* e *Prosopis rubriflora* (Leguminosae, Caesalpinioideae) in remnant Chaco vegetation (Thorn Forest), Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil, from October 2009 to September 2011. Gray area represents the rainy season.

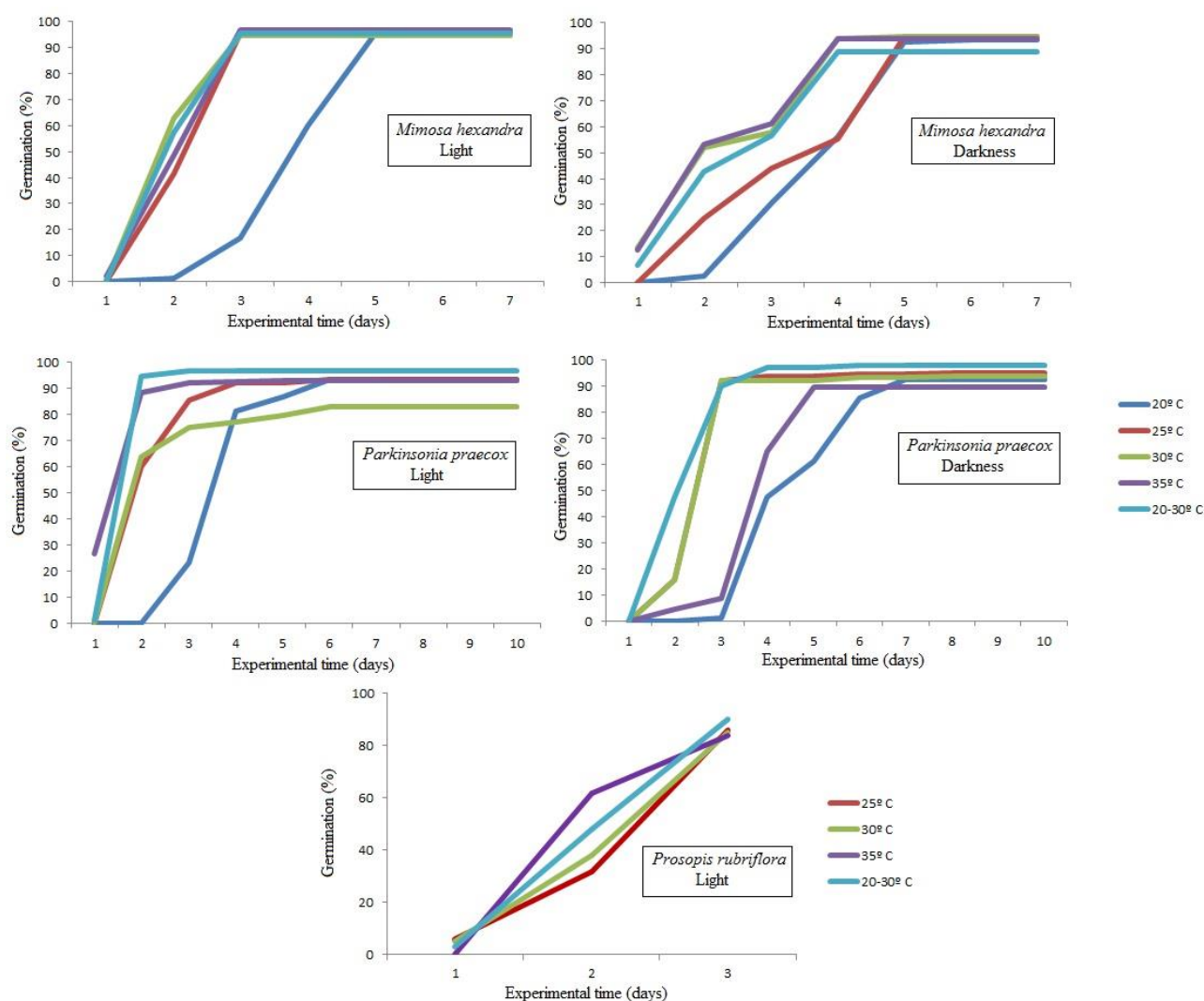


Fig. 3 Accumulated percentage of normal seedlings and germination in scarified seeds of the three species until stabilization in the presence of light and dark in different temperatures (20, 25, 30, 35, 30-20°C), with the three species of Leguminosae family from Chaco vegetation.