



GERMINAÇÃO DE ERVAS E ARBUSTOS PIONEIROS DE UM CERRADO NO SEMIÁRIDO

YOLANDA XAVIER DA CRUZ NERES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
2021**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

GERMINAÇÃO DE ERVAS E ARBUSTOS PIONEIROS DE UM CERRADO NO SEMIÁRIDO

YOLANDA XAVIER DA CRUZ NERES

ORIENTADOR: Prof. Dr. ALDICIR SCARIOT

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

BRASÍLIA – DF, FEVEREIRO DE 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

GERMINAÇÃO DE ERVAS E ARBUSTOS PIONEIROS DE UM CERRADO NO SEMIÁRIDO

YOLANDA XAVIER DA CRUZ NERES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

Prof. Dr. ALDICIR OSNI SCARIOT ((Departamento de Engenharia Florestal - EFL/UnB, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia)
(Orientador)

Prof. Dr. Fabian Borghetti (Departamento de Botânica – BOT)
Examinador Interno

Prof. Dr. DANIEL LUIS MASCIA VIEIRA (Departamento de Engenharia Florestal - EFL/UnB, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia)
Examinador Externo

Brasília - DF, fevereiro de 2021.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelo amparo durante momentos difíceis, por me manter firme diante dos meus objetivos no período da graduação e pós-graduação. “Reconheça o Senhor em todos os teus caminhos e ele endireitará as tuas veredas” (Bíblia Sagrada, Provérbios, 3, 1).

À minha mãe Luciene e ao meu irmão Lucas pelo apoio incondicional durante minha formação. Sempre buscaram entender e me ajudar, da sua maneira, nos períodos difíceis. Amo vocês de todo meu coração.

Aos tios, tias, primos, primas, amigos e amigas que de alguma forma contribuíram para minha formação.

À Joy (Jocemara) e sua família (dona Cleonice, seu Jair, seu Martins, Graciele e Irací), por me acolherem de forma tão amorosa em seu lar. Por me acalmarem em momentos de choro, por me alegrarem em dias escuros e por me permitir aprender a ser alguém melhor. Uma vida inteira na terra não me permitiria retribuir tudo que me concederam. Obrigada por tudo.

As amigas Jocemara, Yanara, Natanna e Bianca pelos inúmeros momentos de desabafo, trocas de experiências e por toda ajuda na coleta de dados. Obrigada meninas.

Ao Max E. S. Chagas por todo amor e carinho na fase “final” do mestrado, por me acompanhar nas coletas de dados e na volta para casa

As minhas amigas da graduação (Amanda A., Jocemara, Yanara, Camile, Gabriela, Maísa, Letícia, Isadora, Amanda M., Ana Beatriz, Ilana e Larissa) e pós-graduação (Natanna, Bianca e Niliane) por todo companheirismo e parceria nesses anos bem vividos.

Aos amigos da vida, Rafael, Pedro e Nathália. A distância não nos impede de ser feliz com a conquista do outro. Vamos longe, da CEU-UnB para o mundo.

À Dulce Alves, pela ajuda nos experimentos de germinação, de forma carinhosa e paciente me ensinou tudo o que pode e foi minha luz no Laboratório de Sementes.

Ao Daniel Vieira, por todo apoio durante o Mestrado, por sempre atender as minhas dúvidas (às vezes bobas) e por jamais ter me negado a sua orientação, mesmo não sendo meu orientador.

Ao meu orientador Aldicir Scariot, por toda ajuda, ensinamentos e compreensão durante toda minha trajetória.

À Embrapa, e a todos os funcionários e colaboradores que me ajudaram na pesquisa. Em especial ao Juarez, Péron e Palhares, obrigada pela ajuda na coleta de dados, instalação de experimentos e análise estatística e por aguentar a minha perturbação durante muito tempo.

Agradeço a UnB, ao departamento de Pós-Graduação em Ciências Florestais, aos professores e funcionários que tanto contribuíram para minha formação.

À CAPES, pela bolsa concedida durante a realização do mestrado.

Obrigada!

RESUMO

Os ecossistemas semiáridos se destacam como prioritários para a restauração. Conhecer como os traços de germinação respondem aos filtros ambientais é crítico para assegurar uso eficiente das sementes no planejamento da restauração. O trabalho tem como objetivo a caracterização da germinabilidade, avaliação da sincronicidade de germinação e tempo mediano de germinação, entropia e latência de 12 espécies de plantas, com potencial de utilização na restauração de áreas degradadas. A coleta de sementes foi realizada em agosto de 2018, no interior e na zona de amortecimento da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras. As sementes foram colocadas para germinar em placas de petri de 140 x 15 mm, sobre dois papéis filtro umedecidos com água destilada. Foram testados dois níveis de fotoperíodo (12 horas e completamente escuro) e dois níveis de temperatura 30 °C e 20-30 °C. Nas espécies submetidas aos tratamentos com restrição de luz, as placas de petri foram totalmente recobertas com papel alumínio. O número de sementes germinadas foi contabilizado ao final do experimento para as sementes submetidas à restrição de luz, enquanto para as sementes germinadas em presença de luz a germinação foi contabilizada diariamente por cerca de 30 dias. Por meio da estatística descritiva foram calculadas as probabilidades e as chances (*odds*) de germinação por espécie em cada tratamento. Para comparação entre os tratamentos os dados de germinação foram avaliados com GLM (*Generalized Linear Model*), da família binomial. A razão de chance (*odds ratio*) foi estimada entre pares de tratamento e representa a razão entre a chance de um evento (germinação) ocorrer em um tratamento em relação à chance do evento ocorrer em outro tratamento. Dentre as espécies testadas, somente em quatro (*Senegalia langsdorffii*, *Trixis vauthieri*, *Senna rugosa* e *Senna cana*) a germinação foi superior a 50% em um ou mais tratamentos. As maiores probabilidades de germinação ocorrem sob luz em seis espécies, em geral com pouco ou nenhum efeito das temperaturas estudadas. Dentre essas espécies a exceção é *A. gibbosa* cuja probabilidade de germinação é maior sob luz, mas em temperaturas alternadas. Somente em três (*Aristida. gibbosa*, *Acritopapus longifolius* e *Eupatorium squalidum*) das oito espécies em que foram testadas a germinação em luz e escuro, houve significativamente maior chance das sementes germinarem sob luz que no escuro. De forma geral as espécies estudadas apresentaram germinação rápida a intermediária, sincronizada e com pouco ou nenhum efeito da temperatura, espécies de *Senna* e *Solanum* tiveram a dormência superada de forma efetiva por parte dos tratamentos aplicados.

PALAVRAS-CHAVE: GERMINAÇÃO, SINCRONICIDADE, LATÊNCIA, SEMIÁRIDO

ABSTRACT

Semi-arid ecosystems are priorities for restoration. Knowing how germination responds to environmental filters is critical to ensuring the efficient use of seeds in restoration planning. This work aims to characterize germination and evaluate the germination synchronicity and median germination time, entropy, and latency of 12 plant species, with potential for use in the restoration of degraded areas. Seed collection was carried out in August 2018, in the interior and in the buffer zone of the Nascentes Geraizeiras Sustainable Development Reserve. The seeds were placed to germinate in 140 x 15 mm Petri dishes, on two filter papers moistened with distilled water. Two levels of photoperiod (12 hours and completely dark) and two temperature levels of 30°C and 20-30 °C were tested. In the species submitted to treatments with light restriction, the Petri dishes were completely covered with aluminium foil. The number of germinated seeds was counted at the end of the experiment for seeds subjected to light restriction, while for seeds germinated in the presence of light, germination was counted daily for about 30 days. Through descriptive statistics, the probabilities, and odds of germination by species in each treatment were calculated. For comparison between treatments, germination data were evaluated with GLM (Generalized Linear Model), from the binomial family. The odds ratio was estimated between treatment pairs and represents the ratio between the chance of an event (germination) occurring in one treatment in relation to the chance of the event occurring in another treatment. Among the tested species, only in four (*Senegalia langsdorffii*, *Trixis vauthieri*, *Senna rugosa* and *Senna cana*) germination was higher than 50% in one or more treatments. The highest probability of germination occurs under light in six species, generally with little or no effect from the temperatures studied. Among these species, the exception is *Aristida gibbosa*, which is more likely to germinate under light, but at alternating temperatures. Only in three (*Aristida gibbosa*, *Acritopapus longifolius* and *Eupatorium squalidum*) of the eight species in which light and dark germination were tested, there was a significantly greater chance of the seeds germinating under light than in the dark. In general, the species studied showed rapid to intermediate germination, synchronized and with little or no temperature effect. *Senna* and *Solanum* species had their dormancy effectively overcome by the treatments applied.

KEY WORDS: GERMINATION, SYNCHRONICITY, LATENCY, SEMI-ARID

Sumário

1. Introdução	10
2. Material e Métodos	11
2.1. Caracterização da área de estudo	11
2.2. Coleta e beneficiamento das sementes	13
2.3. Germinação	15
2.4. Análise de dados	17
3. Resultados	18
4. Discussão	26
5. Conclusão	29
6. Referências Bibliográficas	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação anual (mm) de 1999 a 2018 em Rio Pardo de Minas, MG. Fonte: Agência Nacional de Águas, código da estação:01542015. .	12
Figura 2. Mapa dos limites da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras (RDSNG) ao norte de Minas Gerais. Em destaque as comunidades onde foram feitas as coletas de sementes (Fonte: Renan A. M. Matias).....	13
Figura 3. Sementes das espécies nativas coletadas:1- <i>Aristida gibbosa</i> ; 2- <i>Aristida riparia</i> ; 3- <i>Paspalum stellatum</i> ; 4- <i>Eupatorium squalidum</i> ; 5- <i>Trixis vauthieri</i> ; 6- <i>Lepidaploa rufogrisea</i> ; 7- <i>Acritopapus longifolius</i> ; 8- <i>Eremanthus polycephalus</i> ; 9- <i>Senegalia langsdorffii</i> ; 10- <i>Senna rugosa</i> ; 11- <i>Senna cana</i> ; 12- <i>Solanum lycocarpum</i>	14
Figura 4. Esquema dos tratamentos usados nos testes de germinação para as espécies de gramíneas e arbustos coletadas na RDSNG. Onde: AG = Ácido giberélico, NaCl = Hipoclorito de sódio, H ₂ SO ₄ = Ácido sulfúrico	16
Figura 5. Razões de chance (Odds ratio) de germinação de <i>A. gibbosa</i> ; <i>A. riparia</i> e <i>P. stellatum</i> entre os tratamentos L e E. Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, L = luz; E = escuro; 20-30 = temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30= temperatura constante de 30°C.	23
Figura 6. Razões de chance (Odds ratio) de germinação de <i>A. longifolius</i> ; <i>E. polycephalus</i> ; <i>L. rufogrisea</i> ; <i>T. vauthieri</i> e <i>E. squalidum</i> (A) e <i>S. rugosa</i> (B). Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, L = luz; E = escuro; 20-30 = temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30 = temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H ₂ SO ₄ =Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H ₂ O= Água destilada. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.	23
Figura 7. Razões de chance (Odds ratio - OR) de germinação de <i>S. cana</i> . Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, onde: corte=corte do tegumento; H ₂ SO ₄ = Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de Sódio; 30min= 30 minutos de imersão; 5hrs= cinco horas de imersão. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.	24
Figura 8. Razões de chance (Odds ratio - OR) de germinação de <i>S. lycocarpum</i> . Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, onde: AG= Ácido Giberélico; H ₂ O= água destilada; 24hrs= 24 horas de imersão; 48hrs= 48 horas de imersão. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Características das espécies e beneficiamento utilizado nos frutos das espécies coletadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Gerazeiras (RDSNG).	14
Tabela 2. Descritores estatísticos para avaliar o padrão de germinação das espécies de acordo com o pacote Germination metrics do software R team.	17
Tabela 3. Probabilidade de germinação (Prob. G), probabilidade de não germinação (Prob. nG), chance de germinação (Odds G), chances de não germinação (Odds nG) de sementes das 12 espécies testadas em laboratório. Tratamentos: E= escuro; L= luz; 20-30= temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30=temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H ₂ SO ₄ =Ácido Sulfúrico; NaClO= hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H ₂ O= água destilada.....	19
Tabela 4. Valores de razões de chance (Odds ratio - OR), limite inferior (LI) e limite superior de germinação estimados entre os tratamentos em 12 espécies com os modelos GLM. Intervalo de confiança de 95%. Tratamentos: E= escuro; L= luz; 20-30= temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30=temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H ₂ SO ₄ =Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H ₂ O= Água destilada. Razões de chance seguidas de * indicam que o intervalo de confiança a 95% não inclui a razão de chance de 1,0, e, portanto, a diferença é significativa. Resultados de % e chance de germinação de <i>S. lycocarpum</i> são iguais em H ₂ O_24hrs e H ₂ O_48hrs (vide Tabela 3), portanto as comparações podem ser feitas com qualquer um destes. O fator temperatura não explica o percentual de germinabilidade de <i>Senegalia langsdorffii</i> , portanto as temperaturas não foram comparadas com estimativa do OR.	21
Tabela 5. Valores de latência (L), tempo mediano (t50) e entropia (E), das espécies submetidas aos tratamentos de germinação sob a luz (L), em temperaturas constante (30) e alternada (20-30) e à superação da dormência.	25

1. Introdução

A restauração dos ecossistemas é estratégica para a conservação da biodiversidade, mitigação das mudanças climáticas e provimento de serviços ecossistêmicos. Esses ecossistemas abrigam 1,1 bilhões de pessoas, e grande parte delas ainda vivem na zona rural com forte dependência dos seus recursos e serviços (Scholes, 2020), as áreas semiáridas são prioritárias para a restauração (Strassburg et al., 2020), e a substituição da vegetação nativa por outros usos da terra, muitas vezes causa empobrecimento da biodiversidade, diminui a estabilidade e a funcionalidade dos ecossistemas, deixando-os suscetíveis a processos que levam a desertificação (Manhães et al., 2016; Marinho et al., 2016). A restauração dessas áreas, embora importante para atingir as metas dos acordos mundiais, é ainda mais importante para as pessoas que neles vivem devido a dependência das populações rurais dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade para a sobrevivência e geração de renda. Embora seja muito difícil a restauração restabelecer a composição original de espécies da vegetação nativa, ela consegue reestabelecer muitas funções do ecossistema e recuperar alguns componentes da biodiversidade original (Chazdon, 2008).

No Brasil, a região semiárida ocupa uma área de cerca de 969.589 km², com predominância do bioma Caatinga (Andrade et al., 2005), uma floresta tropical sazonalmente seca que corresponde a 54% do nordeste brasileiro (Andrade et al., 2005; Manhães et al., 2016), a ocupação dessa região se iniciou no século XVII, sendo a pecuária extensiva e extração mineral as principais atividades que causam degradação (Alves et al., 2009). Predominantemente a vegetação do semiárido é caracterizada pela presença de espécies lenhosas e herbáceas, com espécies florestais xerofíticas e decíduas (Marinho et al., 2016), a conservação do solo em regiões semiáridas pode depender de espécies vegetais (Teixeira et al., 2020), e a substituição da vegetação nativa por outros usos do solo é fator significativo para a perda de cobertura vegetal, redução da altura média, área basal, riqueza e densidade de plantas lenhosas (Marinho et al., 2016).

As condições climáticas no semiárido é fator limitante para germinação e estabelecimento das plantas, que estão sempre lidando com a limitação hídrica. A variabilidade da precipitação é uma das principais limitações ao recrutamento de juvenis e a alta mortalidade de plântulas (James et al., 2011). No Brasil, a precipitação na região semiárida é concentrada no tempo e no espaço, distribuída de forma irregular no território (Cruz et al., 2018), havendo um curto período de tempo para as espécies iniciarem a ocupação do espaço. A germinação é uma das fases da planta mais sensíveis às flutuações ambientais (Baskin & Baskin, 2014). As sementes usam simultaneamente as condições de umidade, luz e temperatura como indicadores de um sítio favorável ou tempo favorável para estabelecerem. Essas condições são modificados por perturbação e degradação da vegetação (Long et al., 2015), o que afeta a germinação e tem implicações para o planejamento da restauração. Por exemplo, espécies nativas de gramíneas do Cerrado são demandantes de luz durante seu desenvolvimento e sua fase adulta, o que levou à evolução para germinar, indicando que as sementes não devem ser enterradas (C. M. Pereira et al., 2020). Portanto em ambientes mais abertos, espera-se que as gramíneas sejam favorecidas.

Características de germinação, como dormência da semente, velocidade de germinação e latência, desenvolvidas para ambientes naturais, vão funcionar melhor ou pior diante de alterações antrópicas. Entender esse comportamento possibilita manejar as sementes, ou fazer intervenções nas áreas a serem restauradas, para aumentar o sucesso da emergência em campo, e assim melhorar o custo benefício da restauração. A dormência é uma adaptação em sistemas naturais e ocorre em 50-90% das plantas selvagens do mundo (Baskin & Baskin, 2014). Em áreas degradadas a dormência pode limitar o sucesso da restauração, pois a semente pode levar várias estações para germinar, o

que pode resultar em baixa germinação (Kildisheva et al., 2020) e perda de viabilidade das sementes. Em áreas preservadas a dormência pode ser uma estratégia de cobertura em ambientes imprevisíveis (Donohue et al., 2010). Germinar rapidamente pode assegurar o sucesso na ocupação do espaço, pois em ambientes semiáridos o período favorável ao crescimento da plântula e estabelecimento é curto.

O conhecimento das estratégias de germinação possibilita entender os mecanismos de ocupação do espaço por espécies nativas e os efeitos dos filtros ambientais que as sementes são expostas. Portanto, conhecer como os traços de germinação respondem aos filtros ambientais, e levar em consideração essa resposta é crítico para assegurar uso eficiente das sementes no planejamento da restauração (Kildisheva et al., 2020). Espécies nativas que colonizam ambientes alterados são tolerantes ao estresse local, possibilitando o seu estabelecimento em condições extremas (Rezende; Scarano, 2017). No entanto, o sucesso no reestabelecimento de vegetação nativa em sistemas de terras secas demanda conhecimento das características de germinação e dormência de sementes de ervas, arbustos e subarbustos (Kildisheva et al. 2019), sendo que estas e informações são limitadas para as espécies dos ecossistemas semiáridos do Brasil.

Portanto, para reduzir essa lacuna de conhecimento, o presente trabalho teve como finalidade estudar traços funcionais na germinação de 12 espécies nativas que colonizam áreas degradadas pela mineração de quartzo e plantio de *Eucalyptus* (arrancados e com solo exposto), na região do semiárido brasileiro, área de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga. O trabalho tem como objetivo a caracterização da germinabilidade, avaliação da sincronidade de germinação e tempo mediano de germinação, entropia e latência de 12 espécies de plantas que tem potencial de utilização na restauração de áreas degradadas.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

Na região norte de Minas Gerais, caracterizada como ecótono dos biomas Cerrado e Caatinga, ocorrem vegetações típicas de ambos biomas, com predominância de solo Latossolo Amarelo Distrófico (Vilela, 2017). Segundo classificação de Köpen, descrita em Alvares et al. (2013), em toda região ocorre o clima CwA (clima subtropical úmido) e ao norte do estado predomina o clima CwB (clima subtropical de altitude). O clima sazonal proporciona inverno seco e verões chuvosos, com precipitação média de 800 mm entre os anos de 1999 e 2018 (Figura 1), distribuída entre os meses de novembro a março (ANA, 2019), e temperatura média de 24,2°C (INMET, 2020). Na região, as bacias hidrográficas do São Francisco, Rio Pardo e Rio Jequitinhonha são as mais importantes (Pereira, 2007). Essas bacias têm como divisor de águas a Serra do Espinhaço, que atravessa a região em sua porção meridional, tornando-as estratégicas para à conservação de recursos hídricos superficiais (Brito, 2013).

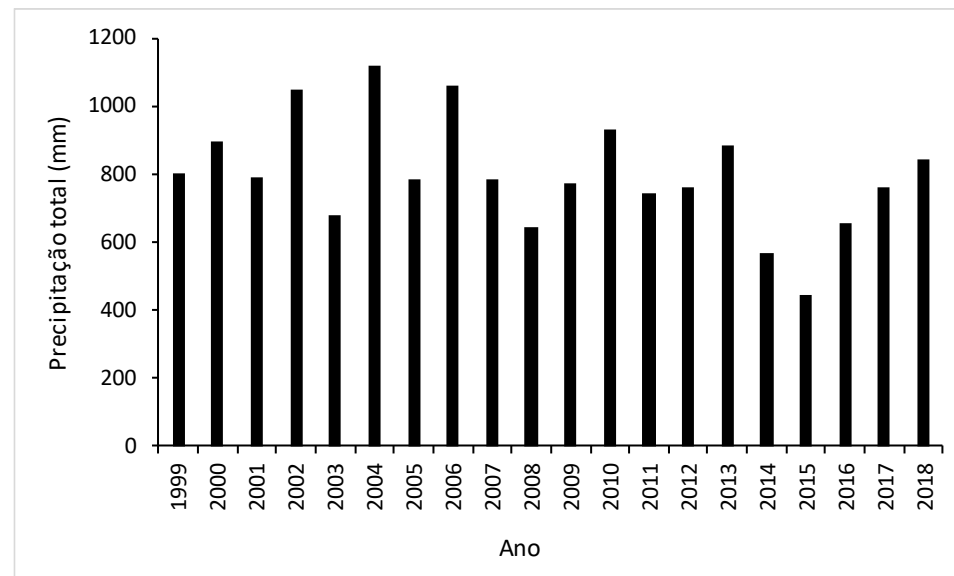


Figura 1. Precipitação anual (mm) de 1999 a 2018 em Rio Pardo de Minas, MG. Fonte: Agência Nacional de Águas, código da estação:01542015.

A partir da década de 70, o governo do Estado de Minas Gerais arrendou por 20-30 anos as terras devolutas da região a empresas de silvicultura, que introduziram a monocultura de *Eucalyptus* na região. Os plantios de *Eucalyptus* foram estabelecidos nas chapadas da região. As chapadas são as áreas mais altas e planas, onde predomina a vegetação de Cerrado, e onde as comunidades locais coletivamente criavam gado e faziam extrativismo de plantas (Brito, 2013). Essa mudança no uso da terra desestruturou o modo de vida das comunidades locais, e mesmo assim algumas empresas conseguiram prorrogar os arrendamentos até 2008 (Brito, 2013).

A partir de 2003, a mobilização de cerca de 26 comunidades da região do Alto Rio Pardo deu início às discussões e reconhecimento dos seus direitos sobre as terras onde viviam. Essa mobilização social culminou na criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascente Geraizeiras (RDSNG), em 2014. Com 38.856,7 hectares, a RDSNG abrange partes dos municípios de Montezuma, Vargem Grande do Rio Pardo e Rio Pardo de Minas, tendo como coordenadas centrais 15° 22' 16.30'' de latitude Sul e 42° 23' 48.09'' de longitude Oeste (Silva & Matias, 2020). A RDSNG abriga cerca de 19 comunidades tradicionais, denominadas de Geraizeiros¹ (Costa Filho et al., 2015), que possuem unidades privadas de uso familiar exercendo o uso coletivo das chapadas para atividades pastoris (Cerqueira, 2016). Nas chapadas são extraídos produtos madeireiros e não madeireiros, tanto pelas comunidades do interior como do entrono da RDSNG.

A cobertura do solo dentro da RDSNG é diversificada, com áreas de Cerrado típico (42,02%), Carrasco (25,27%), Mata de Galeria (2,72%) e demais fisionomias Cerrado ralo, Campo limpo, Campo sujo e Mata seca (juntas correspondem a 0,54%), as demais áreas são de uso múltiplo, agrícola ou antropizada (8,73%), que coexistem com plantios de eucalipto (novos ou abandonados) e mineração, cerca de 20,6% (Silva & Matias, 2020). O monocultivo de *Eucalyptus* e a exploração de quartzo em áreas internas da RDSNG, por vezes de forma ilegal, resultam em conflito entre comunidade locais e empresas de silvicultura e de mineração. Essas atividades causam a perda de áreas nativas onde se realiza o extrativismo de partes de plantas e a solta de gado, com alterações negativas na disponibilidade de água nas área de influência da RDSNG e a supressão de espécies economicamente importantes para os geraizeiros (Mazer, 2016).

¹ Comunidades rurais agroextrativistas-pastoris; que estruturaram seu modo de vida nos domínios do cerrado em contato com a caatinga.

2.2. Coleta e beneficiamento das sementes

Diante do pressuposto de que as espécies que ocupam áreas perturbadas indicam adaptação às condições ambientais locais, foram coletados frutos de 12 espécies de plantas que ocorrem em áreas onde houve mineração de quartzo e exploração silvicultura de espécies do gênero *Eucalyptus* (Tabela 1). A coleta dos frutos foi realizada em agosto de 2018, no interior e na zona de amortecimento da RDSNG, em áreas das comunidades tradicionais Roça do Mato (município de Montezuma), São Modesto (município de Vargem Grande de Salinas) e Água Boa II (município de Rio Pardo de Minas).

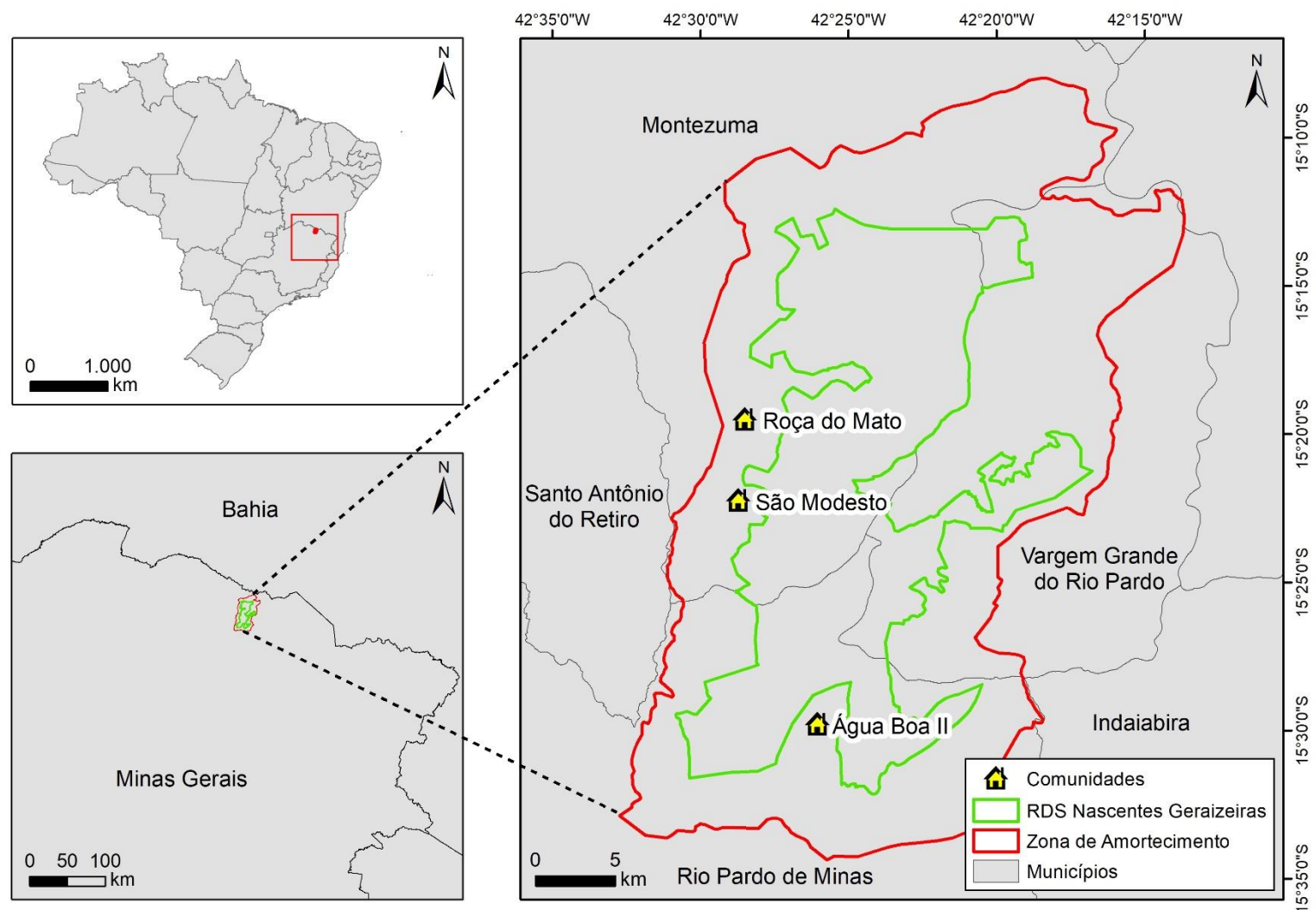


Figura 2. Mapa dos limites da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras (RDSNG) ao norte de Minas Gerais. Em destaque as comunidades onde foram feitas as coletas de sementes (Fonte: Renan A. M. Matias).

Estas comunidades foram selecionadas por estarem envolvidas na restauração de áreas degradadas e por localizarem-se próximas às áreas onde houve mineração de quartzo e plantios homogêneos de *Eucalyptus*. As amostras botânicas foram identificadas com ajuda de especialistas e literatura, e comparadas com exsicatas do herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CEN).



Figura 3. Sementes das espécies nativas coletadas: 1- *Aristida gibbosa*; 2- *Aristida riparia*; 3- *Paspalum stellatum*; 4- *Eupatorium squalidum*; 5- *Trixis vauthieri*; 6- *Lepidaploa rufogrisea*; 7- *Acritopapus longifolius*; 8- *Eremanthus polycephalus*; 9- *Senegalia langsdorffii*; 10- *Senna rugosa*; 11- *Senna cana*; 12- *Solanum lycocarpum*.

Os frutos foram beneficiados para obtenção das sementes, e as sementes predadas e danificadas foram descartadas. As sementes saudáveis foram armazenadas em sacos de papel permeável, identificadas e acondicionadas em local seco e arejado, em temperatura média de 25°C, o início dos experimentos se deu 15 dias após a coleta das sementes.

Tabela 1. Características das espécies e beneficiamento utilizado nos frutos das espécies coletadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras (RDSNG).

Espécie	Família	Hábito	Mês/ coleta	Fruto	Dispersão	Dormência	Beneficiamento
<i>Aristida gibbosa</i>	Poaceae	Erva ⁷	Maio	Cariopse ¹	Epizoocórica ⁷	não	□
<i>Aristida riparia</i>	Poaceae	Erva ⁷	Abril	Cariopse ¹	Anemocórica ⁷	sim	□
<i>Paspalum stellatum</i>	Poaceae	Erva ¹	Agosto	Cariopse ¹	Anemocórica ⁷	não	◇

<i>Eupatorium squalidum</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbusto ¹	Agosto	Cispela ⁹	Anemocórica ⁹	não	◇
<i>Trixis vauthieri</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbusto ¹	Setembro	Cipsela ⁹	Anemocórica ⁹	não	◇
<i>Lepidaploa rufogrisea</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbusto ¹	Agosto	Cispela ⁹	Anemocórica ⁹	não	◇
<i>Acritopapus longifolius</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbusto ¹	Agosto	Cispela ⁹	Anemocórica ⁹	não	◇
<i>Eremanthus polycephalus</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbusto/ Árvore ¹	Agosto	Cispela ^{1,9}	Anemocórica ⁹	não	◇
<i>Senegalia langsdorffii</i>	<i>Fabaceae</i>	Arbusto ¹	Agosto	Legume seco ¹	Autocórica ¹	não	⊖
<i>Senna rugosa</i>	<i>Fabaceae</i>	Arbusto ^{3/} Subarbus- to ¹	Agosto	Legume bacáceo ¹	Autocórica ⁴	Física ⁶	*
<i>Senna cana</i>	<i>Fabaceae</i>	Arbusto ¹	Agosto	Legume seco ¹	Autocórica ⁶	Física ⁶	⊖
<i>Solanum lycocarpum</i>	<i>Solanaceae</i>	Arvoreta ³ / Arbusto ²	Abrril	Baga ⁵	Endozoocórica ₃	Fisiológica ⁶	△

Símbolos: □ = passagem da pluma em triturador forrageiro; △ = Remoção da polpa e separação das sementes com auxílio de peneira ; ◇ = Remoção manual de folhas e pequenos galhos; ⊖ = abertura manual dos frutos e retirada das sementes; * = corte do fruto com canivete, seguido de imersão do fruto em água corrente e separação das sementes com peneira; ¹(REFLORA, 2013); ²(MMA, 2018); ³(Medeiros, 2011); ⁴(Sartorelli & Filho, 2017); ⁵(Vidal et al., 1999); ⁶(Consolaro et al., 2019); ⁷(Sampaio et al., 2019); ⁸(Medeiros et al., 2019); ⁹(Roque & Bautista, 2008).

2.3. Germinação

O experimento de germinação foi realizado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, DF. As sementes foram colocadas para germinar em placas de petri de 140 x 15 mm, sobre dois papéis filtro umedecidos com água destilada. Foram testados dois níveis de fotoperíodo (12 horas) e completamente escuro, e dois níveis de temperatura 30 °C e 20-30 °C. Nas espécies submetidas aos tratamentos com restrição de luz, as placas de petri foram totalmente recobertas com papel alumínio. Sementes com dormência não foram colocadas no tratamento escuro, pois em testes prévios de germinação foram infestadas por fungos e bactérias. O número de sementes germinadas foi contabilizado ao final do experimento para as sementes submetidas à restrição de luz, enquanto para as sementes germinadas em presença de luz a germinação foi contabilizada diariamente por cerca de 30 dias.

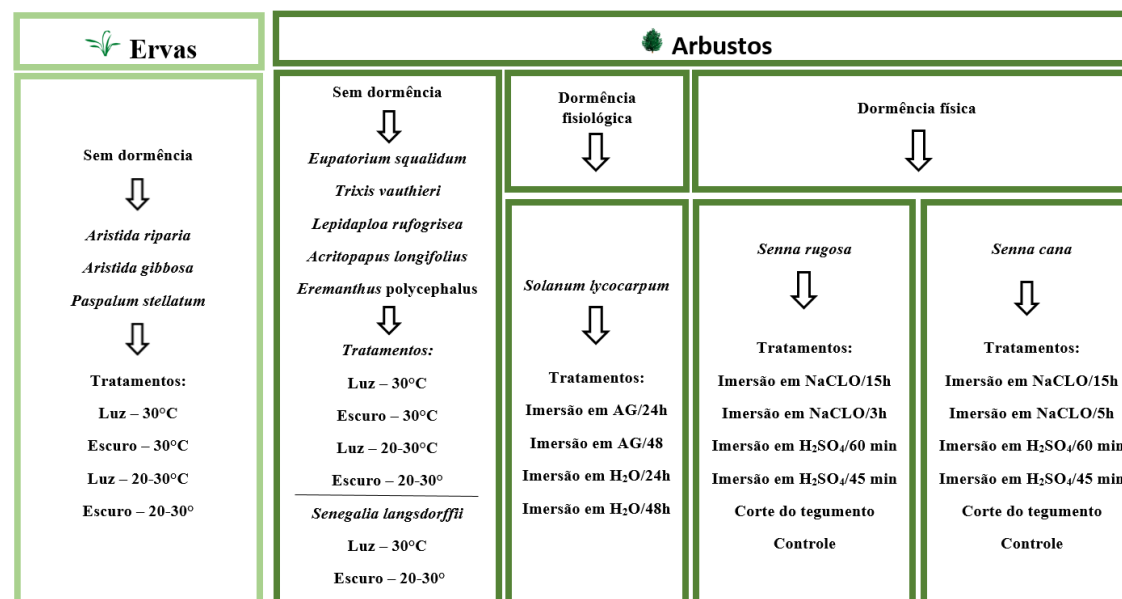


Figura 4. Esquema dos tratamentos usados nos testes de germinação e de quebra de dormência para as espécies de gramíneas e arbustos coletadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras (RDSNG). Onde: AG = Ácido giberélico, NaClO = Hipoclorito de sódio, H₂SO₄ = Ácido sulfúrico

Para as ervas *Aristida gibbosa*, *Aristida riparia* e *Paspalum stellatum* e os arbustos *Eupatorium squalidum*, *Trixis vauthieri*, *Lepidaploa rufogrisea* e *Acritopapus longifolius* foram utilizados os tratamentos luz a 30°C (L30), escuro a 30°C (E30), sob luz e escuro em temperatura alternada de 20-30°C (L20-30 e E20-30, respectivamente), com cinco réplicas de 50 sementes por tratamento (250 sementes por tratamento). Esses mesmos tratamentos foram utilizados para os arbustos *Eremanthus polycephalus* e *Senegalia langsdorffii* com 25 sementes por tratamento (125 sementes por tratamento).

Senna rugosa, foi submetida a seis tratamentos para superação da dormência física. Os tratamentos foram imersão em Hipoclorito de Sódio (NaClO) por 15 e 3 horas (HS15 e HS3), imersão em Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) por 45 e 60 minutos (AS45 e AS60), corte do tegumento com bisturi (CT) e controle, com quatro repetições de 29 sementes (116 sementes por tratamento). *Senna cana*, que também apresenta dormência física, foi submetida aos tratamentos, imersão em NaClO por 5 horas (HS5), imersão em H₂SO₄ por 30 minutos (AS30), corte do tegumento com bisturi (CT) e controle. As sementes de *Solanum lycocarpum*, que têm dormência fisiológica, foram imersas em Ácido Giberélico por 24 e 48 horas (AG24 e AG48) e em água por 24 e 48 horas (H₂O24 e H₂O48), sendo os tratamentos com imersão em água considerados como controle. Para ambas as espécies foram utilizadas cinco réplicas de 50 sementes cada. Para todas as espécies foram avaliadas a germinabilidade, tempo mediano de germinação, entropia e latência (Tabela 2).

Tabela 2. Descritores estatísticos para avaliar o padrão de germinação das espécies de acordo com o pacote Germination metrics do software R team.

Descritores estatísticos	Unidade	Fórmula	Descrição
Germinabilidade	%	$GP = \left(\frac{N_g}{N_t}\right) \cdot 100$	Porcentagem de sementes efetivamente germinadas do lote de n sementes
Entropia	Bit	$\bar{E} = - \sum_{i=1}^k fi \log_2 fi$	Quantifica a variação de germinação dos lotes de sementes ao longo do tempo.
Latência	Dias	-	Dias decorridos desde instalação do experimento até a 1º germinação.
Tempo mediano	Dias	$T_{50} = \frac{\left(\frac{N+1}{2} - N_1\right) (T_j - T_i)}{N_j - N_i}$	Dias necessários para germinação de 50% das k sementes do lote de n sementes que efetivamente germinaram

Onde: N_g é o número de sementes que efetivamente germinaram, N_t é o número total (n) de sementes do lote, T_i é o tempo de duração do experimento, N_i é o número de sementes germinadas, k é o dia em que ocorreu a germinação da k -ésima e última semente, fi é a frequência relativa de germinação no i -ésimo dia de observação. O bit é uma medida binária que indica “germinação” ou “não germinação”.

2.4. Análise de dados

Foram calculadas as probabilidades e as chances (*odds*) de germinação por espécie em cada tratamento. As chances (*odds*) das sementes germinarem foram calculadas com a fórmula $p/(1-p)$, onde p representa a proporção de sementes germinadas. Por exemplo, se a proporção de sementes de uma espécie que germinou em um tratamento foi 0,60, a proporção de sementes que falhou em germinar foi de 0,40. As chances de germinação seriam de 0,60/0,40 ou de 1,5, que indica que a probabilidade de germinar com esse tratamento é 1,5 vezes maior que a de não germinar.

Para comparação entre os tratamentos, os dados de germinação foram avaliados com modelo linear generalizado (GLM, *Generalized Linear Model*), da família binomial. Foram testados desde o modelo aditivo completo até o modelo nulo ($Y \sim 1$), que não considera as possíveis variáveis explicativas, por grupo de espécies e considerando a forma de vida e os tratamentos adotados para cada espécie. Em experimentos com mais de uma variável explicativa foram avaliados gráficos de interação entre as variáveis para decidir quais

interações comporiam o modelo. Utilizou-se o valor de informação de Akaike (AIC, *Akaike Information Criterion*) e AIC de segunda ordem (AICc) para selecionar os modelos mais adequados (Burnham & Anderson, 2002). Dentre um grupo de modelos, o modelo candidato (menor AIC) foi comparado com os demais baseando-se na diferença (Δ_i) entre eles, se $\Delta_i > 10$ o modelo candidato é descartado e se $\Delta_i < 10$ o modelo pode ser considerado.

Quando a $\Delta_i < 10$ entre modelos, foram realizados testes de razão de verossimilhança (LRT) para verificar a similaridade. No teste LRT, a hipótese nula (H_0) é que os modelos são equivalentes e a hipótese alternativa é que os modelos diferem. A significância do modelo foi avaliada com a estatística *deviance* e *p*-valor ao nível de $\alpha = 5\%$. Em casos em que o *p*-valor não foi significativo, foi escolhido o modelo menos complexo (Burnham & Anderson, 2002). Após a determinação do modelo mais adequado, foi calculado o parâmetro de dispersão (D) do modelo. Valores de $D > 1$ indicam superdispersão (*overdispersion*), em que a variância da variável resposta tende a ser significativamente maior que seu valor teórico esperado, e valores de $D < 1$ indicam subdispersão (*underdispersion*) (Burnham & Anderson, 2002). Em seguida foram avaliados os gráficos de resíduos *deviance* e de *Anscombe* para verificar a presença de pontos discrepantes (*outliers*) no modelo (Burnham & Anderson, 2002).

Em seguida, com os modelos para cada grupo de espécies, foi determinada a equação para calcular a razão de chance (*odds ratio*, Modelo 1). A razão de chance (*odds ratio*) foi estimada entre pares de tratamento e representa a razão entre a chance de um evento (germinação) ocorrer em um tratamento em relação à chance do evento ocorrer em outro tratamento. Por exemplo, se em um tratamento as chances de uma espécie germinar são de 0,60 e em outro tratamento são de 0,20, então a razão da chance entre esses tratamentos é de 0,60/0,20 ou 3. Esse valor indica que as chances de germinar com o primeiro tratamento são 3 vezes maiores que com o segundo tratamento. Se a razão de chance for igual a 1,0, então as proporções são idênticas entre os tratamentos. c

Modelo 1. Modelo logaritmo da chance (*Log-odds*) de germinação. Onde p = probabilidade de germinar, $1 - p$ = probabilidade de não germinar, β_0 e β_1 = parâmetro de estimação do modelo, X_1 = variável explicativa.

$$\text{Logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

3. Resultados

Dentre as espécies testadas, somente em quatro (*S. langsdorffii*, *T. vauthieri*, *S. rugosa* e *S. cana*) a germinação foi superior a 50% em um ou mais tratamentos (Tabela 3). As maiores probabilidades de germinação ocorrem sob luz em seis espécies, em geral com pouco ou nenhum efeito das temperaturas estudadas. Dentre essas espécies a exceção é *A. gibbosa* cuja probabilidade de germinação é maior sob luz, mas em temperaturas alternadas (Tabela 3). *A. riparia* têm maior probabilidade de germinar no escuro que sob a luz quando submetida à temperatura constante, mas atinge valores similares também em temperaturas alternas sob luz e no escuro (Tabela 3). Em *S. langsdorffii* as probabilidades de germinação sob luz são próximas ao máximo possível (1,0), independentemente da alternância ou não das temperaturas testadas (Tabela 3). Quando submetidas a imersão em H_2SO_4 , sementes de *S. rugosa* têm maiores probabilidades de germinação, e em *S.*

cana tanto a imersão em H₂SO₄ quanto o corte do tegumento resultam nas maiores probabilidades de germinação. As maiores probabilidades de geminação em *S. lycocarpum* foram obtidas em sementes embebidas em Ácido giberélico (Tabela 3).

Tabela 3. Probabilidade de germinação (Prob. G), probabilidade de não germinação (Prob. nG), chance de germinação (*Odds* G), chances de não germinação (*Odds* nG) de sementes das 12 espécies testadas em laboratório. Tratamentos: E= escuro; L= luz; 20-30= temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30=temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H₂SO₄=Ácido Sulfúrico; NaClO= hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H₂O= água destilada.

Espécies	Tratamentos	Prob. G	Prob. nG	<i>Odds</i> G	<i>Odds</i> nG
<i>Aristida gibbosa</i>	E20-30	0,2	0,8	0,3	4,0
	L20-30	0,4	0,6	0,6	1,8
	E30	0,3	0,7	0,4	2,3
	L30	0,3	0,7	0,4	2,8
<i>Aristida riparia</i>	E20-30	0,4	0,6	0,6	1,7
	L20-30	0,4	0,6	0,6	1,7
	E30	0,4	0,6	0,6	1,6
	L30	0,3	0,7	0,5	2,1
<i>Paspalum stellatum</i>	E20-30	0,1	0,9	0,1	7,3
	L20-30	0,2	0,8	0,2	5,0
	E30	0,1	0,9	0,1	7,0
	L30	0,2	0,8	0,2	5,4
<i>Eupatorium squalidum</i>	E20-30	0,0	1,0	0,0	40,8
	L20-30	0,4	0,6	0,6	1,6
	E30	0,0	1,0	0,0	124,0
	L30	0,4	0,6	0,8	1,31
<i>Trixis vauthieri</i>	E20-30	0,6	0,4	1,8	0,6
	L20-30	0,7	0,3	2,6	0,4
	E30	0,5	0,5	1,0	0,9
	L30	0,8	0,2	3,46	0,3
<i>Lepidaploa rufogrisea</i>	E20-30	0,0	1,0	0,0	40,8
	L20-30	0,1	0,9	0,0	12,9
	E30	0,0	1,0	0,0	40,7
	L30	0,1	0,9	0,2	5,9
	E20-30	0,0	1,0	0,0	124,0

<i>Acritopapus longifolius</i>	L20-30	0,2	0,8	0,2	5,3
	E30	0,0	1,0	0,0	249,0
	L30	0,3	0,7	0,5	2,0
<i>Eremanthus polycephalus</i>	E20-30	0,0	1,0	0,0	24,0
	L20-30	0,1	0,9	0,2	6,4
	E30	0,0	1,0	0,05	19,8
	L30	0,1	0,9	0,2	5,9
<i>Senegalia langsdorffii</i>	L20-30	1,0	0,0	61,5	0,0
	L30	1,0	0,0	40,7	0,0
<i>Senna rugosa</i>	Controle	0,0	1,0	0,0	28,0
	Corte	0,4	0,6	0,61	1,6
	H ₂ SO ₄ _45MIN	0,8	0,2	5,3	0,2
	H ₂ SO ₄ _60MIN	0,7	0,3	2,1	0,50
	NaClO_15H	0,2	0,8	0,2	5,1
	NaClO_3H	0,0	1,0	0,0	28,0
<i>Senna cana</i>	Controle	0,0	1,0	0,0	21,7
	Corte	0,7	0,3	2,0	0,5
	H ₂ SO ₄ _30MIN	0,7	0,3	2,0	0,5
	NaClO_5h	0,0	1,0	0,0	30,3
<i>Solanum lycocarpum</i>	AG_48H	0,3	0,7	0,4	2,5
	AG_24H	0,3	0,7	0,4	2,7
	H ₂ O_24H	0,0	1,0	0,0	21,7
	H ₂ O_48H	0,0	1,0	0,0	21,7

Para *S. langsdorffii* não houve diferença entre as chances de germinação em temperatura constante e alternada. Para demais espécies os resultados descritivos da germinação são corroborados pela razão de chance (*Odds ratio*) obtida entre a comparação de pares de tratamento para cada espécie por meio dos seguintes modelos estatísticos:

Modelo 2. Modelo logaritmo da chance (*Log-odds*) de germinação das sementes das ervas *A. gibbosa*, *A. riparia* e *P. stellatum*. A espécie de referência dentro do modelo é *A. gibbosa*.

$$\text{Logit}(p) = -1.2263 + 0.6129 X_{A.riparia} - 0.8659 X_{P.stellatum} - 0.2274 X_{30C} + 0.5616 X_{Luz} - 0.4399 X_{A.riparia:Luz} + 0.0198 X_{P.stellatum:Luz} - 0.5056 X_{30C:Luz}$$

Modelo 3. Modelo logaritmo de chance (*Log-odds*) de germinação das sementes dos arbustos sem dormência *A. longifolius*, *E. polycephalus*, *L. rufogrisea*, *T. vauthieri* e *E. squalidum*. A espécie de referência no modelo é *A. longifolius*.

$$\text{Logit}(p) = -5.311 + 2.453 X_{E.polycephalus} + 1.6114 X_{L.rufogrisea} + 5.898 X_{T.vauthieri} + 1.468 X_{E.squalidum} + 0.122 X_{30C} + 3.676 X_{Luz} - 0.618 X_{E.polycephalus-30C} - 0.142 X_{L.rufogrisea-30C} - 0.639 X_{T.vauthieri-30C} - 0.782 X_{E.squalidum-30C} - 2.793 X_{E.polycephalus-Luz} - 2.539 X_{L.rufogrisea-Luz} - 3.311 X_{T.vauthieri-Luz} - 0.259 X_{E.squalidum-Luz} + 0.8006 X_{30C-Luz}$$

Modelo 4. Modelo logaritmo de chance (*Log-odds*) de germinação das sementes do arbusto *S. rugosa*.

$$\text{Logit}(p) = -3.332 + 2.840 X_{Corte} + 4.993 X_{H_2SO_4-45min} + 4.007 X_{H_2SO_4-60min} + 0.000 X_{NaClO-3h} + 1.702 X_{NaClO-15hrs}$$

Modelo 5. Modelo logaritmo de chance (*Log-odds*) de germinação das sementes do arbusto *S. cana*.

$$\text{Logit}(p) = -3.0786 + 3.8140 X_{Corte} + 3.8004 X_{H_2SO_4-30min} - 0.3309 X_{NaClO-5hrs}$$

Modelo 6. Modelo logaritmo de chance (*Log-odds*) de germinação das sementes do arbusto *S. lycocarpum*.

$$\text{Logit}(p) = -3.0876 + 2.0941 X_{AG-24hrs} + 2.1539 X_{AG-48hrs}$$

Não há diferenças significativas na chance de germinação entre os tratamentos luz e escuro em cinco espécies, conforme aferido pela razão de chance (Tabela 4). Somente em três (*A. gibbosa*, *A. longifolius* e *E. squalidum*) das oito espécies em que foram testadas a germinação em luz e escuro, houve significativamente maior chance das sementes germinarem sob luz que no escuro (Tabela 4). Em *S. rugosa*, *S. cana* e *S. lycocarpum* a superação de dormência aumenta significativamente a chance de germinação em relação ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de razões de chance (*Odds ratio* - OR), limite inferior (LI) e limite superior de germinação estimados entre os tratamentos em 12 espécies com os modelos GLM. Intervalo de confiança de 95%. Tratamentos: E= escuro; L= luz; 20-30= temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30=temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H₂SO₄=Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H₂O= Água destilada. Razões de chance seguidas de * indicam que o intervalo de confiança a 95% não inclui a razão de chance de 1,0, e, portanto, a diferença é significativa. Resultados de % e chance de germinação de *S. lycocarpum* são iguais em H₂O_24hrs e H₂O_48hrs (vide Tabela 3), portanto as comparações podem ser feitas com qualquer um destes. O fator temperatura não explica o percentual de germinabilidade de *Senegalia langsdorffii*, portanto as temperaturas não foram comparadas com estimativa do OR.

Tratamentos	OR	LI	LS
-------------	----	----	----

<i>A. gibbosa</i> : L20-30 x E20-30	1,8*	1,3	2,4
<i>A. gibbosa</i> : L30 x E30	1,1	0,5	2,0
<i>A. riparia</i> : L20-30 x E20-30	1,1	0,6	2,3
<i>A. riparia</i> : L30 x E30	1,5	0,5	4,2
<i>P. stellatum</i> : L20-30 x E20-30	1,8	0,8	3,9
<i>P. stellatum</i> : L30 x E30	1,1	0,4	3,3
<i>A. longifolius</i> : L20-30 x E20-30	39,5*	15,6	133,9
<i>A. longifolius</i> : L30 x E30	87,9*	22,3	464,1
<i>E. polycephalus</i> : L20-30 x E20-30	2,4	0,2	26,5
<i>E. polycephalus</i> : L30 x E30	5,4	0,4	91,8
<i>L. rufogrisea</i> : L20-30 x E20-30	3,1	0,3	32,6
<i>L. rufogrisea</i> : L30 x E30	6,9	0,5	113,0
<i>T. vauthieri</i> : L20-30 x E20-30	1,4	0,2	12,3
<i>T. vauthieri</i> : L30 x E30	3,2	0,2	42,8
<i>E. squalidum</i> :L20-30 x E20-30	30,5*	3,1	344,7
<i>E. squalidum</i> :L30 x E30	67,9*	4,4	1195,1
<i>S. rugosa</i> : Corte x Controle	17,1*	6,6	58,6
<i>S. rugosa</i> : H ₂ SO ₄ _45min x Controle	147,4*	54,1	524,6
<i>S. rugosa</i> : H ₂ SO ₄ _60min x Controle	59,0*	22,7	202,8
<i>S. rugosa</i> : NaClO_3h x Controle	1,0	0,2	4,3
<i>S. rugosa</i> : NaClO_15h x Controle	5,5*	2,0	14,4
<i>S. cana</i> : Corte x Controle	45,3*	24,4	92,5
<i>S. cana</i> : H ₂ SO ₄ _30min x Controle	44,7*	24,2	91,1
<i>S. cana</i> : Controle x NaClO_5h	1,4	0,6	3,7
<i>S. lycocarpum</i> : AG_24hrs x H ₂ O_24h	8,1*	4,3	16,6
<i>S. lycocarpum</i> : AG_48hrs x H ₂ O_24h	8,6*	4,6	17,6
<i>S. lycocarpum</i> : AG_48hrs x AG_24h	1,1	1,1	1,1

Para *A. riparia* e *P. stellatum* na temperatura de 30°C e 20-30°C a chance de germinação das sementes sob a luz e escuro se equivalem. *A. gibbosa* tem 1,8 mais chance de germinar em temperatura alternada sob a luz em comparação ao escuro, e as chances de germinação a 30°C na luz e escuro não diferem estatisticamente.

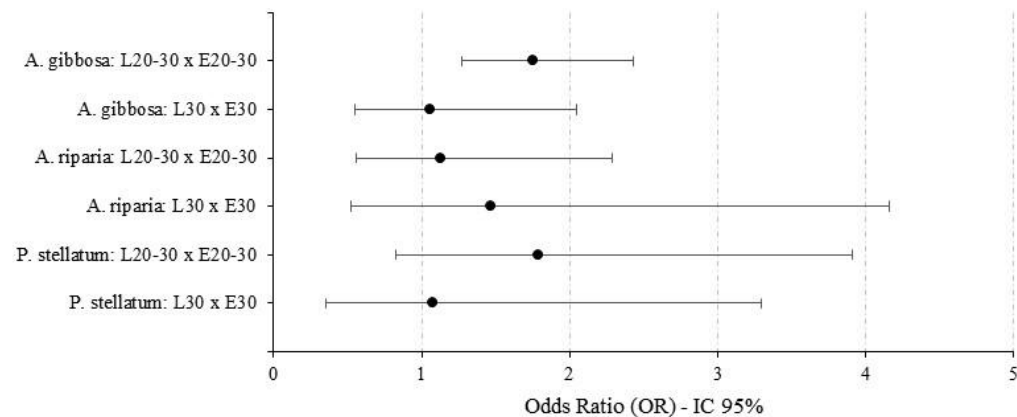


Figura 5. Razões de chance (Odds ratio) de germinação de *A. gibbosa*; *A. riparia* e *P. stellatum* entre os tratamentos L e E. Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, L = luz; E = escuro; 20-30 = temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30= temperatura constante de 30°C.

As chances de germinação de *S. langsdoffii* nas temperaturas constante e alternada se equivalem, e temperatura não ajuda a explicar o percentual germinabilidade dessa espécie. Nos arbustos *E. polycephalus*; *L. rufogrisea* e *T. vauthieri*, as razões de chance têm alta variabilidade, e há evidência de que a germinação sob condições de luz em todos os tratamentos equivale à germinação no escuro (Figura 7). Contudo, para *A. longifolius* e *E. squalidum* as chances de germinação sob a luz são maiores em ambas temperaturas.

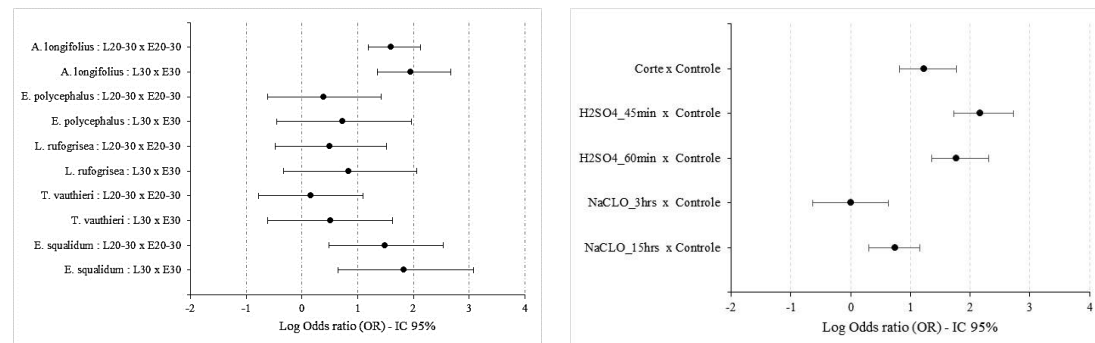


Figura 6. Razões de chance (Odds ratio) de germinação de *A. longifolius*; *E. polycephalus*; *L. rufogrisea*; *T. vauthieri* e *E. squalidum* (A) e *S. rugosa* (B). Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, L = luz; E = escuro; 20-30 = temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30 = temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H₂SO₄=Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H₂O= Água destilada. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.

Em *Senna rugosa* a superação da dormência com H₂SO₄_45min, H₂SO₄_60min e corte do tegumento aumentam as chances de germinar em relação ao controle em 147, 59 e 17 vezes (Figura 7B). O uso de NaClO_15h não resulta em probabilidade de germinação superior a 20%, mas mesmo assim tem cinco vezes mais chances de germinação que o controle. Os tratamentos NaClO_3h e controle se equivalem. Para *S. cana* as chances de germinação com NaClO_5h e controle se equivalem (Figura 8). O corte de tegumento e a embebeção em H₂SO₄_30min aumentaram em 45 e 44 as chances de germinação em *S. cana* quando comparados ao controle.

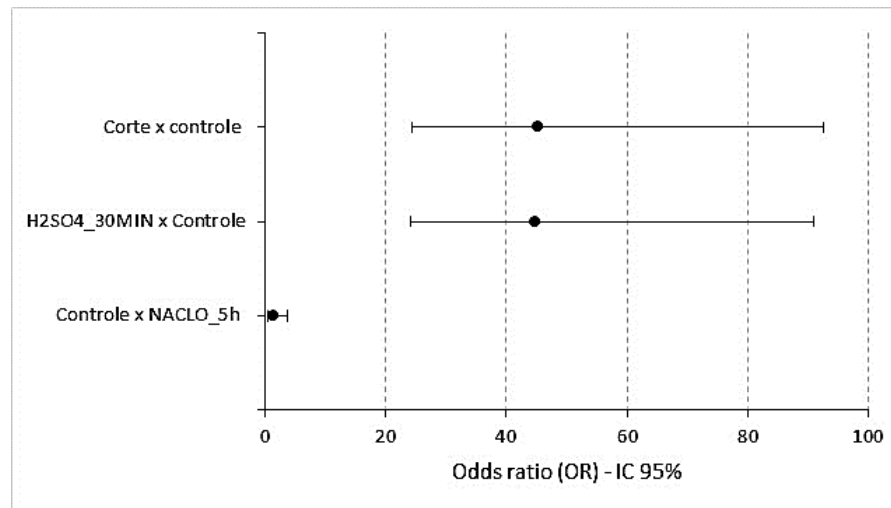


Figura 7. Razões de chance (Odds ratio - OR) de germinação de *S. cana*. Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, onde: corte=corte do tegumento; H2SO4= Ácido Sulfúrico; NaClO= Hipoclorito de Sódio; 30min= 30 minutos de imersão; 5hrs= cinco horas de imersão. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.

A embebeção de sementes de *S. lycocarpum* em ácido giberélico por 24 (AG_24h) ou 48 horas (AG_48h) aumenta 8,1 e 8.6 vezes (amplitude 4,3-16,6 vezes) a germinação em comparação ao controle, cuja germinação, independente do tempo de embebeção em água (24 e 48 horas) é de apenas 4,4%. (Figura 8).

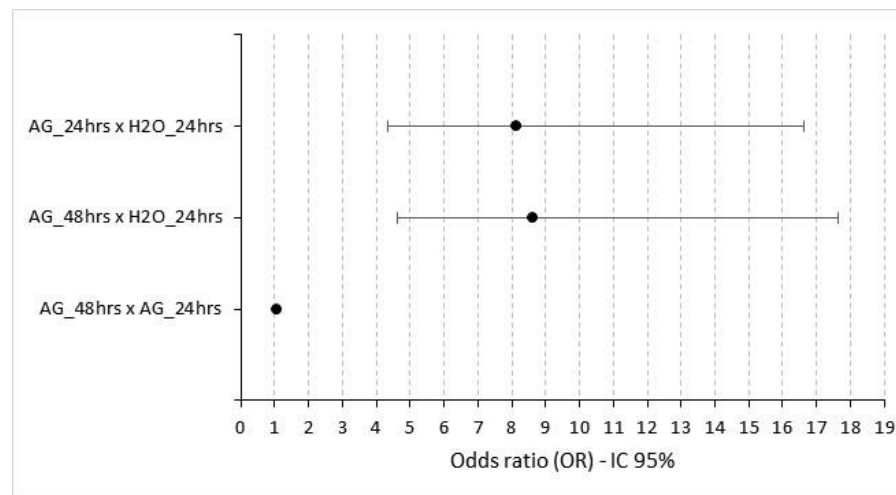


Figura 8. Razões de chance (Odds ratio - OR) de germinação de *S. lycocarpum*. Intervalo de confiança de 95% (IC 95%), para os grupos de tratamento, onde: AG= Ácido Giberélico; H2O= água destilada; 24hrs= 24 horas de imersão; 48hrs= 48 horas de imersão. Cada linha do gráfico representa a comparação de pares de tratamento.

O número de dias decorrido do início do experimento até a germinação da primeira semente é representado pela latência (L). Para as sementes de seis espécies (*A. gibbosa*; *A. riparia*, *A. longifolius*; *E. polycephalus*; *T. vauthieri* e *E. squalidum*), a protrusão da radícula ocorreu inicialmente sob temperatura constante, as espécies *A. longifolius*, *E. polycephalus* e *E. squalidum* germinou em até 11 dias sob

temperatura alternada (Tabela 5). Em *P. stellatum*, *S. langsdorffii* e *L. rufogrisea* o início da protrusão radicular independe das temperaturas testadas. Em *S. rugosa* e *S. cana* o início da germinação foi favorecido pela quebra de dormência, mas não em *S. lycocarpum* (Tabela 5).

O tempo mediano (T50) indica o número de dias necessários para que 50% das sementes viáveis do lote germinem. Em nove espécies (*A. gibbosa*; *A. riparia*; *P. stellatum*; *S. langsdorffii*; *A. longifolius*; *E. polycephalus*; *L. rufogrisea*; *T. vauthieri* e *E. squalidum*) o tempo necessário para a germinação de 50% das sementes é menor sob temperatura constante. São necessários de 14 a 21 dias para *E. polycephalus* atingir 50% da germinação independente da temperatura, nas demais espécies este tempo varia entre 2,6 a 7,6 dias em temperatura constante e 2,8 e 19,8 dias em temperatura constante. A embebeção em ácido sulfúrico reduziu os dias necessários para atingir T50 em relação ao demais tratamentos em *S. rugosa*. Dentre todas as espécies, a maior redução no tempo para atingir a germinação de 50% das sementes foi obtida com a embebeção em ácido sulfúrico e corte do tegumento em *S. cana*. Em *S. lycocarpum*, são necessários de 18 a 20,6 dias para que 50% das sementes germinem, independente dos tratamentos usados. De forma geral, as espécies estudadas apresentaram uma baixa sincronização, geralmente não superior a quatro bits, indicando a concentração da germinação das sementes em poucos dias (Tabela 6).

Tabela 5. Valores de latência (L), tempo mediano (t50) e entropia (E), das espécies submetidas aos tratamentos de germinação sob a luz (L), em temperaturas constante (30) e alternada (20-30) e à superação da dormência.

Espécies	Tratamentos	L (dias)	t50 (dias)	E (bit)
<i>A. gibbosa</i>	L20-30	3	5,5	2,9
	L30	1	4,2	2,9
<i>A. riparia</i>	L20-30	2	2,8	2,4
	L30	1	2,7	2,5
<i>P. stellatum</i>	L20-30	3	5,1	2,8
	L30	3	3,5	2,3
<i>E. squalidum</i>	L20-30	11	9,7	2,0
	L30	5	7,6	2,5
<i>T. vauthieri</i>	L20-30	4	6,6	2,8
	L30	3	6,2	2,6
<i>L. rufogrisea</i>	L20-30	3	6,3	3,0
	L30	3	5,3	3,2
<i>A. longifolius</i>	L20-30	9	19,8	3,4
	L30	5	6,7	3,0
<i>E. polycephalus</i>	L20-30	8	21,0	3,1
	L30	5	14,3	3,4
<i>S. langsdorffii</i>	L20-30	1	3,2	2,4

	L30	1	2,6	2,2
<i>S. rugosa</i>	Controle	7	6,0	0,8
	Corte	3	5,1	2,7
	H ₂ SO ₄ _45min	2	3,5	2,5
	H ₂ SO ₄ _60min	2	3,9	2,4
	NaClO_15h	4	11,0	3,5
	NaClO_3h	6	8,3	1,5
<i>S. cana</i>	Controle	3	19,0	3,0
	Corte	1	1,2	1,5
	H ₂ SO ₄ _30min	1	0,6	1,1
	NaClO_5h	6	22,5	2,5
<i>S. lycocarpum</i>	AG_24h	8	20,6	4,1
	AG_48h	8	18,0	4,1
	H ₂ O 24h	5	18,0	2,9
	H ₂ O 48h	6	20,0	2,9

Onde: E= escuro; L= luz; 20-30= temperatura alternada entre 20°C e 30°C; 30= temperatura constante de 30°C; Corte= corte do tegumento; H₂SO₄=Ácido Sulfúrico; NaClO= hipoclorito de sódio; AG= Ácido Giberélico; H₂O= água destilada, O bit é uma medida binária que indica “germinação” ou “não germinação”, quanto maior for o valor de E, mais sincronizado é o padrão germinativo.

4. Discussão

Ao longo do ciclo de vida da planta, semente é estágio com maior tolerância ao estresse ambiental, e para a plântula se estabelecer, a semente deve superar as flutuações ambientais encontradas durante o processo de germinação (Fay, Schultz, 2009). Fatores como água, luz e temperatura atuam fortemente sob a germinação das sementes (Carrera-Castaño et al., 2020) e podem variar amplamente no ambiente. Adicionalmente, a dormência da semente, que controla o tempo de germinação, também depende das condições ambientais. Portanto, conhecer como as sementes respondem à temperatura, água e luz e como a dormência pode ser superada é fundamental para o processo de restauração da vegetação.

Conhecer como as espécies respondem à luz é fundamental, visto que a sensibilidade à luz para germinação das sementes varia entre as espécies. Esse conhecimento auxilia na decisão de como proceder no processo de restauração quanto as sementes que devem ser enterradas ou não. Dependendo da resposta à luminosidade, a semente pode ser, classificada em fotoblásticas positivas, fotoblásticas negativas e afotoblásticas (Velten, Garcia, 2005). Por exemplo, a germinação de *Aristida setifolia* é fortemente influenciada pelo fator luz, enquanto que sementes de *Paspalum trichostomum* quando expostas a luz tem germinação inferior a 8% , efeito não significativo ao fator luz (Carmona et al., 1998). Dentre as oito espécies de sementes submetidas aos mesmos tratamentos de luz e temperatura, somente em *A.*

gibbosa, *A. longifolius* e *E. squalidum*, houve maior porcentagem de germinação sob a luz, indicando que são fotoblásticas positivas (Velten, Garcia, 2005). Nas outras cinco espécies não há diferenças significativas na germinação na luz e escuro, o que caracteriza sementes afotoblásticas, que não respondem à luz. Essas oito espécies são das famílias *Poaceae* e *Asteraceae*, que tem muitas espécies que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais em habitats com alta luminosidade (Longhi-Wagner, 1990; Ferreira et al., 2001). Como a maioria das espécies de *Poaceae* e *Asteraceae*, as espécies estudadas possuem sementes pequenas, leves (Roque, Bautista, 2008) e com e arestas higroscópicas, que aumentam as chances de virem a ser enterradas (Long et al., 2015). No Cerrado, poucas sementes ficam na superfície do solo e cerca de 90% são enterradas na camada de 10 cm iniciais do solo (Andrade, Miranda, 2014). Sementes fotoblásticas positivas e afotoblásticas podem formar bancos de sementes no solo (Saatkamp et al., 2011) ou germinar sob a copa de plantas facilitadoras (Flores et al., 2011).

Estudos demonstram que o banco de sementes no semiárido brasileiro é diverso mesmo em áreas com diferentes graus de perturbação, dentre as familiares de maior ocorrência estão *Poaceae* e *Fabaceae*, com predominância de espécies do estrato herbáceo e arbustivo (Paz et al., 2016; Santos et al., 2016; Souza et al., 2021), sendo a herbivoria um dos principais impactos na densidade de sementes disponíveis no solo do semiárido brasileiro (Paz et al., 2016), esse impacto sobre o banco de sementes pode ser intensificado devido efeitos negativos da diminuição da precipitação na região, como observado entre os anos 2009 a 2014 (Burrell et al., 2020). Analisando o banco de sementes em área de floresta jovem e madura durante quatro anos, na Caatinga, Santos et al. (2016), observou maior riqueza de espécies durante a estação seca, em ambas as áreas, a variação na densidade média de sementes foi explicado pela variação interanual e sazonal da precipitação e idade da vegetação.

Após a dispersão, a semente poderá germinar, persistir no solo ou morrer (O'Connor, 1997), as condições ambientais que possibilitam a germinação, são aquelas em que o germinante irá enfrentar ao longo da vida da planta, se houver requisitos específicos para a germinação, a ausência deste irá impedir o estabelecimento da planta (Donohue et al., 2010). A temperatura é um importante fator ambiental que afeta a germinação das sementes. A germinação da semente ocorre entre a temperatura mínima e a máxima, e neste intervalo há a temperatura ótima para cada espécie. As respostas da germinação de sementes à temperatura podem indicar qual a melhor época do ano para germinar. As flutuações diárias de temperatura podem influenciar a germinação das sementes (Le Stradic et al., 2015), e funcionarem como gatilho para o início da germinação. Essas flutuações de temperatura variam entre regiões, ambientes e espécies. Por exemplo, em regiões savânicas, a temperatura média para germinação de arbustos é $23,7 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ (Baskin & Baskin, 2014).

Ao contrário da luz, a temperatura, em geral, teve pouco ou nenhum efeito na germinação das espécies testadas, exceção à *A. gibbosa* que teve maior germinação em temperatura alternada. Portanto, as espécies que não responderam à temperatura podem ser utilizadas em uma maior variação de temperatura, aumentando as possibilidades de serem usadas na restauração. Essa tolerância das espécies à ampla variação de temperatura é importante, principalmente na restauração em regiões semiáridas, onde as condições propícias à germinação ocorrem em um curto período de tempo (Saatkamp et al., 2011). A temperatura e disponibilidade de água são fatores que podem induzir a dormência até que ocorra germinação ou perda de viabilidade da semente (Carrera-Castaño et al., 2020).

Outro fator importante no planejamento da restauração de áreas degradadas é a dormência das sementes. A dormência evita que as sementes germinem em situações desfavoráveis, e este traço funcional é comum em sementes de regiões semiáridas. A dormência possibilita às espécies distribuírem a germinação no tempo e no espaço, evitando a germinação em momentos não adequados à sobrevivência e

crescimento das plântulas (Duncan et al., 2019). Na família *Fabaceae* a rigidez tegumentar é a principal barreira na entrada de água e oxigênio para iniciar a germinação (Montardo, 2000), e essa barreira física precisa ser removida para ocorrer a germinação. Métodos abrasivos reduzem a rigidez do tegumento e facilitam a absorção de água, promovendo assim a retomada do desenvolvimento embrionário, como em *S. cana* e *S. rugosa*.

Por outro lado, a dormência fisiológica em *S. lycocarpum* (Anese et al., 2011) pode ser superada com ácido giberélico. A dormência em *S. lycocarpum* está associada a elevados níveis remanescentes de ácido abscísico (ABA) no final da maturação dos frutos (Pinto et al., 2007) e tem como antagonista o ácido giberélico, promotor da germinação em várias espécies do Gênero *Solanum* (Commander et al., 2008; Garcia et al., 2020). A germinabilidade inferior a 30%, possivelmente decorre do estado de maturação dos frutos ou características hereditárias da planta mãe (Ferreira, Borghetti, 2004; Pinto et al., 2007). Os métodos utilizados podem superar a dormência e promover a germinação das sementes no momento desejado, evitando que fiquem dormentes no solo e, portanto, susceptíveis à predação, fogo, erosão dos solos e perda de viabilidade. A superação da dormência é particularmente importante em ecossistemas em que há um curto espaço de tempo com condições favoráveis à germinação, como no semiárido. Todas as espécies estudadas tiveram baixa sincronização na germinação, o que caracteriza germinação concentrada em poucos dias, indicando baixa persistência das sementes no solo.

Em ecossistemas semiáridos, germinação rápida permite que as sementes aproveitem o curto espaço de tempo em que há umidade disponível para aumentar a sobrevivência das plântulas. O tempo mediano de germinação (t50) indica a amplitude de períodos propícios para a germinação de sementes viáveis (Saatkamp et al., 2011). Em nove das 12 espécies, o tempo mediano de germinação das sementes (t50) foi inferior a 10 dias, sendo que em todas as oito espécies em que foi testado a temperatura, a germinação foi mais rápida a 30 °C. Associados à rápida germinação (t50), traços como latência e entropia podem indicar o espaço temporal que a espécie têm para investir em crescimento e produção de biomassa (Saatkamp et al., 2011). Esses traços possibilitam um arranjo de sementes mais eficazes na superação de gargalos na restauração (Garcia et al., 2020). Sementes que requerem luz e germinam rápido têm menor chance de sobrevivência que as afotoblásticas, que podem ser enterradas no solo (Kos, Poschlod, 2010). Portanto, a germinação tardia pode reduzir o risco abiótico às custas do sucesso na competição intraespecífica (Brink et al., 2020), além de evitar alta mortalidade de indivíduos em situações de precipitação esporádica e irregular. Podemos inferir que sementes fotoblásticas positivas com rápida germinação sejam semeadas superficialmente no solo. Sementes menores são favorecidas em habitats transitórios, germinam rápido e em maior porcentagem do que sementes maiores (Souza, Fagundes, 2014). Contudo, essas sementes podem ser predadas (Ceccon et al., 2016) ou removidas pela ação do vento. Em contraste, sementes com germinação indiferente à luz (afotoblásticas) podem ser semeadas em profundidade, sob a copa de plantas facilitadoras ou sob cobertura morta. A influência do microsítio na dinâmica de germinação e emergência sugere que as sementes em certos locais tem maior probabilidade de germinação (O'Connor, 1997).

Em campo, as sementes são embebidas e secas repetidamente e sofrem mudanças de temperatura por períodos variáveis de tempo, portanto devem ser capazes de ajustar a germinação sob estado de mudança contínua em condições extremas (Carrera-Castaño et al., 2020). Em métodos como semeadura direta, possivelmente pode-se escalonar a semeadura de acordo com as chances, germinabilidade, velocidade e sincronia de germinação para reduzir a mortalidade pela dessecação. Em adição a esses fatores deve-se também considerar que a germinabilidade das sementes é variável e regulada por diversos fatores, como observado em *P. stellatum*, *A. longifolius*, *E. polycephalus* e *L. rufogrisea* em todos os tratamentos. Baixos percentuais de germinação em algumas espécies podem estar associados à variabilidade

genética das populações, esterilidade de espiguetas (Carmona et al., 1999) ou sementes sem embrião (Velten, Garcia, 2005). Os valores de germinabilidade encontrados servem para orientar a quantidade de sementes de cada espécie a serem utilizadas na restauração. Portanto, o sucesso da restauração em ambientes semiáridos dependerá de informações sólidas sobre a germinabilidade das espécies herbáceas, e como os traços funcionais das sementes podem ser utilizados para o planejamento da restauração nesses ambientes.

5. Conclusão

O Funcionamento dos solos no semiárido pode depender do desempenho de algumas espécies vegetais, há indício de relação entre os traços funcionais das plantas e o funcionamento do solo (Teixeira et al., 2020). Mesmo que as espécies sejam adaptadas a se estabelecerem em condições adversas, a fase pré-germinativa e a germinação são sensíveis a mudanças extremas e diversos métodos de restauração devem ser testados (Martins et al., 2022). De forma geral as espécies estudadas apresentaram germinação rápida a intermediária, sincronizada e com pouco ou nenhum efeito da temperatura, o que sugere que as espécies podem ser menos suscetíveis a variações de temperatura quando enterradas ou sob a copa de outros indivíduos, tais características de germinação podem indicar uma estratégia que confere vantagem competitiva em ambientes semiáridos, uma vez que a espécie pode aproveitar eventos de chuva esporádica para se estabelecer no ambiente. O uso dessas espécies para semeadura em campo deve ser superficial ou em pequenas profundidades para evitar a mortalidade, uma vez que são sementes pequenas, que possuem pouca reserva de nutrientes. O enterramento pode resultar em mortalidade dos indivíduos antes da emergência.

Espécies de *Senna* e *Solanum* tiveram a dormência superada de forma efetiva por parte dos tratamentos aplicados. Porém, a viabilidade dessa prática para semeadura em campo deve ser considerada caso a caso. É necessário que os métodos de superação de dormência, sejam eficazes, seguros de serem executados, e que não impliquem em maior custo financeiro e laboral à restauração. A baixa germinabilidade das sementes das espécies testadas indica que são necessários grandes quantidades de sementes e maior número de plantas matrizes para coleta, com maior variabilidade genética entre as sementes coletadas em campo.

6. Referências Bibliográficas

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves, José Jakson Amancio; Araújo, Maria Apaarecida de; Nascimento, S. S. do. (2009, July). Alves et al, 2009-Degradação da caatinga uma investigação ecogeográfica.pdf. *Revista Caatinga*, 126–135.
- ANA. (2019). *Hidro Web - Séries Históricas de Estações*. http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf#
- Andrade, L. A. De, Pereira, I. M., Leite, U. T., & Barbosa, M. R. V. (2005). Analyses of the stract of two caatinga physionomy in sao joão do cariri, paraiba state. *Cerne*, 11(3), 253–262.
- Andrade, L. A. Z., & Miranda, H. S. (2014). The dynamics of the soil seed bank after a fire event in a woody savanna in central Brazil. *Plant Ecology*, 215(10), 1199–1209. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0378-z>
- Anese, S., Silva, E. A. A. da, Davide, A. C., Faria, J. M. R., Soares, G. C. M., Matos, A. C. B., & Toorop, P. E. (2011). Seed priming improves endosperm weakening, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. *Seed Science and Technology*, 39(1), 125–139. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.1.11>
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. In *Seeds* (2nd ed.). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416677-6.00009-3>
- Brink, H. ten, Gremer, J. R., & Kokko, H. (2020). Optimal germination timing in unpredictable environments: the importance of dormancy for both among- and within-season variation. *Ecology Letters*, 23(4), 620–630. <https://doi.org/10.1111/ele.13461>
- Brito, I. C. B. de. (2013). *Ecologismo dos Gerais: Conflitos Socioambientais e Comunidades Tradicionais no Norte de Minas Gerais*. Universidade de Brasília.
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). *Model selection and multimodel inference : a practical informationtheoretic approach* (2nd editio). Springer-Verlag.
- Burrell, A. L., Evans, J. P., & De Kauwe, M. G. (2020). Anthropogenic climate change has driven over 5 million km² of drylands towards desertification. *Nature Communications*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17710-7>
- Carmona, R., Martins, C. R., & Fávero, A. P. (1998). Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Sementes*, 20(1), 16–22. <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v20n1p16-22>
- Carmona, R., Martins, C. R., & Fávero, A. P. (1999, June). Características de sementes de gramíneas nativas do cerrado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 34(6), 1067–1074. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x1999000600019>
- Carrera-Castaño, G., Calleja-Cabrera, J., Pernas, M., Gómez, L., & Oñate-Sánchez, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*, 9(6), 1–42. <https://doi.org/10.3390/plants9060703>
- Ceccon, E., González, E. J., & Martorell, C. (2016). Is Direct Seeding a Biologically Viable Strategy for Restoring Forest Ecosystems? Evidences from a Meta-analysis. *Land Degradation and Development*, 27(3), 511–520. <https://doi.org/10.1002/ldr.2421>
- Cerqueira, M. C. de. (2016). *Estudo do uso da terra e fragmentação da vegetação natural na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras no norte de Minas Gerais, Brasil* [Universidade de Brasília]. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/22897>
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320(5882), 1458–1460. <https://doi.org/10.1126/science.1155365>
- Commander, L. E., Merritt, D. J., Rokich, D. P., Flematti, G. R., & Dixon, K. W. (2008). Seed germination of *Solanum* spp. (Solanaceae) for use in rehabilitation and commercial industries. *Australian Journal of Botany*, 56(4), 333–341. <https://doi.org/10.1071/BT07209>
- Consolaro, H., Alves, M., Ferreira, M., & Vieira, D. (2019). *Sementes, plântulas e restauração no Sudeste Goiano*. Athalaia.

- Costa Filho, A., Mendes, A. B. V., Santos, A. F. M., Lopes, C. R. G., Magalhães, F. F., Diniz, G. L., & Braga, L. R. de O. (2015). Mapeamento dos povos e comunidades tradicionais de Minas Gerais: visibilização e inclusão sociopolítica: Um breve relato sobre incursões no semiárido mineiro. *Interfaces - Revista de Extensão*, 3(1), 69–88.
- Cruz, G. C. da, Ribeiro, E. M., & Galizoni, F. M. (2018). Semiárido, seca e “gerais” do Norte de Minas: uma revisão da bibliografia sobre o Alto-Médio São Francisco. *Revista Campo-Território*, 13(31), 29–56. <https://doi.org/10.14393/rct133102>
- Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., & Willis, C. G. (2010). Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(November), 293–319. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715>
- Duncan, C., Schultz, N., Lewandrowski, W., Good, M. K., & Cook, S. (2019). Lower dormancy with rapid germination is an important strategy for seeds in an arid zone with unpredictable rainfall. *PLoS ONE*, 14(9), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218421>
- Fay, P. A., & Schultz, M. J. (2009). Germination, survival, and growth of grass and forb seedlings: Effects of soil moisture variability. *Acta Oecologica*, 35(5), 679–684. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.06.007>
- Ferreira, A. G., & Borghetti, F. (2004). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed.
- Ferreira, A. G., Cassol, B., da Rosa, S. G. T., da Silveira, T. S., Stival, A. L., & Silva, A. A. (2001). Germinação de sementes de asteraceae nativas no rio grande do sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 15(2), 231–242. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000200009>
- Flores, J., Jurado, E., Chapa-Vargas, L., Ceroni-Stuva, A., Dávila-Aranda, P., Galíndez, G., Gurvich, D., León-Lobos, P., Ordóñez, C., Ortega-Baes, P., Ramírez-Bullón, N., Sandoval, A., Seal, C. E., Ullian, T., & Pritchard, H. W. (2011). Seeds photoblastism and its relationship with some plant traits in 136 cacti taxa. *Environmental and Experimental Botany*, 71(1), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.025>
- Garcia, Q. S., Barreto, L. C., & Bicalho, E. M. (2020). Environmental factors driving seed dormancy and germination in tropical ecosystems: A perspective from campo rupestre species. *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104–164. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104164>
- INMET. (2020). *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)*. <https://portal.inmet.gov.br/?r=bdmep/bdmep>
- James, J. J., Svejcar, T. J., & Rinella, M. J. (2011). Demographic processes limiting seedling recruitment in arid grassland restoration. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 961–969. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02009.x>
- Kildisheva, O. A., Dixon, K. W., Silveira, F. A. O., Chapman, T., Di Sacco, A., Mondoni, A., Turner, S. R., & Cross, A. T. (2020). Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*, 28(S3), S256–S265. <https://doi.org/10.1111/rec.13140>
- Kildisheva, O. A., Erickson, T. E., Madsen, M. D., Dixon, K. W., & Merritt, D. J. (2019). Seed germination and dormancy traits of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biology*, 21(3), 458–469. <https://doi.org/10.1111/plb.12892>
- Kos, M., & Poschlod, P. (2010). Why wait? Trait and habitat correlates of variation in germination speed among Kalahari annuals. *Oecologia*, 162(3), 549–559. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1472-0>
- Le Stradic, S., Silveira, F. A. O., Buisson, E., Cazelles, K., Carvalho, V., & Fernandes, G. W. (2015). Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. *Austral Ecology*, 40(5), 537–546. <https://doi.org/10.1111/aec.12221>
- Long, R. L., Gorecki, M. J., Renton, M., Scott, J. K., Colville, L., Goggin, D. E., Commander, L. E., Westcott, D. A., Cherry, H., & Finch-Savage, W. E. (2015). The ecophysiology of seed persistence: A mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews*, 90(1), 31–59. <https://doi.org/10.1111/brv.12095>
- Longhi-Wagner, H. M. (1990). Diversidade e distribuição geográfica das espécies de *Aristida* L. (Gramineae) ocorrentes no Brasil. *Acta*

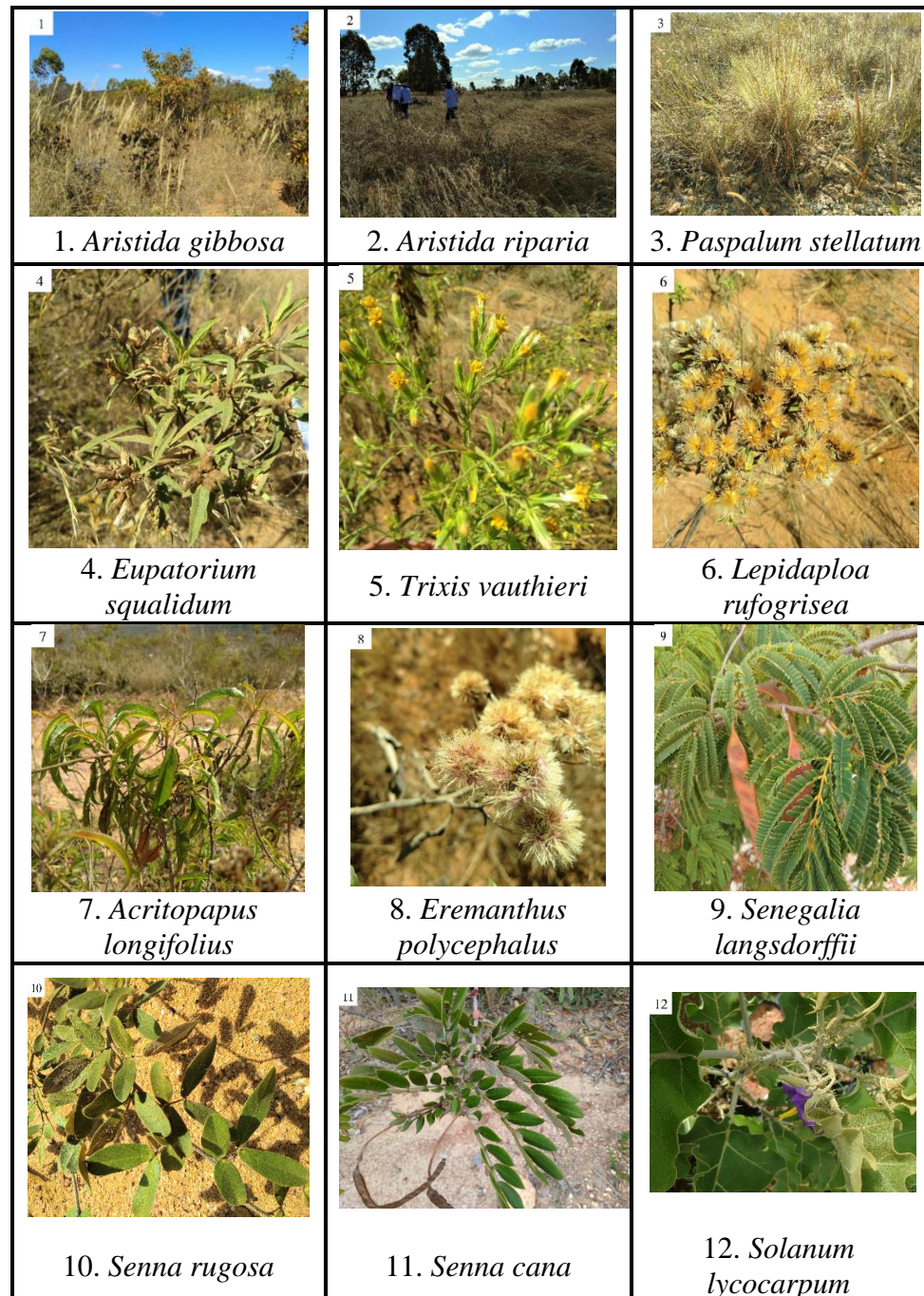
Botanica Brasilica, 4(1), 105–124. <https://doi.org/10.1590/s0102-33061990000100008>

- Manhães, A. P., Mazzochini, G. G., Oliveira-Filho, A. T., Ganade, G., & Carvalho, A. R. (2016). Spatial associations of ecosystem services and biodiversity as a baseline for systematic conservation planning. *Diversity and Distributions*, 22(9), 932–943. <https://doi.org/10.1111/ddi.12459>
- Marinho, F. P., Mazzochini, G. G., Manhães, A. P., Weisser, W. W., & Ganade, G. (2016). Effects of past and present land use on vegetation cover and regeneration in a tropical dryland forest. *Journal of Arid Environments*, 132, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.04.006>
- Martins, K. B. da S., Santos, R. V. dos, Leite, A. P., Fernandes, T. L. S., Morais, G. V. de, Medeiros, N. C. G. de, Monteiro, M. M., & Sousa, S. M. da S. (2022). Caracterização e recuperação de áreas com coprodutos de mineração no semiárido da Paraíba. Emprego de serrapilheira. *Research, Society and Development*, 11(4), e53311427679. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27679>
- Mazer, S. (2016). Potencial produtivo de plantas de importância socioeconômica da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras, Minas Gerais, Brasil [Universidade de Brasília]. In *Departamento de Engenharia Florestal*. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/22450>
- Medeiros, J. D. D. (2011). Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies. In *Série Biodiversidade*, 43 (Vol. 1).
- Medeiros, J. X. D., Feliciano, A. L. P., Medeiros, J. E. D., Santos, H. H. D., & Matos, V. P. (2019). Morfologia da germinação de sementes de Senna cana (Nees & Mart.) H.S. Irwin & Barneby. *Nativa*, 7(6), 784–788. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.8626>
- MMA, M. do M. A. (2018). *Web Ambiente*. <https://www.webambiente.gov.br/publico/faq.xhtml>
- MONTARDO, D. P. (2000). *Efeito de dois tratamentos na superação de dormência de sementes de cinco espécies de Adesmia DC*.
- O'Connor, T. G. (1997). Micro-site influence on seed longevity and seedling emergence of a bunchgrass (*Themeda triandra*) in a semi-arid savanna. *African Journal of Range and Forage Science*, 14(1), 7–11. <https://doi.org/10.1080/10220119.1997.9647912>
- Paz, G. V. da;, Silva, K. A. da;, & Cortez, J. S. A. (2016). Banco de sementes em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 1(1), 61–69.
- Pereira, A. M. (2007). *Cidade Média E Região : O Significado De Montes Claros No Norte De Minas Gerais Anete Marília Pereira Cidade Média E Região : O Significado De Montes*. Universidade Federal de Uberlândia.
- Pereira, C. M., Figueirôa, R. N. A., Fontenele, H. G. V., & Miranda, H. S. (2020). Light affects the germination and normal seedling development of Neotropical savanna grasses. *Seed Science Research*, 1–4. <https://doi.org/10.1017/S0960258520000355>
- Pinto, L. V. A., Da Silva, E. A. A., Davide, A. C., De Jesus, V. A. M., Toorop, P. E., & Hilhorst, H. W. M. (2007). Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. *Annals of Botany*, 100(6), 1175–1187. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm211>
- REFLORA, F. do B. 2020. (2013). *Flora do Brasil 2020 REFLORA*. Jardim Botânico Do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do#CondicaoTaxonCP>
- Rezende, C. L., & Scarano, F. R. (2017). Condicionantes e Consequências Sociais da Restauração Ecológica. In *Economia da Restauração Florestal (1º)*. The Nature Conservancy.
- Roque, N., & Bautista, H. (2008). Asteraceae: caracterização e morfologia floral. In *Edufba*. EDUFBA. <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/25086>
- Saatkamp, A., Affre, L., Dutoit, T., & Poschlod, P. (2011). Germination traits explain soil seed persistence across species: The case of Mediterranean annual plants in cereal fields. *Annals of Botany*, 107(3), 415–426. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq255>
- Sampaio, A. B., Ribeiro, J. F., Souza, F., Nehme, L., & Rocha, G. B. (2019). *Ervas e Arbustos para a restauração do Cerrado*. Rede de Sementes do Cerrado.
- Santos, D. M. dos, Santos, J. M. F. F. dos, Silva, K. A. da, Araújo, V. K. R. de, & Araújo, E. de L. (2016). Composition, species richness,

- and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. *Journal of Arid Environments*, 129, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.02.012>
- Sartorelli, P. A. R., & Filho, E. M. C. (2017). *Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica*. Agrociene.
- Scholes, R. J. (2020). The future of semi-arid regions: A weak fabric unravels. *Climate*, 8(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/cli8030043>
- Silva, J. M. L. de, & Matias, R. A. M. (2020). *Mapa de uso dos solos em nível de fitofisionomias para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes Geraizeiras*. (No. 2; Vol. 21, Issue 1).
- Souza, M. P. de, Alves, A. R., Bakke, I. A., Lopes, J. A., Santos, W. de S., & Fernando, E. M. P. (2021). Banco de sementes do solo de Caatinga submetida a plano de manejo florestal sustentável em Cuité-PB. *Scientia Forestalis*, 49(130), 1–14. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.09>
- Souza, M. L., & Fagundes, M. (2014). Seed Size as Key Factor in Germination and Seedling Development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 05, 2566–2573. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.517270>
- Strassburg, B. B. N., Iribarrem, A., & Beyer, H. L. (2020). *Global priority areas for ecosystem restoration. August 2019*. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9>
- Teixeira, L. H., Oliveira, B. F., Krah, F. S., Kollmann, J., & Ganade, G. (2020). Linking plant traits to multiple soil functions in semi-arid ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 172(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104040>
- Velten, S. B., & Garcia, Q. S. (2005). Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4), 753–761. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400010>
- Vidal, M. C., Stacciarini-Seraphin, E., & Câmara, H. H. L. L. (1999). Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (lobeira) em casa de vegetação. *Acta Botanica Brasilica*, 13(3), 271–275. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061999000300007>
- Vilela, M. de F., Correia, J. R., Sano, S. M., Sevilha, A. C., Machado, C. T. de T., Fernandes, S. G., Carrara, Á. A., & Franz, C. A. B. (2017). *Planta de Uso e Cobertura do Solo* (No. 236; Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

Apêndice

Apêndice 1. Espécies nativas coletadas no interior da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascente Geraizeiras (RDSNG) e sua Zona de Amortecimento (ZA).



Apêndice 2. Germinação de sementes coletadas no interior da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascente Geraizeiras (RDSNG) e sua Zona de Amortecimento (ZA). As fotos da germinação correspondem ao tratamento sob luz.

