



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Fernanda Drigo Gomes

**Dormência e Resposta ao Fogo em Sementes de Leguminosas do Cerrado
do Estado de São Paulo**

São José do Rio Preto

2024

Fernanda Drigo Gomes

**Dormência e Resposta ao Fogo em Sementes de Leguminosas do Cerrado
do Estado de São Paulo**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, junto ao Conselho de Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiamento: COPE/CONECTA –

Orientador: Prof. Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Junior

São José do Rio Preto

2024

Fernanda Drigo Gomes

**Dormência e Resposta ao Fogo em Sementes de Leguminosas do Cerrado
do Estado de São Paulo**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, junto ao Conselho de Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiamento: COPE –

Prof. Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Junior

UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Orientador

Prof. Dr. Nelson Bittencourt

UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Prof^ª. Dr^a. Tatiana Arantes Afonso Vaz

IFSP – Instituto Federal de São Paulo / São José do Rio Preto

São José do Rio Preto

2024

G633d Gomes, Fernanda
Dormência e Resposta ao Fogo em Sementes de Leguminosas do
Cerrado do Estado de São Paulo / Fernanda Gomes. -- São José do Rio
Preto, 2024
28 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto
Orientador: Ailton Gonçalves Rodrigues Junior

1. Dormência em sementes. 2. Resistência ao fogo. 3. Plantas no
Cerrado. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que, perto ou longe, sempre me apoiaram, emocional e financeiramente, oferecendo conforto e um lugar para correr quando busco paz e sossego.

Ao meu namorado João Pedro, que esteve me apoiando e acolhendo nos bastidores por todos esses anos, sendo meu porto-seguro e minha paz nos momentos mais difíceis e fazendo parte dos meus melhores momentos, apesar da distância.

As minhas melhores amigas Rebecca e Maria Carolina por me acompanharem desde sempre, me trazendo alegria, descontração, fofocas e surtos, mostrando que eu não estaria sozinha e sempre teria com quem contar, com muita parceria e referências do Pinterest.

Aos meus amigos Letícia e Eduardo por estarem comigo me animando e compartilhando das minhas angústias, falando sobre os trabalhos da faculdade, estatística, exercícios, rotina, arte, filmes, séries e muito mais.

Aos integrantes do SeedLab (Giovana, Dante, Carina, Beatriz e Lucas) por me apoiarem e ajudarem no meu projeto de pesquisa e a tornar o ambiente de trabalho mais divertido. Assim como aos integrantes do Herbário SJRP (Jaqueline, Matheus, João Vitor e Yan) que me mostraram como trabalhar com o que amamos pode ser lindo e gratificante apesar dos perrengues, dívidas e dificuldades.

Aos meus outros amigos que fizeram parte da minha trajetória na universidade, em especial Savazzo que, apesar de nossas poucas interações, trouxe o alívio cômico a muitos momentos e me ajudou a concluir as estatísticas do meu TCC.

Ao meu orientador por me acolher quando eu não sabia pra onde ir, me apoiar e não desistir de mim e do meu trabalho e, apesar da cobrança excessiva, nunca deixar de tentar fazer o melhor para orientar e acompanhar todo o processo.

Ao IBILCE por me permitir conhecer tantas pessoas e lugares incríveis e ter sido palco de uma das melhores, apesar de louca, partes da minha vida.

Agradeço à Coordenadoria de Permanência Estudantil pela concessão da Bolsa de Auxílio a Pesquisa e pela concessão do auxílio aluguel que me permitiu aproveitar cada momento e experiência que a graduação pôde me proporcionar.

“Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da evolução.”

Dobzhansk, 1973

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e uma das savanas mais ricas em biodiversidade. Ele abriga uma grande variedade de espécies vegetais e animais, sendo considerado um *hotspot* global de conservação. Suas condições geofísicas incluem estações chuvosas e secas bem definidas, que favorecem a ocorrência de queimadas. As plantas desenvolveram adaptações ao fogo, como troncos lignificados e gemas subterrâneas. Nas sementes, a dormência física, comum na família Fabaceae, protege o embrião das altas temperaturas. Assim, o trabalho visou verificar a presença de dormência física nas três espécies (*Peltophorum dubium*, *Erythrina velutina* e *Hymenaea courbaril*) e relacioná-la à resistência ao fogo, além de observar se o tamanho e a massa das sementes afetam essa resistência. Foram realizados coleta e beneficiamento de sementes, análise biométrica (peso, tamanho e determinação do conteúdo de água), teste de embebição para verificar impermeabilidade, e análise de germinação para confirmação de dormência. Além disso, o trabalho investigou métodos de quebra de dormência em *E. velutina* (escarificação mecânica, química e calor úmido) e a exposição das sementes ao calor seco (80°C, 100°C, 150°C e 200°C). As espécies apresentaram respostas distintas à embebição e à exposição ao calor. *H. courbaril* mostrou menor susceptibilidade à mortalidade induzida pelo calor em comparação às outras espécies, enquanto *E. velutina* e *P. dubium* apresentaram maior taxa de mortalidade com o aumento da temperatura e do tempo de exposição. A escarificação ácida foi eficaz na quebra de dormência para *E. velutina*, evidenciando que o tegumento rígido e a camada paliçádica atuam como barreiras físicas para germinação. A presença de dormência física nas sementes de Fabaceae é uma adaptação crucial para a sobrevivência em um ambiente sujeito a incêndios periódicos, embora a resistência varie entre as espécies e possa estar relacionada ao tegumento e ao tamanho da semente.

Palavras-chave: Fabaceae, Savana tropical, Queimadas, Dormência física, Viabilidade.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1. Biodiversidade e regime de fogo no Cerrado	7
1.3. Fabaceae e dormência física.....	8
2. Objetivos.....	9
2.1. Objetivo geral.....	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. Metodologia.....	10
3.1. Coleta e beneficiamento.....	10
3.2. Biometria	11
3.4. Teste de embebição.....	12
3.5. Testes de germinação	13
3.6. Testes de quebra de dormência para <i>E. velutina</i>.....	14
3.7. Testes de exposição ao calor	14
3.8. Análises estatísticas	15
4. Resultados	15
4.1. Caracterização dos atributos físicos e fisiológicos	15
4.2. Teste de embebição.....	16
4.4. Testes de exposição ao calor seco	18
5. Discussão	22
5.1. Biometria e curva de embebição.....	22
5.2. Quebra de dormência em <i>E. velutina</i>	22
5.3. Efeitos do calor do fogo na germinação e viabilidade das sementes	23
5.3.1. <i>Hymenaea courbaril</i>.....	23
5.3.2. <i>Peltophorum dubium</i>.....	23
5.3.3. <i>Erythrina velutina</i>	23
5.4. Germinação pós-incêndio e regeneração de ambientes	24
6. Conclusão	24
7. Referências	24

1. Introdução

1.1. Biodiversidade e regime de fogo no Cerrado

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma do país e a savana tropical mais diversa do mundo, totalizando, em média, 160.000 espécies de plantas, fungos e animais (Ratter *et al.*, 1997, Klink e Machado, 2005). Caracterizado como mosaico vegetacional, o bioma engloba formações florestais, campestres e savânicas (Ribeiro e Walter, 1998), possuindo valores representativos de diversidade alfa e beta para árvores e grandes arbustos (Ratter *et al.*, 1997), o caracterizando como um dos 25 *hotspots* mundiais prioritários para a conservação (Myers *et al.*, 2000; Silva e Bates, 2002). Suas características geofísicas incluem clima estacional, com a estação chuvosa de outubro a março e a estação seca de abril a setembro, e temperaturas médias entre 22°C e 27°C (Silva e Bates, 2002), sendo o solo pobre em nutrientes, intemperizado, ácido e com altas concentrações de alumínio disponível (Klink e Machado, 2005). Os períodos de seca, portanto, são extremamente propícios para o surgimento e alastramento de queimadas na região, típicas de biomas savânicos.

As espécies vegetais que habitam o Cerrado possuem adaptações para a passagem do fogo que ocorre naturalmente há milhões de anos neste bioma (Simon *et al.*, 2009, Simon e Pennington, 2012) durante a estação chuvosa, com a forte incidência de raios. Há apenas 4 mil anos os humanos começaram a ocupar e alterar o ambiente do Cerrado com incêndios controlados (Pivello, 2011) — para guerras, caça, alimentação de gado, etc. — com um período de 3 a 5 anos entre eles (Eiten, 1972; Coutinho, 1982) e sempre na estação seca. Atualmente, a frequência e a extensão dos incêndios antrópicos batem recordes de impacto no bioma Cerrado (Projeto MapBiomas; Pivello, 2011; Schmidt e Eloy, 2020).

Devido às adaptações da vegetação, o Cerrado é capaz de se recuperar da passagem do fogo desde que ela seja espaçada. Quando frequentes, a vegetação se torna predominantemente arbustiva e herbácea, ainda com características de Cerrado, mas sem a rebrota de espécies florestais (Eiten, 1972). Segundo Keeley *et al.* (2011) “nenhuma espécie é adaptada ao fogo, mas sim a um regime de fogo específico” (tradução livre). Estes autores também pontuam que “espécies adaptadas a certo regime de fogo podem ser ameaçadas quando esse regime é alterado” (tradução livre).

1.2. Adaptações ao fogo e resistência da semente

As mudanças da vegetação a passagem do fogo trouxeram adaptações como troncos e galhos lignificados e espessos, bainhas protetoras, brotamento a partir de órgãos subterrâneos, gemas dormentes, etc. (Eiten, 1972; Coutinho, 1982; Simon e Pennington, 2012; Keeley *et al.*, 2011; Pivello, 2011). Para estruturas reprodutivas, como as sementes, as adaptações ao calor do fogo podem estar relacionadas com a alteração de fatores abióticos e com características associadas à própria semente. Os fatores abióticos se restringem ao ciclo mineral, alterado pela passagem do fogo, e a temperatura do solo (Coutinho, 1982). A formação de banco de sementes é diretamente afetada pela temperatura do solo, uma vez que as sementes estocadas sofrem sua influência. Durante a passagem do fogo, as temperaturas acima e abaixo do solo diferem em alguns graus, sendo as camadas mais profundas menos quentes, portanto, o solo funciona como isolante térmico, protegendo as sementes das altas temperaturas da superfície (Coutinho, 1982; Baskin e Baskin, 2014).

Adaptações da semente para proteção ao calor do fogo ocorrem principalmente pela proteção do embrião por um tegumento rígido, ou por estruturas de dispersão, como frutos lenhosos (Fichino *et al.*, 2016; Daibes *et al.*, 2019). O tamanho e a massa da semente podem influenciar na sobrevivência das sementes após a passagem do fogo, sendo sementes menores, mais suscetíveis ao calor (Gashaw, 2002; Hanley *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2015). Um fator frequentemente associado à proteção do embrião na semente é o tegumento rígido, principal característica da dormência física, que impede a germinação através da impermeabilidade do tegumento (Baskin e Baskin, 2004, 2014).

1.3. Fabaceae e dormência física

Segundo Baskin e Baskin (2004, 2014), a dormência é caracterizada pelo impedimento da germinação das sementes, quando em condições propícias de água, luz, temperatura e gases. Além da dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento das sementes, outras classes de dormência em sementes foram descritas por Baskin e Baskin (2004): dormência fisiológica, devido ao baixo potencial de crescimento do embrião; dormência morfológica, por imaturidade do embrião; dormência morfofisiológica, combinação entre as duas anteriores; e dormência combinada, entre a física e a fisiológica.

Para Bewley (1997) a absorção de água por sementes secas e maduras ocorre em um padrão trifásico e se inicia a partir da entrada de água na semente. Ocorre uma rápida absorção inicial (fase I), seguida por uma fase de plateau (fase II), onde ocorre alta síntese e reparação de componentes celulares e consequentemente a retomada do metabolismo. A fase III se inicia a partir da protrusão radicular, sendo caracterizada por um novo aumento da massa das sementes. Sementes com dormência física não absorvem água devido ao seu tegumento impermeável, impedindo a embebição e retomada do metabolismo.

O impedimento da entrada de água se dá pelo agrupamento de células justapostas e impregnadas por substâncias hidrofóbicas, denominada camada paliçádica, como demonstrado em diversos estudos (Ma *et al.*, 2004; Venier *et al.*, 2012; Baskin e Baskin, 2014; Carrugio *et al.*, 2020; Yousif *et al.*, 2020; Wen *et al.*, 2024). A escarificação mecânica é utilizada para remover um pequeno pedaço da camada paliçádica e induzir a entrada de água na semente. Outros tratamentos artificiais também podem ser utilizados na superação da dormência em sementes, como a imersão em água quente. Quando em contato com altas temperaturas ou condições ambientais específicas, estruturas especializadas funcionam como canais de entrada de água (“*water gaps*”), que se abrem, permitindo a entrada de água e assim a quebra de dormência física (Baskin *et al.*, 2000; Baskin, 2003). Para Fabaceae, uma das principais famílias presentes no Cerrado, a dormência física é comum em várias espécies (Baskin e Baskin, 2014; Rodrigues-Junior *et al.*, 2014, 2019, 2020; Daibes *et al.*, 2017) e o principal *water gap* descrito é a lente, estrutura próxima ao hilo (Rodrigues-Junior *et al.*, 2014; Jaganathan *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2020).

Com base nos dados apresentados, três espécies de Fabaceae presentes no Cerrado foram selecionadas para o estudo: *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Erythrina velutina* (suinã) e *Peltophorum dubium* (canafistula). Essas espécies foram selecionadas de acordo com a disponibilidade no local de estudo e sua ocorrência no Cerrado, podendo apresentar dormência física e consequente resistência às altas temperaturas do fogo. Portanto, este estudo visou verificar a presença de dormência física nas espécies e a possível resistência ao fogo, assim como relacionar tais características ao tamanho e massa das sementes.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Confirmar a presença de dormência física em três espécies de leguminosas presentes no Cerrado (*Erythrina velutina*, *Hymenaea courbaril* e *Peltophorum dubium*) e relacionar a presença/ausência dessa característica com a resistência às altas temperaturas geradas pela passagem do fogo, bem como relacionar a possível resistência ao tamanho e massa das sementes.

2.2. Objetivos específicos

- Obter dados biométricos (tamanho e massa) das sementes das três espécies estudadas;
- Realizar testes de germinação visando confirmar a presença da dormência e métodos de superação;
- Avaliar a resistência das sementes ao calor simulando a passagem do fogo;
- Verificar a existência de relação entre o tamanho/massa das sementes e a resistência ao calor seco.

3. Metodologia

3.1. Coleta e beneficiamento

Três espécies foram escolhidas para a realização deste trabalho: *Erythrina velutina* (suinã) (Fig. 1A), *Hymenaea courbaril* (jatobá) (Fig. 1B) e *Peltophorum dubium* (canafigueira) (Fig. 1C). As sementes de *E. velutina* foram coletadas em novembro de 2023 no chão, próximas a planta mãe, após serem dispersas dos frutos. *H. courbaril*, coletado em maio de 2024, teve suas sementes retiradas dos frutos encontrados no chão próximos a planta mãe. Em junho do mesmo ano, as sementes *P. dubium* foram retiradas de seus frutos no laboratório, após estes serem colhidos diretamente da planta mãe. Todas as espécies foram coletadas no campus da Unesp de São José do Rio Preto (Fig. 2). O beneficiamento se deu pela retirada das sementes do fruto quando necessário e seleção de sementes que não continham sinais de predação e/ou má formação.

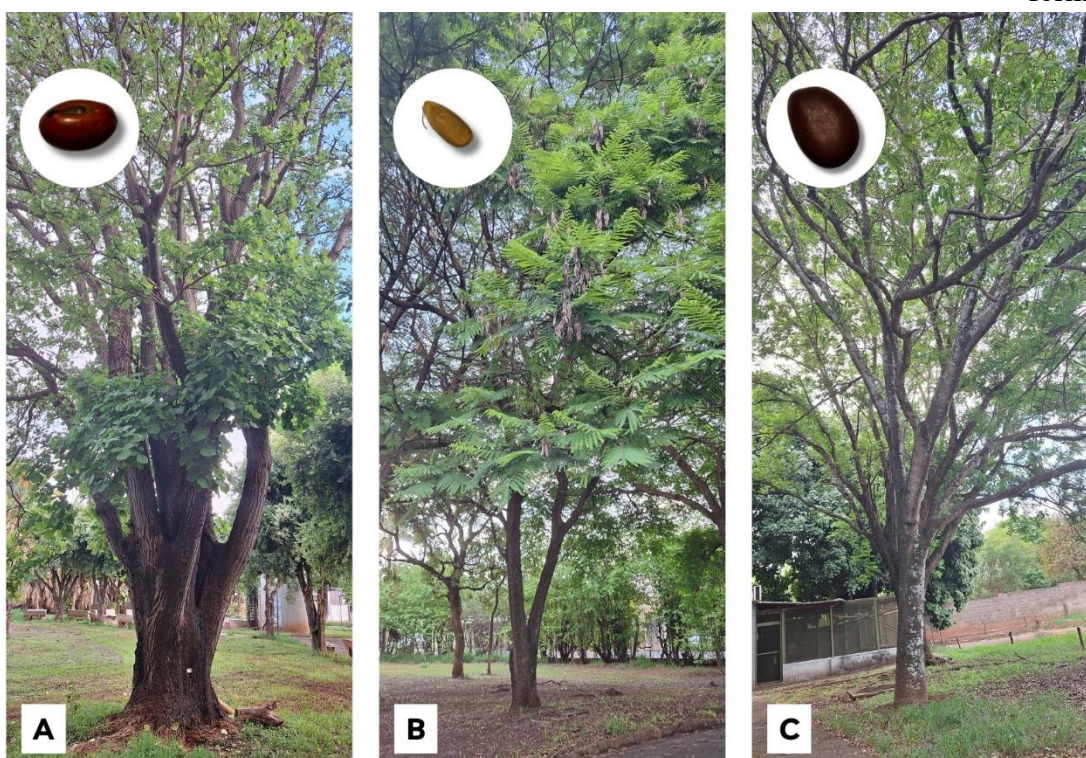


Figura 1. Espécies coletadas e suas sementes. A: *E. velutina*; B: *P. dubium*.; C: *H. courbaril*. Fonte: autoria própria.

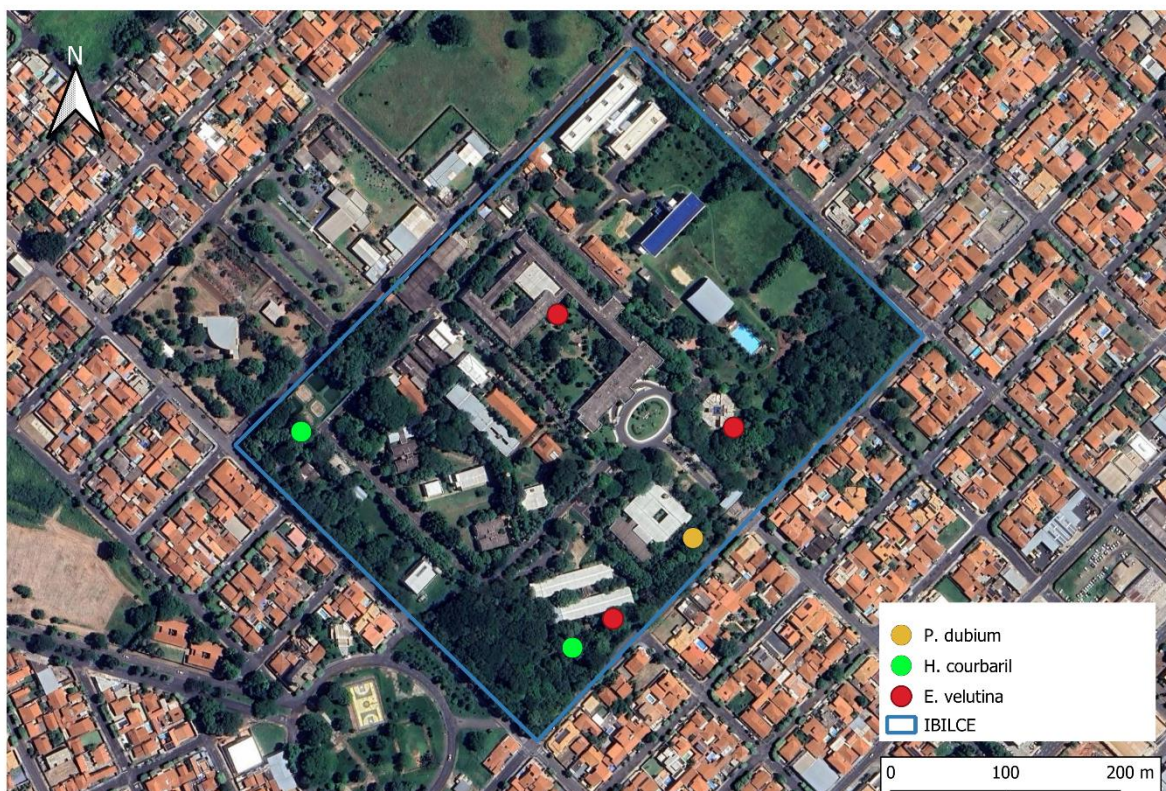


Figura 2. Mapa de coleta no campus da UNESP - São José do Rio Preto. Os pontos vermelhos indicam as coletas de *E. velutina*; os pontos verdes, coletas de *H. courbaril*; e o ponto amarelo *P. dubium*. Fonte: autoria própria.

3.2. Biometria

Peso e tamanho foram inferidos a partir de amostras de 100 sementes retiradas dos lotes coletados. Para medidas de tamanho, um paquímetro digital foi utilizado para determinar comprimento e largura das sementes. Uma balança digital (0,0001g) foi utilizada para determinar o peso de outras 100 sementes. Os dados foram coletados individualmente para cada semente de cada espécie.

3.3. Conteúdo de água das sementes (WC)

Amostras de 20 sementes foram retiradas dos lotes e separadas em quatro repetições de cinco sementes cada. Quatro potes de papel alumínio foram feitos para comportar as sementes dentro da estufa e enumerados de acordo com as repetições (Fig. 3A). Cada pote foi pesado individualmente. As sementes foram cortadas para expor seu interior e alocadas cinco em cada pote. Os potes com as sementes cortadas foram pesados individualmente a fim de obter o peso fresco das sementes. Após a pesagem, os potes com as sementes foram colocados na estufa (Fig. 3B e C) a 103°C por 17 horas (ISTA). Após esse tempo, os mesmos foram retirados e pesados novamente para a obtenção do peso seco.

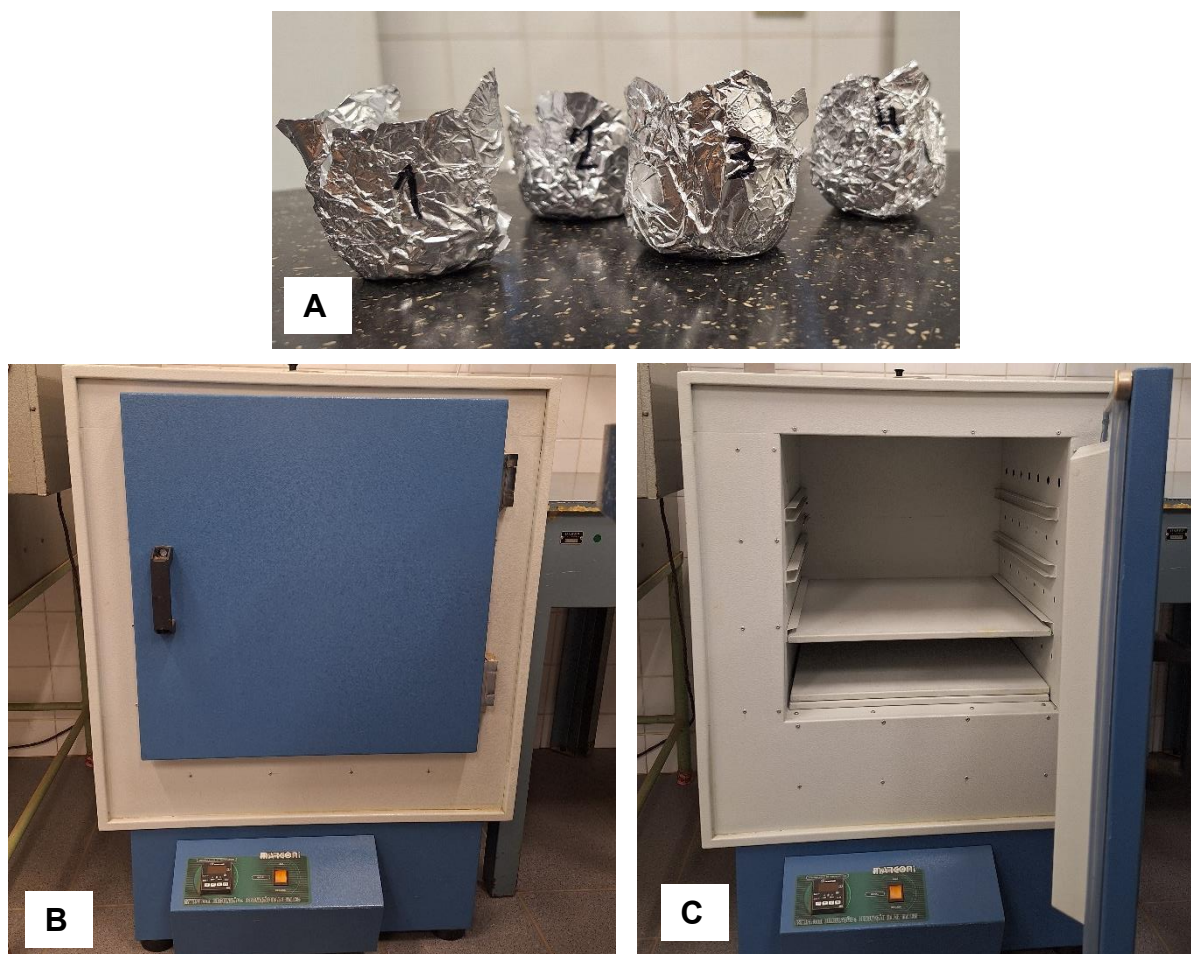


Figura 3. Instrumentos para obtenção do conteúdo de água inicial das sementes. A: potes de papel alumínio numerado, B e C: estufa. Fonte: autoria própria.

3.4. Teste de embebição

Para avaliar se o tegumento rígido confere impermeabilidade às sementes, cinquenta sementes foram retiradas do lote coletado e separadas nos tratamentos “Intactas” (grupo controle) e “Escarificadas” (com auxílio de lixa, na região oposta ao hilo), com 25 sementes cada. Caixas gerbox, para *E. velutina* e *P. dubium*, e bandejas plásticas, para *H. courbaril*, foram preparadas com duas folhas de papel de germinação umedecidas com água destilada. Em *E. velutina* e *H. courbaril* uma folha de papel de germinação foi colocada por cima das sementes, devido ao seu maior tamanho, e também umedecidas. As sementes foram pesadas individualmente e alocadas nos recipientes de forma sequencial (Fig. 4). As pesagens foram realizadas em diferentes intervalos de tempo (0, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 horas) (Baskin &

Baskin 2014, Rodrigues-Junior et al. 2020). Durante os testes, as sementes foram mantidas em

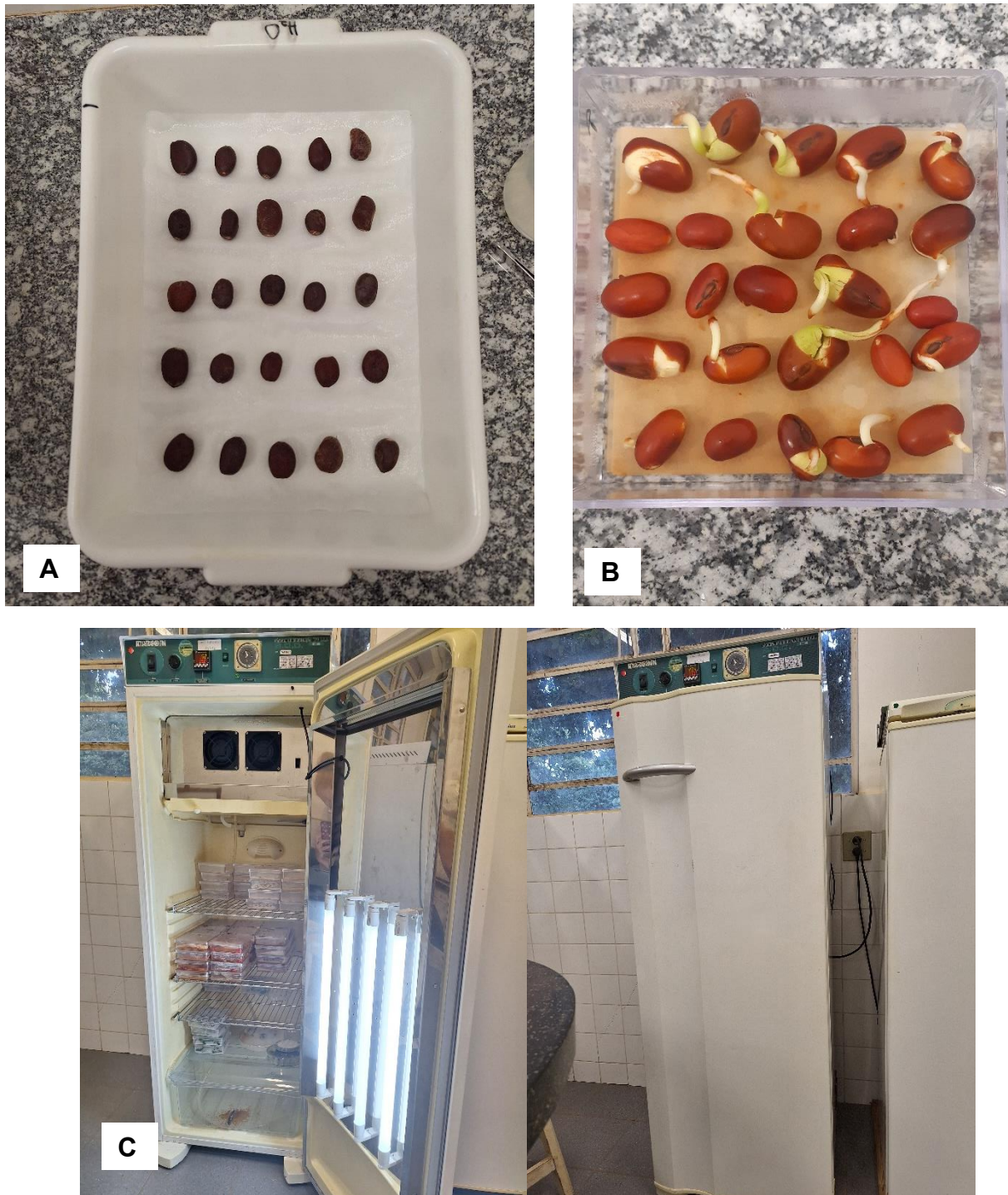


Figura 4. Sementes de *H. courbaril* (A) e *E. velutina* (B) organizadas para o teste de embebição. C: Câmara de germinação. Fonte: autoria própria.

câmara de germinação com fotoperíodo de 12 horas a 25°C (Fig. 4C).

3.5. Testes de germinação

Duzentas sementes de cada espécie, separadas em 4 repetições de 25 sementes, foram divididas igualmente nos tratamentos “Íntactas” e “Escarificadas”, mantidas em gerbox com papel de germinação umedecido e colocadas para germinar a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas durante 30 dias em germinador. O critério para avaliação da germinação foi a protrusão radicular.

3.6. Testes de quebra de dormência para *E. velutina*

Para as sementes de *E. velutina* foram realizados três testes de superação de dormência: (1) escarificação com lixa, (2) imersão em água quente e (3) escarificação química com ácido sulfúrico (H₂SO₄). A escarificação mecânica foi feita manualmente, com lixa, na região oposta ao hilo, para evitar danos ao eixo embrionário. Sementes intactas foram utilizadas como controle.

Para a imersão em água quente foram realizados três tratamentos: (a) imersão por 30 segundos, (b) um e (c) dois minutos em água quente a 100°C. Canecas de alumínio foram usadas para ferver a água a 100°C utilizando chapa aquecedora e ebulidor elétrico. Um termômetro foi utilizado para conferir a temperatura. As sementes foram imersas na água quando a temperatura desejada foi atingida com o auxílio de um infusor de chá de aço inox (Fig. 5A) e retiradas após o tempo referente a cada teste. Para os testes de superação de dormência utilizando a escarificação ácida as sementes foram imersas em beakers contendo ácido sulfúrico PA por 15, 20, 25 e 30 minutos. Quando retiradas, as sementes passaram por um funil de Buchner (Fig. 5B) para separá-las do líquido e foram lavadas com água corrente três vezes antes de serem colocadas para germinar. Todos os testes foram realizados com cem sementes divididas em quatro repetições de 25 sementes cada e acondicionados em germinador com fotoperíodo de 12 horas, a 25° C, por 30 dias. O percentual de sementes germinadas, dormentes e mortas foi avaliado ao final dos 30 dias.

3.7. Testes de exposição ao calor

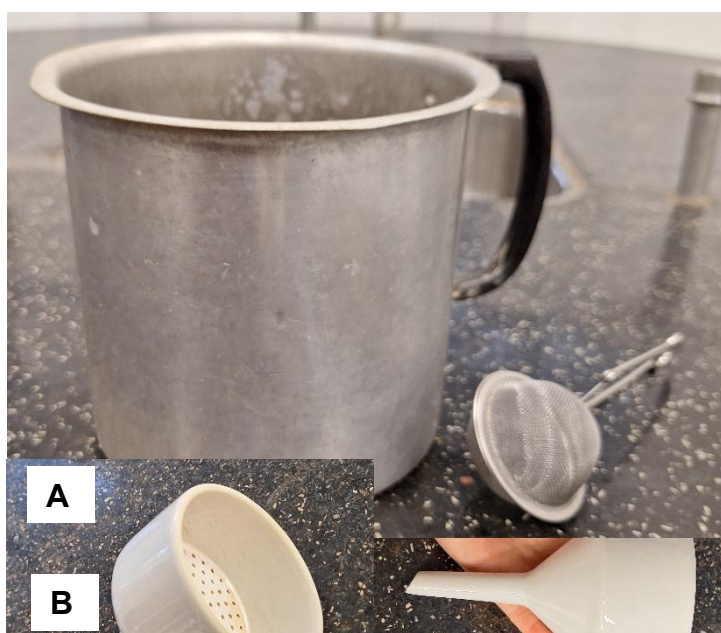


Figura 5. Materiais usados nos testes de quebra de dormência. **A:** caneca e infusor de chá; **B:** funil de Buchner. Fonte: autoria própria.

Os testes foram feitos com 100 sementes, separadas em 4 repetições de 25 sementes. Cada repetição foi colocada separadamente em recipientes de alumínio numerados e levados à mufla (Fig. 6) em 4 temperaturas diferentes (80, 100, 150 e 200°C), durante um minuto. Adicionalmente, para *E. velutina*, devido à sua maior quantidade, as sementes também foram expostas ao tempo de dois minutos. Após sair da mufla, as sementes foram colocadas em gerbox com papel de germinação umedecido com água destilada. Os testes foram mantidos em germinador com fotoperíodo de 12 horas a 25°C durante 30 dias (Baskin e Baskin, 2004), com avaliação da germinação a cada três dias. Após 30 dias foi avaliada a viabilidade das sementes



Figura 6. Mufla. Fonte: autoria própria.

que permaneceram sem germinar, sendo estas escarificadas e colocadas em condições de germinação por mais 30 dias.

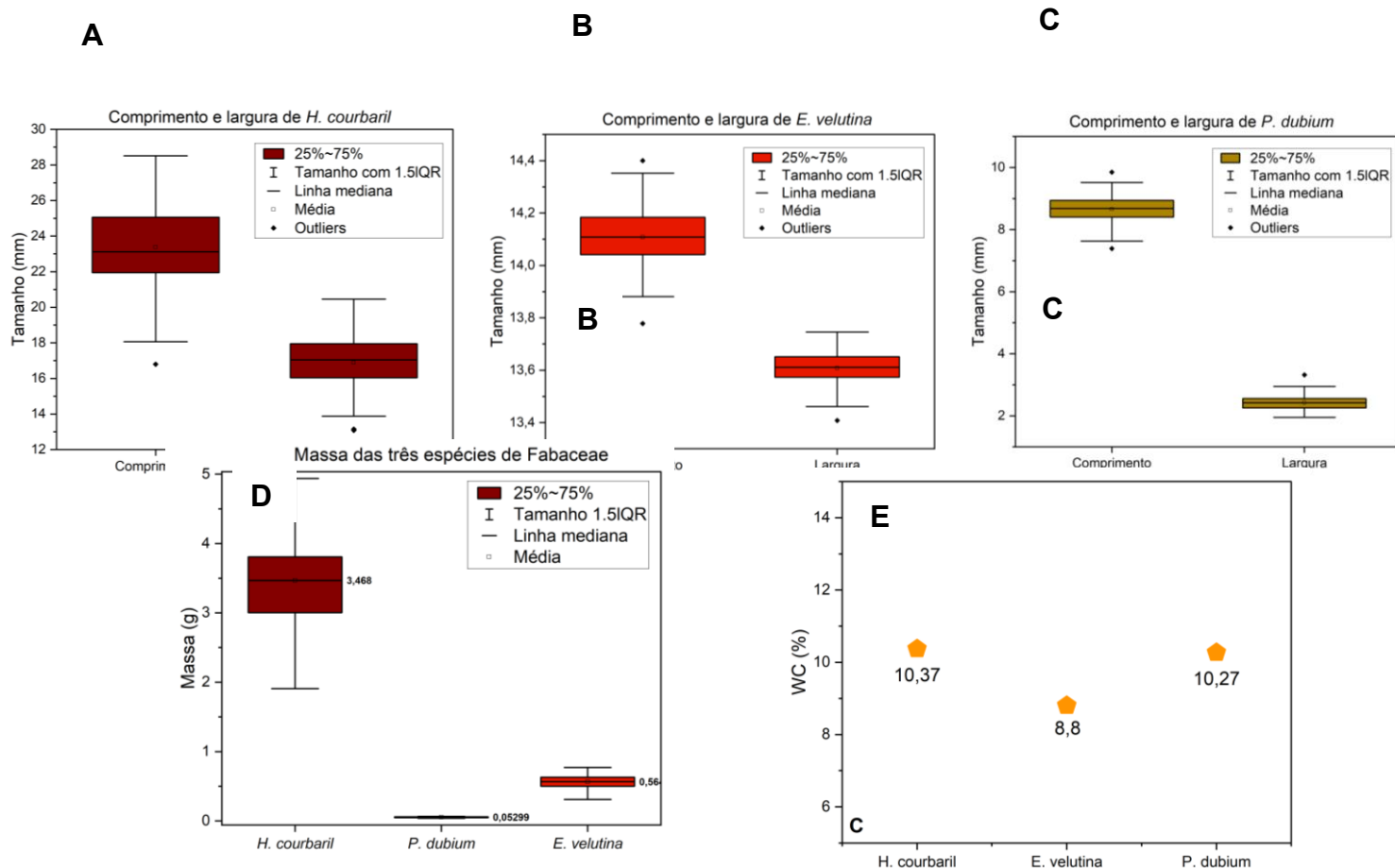
3.8. Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados de germinação passaram por Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas e os gráficos foram realizados utilizando o software OriginPro® e SISVAR (Ferreira, 2015).

4. Resultados

4.1. Caracterização dos atributos físicos e fisiológicos

As sementes apresentaram tamanho médio de 23.4 mm (desvio padrão [dp] = 2,26) x 16.9 mm (dp = 1,47) (comprimento x largura) e massa de 3.47 g (dp = 0,67) para *H. courbaril*, 13.9 mm (dp = 1,08) x 13.6 mm (dp = 0,65) e 0.56 g (dp = 0,10) para *E. velutina* e 8.66 mm (dp = 0,39) x 2.42 mm (dp = 0,05) e 0.05 g (dp = 0,0002) para *P. dubium* (Fig. 7A e B). O conteúdo de água inicial de *E. velutina* foi de 8.7%, enquanto para *H. courbaril* e *P. dubium* foi de 10.3% (Fig. 7 C).



4.2. Teste de embebição

Figura 7. Biometria. **A:** Boxplot do tamanho das sementes de *H. courbaril*; **B:** Boxplot do tamanho das sementes de *E. velutina*; **C:** Boxplot do tamanho das sementes de *P. dubium*; **D:** Boxplot da massa das sementes das três espécies estudadas; **E:** Representação dos valores de teor de umidade nas sementes das três espécies estudadas.

Ao final do teste, as sementes intactas de *H. courbaril* tiveram aumento de 0,46% na massa, para *E. velutina* o aumento foi de 7% e para *P. dubium* o aumento foi de 0,38%, mostrando um aumento baixo se comparado com as sementes escarificadas (Fig. 8A). A massa de todas as sementes escarificadas teve um aumento progressivo com o passar das horas ao decorrer do experimento (Fig. 8B). *E. velutina* teve um aumento de 148,71% de massa ao final das 92 horas, sendo possível observar que a fase I da embebição ocorreu nas primeiras 3 horas de experimento, enquanto a fase II e III estão demonstradas das 6 às 96 horas. As protrusões da radícula ocorreram com 48 horas de experimento, finalizando o processo fisiológico de germinação.

P. dubium teve a fase I e II da embebição nas primeiras 24 horas de experimento, porém, para esta espécie, a fase III começa a partir das 12 horas, mas havendo protrusão da radícula já em 6 horas de embebição, finalizando o experimento com todas as sementes germinadas e 185,52% de aumento de massa. Em contrapartida, na embebição das sementes de *H. courbaril* não foi possível observar fases da embebição e protrusão da radícula, porém, durante o período do experimento, houve um aumento de 18,02% de massa, enquanto as sementes intactas tiveram aumento de apenas 0,46%, indicando que houve absorção de água pelas sementes escarificadas (Fig. 8) e, se houver padrão trifásico na embebição de jatobá, o gráfico estaria mostrando o início da fase I.

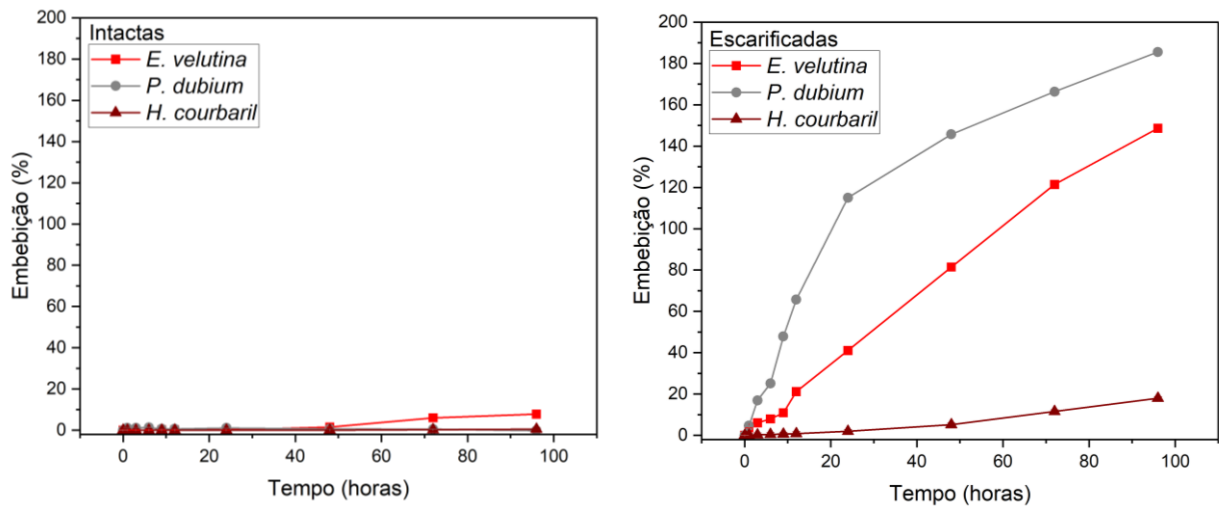


Figura 8. Curva de embebição para sementes Intactas (A) e Escarificadas (B).

4.3. Testes de quebra de dormência em *E. velutina*

Os testes iniciais com sementes intactas e escarificadas demonstraram germinação de 90% para as sementes escarificadas, enquanto as intactas tiveram apenas 32% de sementes germinadas. A imersão em água quente se mostrou ineficiente na quebra da dormência nas sementes de *E. velutina*, uma vez que sua maior taxa de germinação, por 30 segundos em água a 100°C, foi somente 18%, decaindo ao longo do tempo de imersão, 7 e 2% para 1 e 2 minutos, respectivamente. Em contrapartida, a escarificação por ácido sulfúrico foi bastante eficiente na quebra da dormência, com 75% de germinação para 15 minutos de imersão e acima de 85% para os outros três tempos (20, 25 e 30 minutos), alcançando o maior percentual de germinação com 30 minutos de imersão, alcançando 88% (Fig. 9 e Tab. 1).

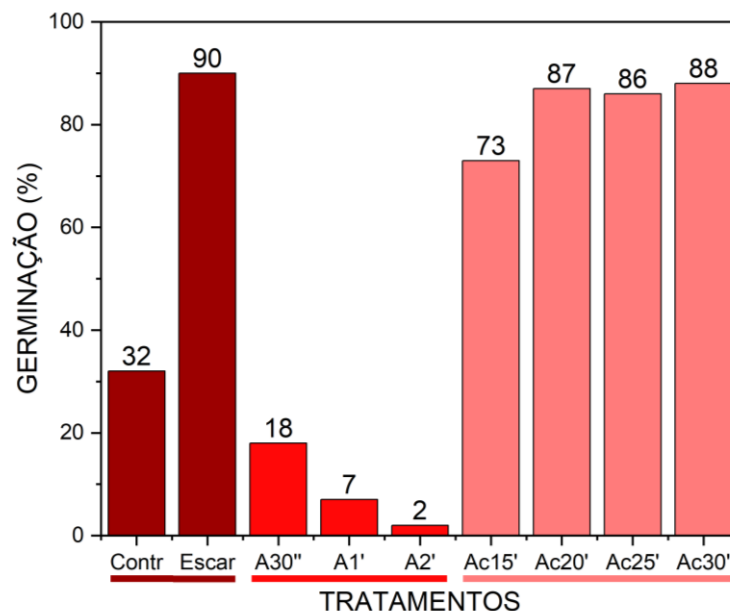


Figura 9. Germinação para os diferentes tratamentos de quebra de dormência para *E. velutina*, sendo "Contr" as sementes intactas, "Escar" as sementes escarificadas, "A30""as sementes que passaram por imersão a água por 30 segundos, 1 (A1') e 2 (A2') minutos e "Ac15'" as sementes que passaram por escarificação química por 15, 20 (Ac20'), 25 (Ac25') e 30 (Ac30') minutos.

Tabela 1. Tabela de médias de germinação (%) e comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras iguais significam maior correlação entre os tratamentos.

Tratamentos	<i>E. velutina</i>
Controle	32c
Escarificada	90e
A30"	18b
A1'	7ab
A2'	2a
Ac15'	73d
Ac20'	87e
Ac25'	86de
Ac30'	88e

4.4. Testes de exposição ao calor seco

Os tratamentos de calor foram ineficientes na quebra da dormência das três espécies, resultando em diversas sementes inviáveis, principalmente para *P. dubium* e *E. velutina*. *H. courbaril* não apresentou variação estatística significativa ($p = 0,5205$) na porcentagem de sementes germinadas em nenhuma temperatura, porém, foi observado que quanto mais alta a temperatura em que a semente é exposta, mais sementes morrem.

Para a temperatura de 80°C, as sementes tiveram 6%, 8% e 50% de germinação para *P. dubium*, *H. courbaril* e *E. velutina*, respectivamente (Figs. 10, 11 e 12). As sementes de *E. velutina* submetidas à exposição por 2 minutos apresentaram menor porcentagem de germinação (42%) e mais sementes morreram (13%) em comparação ao experimento com 1 minuto de exposição (Fig. 12). A baixa taxa de germinação nas duas primeiras espécies mostra que a temperatura de 80°C não foi suficiente para que ocorresse a quebra da dormência, porém, em suinã, há uma taxa de germinação considerável. Nas três espécies, quando expostas a 80°C, não houve altas taxas de sementes mortas no teste de germinação inicial.

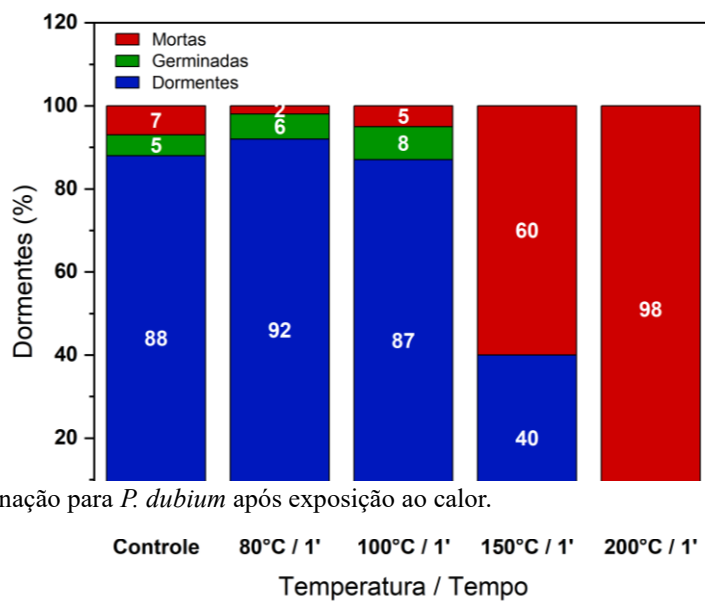


Figura 10. Germinação para *P. dubium* após exposição ao calor.

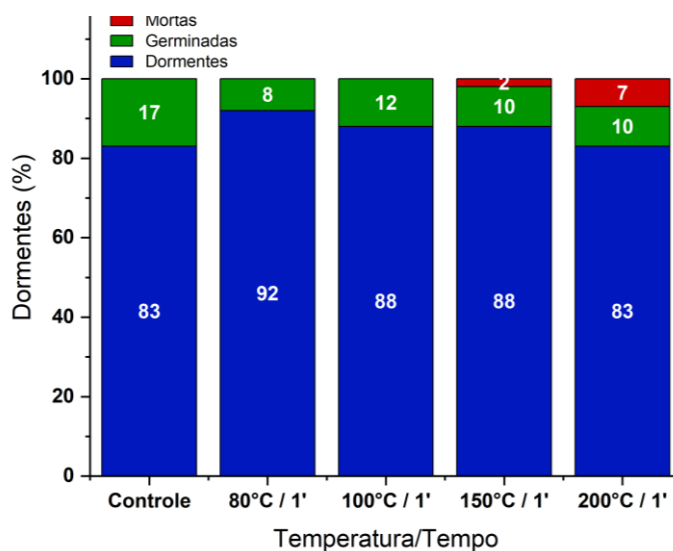


Figura 11. Germinação para *H. courbaril* após exposição ao calor.

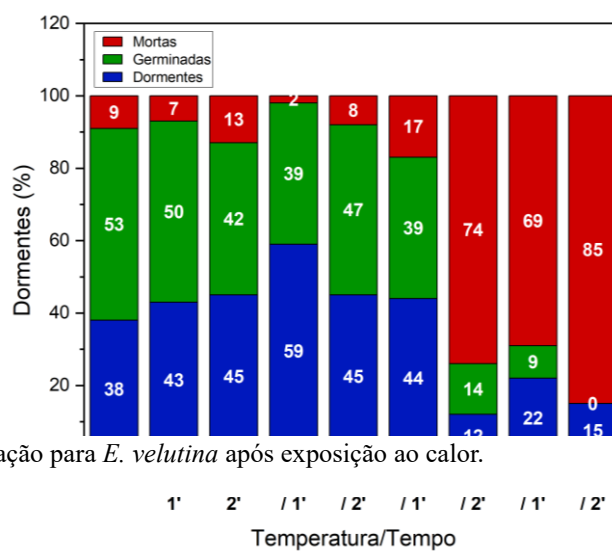


Figura 12. Germinação para *E. velutina* após exposição ao calor.

A temperatura de 100°C não afetou as sementes de forma significativa, apesar disso, *E. velutina* apresentou menor taxa de mortalidade e *H. courbaril* e *P. dubium* apresentaram maior taxa de germinação se comparado com a temperatura de 80°C. Por outro lado, a exposição às temperaturas de 150 e 200°C promoveu uma alta porcentagem de sementes mortas para *E. velutina* e *P. dubium*, com 74% e 96% e 60% e 90% de sementes mortas, respectivamente (Figs. 10 e 12). As sementes de jatobá sofreram leve alteração na germinação devido a exposição a tais temperaturas, uma vez que apenas nessas duas faixas houve sementes mortas (Fig. 11).

Para *E. velutina*, foi observado que em todas as faixas de temperatura, a exposição prolongada de 2 minutos ao calor resultou em maiores quantidades de sementes mortas se comparado as expostas por apenas 1 minuto (Fig. 12). As sementes que permaneceram dormentes foram testadas quanto sua viabilidade após o término do teste de exposição a altas temperaturas. *E. velutina* mostrou perda de viabilidade gradativa de acordo com o aumento de temperatura e tempo de exposição, com 92% de viabilidade a 80°C durante 1 minuto e 100% das sementes mortas a 200°C durante 2 minutos (Fig. 15). *H. courbaril* não demonstrou alterações significativas na viabilidade com o aumento da temperatura, permanecendo na média dos 44% de sementes viáveis e 55% de sementes mortas em todas as faixas de calor (Fig. 14). Diferentemente, *P. dubium* obteve sua maior taxa de viabilidade a 100°C (86%), seguido por 73% de viabilidade a 80°C enquanto obteve 98% de sementes mortas para as temperaturas de 150 e 200°C (Fig. 13) (Tab. 2).

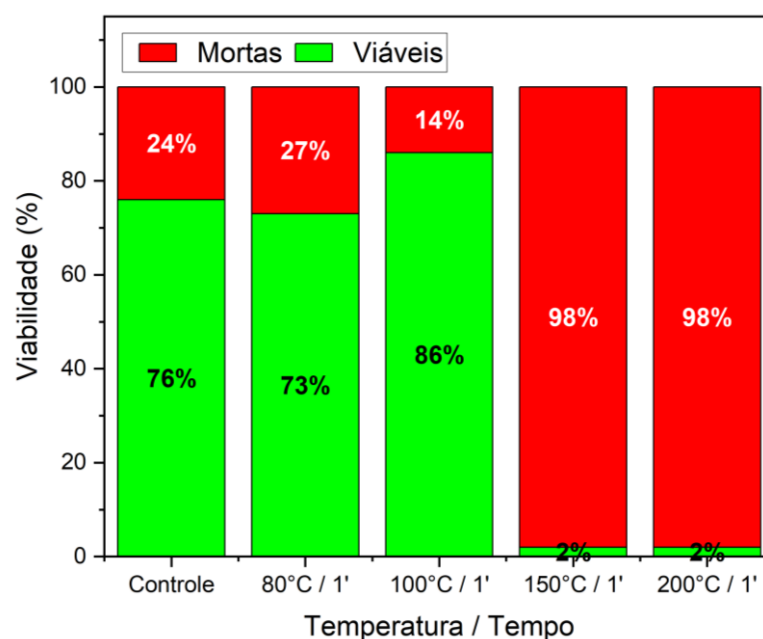


Figura 13. Viabilidade para *P. dubium*.

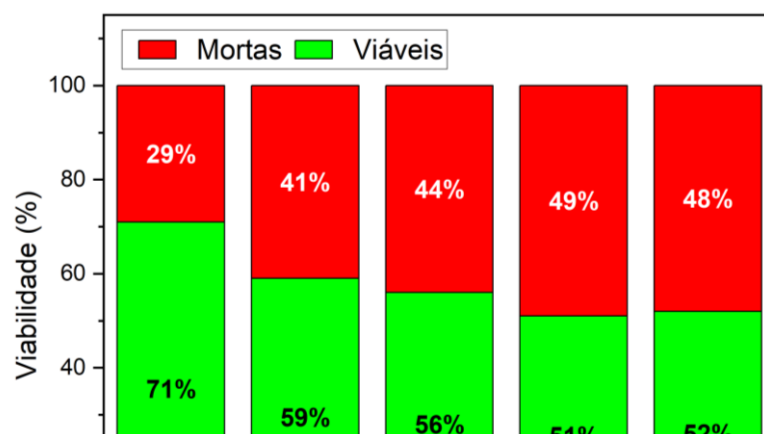


Figura 14. Viabilidade para *H. courbaril*.

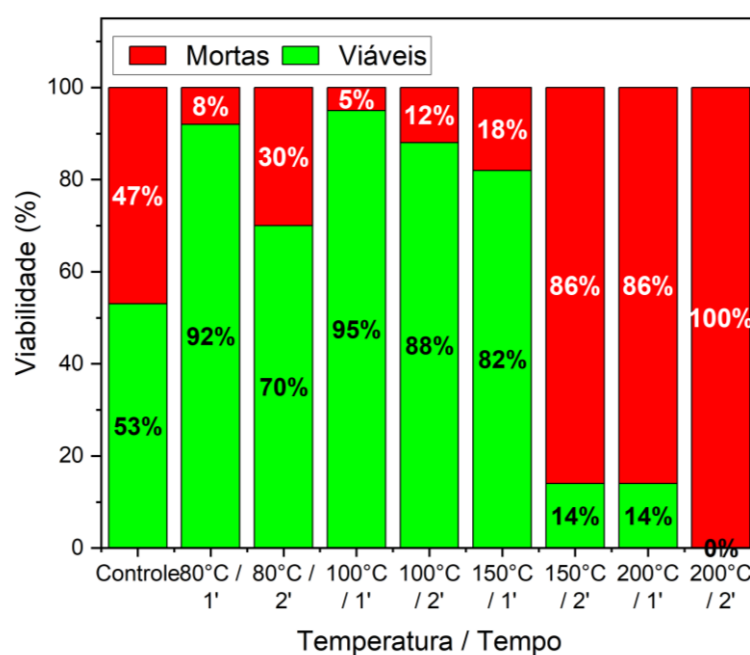


Figura 15. Viabilidade para *E. velutina*.

Tabela 2. Tabela de médias de germinação (%) e comparação de Tukey ($p < 0,05$) para *H. courbaril*, *E. velutina* e *P. dubium* sob tratamento de exposição ao calor. Letras minúsculas significam maior correlação entre os tratamentos para cada espécie individualmente.

Tratamentos	<i>H. courbaril</i>	<i>E. velutina</i>	<i>P. dubium</i>
Controle	10a	53b	5ab
80°C / 1'	5a	39b	6ab
80°C / 2'	-	44b	-
100°C / 1'	7a	39b	8b
100°C / 2'	-	47b	-
150°C / 1'	6a	39b	0a
150°C / 2'	-	14a	-
200°C / 1'	6a	9a	0a
200°C / 2'	-	0a	-

5. Discussão

5.1. Biometria e curva de embebição

Para a biometria das sementes, foi observado que a maior semente (*H. courbaril*) teve sua embebição mais lenta se comparado as outras sementes menores, principalmente com *P. dubium*. Se fizermos uma relação entre tamanho/massa e tempo de embebição, podemos supor que há alguma relação entre esses atributos e o tempo de embebição. Baalbaki *et al.* (2009) em seu trabalho, sugerem que sementes menores embebem mais rapidamente devido a maior superfície de contato com a umidade, assim, sementes maiores teriam que ter maior superfície de contato com o papel de germinação úmido. Além disso, diversos fatores, como composição química e genética podem influenciar no aumento gradativo de massa ao longo do experimento de embebição aqui realizado. Desta forma, estudos intraespecíficos relacionando a variação no tamanho nas sementes das três espécies aqui estudadas com seu tempo de embebição, presença/ausência de padrão trifásico e protusão radicular devem ser realizados.

5.2. Quebra de dormência em *E. velutina*

Reconhecer e superar a dormência em sementes é de suma importância para a compreensão das espécies e fabricação de mudas, tanto para comercialização quanto para restauração de áreas degradadas. *E. velutina*, sendo uma leguminosa, possui capacidade de fixação de nitrogênio, auxiliando na recuperação de solos degradados, além de suas mudas serem altamente resistentes às intempéries do ambiente (Cordeiro, 2000; Lorenzi, 2008; Reis, 2012) e diversas partes da planta possuírem grande potencial farmacológico e medicinal (Machado *et al.*, 2013; Adetunji, 2024). Neste trabalho, observamos que as técnicas de escarificação mecânica e química foram eficientes para superação da dormência em sementes de *E. velutina*. Corroborando com estudos já existentes, a escarificação mecânica é a mais eficiente para a germinação, sendo a escarificação química — sementes em imersão em H_2SO_4 por 20, 25 e 30 minutos — a segunda mais eficiente, corroborando com Silva *et al.* (2012). Apesar disso, não há significância estatística entre a germinação das sementes submetidas aos dois métodos de superação de dormência aqui discutidos, porém, a escarificação mecânica com lixa é o método mais seguro em termos de periculosidade.

Em contrapartida, Heranz *et al.* (1998), Daibes *et al.* (2017), entre outros, encontraram espécies que tinham a dormência de suas sementes quebrada pela exposição à altas temperaturas, inferindo que tratamentos térmicos seriam eficientes na quebra de dormência em certas espécies. O presente estudo observou que as sementes de *E. velutina* que passaram pelos tratamentos de calor úmido embeberam, ou seja, o tegumento se tornou permeável, porém, a grande maioria se degradou ao longo do tempo, resultando em poucas sementes germinadas e muitas degradadas. Podemos então concluir que, apesar de ser eficiente na quebra da dormência tegumentar na espécie, o embrião não resiste às altas temperaturas e/ou tempo de exposição ao calor úmido. Desta forma, mais estudos devem ser realizados para entender os mecanismos da semente.

Além da mortalidade nos tratamentos de calor úmido, um tópico interessante foi observado nas sementes que passaram pela escarificação química. Notou-se que quanto maior o tempo de imersão das sementes, maiores eram os danos na radícula e plântula formadas. Este estudo não teve o intuito de analisar a formação e viabilidade de plântulas em diferentes

métodos de escarificação, mas trouxe curiosidade acerca dessa observação, despertando a necessidade de estudos sobre o tema.

5.3. Efeitos do calor do fogo na germinação e viabilidade das sementes

5.3.1. *Hymenaea courbaril*

As sementes de jatobá tiveram baixa germinação após a exposição ao calor, demonstrando que não houve quebra da dormência física e, talvez, o efeito contrário ocorreu e a exposição ao calor seco fez com que a dormência física em algumas sementes se aprofundasse, uma vez que, ao final dos 30 dias, as sementes que passaram pelo tratamento apresentaram mais sementes dormentes que o controle. A significância entre a porcentagem de sementes dormentes, germinadas e mortas não foi estatisticamente significativa para *H. courbaril*, porém, em termos numéricos, observamos que a partir da exposição a 100°C sementes degradadas passaram a estar presentes na amostra.

Em uma lógica semelhante, a viabilidade das sementes não foi estatisticamente significativa quando comparadas as diferentes temperaturas de calor seco, entretanto, os resultados demonstraram diferença na viabilidade das sementes controle e que passaram por algum tratamento, dificultando a compreensão da resposta das sementes de *H. courbaril* a passagem do fogo, havendo a necessidade de mais estudos que estudem a resistência da semente fisiológica e geneticamente.

5.3.2. *Peltophorum dubium*

Para a espécie com sementes menores (*P. dubium*) observou-se que a dormência também não foi quebrada, sendo o número de sementes germinadas no controle e nos tratamentos de 80°C e 100°C de exposição a um minuto ao calor seco, bastante semelhantes. Por outro lado, a resposta as sementes de *P. dubium* às temperaturas de 150°C e 200°C foi altamente negativa, finalizando o experimento com mais de 50% da amostra composta por sementes mortas. A viabilidade das sementes revelou um padrão semelhante à germinação, com mais de 70% das sementes viáveis para as temperaturas de 80°C e 100°C, enquanto 98% das amostras expostas a 150°C e 200°C estava inviável, podendo significar que a tolerância a temperaturas elevadas não é uma característica da espécie.

5.3.3. *Erythrina velutina*

Sendo a espécie com sementes em maior abundância, foi possível realizar testes de exposição ao calor seco, a um e dois minutos, nos permitindo visualizar melhor o efeito da temperatura e do tempo de exposição ao fogo nas sementes de *E. velutina*. Observamos que as sementes resistiram bem às temperaturas de 80°C e 100°C em ambos os tempos de exposição, com uma taxa de germinação acima de 30%, incluindo também o tratamento de exposição a 150°C por um minuto. Podendo indicar que as sementes de *E. velutina* suportariam a passagem de incêndios curtos e amenos. Isto pode ser corroborado quando observamos os resultados de germinação nas temperaturas de 150°C a dois minutos e 200°C a um e dois minutos. As sementes mortas tornam-se maioria nas amostras. Ainda sobre tempo de exposição ao calor seco e germinação, os resultados demonstraram que quanto maior o tempo de exposição ao calor seco, maiores as taxas de morte do embrião e impedimento da germinação, uma vez que, em mesmas temperaturas, quando o tempo de exposição é aumentado, mais sementes tendem a se degradar.

As sementes de *E. velutina* se mostraram bastante resistentes à exposição a temperaturas de até 150°C por um minuto de exposição, sugerindo que pode haver uma adaptação da semente quanto a passagem no fogo em seu ambiente natural. Por outro lado, o padrão de inviabilidade se repete, estando mais presentes em sementes que passaram por 150°C a dois minutos e 200°C.

5.4. Germinação pós-incêndio e regeneração de ambientes

Um dado interessante obtido neste trabalho foi que a 100°C a um minuto, as sementes de *E. velutina* e *P. dubium* apresentaram maior taxa de viabilidade, podendo ser um indicativo de que as sementes dessa espécie possam sofrer influência do calor do fogo, que auxilia no aumento da germinação das sementes no cenário pós-incêndio, tal como observado pelos autores Herranz *et al.* (1998), Morisson *et al.* (1998), Cirne e Miranda (2008) e Pausas e Lamont (2022), auxiliando na regeneração da vegetação.

6. Conclusão

A dormência das sementes de *Hymenaea courbaril*, *Erythrina velutina* e *Peltophorum dubium* foi confirmada através da confecção da curva de embebição.

Os melhores métodos de superação da dormência em *E. velutina* foram escarificação mecânica e química, sendo a mecânica mais segura.

Ambas as espécies não superaram a dormência após a exposição ao calor seco, tendo as maiores taxas de mortalidade para as temperaturas de 150°C e 200°C para *E. velutina* e *P. dubium*. *H. courbaril*, por outro lado, não sofreu alterações significativas após exposição às altas temperaturas.

Não foi verificada relação entre o tamanho/massa das sementes das três espécies quanto a resistência ao calor do fogo.

Portanto, conclui-se que o estudo trouxe alguns esclarecimentos sobre a resistência das estruturas reprodutivas de *H. courbaril*, *E. velutina* e *P. dubium* quanto a resistência a altas temperaturas promovidas pela passagem do fogo no Cerrado, além de levantar dúvidas sobre as relações de tamanho/massa das sementes e tempo de embebição entre sementes da mesma espécie e quais as possíveis respostas das mesmas a diferentes faixas e tempos de exposição ao calor seco.

7. Referências

- ADETUNJI, T. L.; ACHO, M. A.; SAMUEL, V. O.; OHORO, C. R.; RAMULONDI, M. ***Erythrina velutina* Willd.: A review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 319, Pt 2, 117273, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117273>.
- BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook: contribution n. 32 to The handbook on seed testing.** 2009.
- BASKIN, C. C. **Breaking physical dormancy in seeds – focusing on the lens.** *New Phytologist*, v. 158, p. 229-232, 2003.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination.** 2. ed. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2014.

- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; LI, X. **Taxonomy, anatomy and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2000.
- BASKIN, J.; BASKIN, C. **A classification system for seed dormancy**. *Seed Science Research*, v. 14, p. 1-16, 2004.
- BEWLEY, J. D. **Seed germination and dormancy**. *The Plant Cell*, v. 9, n. 7, p. 1055, 1997.
- CARRUGGIO, F. et al. **Seed dormancy breaking and germination in *Bituminaria basaltica* and *B. bituminosa* (Fabaceae)**. *Plants*, v. 9, n. 9, p. 1110, 2020.
- CIRNE, P.; MIRANDA, H. S. **Effects of prescribed fire on the survival and release of seeds of *Kielmeyera coriacea* (Spr.) Mart. (Clusiaceae) in savannas of Central Brazil**. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 20, p. 197-204, 2008.
- CORDEIRO, L. **Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado**. In: *Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois*. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, 2000.
- COUTINHO, L. M. **Ecological effects of fire in Brazilian cerrado**. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (org.). *Ecology of tropical savannas*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 273-291, 1982.
- DAIBES, L. F. et al. **A field perspective on effects of fire and temperature fluctuation on Cerrado legume seeds**. *Seed Science Research*, v. 27, p. 74-83, 2017.
- DAIBES, L. F. et al. **Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors**. *Annals of Botany*, v. 123, p. 1219-1229, 2019.
- DOBZHANSKY, T. **Nada na biologia faz sentido a não ser à luz da evolução**. 1. ed. São Paulo: Editora, 1973.
- EITEN, G. **The cerrado vegetation of Brazil**. *The Botanical Review*, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972. DOI: 10.1007/BF02859158.
- FICHINO, B. S. et al. **Does fire trigger seed germination in the neotropical savannas? Experimental tests with six Cerrado species**. *Biotropica*, p. 181-187, 2016.
- 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, p. 83-93, 2002.
- HANLEY, M. E.; UNNA, J. E.; DARVILL, B. **Seed size and germination response: a relationship for fire-following plant species exposed to thermal shock**. *Oecologia*, v. 134, p. 18-22, 2003.
- HERRANZ, J. M. H.; FERRANDIS, P.; MARTINEZ-SÁNCHEZ, J. J. **Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species**. *Plant Ecology*, v. 136, p. 95-103, 1998.
- ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International rules for seed testing**. Oftringen, 2004.
- JAGANATHAN, G. K.; YULE, K. J.; BIDDICK, M. **Determination of the water gap and the germination ecology of *Adenantha pavonina* (Fabaceae, Mimosoideae): the adaptive role of physical dormancy in mimetic seeds**. *AoB Plants*, v. 10, n. 5, p. ply048, 2018. DOI: 10.1093/aobpla/ply048.
- KEELEY, J. E. et al. **Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits**. *Trends in Plant Science*, v. 16, p. 406-411, 2011.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado**. *Conservation Biology*, v. 19, p. 707-713, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, 384 p., 2008.
- MA, E.; CHOLEWA, E.; MOHAMED, T.; PETERSON, C. A.; GIJZEN, M. **Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water**. *Annals of Botany*, v. 44, n. 2, p. 213-228, 2004.

- MACHADO, R. J.; et al. **Characterization and pharmacological properties of a novel multifunctional Kunitz inhibitor from *Erythrina velutina* seeds.** *PLoS One*, v. 8, n. 5, p. e63571, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063571>.
- MORRISON, D. A.; MCCLAY, K.; PORTER, C.; RISH, S. **The role of the lens in controlling heat-induced breakdown of testa-imposed dormancy in native Australian legumes.** *Annals of Botany*, v. 82, n. 1, p. 35-40, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0640>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305736498806407>.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- PAUSAS, J. G.; LAMONT, B. B. **Fire-releases seed dormancy – a global synthesis.** *Biological Reviews*, v. 97, p. 1612-1639, 2022.
- PIVELLO, V. R. **The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present.** *Fire Ecology*, v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>.
- PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento das áreas queimadas no Brasil entre 1985 a 2023 - Coleção 3.** Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/hotsite-fogo#:~:text=O%20Cerrado%20teve%2044%25%20do,%20a%20a%20antr%20e%20desmatamento>. Acesso em: 18 out. 2024.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. **The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity.** *Annals of Botany*, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>.
- REIS, R. C. R. **Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) nativa da caatinga.** 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** 1998.
- RIBEIRO, L. C.; BARBOSA, E. R. M.; VAN LANGEVELDE, F.; 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, p. 1102-1111, 2015.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. et al. **A function for the pleurogram in physically dormant seeds.** *Annals of Botany*, v. 123, p. 867-876, 2019.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. et al. **Physical dormancy in *Senna multijuga* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: the role of seed structures in water uptake.** *Seed Science Research*, v. 24, p. 147-157, 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G. et al. **What kind of seed dormancy occurs in the legume genus *Cassia*?** *Scientific Reports*, v. 10, p. 12194, 2020.
- SCHMIDT, I. B.; ELOY, L. **Fire regime in the Brazilian Savanna: recent changes, policy and management.** *FLORA*, v. 268, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151613>.
- SILVA, B. R. dos S.; BEZERRA, A. C.; PESSOA, Â. M. dos S.; CARDOSO, J. F.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A. **Germinação e alterações anatômicas em sementes de *Erythrina velutina* Willd. escarificadas com ácido sulfúrico (H₂SO₄).** *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 11092-11106, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-759>.
- SILVA, J. M. da; BATES, J. **Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot.** *Bioscience*, v. 52, p. 225-233, 2002.
- SIMON, M. F.; GREYER, R.; DE QUEIROZ, L. P.; SKEMAE, C.; PENNINGTON, R. T.; HUGHES, C. E. **Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0903410106>.

SIMON, M.; PENNINGTON, T. **Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado.** *International Journal of Plant Sciences*, v. 173, p. 711-723, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1086/665973>.

SISVAR - COMPUTER STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. SISVAR: Sistema de Análise Estatística. UFLA, 2015.

VENIER, P.; FUNES, G.; GARCÍA, C. C. **Physical dormancy and histological features of seeds of five *Acacia* species (Fabaceae) from xerophytic forests in central Argentina.** *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 207, n. 1, p. 39-46, 2012.

WEN, Z.; LU, X.; WEN, J.; WANG, Z.; CHAI, M. **Physical seed dormancy in legumes: molecular advances and perspectives.** *Plants*, v. 13, n. 11, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13111473>.

YANG, Y.; JAGANATHAN, G. K.; BIDDICK, M.; LI, J.; LIU, B. **Identification of the water-gap in *Albizia julibrissim* (Fabaceae: Mimosoideae) following wet and dry heat.** *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, v. 154, n. 4, p. 578-583, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1651781>. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1651781>.

YOUSIF, M. A. I.; WANG, Y. R.; DALI, C. **Seed dormancy overcoming and seed coat structure change in *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica*.** *Forest Science and Technology*, v. 16, n. 1, p. 18-25, 2020.