
ECOLOGIA

VICTÓRIA MICHAELA PIRES DE GODOI

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
CERRADO: TEMPERATURA ÓTIMA,
FORMA DE CRESCIMENTO, SÍNDROME DE
DISPERSÃO
E FENOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO**

VICTÓRIA MICHAELA PIRES DE GODOI

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CERRADO: TEMPERATURA
ÓTIMA, FORMA DE CRESCIMENTO, SÍNDROME DE DISPERSÃO E
FENOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO

Orientador: LEONOR PATRÍCIA CERDEIRA MORELLATO

Coorientador: DIEGO FERNANDO ESCOBAR ESCOBAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Ecóloga.

Rio Claro
2019

G588g Godoi, Victória Michaela Pires de
Germinação de sementes do cerrado: temperatura ótima, forma de crescimento,
síndrome de dispersão e fenologia de frutificação / Victória Michaela Pires de Godoi. --
Rio Claro, 2015
30 p. : il., tabs. + 1 CD-ROM

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual
Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientadora: Leonor Patrícia Cerdeira Morellato
Coorientador: Diego Fernando Escobar Escobar

1. Germinação. 2. Fenologia. 3. Cerrado. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedico a memória de Cláudio Pires de Godoi, meu pai e também o ser mais maravilhoso que pude conviver nessa vida. A pessoa que me ensinou que qualquer restauração começa primeiro em nós e que Deus está em todas as coisas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me proteger e guardar em todos meus caminhos.

Agradeço à Patrícia Morellato por ter sido minha orientadora durante toda a graduação, por ter me recebido tão bem no laboratório e me apresentado à fenologia. Agradeço ao Diego Escobar, meu coorientador, mas que estimo como um grande amigo, por toda a paciência, horas de conversas revisando nossas sementes e por ser tão prestativo. São, sem dúvidas, minhas maiores referências.

Sou grata à ecologia, meu curso de formação, que transformou minha alma, tanto quanto meu conhecimento.

Aos meus irmãos, Aline, Lúcia e Gabriel por serem a família que eu preciso e meu maior refúgio. Ao meu sobrinho Bernardo por me resgatar desse mundo turbulento com as suas descobertas. À minha mãe por todo amor e cuidado.

À Gabriela Brito que ressignificou o sentido de amizade em minha vida e Hudiny Allan, a pessoa que me transmitiu aprendizados tão grandes, que ainda me surpreendo com a forma que reverberam.

Aos meus irmãos de coração Willian Simioni e Letícia Bulascoschi, que mesmo aprendendo que não posso obrigar pessoas a permanecerem comigo, nunca hei de abrir mão desses.

À Sarah Bianchessi por ser tão parecida comigo e ter assumido minhas ansiedades como dela em tantos momentos, tornando tudo mais leve para mim.

Às minhas amigas de infância Alessandra e Giulia, que mesmo distantes sempre me apoiaram muito.

À minha república, com meus gatos, plantinhas e minhas amigas Amanda e Laurinha por serem meu lar.

À todos os amigos, colegas de laboratório, professores minha gratidão por fazerem parte desse processo.

À UNESP por todas as experiências que me proporcionou. À Fapesp (Processo: #2017/27100-6) e CNPq (Processo: #47377) por todo apoio financeiro.

Tu tens um medo:
Acabar.
Não vês que acabas todo o dia.
Que morres no amor.
Na tristeza.
Na dúvida.
No desejo.
Que te renovas todo o dia.
No amor.
Na tristeza.
Na dúvida.
No desejo.
Que és sempre outro.
Que és sempre o mesmo.
Que morrerás por idades imensas.
Até não teres medo de morrer.

E então serás eterno.
(Cecília Meireles, 2001)

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 3.1 Área de Estudo | 13 |
| 3.2 Coleta de Frutos e Sementes..... | 13 |
| 3.3 Ensaio de Germinação | 13 |
| 3.4 Forma de Crescimento..... | 14 |
| 3.5 Síndrome de Dispersão | 14 |
| 3.6 Fenologia de Frutificação | 14 |
| 3.7 Análises de Dados | 15 |
| 4 RESULTADOS | 16 |
| 4.1 Espécies analisadas | 16 |
| 4.2 GLM | 19 |
| 4.3 Hábito de Crescimento..... | 19 |
| 4.4 Fenologia de Frutificação | 21 |
| 5 DISCUSSÃO | 23 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 26 |
| 7 REFERÊNCIAS | 27 |

RESUMO

O cerrado possui ampla diversidade, dentre as savanas é a de flora mais rica, com inúmeras espécies endêmicas. É uma vegetação sob clima sazonal e a dispersão de sementes ocorre de forma acentuada no final da estação seca e início da estação chuvosa, quando a temperatura está em elevação. A temperatura é um dos fatores mais importantes na regulação da porcentagem e taxas de germinação, o vigor das plântulas e a viabilidade das sementes. Com isso, a temperatura mostra-se como um filtro abiótico muito importante na distribuição geográfica das espécies. Já que o momento e o lugar aonde germinam as sementes define em grande medida o nicho ecológico e geográfico das espécies, é esperado que o comportamento germinativo seja também influenciado pela forma de dispersão, frutificação e hábito de crescimento. Desta forma, este trabalho analisou a relação existente entre temperatura ótima de germinação, forma de crescimento e síndrome de dispersão com a fenologia de frutificação em espécies de cerrado. Realizamos ANOVA com permutação separadamente para 25 espécies e definimos que a temperatura ótima de germinação dessa comunidade é entre 25°C e 35°C. Fizemos uma análise GLM e encontramos relações significativas entre a temperatura ótima com o hábito de crescimento, síndrome de dispersão e fenologia de frutificação.

Palavras-chave: Germinação. Fenologia. Cerrado.

ABSTRACT

The cerrado has a wide diversity, among the savannahs is the most plenteous flora, with uncountable endemic species. The vegetation is under seasonal climate and the seed dispersal occurs mostly at the end of the dry and beginning of the rainy season, when the temperature is increasing. The temperature is the most important factor regulating the germination rate, the vigor and viability of the seeds. Thereby, the temperature is considered a very important abiotic filter controlling the geographic distribution of the species. Furthermore, since the time and place where the seeds germinate define the geographic and ecological niche of the species, we expect the germinative behaviour to be affected by the seed dispersion strategy, fruiting time and growing habit. Therefore, this paper analyzes an existing relationship between optimal germination temperature, growth form and dispersal syndrome with fruiting phenology in cerrado species. We performed ANOVA with permission for 25 species and defined that the optimum germination temperature of this community is between 25 ° C and 35 ° C. We performed a GLM analysis and found application relationships between the optimal temperature and the risk of growth. of dispersion and fruiting phenology.

Key-words:

Germination.

Phenology.

Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

A germinação é o processo de desenvolvimento do embrião até atingir a fase de plântula, quando a planta apresenta capacidade para nutrir-se, desta forma, tornando-se independente. No campo a germinação de sementes é controlada, principalmente, pela temperatura, sincronizada com condições adequadas para o estabelecimento das plântulas (BASKIN; BASKIN, 2014). Diversos processos fisiológicos nas sementes, como a taxa de perda de viabilidade, a perda de dormência e a taxa de germinação em sementes não-dormentes são influenciados pela temperatura (PROBERT, 2000).

Além da temperatura, sementes e plântulas estão relacionadas a filtros ambientais e fazem parte de processos ecológicos, como dispersão e colonização (VÁZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1993; GRIMEE HILLIER, 2000; DALLING, 2002). A manutenção das comunidades vegetais através das sementes também confere uma maior diversidade genética (BRADBEER, 2013). Desta forma, a biologia das sementes é essencial para compreender padrões de distribuição, abundância, diversidade e dinâmica das comunidades de plantas (MARQUES *et al.*, 2014). Além disso, o sucesso dos esforços de restauração ecológica e manejo florestal dependem do conhecimento da germinação de sementes (KHURANA; SINGH, 2001).

Estudos do efeito da temperatura na germinação no cerrado estão focados nas espécies arbóreas e nos choques térmicos que simulam o fogo dando pouca importância às espécies herbáceas e às temperaturas cardinais (ZAIDAN; CARREIRA, 2008; ESCOBAR *et al.*, 2018; DAIBES *et al.*, 2019). Entretanto, o espectro de temperaturas permissíveis para germinação pode auxiliar no entendimento da distribuição das espécies, interferindo nos padrões de produção e germinação das sementes (PROBERT, 2000). No caso de espécies que não apresentam dormência, ou seja, as sementes germinam imediatamente após a dispersão, devido à ausência de bloqueadores em sua estrutura ou composição química (VILLIERS, 1972), a germinação acontece num intervalo de temperaturas bem definido chamado de temperaturas cardinais (GARCIA-HUIDOBRO *et al.*, 1982). Essas temperaturas vão desde a temperatura mínima até a máxima, passando pela temperatura ótima (GARCIA-HUIDOBRO *et al.*, 1982).

Trabalhos recentes mostram que a germinação das sementes varia em conjunto com a fenologia, dormência, síndrome de dispersão, massa das sementes, entre outros fatores (RAMOS *et al.*, 2017; ESCOBAR *et al.*, 2018). Esses padrões encontrados podem ser estratégias para garantir a reprodução e sobrevivência das espécies (OLIVEIRA, 1998), uma preocupação pertinente principalmente em ambientes que apresentam longos períodos de seca como o cerrado.

O Cerrado é considerado um mosaico vegetacional devido, principalmente, a suas diferentes fitofisionomias (EITEN, 2001). Reconhecido como a savana de flora mais diversa, apresenta um alto índice de endemismo (OLIVEIRA; MARQUIS, 2002; OVERBECK *et al.*, 2015). As fitofisionomias savânicas, dentre elas o campo sujo, exibem uma flora mista, com a presença de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas (COUTINHO, 1978). A maior riqueza florística é encontrada nos estratos herbáceos-subarbustivos (CASTRO *et al.*, 1999).

O campo sujo é uma fisionomia de cobertura herbácea densa, com ocorrência esparsa de indivíduos subarbustivos e arbustivos, arbóreos inferiores a 3m de altura (TANNUS; ASSIS, 2004). Além disso, quando comparada a outras fisionomias savânicas, como o campo úmido, o campo sujo apresenta uma riqueza florística maior, provavelmente devido ao tamanho da área ocupada e as condições edáficas. As famílias mais encontradas nas comunidades de campo sujo são Asteraceae, Poaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Bignoniaceae, Rubiaceae, Lamiaceae, Apocynaceae e Euphorbiaceae (TANNUS; ASSIS, 2004).

O clima do cerrado é sazonal e a dispersão para a maioria das sementes ocorre de forma acentuada no final da estação seca e início da estação chuvosa (MANTOVANI; MARTINS, 1988; BATALHA; MANTOVANI, 2000; TANNUS *et al.*, 2006; ESCOBAR *et al.*, 2018) quando a temperatura está em elevação, mostrando que a temperatura, associada a disponibilidade de água no solo, é um fator limitante para a germinação e o estabelecimento de plântulas (RAMOS *et al.*, 2017; ESCOBAR *et al.*, 2018).

Frente a sazonalidade climática e temporalidade dos recursos, a fenologia de frutificação é o principal mecanismo para o controle da germinação (ESCOBAR *et al.*, 2018). A fenologia é o estudo dos eventos biológicos cíclicos em relação a condições bióticas e abióticas e sua inter-relação com cada fase desses eventos (LIETH, 1974). Portanto, a fenologia auxilia na compreensão de diversos processos biológicos, como regeneração e reprodução de plantas, disponibilidade de recursos

dentro das comunidades e, interações animal-planta (MORELLATO; LEITÃO-FILHO 1992; MORELLATO *et al.*, 2000, 2016; ROSENZWEIG *et al.*, 2008).

A fenologia reprodutiva é influenciada principalmente pela temperatura e sazonalidade de chuvas (MORELLATO *et al.*, 1989, 2000). Em escala de comunidade, existem diferenças na fenologia das espécies quando se comparam diferentes classes de hábito. As espécies herbáceas apresentam menor frutificação na estação seca, principalmente junho e agosto, quando a pluviosidade é menor. Enquanto as espécies arbustivo-arbóreas apresentam período de frutificação que varia com o vetor de dispersão das sementes (síndrome de dispersão), podendo ser na seca para autocóricas e no final da estação seca para as espécies anemocóricas (BATALHA; MANTOVANI, 2000).

Portanto, é notável que o comportamento das comunidades é diferente por muitos fatores, podendo ser essa uma maneira de ocupar nichos distintos, o que explica a grande diversidade do Cerrado. A relação desses fatores não se limita apenas a germinação, estendendo-se por todo ciclo de vida da planta e interferindo no local do estabelecimento, no período de frutificação, na síndrome de dispersão e também no hábito de crescimento das espécies. (MORELLATO *et al.*, 2000; BATALHA; MANTOVANI, 2000; RAMOS *et al.*, 2017; ESCOBAR *et al.*, 2018).

Considerando a importância dos trabalhos de fenologia para entender as relações ecológicas e o clima, bem como encontrar tendências de espécies e comunidades para mudanças climáticas (MORELLATO *et al.*, 2016), e levando em conta o déficit de trabalhos com temperaturas cardinais, o presente projeto pretende responder experimentalmente se a temperatura ótima de germinação varia com a fenologia de frutificação, hábito de crescimento e síndrome de dispersão em vegetação de cerrado. Desta forma, contribuiremos para o entendimento da distribuição espacial e temporal da comunidade de cerrado campo sujo estudada e na compreensão dos padrões sazonais das plantas e possíveis efeitos de mudanças climáticas.

2 OBJETIVOS

Responder:

1. Qual a temperatura ótima de germinação de 25 espécies de cerrado campo sujo?
2. Existe relação entre a temperatura de germinação com o hábito de crescimento, síndrome de dispersão e fenologia de frutificação?

Hipóteses

Esperamos encontrar diferentes temperaturas de germinação para diferentes formas de hábito, síndrome e frutificação. Acreditamos que assim como em outros trabalhos em nível de comunidade, no campo sujo encontramos diferentes estratégias germinativas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de cerrado estudada está situada na Estação Ecológica de Itirapina pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo, nas coordenadas geográficas: 22°13'34.64" S 47°53'0.96". As coletas foram feitas principalmente no cerrado campo limpo e campo sujo, os quais são caracterizados pela dominância do estrato herbáceo-subarbusivo composto principalmente por gramíneas, com algumas herbáceas não gramíneas e subarbustos, com o componente arbustivo-arbóreo ocupando menos do 10% (TANNUS *et al.*, 2004; RIBEIRO; WALTER, 1998).

O clima da região é mesotérmico úmido com invernos secos e verões chuvosos, tipo Cwa *sensu* Köppen (1948). As temperaturas médias mensais variam entre 18°C em julho e 32°C em fevereiro, com temperatura média anual de 20,7°C e precipitação média anual de 1.524mm. A estação chuvosa se estende de outubro a março e a estação seca de abril a setembro (CAMARGO *et al.*, 2011).

3.2 Coleta de Frutos e Sementes

Os frutos maduros foram coletados de junho/2016 a fevereiro/2017, conforme a produtividade das plantas. As coletas foram feitas diretamente da planta evitando utilizar frutos do solo. Os frutos de cada espécie foram coletados do maior número possível de indivíduos, misturados e armazenados em sacolas de papel. As sementes foram extraídas dos frutos e limpas o mais rápido possível, após limpeza as sementes foram secas por 48hr em sala climatizada a 20±2°C e umidade relativa de ca. 40%.

3.3 Ensaio de Germinação

As sementes foram incubadas sob luz branca constante e cinco temperaturas

constantes (15, 20, 25, 30, 35°C) e uma alternante (20/30°C) como forma de reproduzir as condições do ambiente real, que apresenta temperaturas médias mensais de 18°C à 32°C, dependendo do período do ano (Reys *et al.*, 2013). Foram utilizadas sementes frescas (máximo 10 dias de armazenamento), tendo 6 repetições de 25 sementes cada. Os ensaios foram feitos em Placas de Petri com dupla camada de papel filtro umedecida com água destilada. A germinação das sementes foi analisada semanalmente, o critério de germinação foi a curvatura da radícula ou a protrusão de partes aéreas (ex., cotilédones) (BEWLEY; BLACK, 1994), e os ensaios foram acompanhados até a estabilização da curva de germinação (RANAL; SANTANA, 2006). Foram calculados a porcentagem de germinação, desvio padrão e coeficiente de variação da porcentagem de germinação, tempo mediano de germinação (RANAL; SANTANA, 2006).

As sementes que não germinaram foram submetidas ao teste de tetrazólio 1% 48-76 horas a 30°C. Esse teste topográfico é uma análise bioquímica utilizada para definir a viabilidade das sementes (ISTA, 2007). No nosso caso foi utilizada no final do teste de germinação como confirmação da viabilidade dos indivíduos.

3.4 Forma de Crescimento

A forma de crescimento foi determinada levando em consideração se as plantas apresentam ou não crescimento secundário: espécies herbáceas não apresentam crescimento secundário ou não é aparente, enquanto lenhosas apresentam crescimento secundário.

3.5 Síndrome de Dispersão

A síndrome de dispersão foi determinada conforme a morfologia dos diásporos, as espécies anemocóricas apresentaram diásporos alados, ou planos e com grande relação superfície volume, enquanto as espécies autocóricas não apresentaram estruturas carnosas nem projeções que aumentem a sustentação no ar (ESCOBAR *et al.*, 2018, VAN DER PIJL, 1982).

3.6 Fenologia de Frutificação

As estações de dispersão serão definidas conforme ESCOBAR *et al.*, (2018) como dispersão na estação seca (maio até agosto), transição da estação seca para chuvosa (setembro a outubro), estação chuvosa (novembro a março) e transição da estação chuvosa para seca (abril).

3.7 Análises de Dados

As análises serão realizadas através da plataforma estatística R (R Core Development Team, 2016). Para definir a temperatura ótima de germinação e testar a temperatura alternante será feita uma ANOVA com permutações separadamente para cada espécie. Na análise de variância (ANOVA), para definir a temperatura ótima de cada espécie, será relacionado a temperatura com a porcentagem de germinação corrigida (somente as sementes viáveis) e posteriormente a temperatura e a taxa de germinação (considerando o tempo do processo). Será definida a temperatura ótima, aquelas que apresentarem maior porcentagem e taxa de germinação. Para analisar a relação entre temperatura ótima com forma de crescimento e dispersão usaremos modelos lineares gerais (GLM).

4 RESULTADOS

4.1 Espécies analisadas

Foi analisada a germinação de 25 espécies de cerrado campo sujo que não apresentam dormência (ESCOBAR *et al.*, 2018), as espécies correspondem à 9 famílias distintas (Tabela 1). As famílias Poaceae e Asteraceae apresentaram o maior número de espécies (8) e (5), respectivamente, seguidas pelas famílias: Melastomataceae (4), Lamiaceae e Fabaceae (2) e, Xyridaceae, Solanaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae com uma espécie cada.

Para as análises, as espécies foram agrupadas por grupos funcionais: forma de crescimento (herbáceas e lenhosas), síndrome de dispersão (anemocóricas e autocóricas) e fenologia de frutificação (seca, transição da seca para chuvosa, chuvosa e transição da chuvosa para a seca). Foram testadas até cinco temperaturas constantes e uma alternante conforme a disponibilidade de sementes no campo (Tabela 1).

Tabela 1: Lista das espécies coletadas em cerrado campo sujo na Estação Ecológica de Itirapina, SP, organizadas por família e espécies e classificadas por hábito de crescimento, síndrome de dispersão e Estação de frutificação (Seca, Chuvosa e Seca – Ch = transição seca chuvosa).

(continua)

| Família | Espécie | Hábito de Crescimento | Síndrome de Dispersão | T°C testada | T°C ótima | Fenologia da Frutificação |
|-----------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------------------|
| Poaceae | <i>Gymnopogon foliosus</i> (Willd) Nees | Herbácea | Anemo | 20;25;30;35;20/30 | 25 | Seca |
| Asteraceae | <i>Chromolaena squalida</i> (R.M.King e H.Rob) | Lenhosa | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 20,25,30 | Seca |
| Xyridaceae | <i>Xyris</i> sp. | Herbácea | Auto | 20;25;30;35;20/30 | 30 | Seca |
| Asteraceae | <i>Sem identificação</i> | Lenhosa | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 25 | Seca |
| Melastomataceae | <i>Tibouchina stenostachia</i> (DC.) Cogn. | Lenhosa | Anemo | 20;25;30;20/30 | 25 | Seca |
| Melastomataceae | <i>Tibouchina</i> sp. | Lenhosa | Anemo | 20;25;30;20/30 | 25 | Seca |
| Melastomataceae | <i>Microlisia polystemma</i> (Naudin) | Lenhosa | Anemo | 20;25;30;20/30 | 20,25,30 | Seca |
| Asteraceae | <i>Moquiniastrum barrosae</i> (Cabreria) G.Sancho | Lenhosa | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 15,20,25 | Seca – Ch |
| Lamiaceae | <i>Hyptis caespitosa</i> (A.St.-Hil. ex Benth) | Lenhosa | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 30 | Seca – Ch |
| Asteraceae | <i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC. | Herbácea | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 20 | Seca – Ch |
| Poaceae | <i>Andropogon leucostachyus</i> (Kunth) | Herbácea | Anemo | 20;25;30 | 25,30 | Chuvosa |
| Poaceae | <i>Sporobolus aeneus</i> (Trin.) Kunth | Herbácea | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 25,30,35 | Chuvosa |
| Solanaceae | <i>Schwenckia americana</i> (J.A.Schmidt) | Herbácea | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 35 | Chuvosa |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda</i> sp. | Lenhosa | Anemo | 20;25;30 | 20,25,30 | Chuvosa |
| Fabaceae | <i>Chamaecrista</i> sp. | Herbácea | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 35 | Chuvosa |
| Asteraceae | <i>Elephantopus angustifolius</i> Sw. | Lenhosa | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 20, 25 | Chuvosa |
| Bromeliaceae | <i>Dyckia</i> sp. | Herbácea | Anemo | 25;30 | 25 | Chuvosa |
| Poaceae | <i>Andropogon bicornis</i> (L.) | Herbácea | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 35 | Chuvosa |
| Poaceae | <i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde. | Herbácea | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 30,35 | Chuvosa |
| Poaceae | <i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Nees | Herbácea | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 30,35 | Chuvosa |
| Poaceae | <i>Loudetiopsis chrysothrix</i> Nees (Conert) | Herbácea | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 30,35 | Chuvosa |
| Lamiaceae | <i>Hyptis pulchella</i> Benth. | Herbácea | Anemo | 15;20;25;30;35;20/30 | 15,20,25,30,35 | Chuvosa |
| Melastomataceae | <i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC | Lenhosa | Zoo | 15;20;25;30;35;20/30 | 30 | Chuvosa |

| Família | Espécie | Hábito de Crescimento | Síndrome de Dispersão | T°C testada | T°C ótima | Fenologia da Frutificação |
|---------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------------------|
| Poaceae | <i>Aristida riparia</i> Trin. | Herbácea | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 30,35 | Chuvosa |
| Fabacee | <i>Bauhinia rufa</i> (Bong) Steud. | Lenhosa | Auto | 15;20;25;30;35;20/30 | 20, 25, 30, 35 | Chuvosa |

Grande parte das espécies estudadas (30,4%) apresentou maior porcentagem de germinação em 25°C, seguido por 30°C e 35°C (28,2% e 21,7%, respectivamente), e poucas espécies (<18%) apresentaram temperatura ótima de germinação em temperaturas mais baixas, de 15 e 20°C (Figura 1).

4.2 GLM

Foi realizado modelos lineares gerais para relacionar a temperatura ótima de germinação com a síndrome de dispersão, forma de crescimento e a frutificação (Tabela 2). Espécies que apresentaram mais de uma temperatura ótima de germinação foram contabilizadas como espécies diferentes para o modelo. O modelo não mostrou interação entre as variáveis, sendo realizados novos modelos separadamente para verificar o efeito de cada um.

Tabela 2. Modelos lineares gerais relacionando a temperatura ótima de germinação com a síndrome de dispersão, forma de crescimento e a frutificação de plantas do campo sujo de Itirapina (SP).

| Modelo | Variância | AIC |
|---|-----------|--------|
| Temperatura ótima ~ Síndrome+ Hábito de crescimento+ Frutificação | 64.928 | 138.64 |
| Temperatura ótima ~ Síndrome | 69.257 | 139.06 |
| Temperatura ótima ~ Frutificação | 115.285 | 181.09 |
| Temperatura ótima ~ Hábito de crescimento | 65.015 | 185.33 |

4.3 Hábito de Crescimento

As espécies foram agrupadas de acordo com seus hábitos de crescimento, tivemos um total de quatorze herbáceas e onze lenhosas (Tabela 1). A temperatura ótima de germinação variou significativamente com o hábito. Encontramos que 71,4% da comunidade de herbáceas germinam nas temperaturas de 30°C e 35°C, enquanto 88% das espécies lenhosas germinam nas temperaturas de 20°C, 25°C e 30°C (Figura 1).

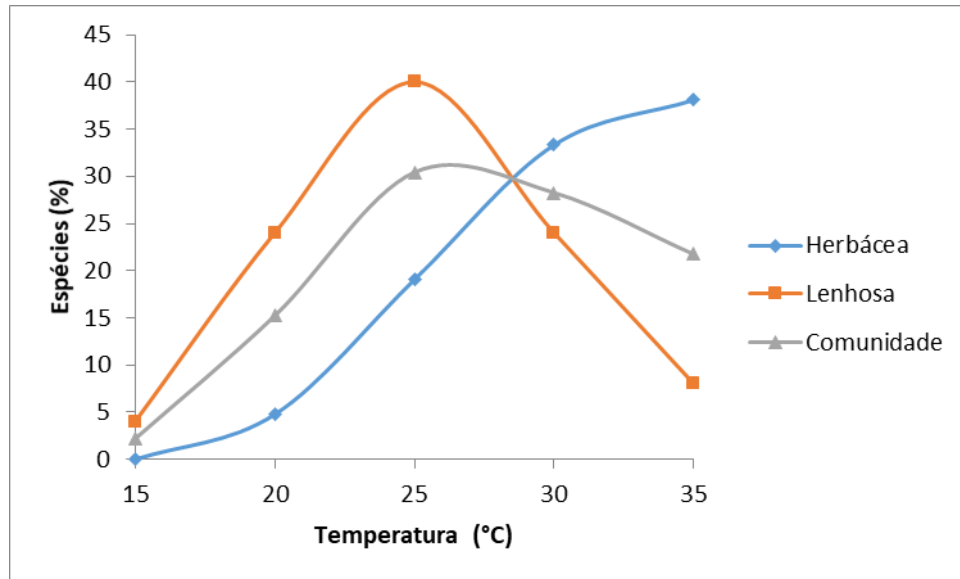


Figura 1: Temperatura ótima relacionada ao hábito de crescimento em 25 espécies de cerrado campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina, Itirapina, SP.

4.3 Síndrome de Dispersão

A resposta das sementes à temperatura variou significativamente com a síndrome de dispersão (tabela 2). As espécies autocóricas não só germinam a temperaturas mais elevadas (30 e 35°C) que as anemocóricas (20 e 25°C), além disso, apresentam um menor intervalo de temperaturas ótimas, 80% das espécies com temperaturas ótimas entre 30 e 35°C, que espécies anemocóricas, 70% com temperaturas ótimas entre 20 e 30°C (Figura 2).

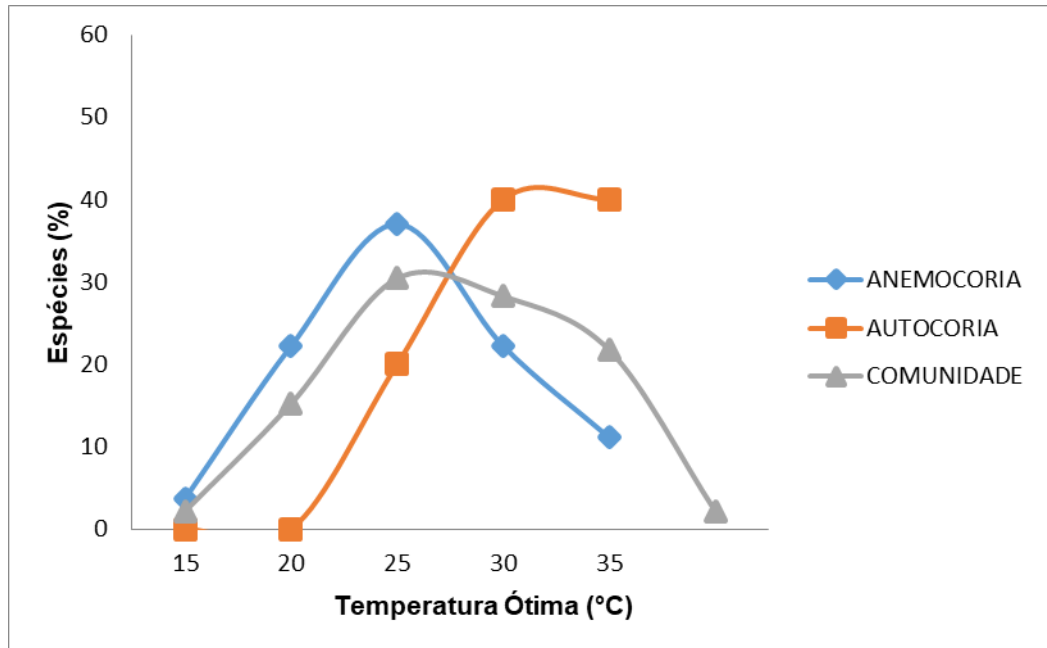


Figura 2: Temperatura ótima relacionada à síndrome de dispersão de 25 espécies (15 anemocóricas; 9 autocóricas) de cerrado campo sujo na Estação Ecológica de Itirapina, Itirapina, SP.

4.4 Fenologia de Frutificação

O período de coleta de frutos foi de Junho/2016 à Fevereiro/2017, logo não tivemos nenhuma espécie coletada na transição da seca para a chuvosa. As espécies que frutificam na seca apresentam temperaturas ótimas de germinação entre 20°C e 30°C, em um intervalo menor que as espécies que frutificam na estação chuvosa 20°C e 35°C, e na transição da seca para a chuvosa, 20°C e 35°C. Ou seja, espécies dispersas na transição germinam a temperaturas baixas (15°C), na seca a temperaturas intermediárias 25°C e na chuvosa a temperaturas altas 30°C – 35°C (Figura 3).

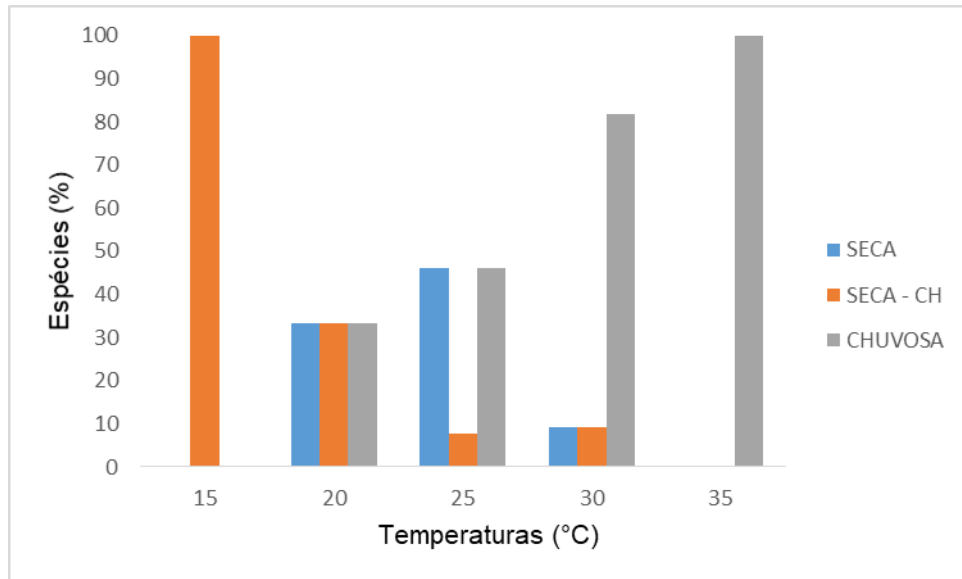


Figura 3: Temperatura ótima relacionada à fenologia de frutificação de 25 espécies de cerrado campo sujo na Estação Ecológica de Itirapina, Itirapina, SP.

5 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados indicam que a temperatura ótima para a germinação nessa comunidade está em um espectro de temperaturas, de 25°C a 35°C. Outros trabalhos realizados no cerrado são contemplados com essa gama de temperaturas. Para espécies arbóreas a germinação é ótima em 25°C (BRANCALION, 2010), em bromélias dá-se entre 30°C e 35°C (VIEIRA *et al.*, 2007). Estudos mais antigos já vinham buscando estimar esse intervalo de germinação, Felipe e Silva (1984) apresentaram que a germinação ocorre preferencialmente nas temperaturas entre 20°C e 30°C. Temperaturas cardinais também foram analisadas por Borghetti (2005), onde constatou que a temperatura máxima para germinação no cerrado está próxima de 40°C.

Constatamos que para sementes de diferentes regiões também são encontrados alguns resultados semelhantes ao da comunidade estudada. Por exemplo, Pinheiro e Borghetti (2003) demonstram que duas espécies de bromélias da restinga também germinam melhor em temperaturas de 25°C; Lima., *et al* (2006) mostram que para sementes de Jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. exTul.) escarificadas, a temperatura mais indicada para a germinação é de 30°C.

Um espectro de temperaturas de germinação maior, confere em uma distribuição geográfica mais ampla para as espécies estudadas (LABORIAU, 1983). Portanto, a temperatura é o fator climático mais importante no controle de germinação no campo (BASKIN; BASKIN, 2014), e germinar em mais temperaturas pode possibilitar o estabelecimento em diferentes locais ou períodos. Para comunidades espera-se que dentro de espectros, como de 25°C a 35°C, existam condições que favoreçam diferentes espécies, concentrando-se cada uma em seu nicho. No presente estudo, espécies herbáceas germinaram melhor em temperaturas mais altas que as lenhosas. Diferenças de 5°C podem selecionar diferentes plantas e desta forma influenciar a paisagem, favorecendo espécies mais aptas a colonização de determinadas áreas.

A temperatura se mostrou um fator importante na porcentagem e tempo de germinação das espécies de cerrado estudadas. Bewley e Black (1994) extrapolam essa influência também na determinação do vigor de plântulas, na absorção de água e outros mecanismos que regulam o metabolismo. Existem diferentes classificações

para a vegetação Cerrado, como formações florestais, savânicas e campestres. Em cada formação existem fitofisionomias, que apresentam características reprodutivas e adaptações distintas condicionadas pelo ambiente sazonal (WILLIAMS *et al.*, 1997). A sensibilidade das espécies à temperatura nos mostra que a configuração da paisagem pode estar sendo definida já nos primeiros estágios de vida, onde ocorre a germinação.

A preferência das herbáceas por temperaturas mais altas pode estar relacionado ao local onde ocorre o estabelecimento das plântulas. Como no caso das Poaceae, que foram amostradas seis espécies neste trabalho, são ervas adaptadas à ambientes abertos ou geralmente bordas de florestas (KELLOGG, 2001) onde esperamos temperaturas mais elevadas.

A princípio, presumimos que sementes de espécies diferentes apresentassem temperaturas ótimas de germinação distintas, o que caracterizaria sua distribuição geográfica (RAMOS e VARELA, 2003). Mas além da relação da germinação com a temperatura, alguns trabalhos mostram que outros filtros abióticos e bióticos evoluem em conjunto. Ramos *et al.*, (2017) apresenta que a dormência encontrada em algumas espécies está associada com a sua forma de dispersão. Escobar *et al.* (2018) mostram que além da dormência estar relacionada com a síndrome de dispersão, ela também está associada à fenologia.

Neste trabalho, também encontramos que a germinação está relacionada com a forma de dispersão dessa comunidade, como demonstrado por Escobar *et al.* (2018). As espécies autocóricas germinaram em temperaturas mais altas enquanto as anemocóricas nas mais baixas. A ocorrência das espécies anemocóricas nessa fisionomia aberta de Cerrado é esperada, devido a sua preferência por campos e ambientes abertos ou copa de florestas (BATALHA; MANTOVANI, 2000; OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA; MOREIRA, 1992). Gottsbergues e Gottsberguer (1996) mostram que fisionomias abertas de cerrado favorecem as espécies que são dispersas pelo vento.

Assim como para as espécies herbáceas e lenhosas, a relação das espécies autocóricas e anemocóricas de germinar em temperaturas diferentes parece ser uma forma de evitar a competição. Espécies autocóricas não costumam atingir longas distâncias de dispersão (VIEIRA *et al.*, 2002) e, com isso germinar em temperaturas altas e lugares abertos é uma adaptação que permite que as sementes germinem em lugares com baixa competitividade (RAMOS *et al.*, 2017).

A fenologia de frutificação vem sendo relacionada com o hábito de crescimento das espécies e sazonalidade climática (BATALHA *et al.*, 1997; MANTOVANI e MARTINS, 1988; BATALHA e MANTOVANI, 2000; ESCOBAR *et al.*, 2018). Nesse estudo encontramos uma relação da temperatura de germinação com a frutificação e, conseqüentemente, o hábito de crescimento e dispersão.

O padrão encontrado para a comunidade amostrada apresentou a tendência de espécies que germinam em temperaturas mais altas frutificarem na estação chuvosa (novembro a março). A maioria dessas espécies são herbáceas, esse padrão corrobora com resultados encontrados na literatura (SARMIENTO e MONASTERIO, 1983; BATALHA e MANTOVANI, 2000; TANNUS *et al.*, 2006). Essas estratégias podem ser encaradas como adaptações que possibilitam o sucesso reprodutivo e sobrevivência das diferentes espécies (OLIVEIRA, 1998), assegurando a reprodução em um momento com maior disponibilidade de água no ambiente (SARMIENTO e MONASTERIO, 1983; BATALHA e MANTOVANI, 2000).

Não foram amostradas espécies que frutificam e dispersam na transição da estação seca para a chuvosa. É esperado que as sementes que frutificam nesse período não apresentem dormência, devido as condições climáticas favoráveis para o estabelecimento de plântulas que tem a estação chuvosa para iniciar o processo germinativo (ESCOBAR *et al.*, 2018).

As espécies que apresentaram frutificação na estação seca são, em sua maioria, anemocóricas. Esse padrão já foi relatado (AUGSPURGER e FRANSON, 1987; BATALHA *et al.*, 1997) e acreditamos que é devido aos frutos secos das plantas que apresentam essa síndrome. Pois é necessário um processo de desidratação para a liberação das sementes e condições adequadas para a dispersão dos diásporos (MORELLATO e LEITÃO, 1996).

6 CONCLUSÃO

Concluimos que para a comunidade de campo sujo estudada, as temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C foram mais adequadas para germinação. Respondemos que a temperatura ótima está relacionada com a síndrome de dispersão e a forma de crescimento. A distribuição espacial das espécies pode ser afetada pelo comportamento germinativo. O local e momento onde ocorre a germinação determinam as condições nas quais as plântulas se estabelecem, ou seja, a germinação define a sobrevivências dos indivíduos e os padrões demográficos de populações. Este trabalho mostrou que as temperaturas ótimas de germinação diferiram entre hábitos, o que pode explicar a coexistência entre plantas lenhosas e herbáceas no Cerrado. Além disso, as altas temperaturas de germinação podem permitir que as espécies autocóricas germinem em ambientes abertos, o que diminuiria a mortalidade das plântulas por competição. Os resultados encontrados também corroboram com os demais trabalhos, em nível de comunidade, indicando diferentes estratégias no comportamento de espécies relacionado a fenologia. Estudos enfocando mecanismos de dispersão e temperatura são muito importantes para compreender a sucessão ecológica, biologia da conservação e, a complexa distribuição espacial dos indivíduos. Além disso, frente a possíveis cenários de mudanças climáticas, é fundamental o conhecimento das respostas de diferentes comunidades a novos condicionamentos ambientais, fazendo necessários mais estudos sobre esses aspectos.

7 REFERÊNCIAS

BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**, 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BATALHA, M. A., & MANTOVANI, W. 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. **Revista Brasileira de Biologia**, 60(1), 129-145, 2000.

BERJAK, P., & VILLIERS, T. A. Ageing in plant embryos. III. Acceleration of senescence following artificial ageing treatment. **New Phytologist**, 513-518, 1972.

BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife, Imprensa Universitária**, p. 207-218, 2005.

BRADBEER, J. W. **Seed dormancy and germination**. Springer Science & Business Media, 2013.

CASTRO, A. A. J. F., MARTINS, F. R., TAMASHIRO, J. Y., & SHEPHERD, G. J. How rich is the flora of Brazilian cerrados?. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 1999.

COUTINHO, L. M. O conceito do cerrado. **Revista brasileira de Botânica**, 1, 17-23, 1978.

DALLING, J. W., & HUBBELL, S. P. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. **Journal of Ecology**, 90(3), 557-568, 2002.

DAIBES, L. F., PAUSAS, J. G., BONANI, N., Nunes, J., SILVEIRA, F. A., & FIDELIS, A. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. **Annals of botany**, 20, 1-11, 2019.

DE CAMARGO, M. G. G., DE CARVALHO, G. H., ALBERTON, B. D. C., REYS, P., & MORELLATO, L. P. C. Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody community. **Biotropica**, 50(3), 442-454, 2018.

ESCOBAR, D.F.E, F.A.O SILVEIRA, and L. P. C. MORELLATO. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. **Annals of botany**, 2018.

FELIPPE, G. M., & SILVA, J. C. S. Estudos de germinação em espécies do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 7(2), 1984.

GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J.L., SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of pearl millet II: Alternating temperature. **Journal of Experimental**

Botany, 33: 297-302, 1982.

GARWOOD, N. C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecological monographs**, 53(2), 159-181, 1983.

GRIME, J. P., & HILLIER, S. H. The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plant communities, ecosystems and larger units of the landscape. **Seeds-the ecology of regeneration in plant communities**, 361-374, 2000.

HOWE, H. F.; MIRITI, M. N. When seed dispersal matters. **BioScience**, v. 54, n. 7, p. 651-660, 2004.

KELLOGG, E. A. Evolutionary history of the grasses. **Plant physiology**, 125(3), 1198-1205, 2001.

KHURANA, E., SINGH, J. S. Ecology of Seed and Seedling Growth for Conservation and Restoration of Tropical Dry Forest: A Review. **Environmental Conservation** 28: 39-52, 2001.

LABOURIAU, L. G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 59, n. 1, 37-69, 1987.

LIETH, H. Purposes of a phenology book. In **Phenology and seasonality modeling**. Springer, Berlin, Heidelberg. 3-19, 1974.

LIMA, J. D., ALMEIDA, C. C., DANTAS, V. A. V., SILVA, B. M. D. S., & MORAES, W. D. S. Effect of temperature and substrate on seed germination of *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, 30(4), 513-518, 2006.

MANTOVANI, W., & Martins, F. R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu. **Revista Brasileira de Botânica**, 11, 101-112, 1988.

MARQUES, A.R., Atman, A.P.F., Silveira, F.A.O. & de Lemos-Filho, J.P. Are seed germination and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. **Plant Ecology**: 215(5): 517–529, 2014.

MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, 2002.

MEIRELES, C. **Poesia completa**. Editora Nova Fronteira, 2001.

MORELLATO, L.P.C., LEITÃO-FILHO, H.L.F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato L, ed. **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp - FAPESP, 112–140, 1992

MORELLATO, L. P. C., *et al.* Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study 1. **Biotropica**, 32(4b), 811-823, 2000.

MORELLATO, L. P. C., *et al.* Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, 195, 60-72, 2016.

OLIVEIRA, P.E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, eds. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, Brazil: EMBRAPA-CPAC, 169-192, 2008.

OVERBECK, G. E., *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, 21(12), 1455-1460, 2015.

PINHEIRO, F.; BORGHETTI, F. Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Shultes f.) Mez (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, 17(1), 27-35, 2003.

PROBERT, R.J. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination, p. 261-292. In: Fenner M (Ed.). **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**, 2nd edition. Wallingford: CABI Publishing, 2000.

RAMOS, D. M., *et al.* Avoiding the dry season: dispersal time and syndrome mediate seed dormancy in grasses in Neotropical savanna and wet grasslands. **Journal of Vegetation Science** 28.4: 798-807, 2017.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P. Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 39, p. 123-133, 2003.

RAY, G. J.; BROWN, B. J. Restoring Caribbean dry forests: evaluation of tree propagation techniques. **Restoration ecology**, 3(2), 86-94, 1995.

REYS, P. *et al.* Estrutura e composição florística de um Cerrado sensu stricto e sua importância para propostas de restauração ecológica. **Hoehnea**, p. 449-464, 2013.

ROSENZWEIG, C. *et al.* Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. **Nature**, 453(7193), 353, 2008.

SALAZAR, A., *et al.* Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**, 21(2), 103-116, 2011.

SILVEIRA, F. A., *et al.* Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation. **Seed Science Research**, 22(1), 37-44, 2012.

TANNUS, J.L.S; ASSIS, M.A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**,

p. 489-506, 2004.

TANNUS, J.L.S., *et al.* Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. Springer Verlag, New York, 1982.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of ecology and Systematics**, 24(1), 69-87, 1993.

VIEIRA, D.L.M, *et al.* Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas m cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. **Revista Brasileira de Botânica** 25.2. 215-220, 2002.

VIEIRA, D. C. M., *et al.* Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. **Brazilian Journal of Botany**, 183-188, 2007.

VILLIERS T.A. Seed dormancy. In: Kozlowski TT (ed) **Seed biology**, vol II. Academic Press, New York, p 219–281, 1972.

ZAIDAN, L.B.P.; CARREIRA, R. C. Seed germination in Cerrado species. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 20(3): 167-181, 2008.

Aluna: Victória Michaela Pires de Godoi

Orientadora: Profa. Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Coorientador: Dr. Diego Fernando Escobar Escobar