
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JÚLIA ZAMARIOLA MESTRINÉR

**EFEITOS DAS ALTAS TEMPERATURAS E
MICROCLIMA DE CERRADO NA EMBEBIÇÃO E
GERMINAÇÃO DE SEMENTES NATIVAS**



Rio Claro - SP
2024

JÚLIA ZAMARIOLA MESTRINÉR

**Efeitos das altas temperaturas e microclima de Cerrado na
embebição e germinação de sementes nativas**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Bacharela em
Ciências Biológicas.

Orientadora: Ms. Mariana Aragão de Macedo

Supervisora: Profa. Dra. Neidiquele Maria Silveira

Rio Claro - SP

2024

M586e Mestrinér, Júlia Zamariola
Efeitos das altas temperaturas e microclima de Cerrado na
embebição e germinação de sementes nativas / Júlia Zamariola
Mestrinér. -- Rio Claro, 2024
37 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto
de Biociências, Rio Claro
Orientadora: Mariana Aragão de Macedo
Coorientadora: Neidiquele Maria Silveira

1. Botânica. 2. Ecofisiologia vegetal. 3. Fogo. I. Título.

JÚLIA ZAMARIOLA MESTRINÉR

Efeitos das altas temperaturas e microclima de Cerrado na embebição e germinação de sementes nativas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Bacharela em
Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Ms. Mariana Aragão de Macedo

Prof. Dr. Gustavo Habermann

Dr. Luis Felipe Daibes de Andrade

Aprovado em: 11 de novembro de 2024

Documento assinado digitalmente
 **JULIA ZAMARIOLA MESTRINER**
Data: 19/11/2024 19:53:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do discente

Documento assinado digitalmente
 **MARIANA ARAGAO DE MACEDO**
Data: 21/11/2024 12:29:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **NEIDIQUELE MARIA SILVEIRA**
Data: 21/11/2024 13:41:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) supervisor(a)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Luis e Patrícia, que sempre acreditaram em mim, principalmente quando eu mesma não acreditava. Obrigada por me apoiarem nesse sonho, por sempre serem meu porto seguro e por terem me ajudado a chegar até aqui. Vocês são a maior dívida da minha vida.

Ao meu namorado, Gabriel, que me incentiva a correr atrás dos meus sonhos, por mais loucos que eles pareçam ser. Obrigada por ter me conhecido e decidido ficar, você é meu ponto de paz em meio à correria. Que venham muitas conquistas para comemoramos juntos.

Aos meus amigos, Maria Eduarda, Júlia e Davy, por terem tornado minha vida universitária mais leve e alegre. Obrigada por todas as conversas, risadas e desabafos. Foi um grande privilégio ter encontrado e compartilhado momentos com vocês nesse caminho.

À minha orientadora, Mariana, por sempre transmitir seu conhecimento com entusiasmo e paciência. Seu amor pela ciência e pela botânica me inspiram. Obrigada a você e ao Davi Rossatto, por confiarem em mim e pela oportunidade de realizar a pesquisa que mudou minha vida.

À Alessandra Fidelis, por ter disponibilizado seu laboratório e os equipamentos para a realização dos experimentos. Aproveito também para agradecer a todos os integrantes do LEVeg, pelas discussões sobre o Cerrado e pelos momentos de descontração. Agradeço, principalmente, ao Rafa, pela ajuda na coleta de sementes em campo.

Ao Gustavo Habermann, Neidiquele e Naiara, que sempre se mostraram dispostos a me ajudar. Ninguém faz ciência sozinho, agradeço o apoio de todos.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 123210/2023-2.

RESUMO

O fogo é um filtro ambiental que seleciona espécies com certos atributos para sobreviver às altas temperaturas. Sementes de ambientes savânicos, como o Cerrado, podem apresentar tolerância à flutuação de temperatura ou serem favorecidas pelos choques térmicos causados pela passagem do fogo, garantindo seu desenvolvimento em áreas pós fogo. O presente estudo buscou compreender se as altas temperaturas ocasionadas pelo fogo, juntamente com as variações de temperatura pós fogo, possuem influência na embebição e germinação das sementes de *Vochysia tucanorum* Mart. e *Zeyheria montana* Mart., duas espécies anemocóricas e sem dormência. Para avaliar estes aspectos, as sementes foram expostas a tratamentos controle e choques térmicos de 70°C por 5 minutos e levadas para câmaras de germinação simulando microclima de Cerrado pós fogo (Média: 27,3 °C, Máx: 41 °C, Min: 18°C). Foram obtidos dados de embebição, sobrevivência (viabilidade) e capacidade germinativa (Germinabilidade (%G), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG)). Como resultados, as espécies não apresentaram respostas às altas temperaturas em sua viabilidade, %G, TMG e IVG. Contudo, *Zeyheria montana* teve sua embebição favorecida pelos choques térmicos, enquanto *Vochysia tucanorum* se apresentou como uma espécie tolerante em todas as variáveis. Ambas espécies são capazes de sobreviver e germinar quando submetidas ou não aos choques térmicos, e mantêm suas estratégias de colonização nas variações de temperatura do Cerrado pós fogo.

Palavras-chave: choques térmicos; savanas; lenhosas; fogo

ABSTRACT

Fire acts as an environmental filter, selecting species with traits that enable survival under high-temperature conditions. Seeds from savannas, such as the Cerrado, may exhibit tolerance to temperature fluctuations or be stimulated by heat shocks from fire, promoting their development in post-fire environments. This study aimed to understand whether high temperatures caused by fire, along with post-fire temperature variations, influence the imbibition and germination of seeds from *Vochysia tucanorum* Mart. and *Zeyheria montana* Mart., both of which are anemochorous and non-dormant species. To investigate this, seeds were subjected to two treatments: a control and a heating treatment (heat shocks at 70°C for 5 minutes) and placed in germination chambers that simulate the post-fire microclimate of the Cerrado (Average: 27.3°C, Maximum: 41°C, Minimum: 18°C). Data were collected on imbibition, survival (viability), and germination capacity (Germinability (%G), Mean Germination Time (TMG), and Germination Speed Index (IVG)). The results indicate that these species did not exhibit significant changes in viability, %G, TMG, and IVG in response to high temperatures. However, *Zeyheria montana* showed increased imbibition after heat shocks, whereas *Vochysia tucanorum* demonstrated tolerance across all measured variables. Both species are capable of surviving and germinating whether or not subjected to heat shocks and maintain their colonization strategies under the temperature variations of the post-fire Cerrado.

Keywords: heat shocks; savannas; woody; fire

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa base da Estação Ecológica de Santa Bárbara (EEcSB), local onde ocorreu a coleta de sementes utilizadas no presente estudo.....	14
Figura 2 – Triagem de frutos e sementes de <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. (A) Frutos coletados abertos ou semiabertos. (B) Separação de sementes.....	16
Figura 3 – Triagem de sementes de <i>Zeyheria montana</i> Mart. através da separação por coloração e sinais de decomposição.....	16
Figura 4 – Preparação para o choque térmico das sementes em mufla a 70°C por 5 minutos.....	17
Figura 5 – Ilustração da pesagem das réplicas (n=20) após exposição à água, utilizando uma placa de Petri. (A) Réplica com sementes de <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. (B) Réplica com sementes de <i>Zeyheria montana</i> Mart.....	18
Figura 6 – Réplicas dispostas na câmara de germinação, onde permaneceram por 30 dias sob temperaturas simulando o microclima de Cerrado e com regime de luz controlado (12h claro /12h escuro).....	19
Figura 7 – Temperaturas ajustadas nas câmaras de germinação durante todo o experimento, apresentando mínima de 18°C, máxima de 41°C e média de 27,3°C. As sementes foram submetidas a essa variação de temperatura durante um período de 30 dias ou até a completa necrose das sementes.....	19
Figura 8 – Protrusão e curva geotrópica da radícula, indicando a germinação. (A) Semente de <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. germinadas (B) Semente de <i>Zeyheria montana</i> Mart. germinadas.....	20
Figura 9 – Coloração de sementes após imersão por 24 horas em teste de tetrazólio 1% tamponado, pH 7. A viabilidade foi considerada pela coloração avermelhada do tecido. (A) Semente viável e inviável de <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. (B) Semente viável de <i>Zeyheria montana</i> Mart.....	21
Figura 10 – Peso fresco das sementes de <i>Vochysia tucanorum</i> (A) e <i>Zeyheria montana</i> (B) por tempo de embebição (216 horas) sob condições de flutuação	

térmica, comparando entre controle (▲) e choques térmicos de 70°C por 5 minutos (□). O tempo zero representa a massa da semente sem embebição. Barras representam o erro padrão e “*” significa diferenças significativas..... 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados obtidos para Germinabilidade G% (Média $\pm$ EP), TMG (Média $\pm$ DP) e IVG (Média $\pm$ DP) de sementes de *Vochysia tucanorum* Mart e de *Zeyheria montana* Mart., comparando controle e choque térmico. As sementes do grupo controle não foram expostas a alta temperatura; no choque térmico foram submetidas a 70°C por 5 minutos. Foram utilizadas 6 réplicas, n=20 sementes..... 24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	Área de coleta e espécies estudadas.....	14
3.2	Desenho experimental.....	15
3.3	Metodologia.....	15
3.3.1	<i>Coleta e seleção de sementes.....</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Choque térmico.....</i>	<i>17</i>
3.3.3	<i>Embebição.....</i>	<i>17</i>
3.3.4	<i>Germinação.....</i>	<i>18</i>
3.3.5	<i>Teste de tetrazólio.....</i>	<i>20</i>
3.3.6	<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>21</i>
4	RESULTADOS.....	23
5	DISCUSSÃO.....	25
6	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Ambientes savânicos são mais inflamáveis por serem compostos, em sua maioria, por uma grande extensão de gramíneas formada após a estação chuvosa, o que as tornam um combustível para a ocorrência e propagação do fogo na estação seca, já que as mesmas estão secas nesse período (Newberry et al., 2020; Higgins; Bond; Trollope, 2000). Uma das características do fogo é o aumento da temperatura do ar e do solo, levando ao consumo da biomassa e gerando mudanças na estrutura e composição da vegetação (Napier; Chipman, 2021). Além disso, o fogo pode atuar na rápida disponibilização de nutrientes resultantes da combustão da matéria orgânica, acelerando a ciclagem de nutrientes (Souto, 2007). Após a passagem do fogo, os nutrientes disponíveis podem influenciar positivamente no crescimento da biomassa, na taxa de reprodução das plantas e também no recrutamento de novos indivíduos (Salazar et al., 2011).

O fogo é, portanto, um filtro ambiental forte que seleciona espécies com atributos para sobreviverem às suas características, como as altas temperaturas ocorrentes devido a sua passagem (Newberry et al., 2020). Algumas espécies herbáceas e sub-arbustos possuem xilopódios, órgãos de reservas subterrâneas (Eiten, 1972), que garantem a regeneração de sua parte aérea pós fogo. Já as espécies lenhosas possuem cascas espessas (Eiten, 1972), maior investimento em biomassa subterrânea (Scariot; Souza-Silva; Felfili, 2005) e gemas de reposição, protegidas pelo solo e ou pela casca, para o rebrotamento basal ou aéreo após a perda da parte aérea decorrente da passagem do fogo (Campos, 2016). Além destas estratégias vegetativas relacionadas à persistência, populações vegetais precisam de sementes para manter a variabilidade genética (Soares et al., 2008) e aumentar a probabilidade de colonização de novos ambientes por meio da dispersão (Deminicis et al., 2009).

O Cerrado é constituído por um mosaico de vegetação, que varia desde formações campestres e savânicas, até formações florestais (Coutinho, 1978), fato decorrente da ação do fogo associada à sazonalidade e aos diferentes tipos de solo (Furley; Ratter, 1988). O Cerrado *sensu stricto*, uma formação savânica, é considerado um ecótono entre as formações campestres e florestais (Coutinho, 1978), sendo constituído por espécies de árvores, arbustos e sub-arbustos esparsos

entre si, que coexistem com uma grande riqueza e abundância de espécies de gramíneas e herbáceas (Sano; Almeida; Ribeiro, 2008).

As sementes do Cerrado podem tolerar as altas temperaturas a depender da espessura do tegumento, da quantidade de água armazenada em seu interior e de seu tamanho (Souza et al., 2021; Ribeiro et al., 2015). Uma das formas das sementes conseguirem prevalecer em sistemas com presença frequente de fogo é a dormência, de forma que esta possa garantir sua germinação em situações propícias à sobrevivência e ao desenvolvimento (Cardoso, 2004). No Cerrado, a quebra de dormência pode ocorrer através da ação do fogo ou de microrganismos, ingestão das sementes ou frutos pela fauna, temperatura, luz e presença de água (Cardoso, 2004). Em contrapartida, algumas sementes não dormentes apresentam tolerância à flutuação de temperatura e aos choques térmicos, garantindo seu desenvolvimento em áreas de Cerrado queimado (Daibes et al., 2021). Os choques térmicos, causados pela passagem do fogo, podem atuar no enfraquecimento do tegumento em sementes permeáveis, aumentando a absorção de água (Zuloaga-Aguilar; Briones; Orozco-Segovia, 2011), porém ainda são necessários mais estudos para comprovar como isso ocorre. Os frutos também apresentam papel importante de proteção a altas temperaturas, atuando como isolante térmico em algumas espécies, como ocorre em *Qualea parviflora* Mart. (Palermo, 2011) e *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Cirne; Miranda, 2008).

Diversos estudos com a germinação de sementes de espécies do Cerrado têm sido feitos nos últimos anos para compreender como a exposição a altas temperaturas pode atuar na germinação ou mesmo no processo de embebição, que é primordial para o início do desenvolvimento da nova plântula. Por exemplo, as sementes de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos toleram temperaturas em torno de 85°C e o tempo de exposição adotado (1,5 e 4,5 minutos) a altas temperaturas não afetou significativamente a germinação (Perígolo; Libano, 2012). Outras espécies arbóreas como *Qualea parviflora* Mart. e *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart., também toleram temperaturas de 70°C e 100°C, porém por períodos de tempo menores (2 minutos) (Macedo et al., 2021). Já para embebição, Leão-Araújo et al. (2019) averiguou este processo nas sementes de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg em relação a temperatura e constatou que sob a temperatura de 30°C a embebição foi duas vezes mais rápida que em 20°C. A fim de observar as condições de flutuação térmica para germinação, Sangalli, Scaloni e Vieira (2004)

compararam a germinação de *Jacaranda decurrens* Cham. sob as temperaturas de 20 e 25°C constantes, e uma terceira faixa de temperatura oscilando entre 20 e 30°C. Os resultados indicaram que a maior porcentagem de germinação ocorreu nas sementes submetidas à oscilação de temperatura. No entanto, há uma falta em trabalhos que englobam tanto a exposição a altas temperaturas associada a processos germinativos, como a embebição e a germinação em temperaturas registradas em campo. Todos esses aspectos são importantes para compreender os filtros ambientais impostos para a germinação de sementes nesses ambientes, e prever possíveis adaptações a esse regime de temperatura que pode atuar tanto na absorção quanto na perda de água.

Compreender processos germinativos no Cerrado pode auxiliar no entendimento sobre os filtros ambientais impostos pela passagem do fogo, além de trazer informações sobre o recrutamento das populações vegetais. Este trabalho utilizou sementes de duas espécies arbóreas endêmicas do Cerrado, encontradas na fitofisionomia Cerrado *sensu stricto*, *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae) e *Zeyheria montana* Mart. (Bignoniaceae), escolhidas por apresentarem ampla ocorrência em ambientes savânicos (Vianna, 1980; Gentry, 1992) e não possuírem indícios de dormência registrados na literatura. Sendo assim, outros fatores como a sazonalidade, temperatura, umidade e luz determinam as taxas de germinação e viabilidade dessas espécies (Fenner, 2002; Locardi, 2011). Diante disso, estas espécies foram selecionadas para compreender o efeito das altas temperaturas ocasionadas pelo fogo e do ambiente pós fogo em seus processos germinativos.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos pré germinativos (embebição) e germinativos (Germinabilidade, Tempo Médio de Germinação e Índice de Velocidade da Germinação) das sementes de *Vochysia tucanorum* Mart. e *Zeyheria montana* Mart., após a exposição das sementes a 70°C por 5 minutos, mantidas sob flutuações de temperatura simulando o Cerrado pós fogo.

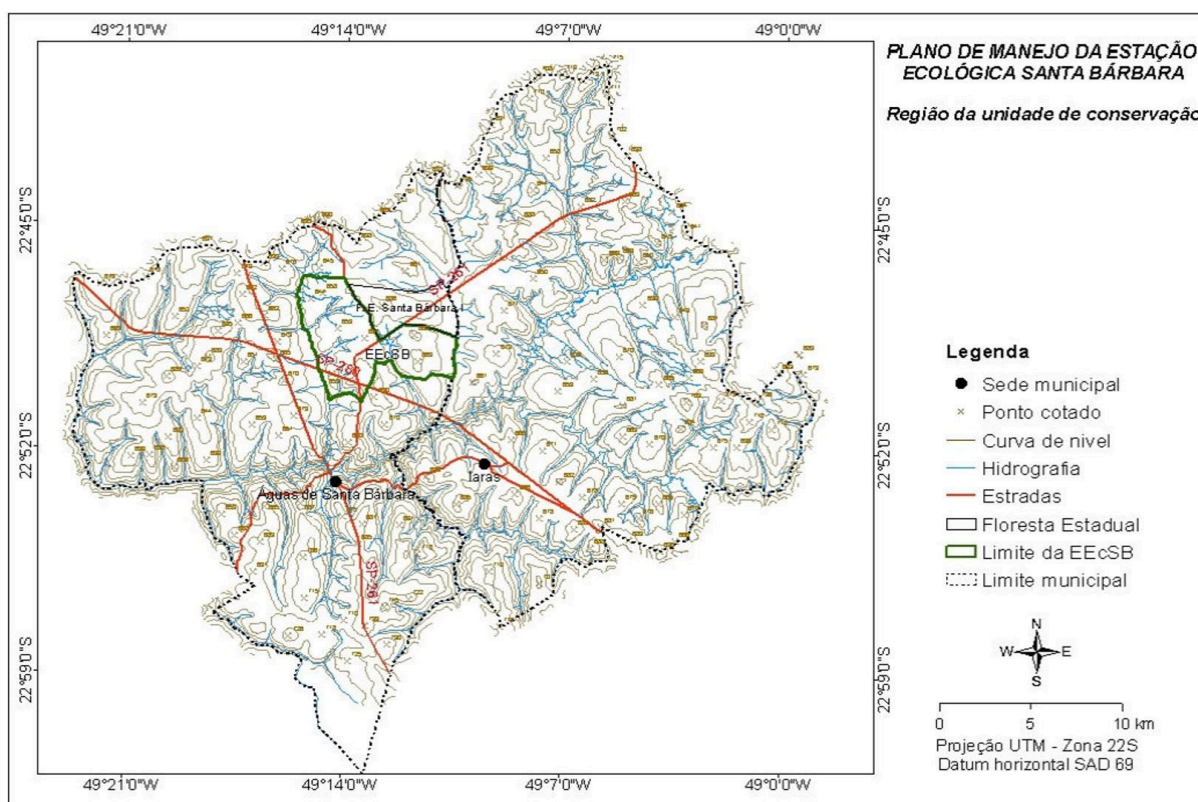
Tem-se como principal hipótese que a exposição das sementes a 70°C por 5 minutos irá alterar sua permeabilidade, tornando-a mais permeável à água e à troca de gases. Isto pode favorecer o processo germinativo das espécies do estudo em áreas de Cerrado *sensu stricto*, garantindo seu estabelecimento e sobrevivência nesse sistema propenso ao fogo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de coleta e espécies estudadas

As sementes foram coletadas na Estação Ecológica de Santa Bárbara, localizada a 22° 46' 30"-22° 50' 30" S e 49° 10' 30"-49° 15' 30" W no município Águas de Santa Bárbara, no estado de São Paulo (Figura 1). Em concordância com Köppen, o local é classificado com clima do tipo Cwa, apresentando um clima quente, úmido e com invernos secos, a temperatura média anual é de 20,9 °C com precipitação anual ao redor de 1424 mm (Secretaria do Meio Ambiente, 2011).

Figura 1 – Mapa base da Estação Ecológica de Santa Bárbara (EEcSB), local onde ocorreu a coleta de sementes utilizadas no presente estudo.



Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (2011)

Vochysia tucanorum Mart., conhecida popularmente como “pau de tucano”, é uma árvore de grande porte, atingindo até 20 metros de altura, classificada como secundária tardia e apresenta numerosas flores amarelas (Landinho; Martins;

Barbosa, 2018). A frutificação começa em abril, possuindo duração de cinco meses, com dispersão anemocórica de suas sementes (Oliveira; Massi; Rossatto, 2022). Sua taxa de germinação varia de 20% a 60%, de acordo com o substrato (Landinho; Martins; Barbosa, 2018).

Zeyheria montana Mart. é um arbusto de até três metros de altura (Mauro et al., 2007) que possui propriedades medicinais e é conhecido popularmente como “bolsa de pastor” (Dousseau et al., 2007). A dispersão de suas sementes ocorre de forma anemocórica (Silva, 2016) durante o ano todo (Kratz; Bassaco; Nogueira, 2013). Sua taxa de germinação é de 30 a 60% dependendo da região em que é encontrada (Bertoni, 2003).

As sementes de *Vochysia tucanorum* foram coletadas em outubro de 2023. Já a coleta das sementes de *Zeyheria montana* ocorreu no período entre agosto e novembro de 2022.

3.2 Desenho experimental

Foram utilizadas 240 sementes de cada espécie, divididas em 20 sementes por réplica, totalizando seis réplicas para cada tratamento (controle e choque térmico). Somente as réplicas do choque térmico foram submetidas a choques de calor, a fim de testar a performance germinativa das espécies em relação às altas temperaturas. Todas as réplicas (controle e choque térmico) foram umidificadas e colocadas em câmaras de germinação, onde permaneceram por 30 dias sob regime de temperaturas registradas em Cerrado durante o mês de dezembro, para avaliar a performance dos atributos pré e pós germinativos dessas espécies.

3.3 Metodologia

3.3.1 Coleta e seleção de sementes

Os frutos foram coletados abertos ou semiabertos, de pelo menos cinco indivíduos, com distanciamento mínimo de 50 metros para garantir maior variabilidade genética da população (Augspurger; Franson, 1987). Após a coleta, as sementes que possuíam coloração homogênea, sem sinais de predação e/ou decomposição foram separadas (Figura 2 e Figura 3) e acondicionadas em temperatura de 18°C, em local seco e em sacos de alumínio para manter a viabilidade e qualidade das sementes até o momento do experimento.

Figura 2 – Triagem de frutos e sementes de *Vochysia tucanorum* Mart. (A) Frutos coletados abertos ou semiabertos. (B) Separação de sementes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 3 – Triagem de sementes de *Zeyheria montana* Mart. através da separação por coloração e sinais de decomposição.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.3.2 Choque térmico

Cada réplica do tratamento de choque térmico foi colocada em um recipiente de alumínio, que, por ser um material mais fino, permite a passagem do calor com maior eficiência, garantindo que as sementes sejam expostas à temperatura desejada de forma homogênea. As réplicas foram submetidas aos choques térmicos separadamente, a fim de evitar pseudo-réplicas (Morrison; Morris, 2000), em mufla com fluxo de ar quente a 70°C por 5 cinco minutos (Figura 4), simulando a exposição dessas sementes dentro de frutos durante a passagem do fogo em áreas de Cerrado (Palermo, 2011).

Figura 4 – Preparação para o choque térmico das sementes em mufla a 70°C por 5 minutos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.3.3 Embebição

Para verificar a taxa de embebição, todas as sementes das espécies modelo foram pesadas antes do tratamento de choque térmico e da exposição à água, para obter o peso inicial, utilizando uma balança analítica de precisão (precisão de 0,001 g). Após a exposição das altas temperaturas, as sementes foram retiradas do recipiente de alumínio e acomodadas em gerbox após as mesmas alcançarem temperatura ambiente. Todas as réplicas (controle e choque térmico) foram

colocadas em gerbox transparentes com papel filtro e embebidas, inicialmente, com 20 ml de água destilada cada, para padronizar o nível inicial de água disponível para cada réplica.

O processo de absorção de água foi medido a partir da pesagem da semente após a umidificação das réplicas (Figura 5). A fim de observar o processo de embebição ao longo do tempo, as sementes foram pesadas a cada hora, durante 8 horas e após 12 horas de exposição à água destilada e à variação de temperatura de ambiente de Cerrado. Após o registro da curva de embebição, as sementes embebidas continuaram a ser pesadas a cada 24h durante 15 dias ou até o registro de germinação (protrusão da radícula) da réplica. Quando necessário, as réplicas foram umidificadas novamente com água destilada, de forma visual até a completa umidificação da gerbox.

Figura 5 – Ilustração da pesagem das réplicas (n=20) após exposição à água, utilizando uma placa de Petri. (A) Réplica com sementes de *Vochysia tucanorum* Mart. (B) Réplica com sementes de *Zeyheria montana* Mart.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.3.4 Germinação

Associado ao experimento de embebição, as sementes foram para câmaras de germinação (Figura 6) com regime de luz controlado (12h claro /12h escuro) e patamares de temperaturas programadas. Simulando temperaturas obtidas em campo, através da utilização de termo-higrômetro HOB0 U23-001, em áreas de Cerrado *sensu stricto* na Estação Ecológica de Santa Bárbara durante o mês de

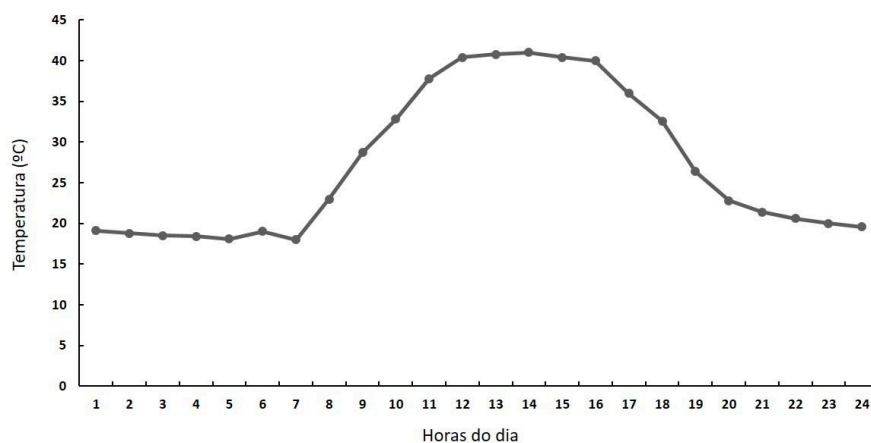
dezembro de 2022 (Figura 7), período em que ocorreu o registro de início da germinação em campo (dados não publicados).

Figura 6 – Réplicas dispostas na câmara de germinação, onde permaneceram por 30 dias sob temperaturas simulando o microclima de Cerrado e com regime de luz controlado (12h claro /12h escuro).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

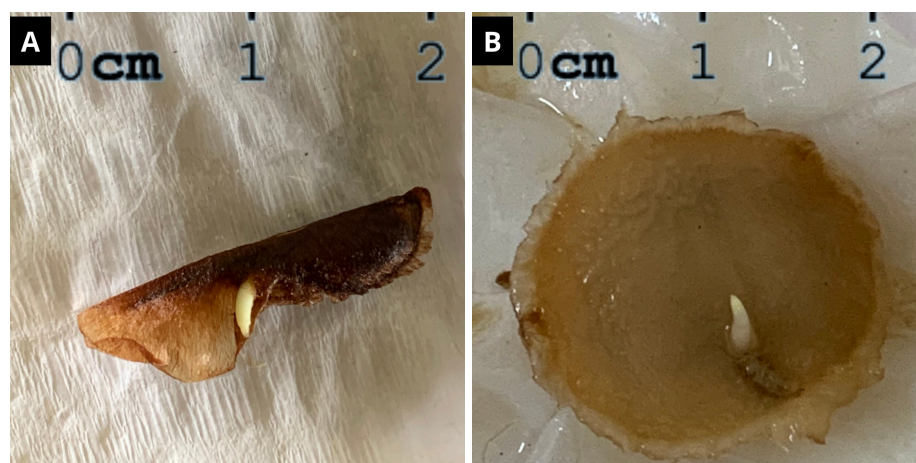
Figura 7 – Temperaturas ajustadas nas câmaras de germinação durante todo o experimento, apresentando mínima de 18°C, máxima de 41°C e média de 27,3°C. As sementes foram submetidas a essa variação de temperatura durante um período de 30 dias ou até a completa necrose das sementes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

As sementes foram consideradas como germinadas após a protrusão e curva geotrópica da radícula (Figura 8, Labouriau et al., 1963). A germinação foi acompanhada diariamente, durante 30 dias ou até a completa necrose das sementes.

Figura 8 – Protrusão e curva geotrópica da radícula, indicando a germinação. (A) Semente de *Vochysia tucanorum* Mart. germinadas (B) Semente de *Zeyheria montana* Mart. germinadas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Dados de Germinabilidade (%G) e o Tempo Médio de Germinação (TMG) foram calculados de acordo com Labouriau (1983). O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi calculado de acordo com Maguire (1962).

3.3.5 Teste de tetrazólio

O teste de tetrazólio foi aplicado para verificar a viabilidade das sementes. O sal 2,3,5 tri-fenil tetrazólio é reduzido pelas desidrogenases presentes no tecido vivo da semente, acarretando na coloração avermelhada (Borghetti; Ferreira, 2004). Ao final dos 30 dias de experimento, as sementes que não germinaram foram submetidas ao teste de tetrazólio 1% tamponado com pH 7 para averiguar se 30 dias foram suficientes para as sementes, com embriões viáveis, germinarem.

As sementes ficaram submersas na solução durante 24 horas, período definido a partir de testes preliminares de tempo de coloração das sementes. A viabilidade foi considerada a partir da coloração vermelha ou rosa (Figura 9). Caso a coloração padronizada não fosse observada, as sementes foram classificadas como inviáveis (Borghetti; Ferreira, 2004).

Figura 9 – Coloração de sementes após imersão por 24 horas em teste de tetrazólio 1% tamponado, pH 7. A viabilidade foi considerada pela coloração avermelhada do tecido. (A) Semente viável e inviável de *Vochysia tucanorum* Mart. (B) Semente viável de *Zeyheria montana* Mart.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.3.6 Análises estatísticas

Para as análises de dados foi realizado o teste de normalidade Shapiro Wilk, utilizando a função “*byf.shapiro*” dentro do pacote “*RVAideMemoire*”. Os dados não atenderam à normalidade, portanto, foram submetidos ao teste não-paramétrico de Mann Whitney para comparar os diferentes tratamentos, utilizando os pacotes “*dplyr*” e “*rstatix*”, juntamente com o comando “*wilcox.test*”. Todos os testes foram realizados utilizando o programa R, versão 4.4.0.

A embebição foi analisada a partir da média da variação da massa de peso fresco em relação ao tempo de embebição (em horas). Para os processos germinativos de cada tratamento (Germinabilidade, TMG e IVG), foram calculados a

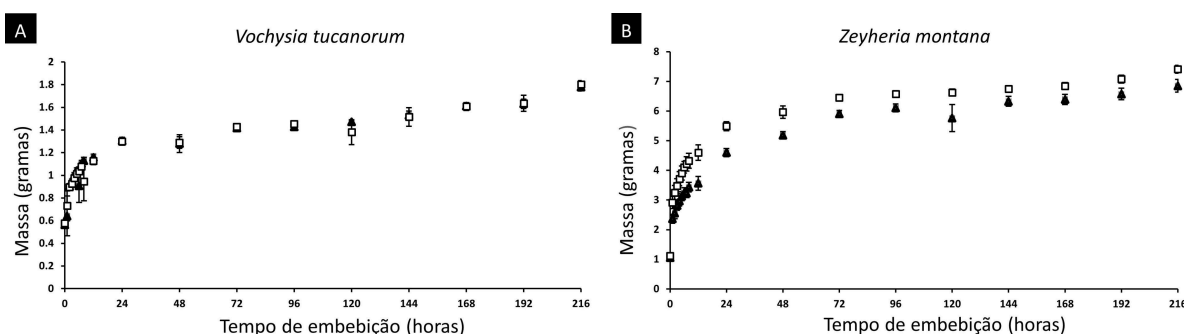
média das réplicas ($n=6$). Considerou-se a viabilidade das sementes como a soma das sementes viáveis de cada réplica ($n=6$), separando entre cada tratamento.

4 RESULTADOS

A embebição de sementes de *Vochysia tucanorum* não diferiu ($W= 175$, p -valor: 0,687) entre choque térmico e controle (Figura 10). Antes da absorção de água, as sementes do controle apresentaram massa igual a $0,56\pm0,02$ g e as do choque térmico $0,57\pm0,01$ g. Nas primeiras 24 horas de embebição, as sementes do controle e do choque térmico aumentaram mais que o dobro de sua massa inicial, apresentando peso fresco de $1,3\pm0,06$ g e $1,3\pm0,08$ g, respectivamente. Quando o processo germinativo foi iniciado, a massa das sementes foi de $1,53\pm0,09$ g para o controle e $1,8\pm0,08$ g para o choque térmico.

Por outro lado, a embebição de *Zeyheria montana* diferiu entre os tratamentos ($W= 963$, p -valor= 0,01; Figura 10). Antes da absorção de água, as sementes do controle tinham massa igual, a $1,05\pm0,07$ g e as do choque térmico $1,11\pm0,07$ g. Porém, enquanto sementes do controle aumentaram sua massa inicial em quatro vezes nas primeiras 24 horas ($4,59\pm0,33$ g), as do choque térmico aumentaram em cinco vezes ($5,48\pm0,37$ g). A germinação no grupo controle ocorreu quando a massa das sementes foi seis vezes maior que sua massa inicial ($6,85\pm0,4$ g), já no choque térmico a massa foi sete vezes maior ($7,55\pm0,4$ g).

Figura 10 – Peso fresco das sementes de *Vochysia tucanorum* (A) e *Zeyheria montana* (B) por tempo de embebição (216 horas) sob condições de flutuação térmica, comparando entre controle ($\blacktriangle$) e choque térmico de 70°C por 5 minutos ($\square$). O tempo zero representa a massa da semente sem embebição. Barras representam o erro padrão e “*” significa diferenças significativas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A germinabilidade das espécies *V. tucanorum* e *Z. montana* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($W= 12$; p -valor: 0,367 e $W= 20,5$; p -valor: 0,718, respectivamente). O mesmo ocorreu para TMG ($W= 7$; p -valor: 0,09 para *V. tucanorum* e $W= 2$; p -valor: 0,8 para *Z. montana*) e IVG ($W= 17$; p -valor: 0,937 para *V. tucanorum* e $W= 21$; p -valor: 0,655 para *Z. montana*), que não variaram entre controle e choque térmico. Os valores dos atributos germinativos das duas espécies estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados obtidos para Germinabilidade G% (Média $\pm$ EP), TMG (Média $\pm$ DP) e IVG (Média $\pm$ DP) de sementes de *Vochysia tucanorum* Mart e de *Zeyheria montana* Mart., comparando controle e choque térmico. As sementes do grupo controle não foram expostas a alta temperatura; no choque térmico foram submetidas a 70°C por 5 minutos. Foram utilizadas 6 réplicas, $n=20$ sementes.

Variáveis Germinativas	<i>Vochysia tucanorum</i>		<i>Zeyheria montana</i>	
	Controle	Choque Térmico	Controle	Choque Térmico
%G	93,33 $\pm$ 3,07	82,5 $\pm$ 7,71	2,5 $\pm$ 1,7	3,33 $\pm$ 1,66
TMG	13,25 $\pm$ 0,4	13,48 $\pm$ 1,972	20,5 $\pm$ 0,7	16,83 $\pm$ 6
IVG	1,44 $\pm$ 0,14	1,29 $\pm$ 0,38	0,02 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,05

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A condição de temperaturas no ambiente juntamente com os tratamentos não afetaram a viabilidade de sementes de *V. tucanorum* e de *Z. montana* ($W= 12,5$; p -valor: 0,4 e $W= 19,5$; p -valor: 0,87, respectivamente). A porcentagem de sementes viáveis (que germinaram e que não germinaram) de *Zeyheria montana* foi de 45,83 $\pm$ 2,7%, no controle, e 50 $\pm$ 3,7%, no choque térmico. Já para *Vochysia tucanorum* foi de 94,16 $\pm$ 1,6% no controle e 85,83 $\pm$ 3,12% no choque térmico.

5 DISCUSSÃO

De acordo com a hipótese do presente trabalho, esperava-se que os choques térmicos iriam enfraquecer o tegumento das sementes, facilitando a absorção de água e, conseqüentemente, favorecendo a germinação. No entanto, a embebição e germinação foram similares entre os tratamentos para *Vochysia tucanorum*. Por outro lado, sementes de *Zeyheria montana* teve sua embebição favorecida através dos choques térmicos de 70°C por 5 minutos, mantendo sua germinação sem diferenças significativas entre os tratamentos.

O processo de germinação tem seu início com a embebição da semente e seu fim é caracterizado pela protrusão da radícula (Bewley, 1997). Com a absorção de água, espera-se que ocorra a retomada da atividade respiratória e o aumento do metabolismo da semente, acarretando em seu desenvolvimento até a expansão da radícula em condições ambientais (Bewley; Black, 1994).

A permeabilidade das sementes varia de acordo com sua morfologia, composição, estrutura, temperatura de embebição e teor inicial de água (Bewley; Black, 1994). O tegumento de ambas as sementes estudadas não atuou como uma barreira, pois sementes que não foram expostas aos choques térmicos também absorveram água na mesma proporção (Kissmann et al., 2012), ademais apresentaram um ganho significativo de peso (>20%) nas primeiras 24 horas de embebição, podendo ser consideradas como permeáveis (Moreira et al., 2010). A embebição observada em sementes de *Zeyheria montana* expostas aos choques térmicos pode indicar dois aspectos, o primeiro é que a temperatura de 70°C por 5 minutos causou danos no tecido e foi necessário absorver mais água, para esta ser destinada tanto para atividades metabólicas quanto para o reparo e reconstrução do tecido (Castro e Hilhorst, 2004). O outro aspecto é que essa espécie teve de fato o tegumento de suas sementes “enfraquecidos” pelos choques térmicos, o que facilitou a absorção de água (Zuloaga-Aguilar; Briones; Orozco-Segovia, 2011), mas a temperatura ambiental a qual foram submetidas não alterou suas habilidades germinativas. Já na espécie *Vochysia tucanorum*, os choques térmicos estabelecidos podem não ter sido suficientes para causar lesões no tecido e aumentar sua absorção de água, o que poderia indicar que seu tegumento pode ser mais espesso e/ou seus tecidos toleram temperaturas mais altas. Outro fator pode estar relacionado ao conteúdo de água, sementes com menor conteúdo de água

inicial tendem a apresentar maior tolerância aos choques térmicos (Silva et al., 2021).

Apesar das sementes dormentes terem sua germinação significativamente favorecida pela passagem do fogo (Kazancı; Tavşanoğlu, 2019), existem estudos que constataam o beneficiamento das sementes permeáveis aos choques térmicos. A espécie *Solanum aphyodendron* S. Knapp apresentou germinabilidade favorecida tanto pelo tratamento de choque de calor, quanto pela interação do calor com a fumaça (Zuloaga-Aguilar; Briones; Orozco-Segovia, 2011). Zironi, Silveira e Fidelis (2019) também constataam a importância do choque de calor juntamente com a fumaça no beneficiamento da germinação em sementes permeáveis. Entretanto, no presente trabalho foi testado apenas o tratamento de choque de calor.

Por outro lado, existem sementes permeáveis que toleram as altas temperaturas. Ribeiro, Pedrosa e Borghetti (2012) observaram que *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. é uma espécie que não possui sua taxa de germinação afetada pelas altas temperaturas, garantindo o vigor das sementes após a passagem do fogo. O mesmo ocorreu para a espécie *Afzelia africana* Smith. ex Pers. (Dayamba et al., 2008). Algumas sementes apresentam temperaturas máximas e mínimas para seu desenvolvimento, o que garante sua germinação tanto na ausência, quanto após a passagem do fogo (Gashaw; Michelsen, 2002), sendo uma ótima estratégia para permanecer nesses ambientes, visto que o fogo pode levar à mortalidade de plântulas emergentes. Os frutos também podem atuar amenizando as temperaturas causadas pelas queimadas que chegam até as sementes, garantindo uma faixa de temperatura que não prejudique a germinação (Cirne; Miranda, 2008).

Outros estudos germinativos já foram realizados com *Vochysia tucanorum* e *Zeyheria montana*. Barbosa, Yamamoto e Valio (1999) averiguaram que sementes de *V. tucanorum* germinam em uma faixa de 10°C a 35°C, porém a temperatura mais eficiente para a germinação foi de 25°C constante (%G> 93%). Temperatura semelhante à encontrada para *Z. montana*, onde a germinação pode ocorrer em uma faixa de 15°C a 30°C, porém a 25°C apresentou %G> 90% (Arantes et al., 2018). No entanto, quando falamos de ambiente natural, não existem temperaturas constantes por longos períodos de tempo. E apesar da falta de estudos simulando o microclima na germinação de sementes, este não deixa de ser essencial para o entendimento do processo germinativo das espécies no ambiente. Com a simulação de temperaturas encontradas em campo pós fogo, a germinabilidade de sementes

(levando em conta controle e choque térmico) de *Vochysia tucanorum* foi de %G> 82% e de *Zeyheria montana* %G> 2%, indicando que as flutuações de temperatura influenciam desde as taxas de germinação até o vigor e viabilidade das sementes (Walters, 1998).

No presente trabalho, tanto *V. tucanorum* quanto *Z. montana* apresentaram TMG e IVG sem diferenças significativas entre controle e choque térmico, indicando que as altas temperaturas não afetaram suas estratégias de germinação para ocupação do ambiente (Borghetti; Ferreira, 2004). Outras espécies do Cerrado, como *Qualea parviflora* Mart. e *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart., também mantiveram suas estratégias germinativas mesmo com as altas temperaturas (Macedo et al. 2021).

Um dos fatores que pode estar relacionado ao tipo de estratégia germinativa de sementes adotada está relacionado com a embebição. Sementes menores possuem relação superfície:volume maior que em sementes maiores, o que acarreta no aumento das taxas de embebição (Kikuzawa; Koyama, 1999) e, conseqüentemente, de germinação. Enquanto *Vochysia tucanorum* apresenta estratégias de rápido estabelecimento, *Zeyheria montana* possui germinação mais lenta e bem distribuída ao longo do tempo (Borghetti; Ferreira, 2004).

Sementes que apresentam germinação rápida e sincronizada conseguem utilizar condições ambientais de menor duração para seu desenvolvimento, ao passo que, sementes com germinação lenta e assíncrona necessitam de fatores ambientais mais duradouros (Ranal; Ferreira, 2023). Quanto mais rápida for a germinação das sementes, menos tempo elas permanecem submetidas a condições adversas do meio (Martins; Nakagawa; Bovi, 1999). Porém, após a passagem do fogo, a germinação mais lenta garante que a semente esteja viável no início da estação chuvosa, enquanto a semente com rápida germinação tem chances de tentar se estabelecer antes de começar a estação chuvosa e fica suscetível ao estresse hídrico (Gashaw; Michelsen, 2002). Vale ressaltar que a germinação não é garantia de que a espécie irá prosperar, visto que podem haver pressões seletivas diversas no ambiente, como através da ação das geadas (Antonio, 2019) ou do estresse hídrico causado pela estação seca (Ronquim; Prado; Souza, 2013).

Os resultados de viabilidade para a espécie *Z. montana* indicam que, além de ter uma germinação mais lenta, a viabilidade pode ser comprometida pelo tempo de armazenamento das sementes, mesmo que acondicionadas em sacos de alumínio e

em sala climatizada. Isto, juntamente com a dificuldade de encontrar a espécie para realizar a coleta em campo são aspectos que devem ser levados em conta por projetos de restauração que visem utilizar a espécie. Sabe-se também que as sementes de *V. tucanorum* podem permanecer viáveis por pelo menos seis meses nessas mesmas condições (dados não publicados).

6 CONCLUSÃO

Ambas espécies germinam em microclima de Cerrado, na presença e ausência de choques térmicos, mantendo suas estratégias de recrutamento em ambas situações. O presente estudo contribui para a compreensão de como as espécies arbóreas podem se estabelecer em ambientes pós queima. No entanto, é notório que são necessários mais estudos para analisar tais aspectos em sementes permeáveis após os choques térmicos, além de averiguar taxas germinativas em campo considerando umidade e temperatura no qual essas sementes serão expostas após a passagem do fogo, o que pode facilitar a compreensão do microclima para germinação das sementes dessas espécies e projetos de restauração com semeaduras direta.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, A. C. **Respostas ecofisiológicas de plantas arbóreas do Cerrado à geada**. 2019. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biodiversidade) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.
- ARANTES, S. D. *et al.* Physiological quality of seeds of shepherd's purse (*Zeyheria montana* M. Bignoniaceae) as a function of substrate temperature and storage. **African Journal of Agriculture**. v. 13, n. 33, p. 1689-1697, 2018.
- AUGSPURGER, C. K.; FRANSON, S. E. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area and morphology. **Ecological Society of America**, v. 68, n. 1, p. 27-42, 1987.
- BARBOSA, A. R.; YAMAMOTO, K.; VALIO, I. F. M. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 22, n. 2, p. 275-280, 1999.
- BERTONI, B. W. **Propagação, variabilidade genética e química de *Zeyheria montana* Mart.** 2003. 165 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**. v. 9, n. 7, p. 1055-166, 1997.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2 ed. Nova Iorque: Springer New York, 445 p., 1994.
- BRITO, C. A. de. **Coloração do tegumento relacionada à permeabilidade e dormência física de sementes de *Albizia lebeck* (L.) Benth.** 2016. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 324 p., 2004.
- CAMPOS, B. H. de. **Relação entre o padrão da rebrota pós fogo e o tipo de proteção às gemas em espécies vegetais de Cerrado**. 2016. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.
- CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 324 p., 2004.

CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 324 p., 2004.

CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. Effects of prescribed fires on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 2, n. 3, p. 197-204, 2008.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 1, p. 17-23, 1978.

DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Seed tolerance to post-fire temperature fluctuation of Cerrado legume shrubs with micromorphological implications. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**. v. 275, p. 1-8, 2021.

DAYAMBA, S. D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODEN, P. C. Seed germination of herbaceous and woody species of the Sudanian savanna-woodland in response to heat shock and smoke. **Forest Ecology and Management**. v. 256, n. 3, p. 462-470, 2008.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ARAÚJO, S. A. C.; JARDIM, J. G.; PÁDUA, F. T.; NETO, A. C. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**. v. 58, n. R, p. 2-4, 2009.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; ARANTES, L. de O NERY, F. C. Superação de dormência em sementes de *Zeyheria montana* Mart. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 6, p. 1744-1748, 2007.

EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**. v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

FENNER, M. **Seeds**: The ecology of regeneration in plant communities. 2 ed. CABI Publishing: New York, 432 p., 2002.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central brazilian Cerrado and their development. **Journal of Biogeography**. v. 15, n. 1, p. 97-108, 1988.

GASHAW, M.; MICHELSEN, A. Influence of heat shock on seed germination of plants from regularly burnt savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. **Plant Ecology**. v. 159, n. 1, p. 83-93, 2002.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae: Part II (Tribe Tecomeae). **Flora Neotropica**. v. 25, n. 2, p. 1-370.

HIGGINS, S. I.; BOND, W. J.; TROLLOPE, W. S. S. Fire, resprouting and variability: A recipe for grass-tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**. v. 88, n. 2, p. 213-229, 2000.

- KAZANCI, D. D.; TAVŞANOĞLU, Ç. Heat shock-stimulated germination in Mediterranean Basin plants in relation to growth form, dormancy type and distributional range. **Folia Geobotânica**. v. 54, p. 85-98, 2019.
- KIKUZAWA, K.; KOYAMA, H. Scaling of soil water absorption by seeds: an experiment using seed analogues. **Seed Science Research**. v. 9, n. 2, p. 171-178, 1999.
- KISSMANN, C.; TOZZI, H. H.; MARTINS, S.; HABERMANN, G. Germination performance of congeneric *Styrax* species from the Cerrado *sensu lato* areas and their distribution pattern in different physiognomies. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**. v. 207, n. 9, p. 673-681, 2012.
- KRATZ, D.; BASSACO, M. V. M.; NOGUEIRA, A. V. Influence of water stress on germination of *Zeyheria montana*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 4, n. 2, p. 140-145, 2013.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. 24 ed. Washington: Secretaria Geral da OEA, 173 p. 1983.
- LABOURIAU, L. G.; VALIO, I. M.; LABOURIAU, M. S.; HANDRO, W. Nota sobre a germinação de sementes de plantas de Cerrados em condições naturais. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 23, n. 3, p. 227-237, 1963.
- LANDINHO, I. G. da S.; MARTINS, I. C. de M.; BARBOSA, Y. R. Efeitos de diferentes substratos na germinação de sementes e formação inicial de plântulas de *Vochysia tucanorum*. **Desafios**. v. 5, n. 2, p. 87-90, 2018.
- LEÃO-ARAÚJO, E. F. *et al.* Embebição e emissão da raiz primária de sementes de *Campomanesia adamantium* em função da temperatura. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 42, n. 2, p. 402-409, 2019.
- LOCARDI, B. **Influência da variação sazonal da temperatura e umidade do solo na germinação de sementes de espécies do cerrado: *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), *Banisteriopsis variabilis* B. Gates (Malpighiaceae) e *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae)**. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.
- MACEDO, M. A.; PINHATE, S. B.; BOWEN, E. C.; MUSSO, C.; MIRANDA, H. S. Constraints on tree seedling establishment after fires: passing the germination bottlenecks. **Plant Biology**. v. 24, n. 1, p.176-184, 2021.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**. v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernades - Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**. v. 1, n. 1, p. 164-173, 1999.

MAURO, C.; PEREIRA, A. M. S.; SILVA, C. de P.; MISSIMA, J.; OHNUKI, T.; RINALDI, R. B. Estudo anatômico das espécies de Cerrado *Anemopaegma arvense* (Vell.) Stelf. ex de Souza (catuaba), *Zeyheria montana* Mart. (bolsa-de-pastor) e *Jacaranda decurrens* Chamisso (caroba)-Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 17, n. 2, p. 262–265, 2007.

MOREIRA, B.; TORMO, J.; ESTRELLES, E.; PAUSAS, J.G. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. **Annals of Botany**. v. 105, n. 4, p. 627-635, 2010.

MORRISON, D. A.; MORRIS, E. C. Pseudo replication in experimental designs for the manipulation of seed germination treatments. **Austral Ecology**. v. 25, p. 292–296, 2000

NAPIER, J. D.; CHIPMAN, M. L. Emerging palaeoecological frameworks for elucidating plant dynamics in response to fire and other disturbance. **Global Ecology and Biogeography**. v. 31, n. 1, p. 138–154, 2022.

NETO, J. J. da S. B.; ALMEIDA, F. de A. C.; QUEIROGA, V. de P.; GONÇALVES, C. C. **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, 285 p., 2014.

NEWBERRY, B. M.; POWER, C. R.; ABREU, R. C. R.; DURIGAN, G.; ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A. Flammability thresholds or flammability gradients? Determinants of fire across savanna–forest transitions. **New Phytologist**. v. 228, n. 3, p. 910– 921, 2020.

OLIVEIRA, J. P. M. de; MASSI, K. G.; ROSSATTO, D. R. Congeneric savanna-forest species have similar reproductive phenologies. **South African Journal of Botany**. v. 144, p. 347–354, 2022.

PALERMO, A. C. **Efeitos do fogo na sobrevivência de sementes e na produção de frutos de *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae)**. 2011. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

PERÍGOLO, N. A.; LIBANO, A. M. **Germinação de sementes de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos submetidas a aquecimento**. 2012. 14 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

RANAL, M. A.; FERREIRA, W. R. Seed germination and seedling emergence measurements of Brazilian native species. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 43, p. 1-39, 2023.

RIBEIRO, L. C.; BARBOSA, E. R. M.; LANGEVELDE, F. van; BORGHETTI, F. The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**. v. 26, n. 6, p. 1102–1111, 2015.

- RIBEIRO, L. C.; PEDROSA, M.; BORGHETTI, F. Heat shocks effects on seed germination of five Brazilian savanna species. **Plant Biology**. v. 15, n. 1, p. 152-157, 2012.
- RONQUIM, C. C.; PRADO, C. H. B. A.; SOUZA, J. P. Establishment and growth of young plants of *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae) in open and shaded area under forest canopy. **Scientia Forestalis**. v. 41, n. 97, p. 121-130, 2013.
- SALAZAR, A.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; MIRALLES-WILHELM, F. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed-banks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**. v. 21, n. 2, p. 103–116, 2011.
- SANGALLI, A.; SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C. Cor, temperatura e pré-embebição na germinação de sementes de carobinha (*Jacaranda decurrens* subsp. *symmetrifoliolata* Farias & Proença) Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 7, n. 1, p. 79-85, 2004.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1279 p., 2008.
- SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439 p., 2005.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE . **Estação Ecológica de Santa Bárbara: Plano de Manejo**. Águas de Santa Bárbara: Instituto Florestal, 222 p., 2011.
- SILVA, L. S. da. **Dinâmica da comunidade arbórea em fitofisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual em Curvelo-MG**. 2016. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.
- SOARES, T. N.; CHAVES, J. L.; TELLES, M. P. de C.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RESENDE, L. V. Distribuição espacial da variabilidade genética intrapopulacional de *Dipteryx alata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, n. 9, p. 1151-1158, 2008.
- SOUTO, L. de S. **Papel ecológico do fogo e das saúvas (*Atta spp.*) na ciclagem de nutrientes e carbono em Cerrado**. 2007. 72 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- SOUZA, C. dos S. et al. Efeitos do Tegumento e teor de água de sementes de *Plathymentia reticulata* e *Stryphnodendron adstringens* na tolerância a choques térmicos. **Hoehnea**. v. 48, p. 1-11, 2021.
- VIANA, M. C. O gênero *Vochysia* Aublet no estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**. v. 32, p. 237-326.
- WALTERS, C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. **Seed Science Research**. v. 8, n. 2, p. 223-244, 1998.

ZIRONDI, H. L.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. **Flora**. v. 253, p. 98-106, 2019.

ZULOAGA-AGUILAR, S.; BRIONES, O.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed germination of montane forest species in response to ash, smoke and heat shock in Mexico. **Acta Oecologica**. v. 37, n. 3, p.256-262, 2011.