



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA COM POTENCIAL USO PARA RESTAURAÇÃO**

**GUSTAVO REGIS DE ALMEIDA**

NATAL - RN  
JULHO 2023

**GUSTAVO REGIS DE ALMEIDA**

**QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA COM POTENCIAL USO PARA RESTAURAÇÃO**

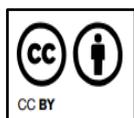
Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ecologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Gislene Maria da Silva Ganade

Coorientador: Thomaz Gabriel Barros da Rocha

NATAL - RN

2023



Esta obra está licenciada com uma licença *Creative Commons* Atribuição 4.0 Internacional. Permite que outros distribuam, remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho, mesmo comercialmente, desde que creditem a você pela criação original. Link dessa licença: [creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Almeida, Gustavo Regis de.

Quebra de dormência em sementes de *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, espécies nativas da caatinga com potencial uso para restauração / Gustavo Regis de Almeida. - 2023.

41 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Curso de Ecologia, Natal, RN, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Gislene Maria da Silva Ganade.

Coorientador: Thomaz Gabriel Barros da Rocha.

1. Caatinga - Monografia. 2. *Hymenaea martiana* - Monografia. 3. *Senna spectabilis* - Monografia. 4. Restauração - Monografia. 5. Germinação - Monografia. 6. Dormência - Monografia. I. Ganade, Gislene Maria da Silva. II. Rocha, Thomaz Gabriel Barros da. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 574



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO  
NORTE CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
SECRETARIA DE GRADUAÇÃO

## COORDENAÇÃO DO CURSO DE ECOLOGIA

### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

Período Letivo 2023.1

Às 14 horas do dia 13 de julho de dois mil e vinte e três em sessão pública virtual, <https://meet.google.com/dkp-nsar-mgx>, na presença da Banca Examinadora presidida pelo(a) Professor(a) orientador(a) Gislene Maria da Silva Ganade lotado(a) no Departamento de ECOLOGIA - DECOL e composta pelos examinadores: Eduardo Luiz Voigt e Danilo Flademir Alves de Oliveira, o aluno **GUSTAVO REGIS DE ALMEIDA** apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA COM POTENCIAL USO PARA RESTAURAÇÃO**” como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Bacharelado em **Ecologia**.

A Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **Aprovação** do referido trabalho, divulgando o resultado, formalmente, ao aluno e demais presentes. Eu, na qualidade de Orientador(a) e Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim e pelos demais examinadores.



---

Emitido em 13/07/2023

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO Nº 5/2023 - ECO/CB (17.04)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 18/07/2023 16:49 )*

EDUARDO LUIZ VOIGT  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DBG/CB (17.09)  
Matrícula: ###288#6

*(Assinado digitalmente em 17/07/2023 17:00 )*

GISLENE MARIA DA SILVA GANADE  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DECOL/CB (17.00.12)  
Matrícula: ###771#9

*(Assinado digitalmente em 19/07/2023 15:36 )*

DANILO FLADEMIR ALVES DE OLIVEIRA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ###.###.964-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrn.br/documentos/> informando seu número: **5**, ano: **2023**, tipo:  
**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**, data de emissão: **17/07/2023** e o código de  
verificação: **46b4a84076**

*À minha família.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais (Ivo Santiago e Rosineide Soares) e a minha querida irmã (Leticia Almeida) por todo o encorajamento, palavras de sabedoria e por sua dedicação na minha criação, pois reconheço que foram fundamentais para que no dia a dia eu pudesse ter força e persistência neste e em novos desafios.

A toda minha família por toda inspiração, aprendizado e incentivo.

Dedico também esta conquista com carinho e agradecimento a Sarah Emille. Obrigado pela sua generosidade, constante paciência e compreensão ao longo desta jornada acadêmica, sem você esse sonho não seria possível.

Aos colegas Thomaz Gabriel e Danilo Oliveira por todo o suporte, diálogo e acompanhamentos durante e pós execução da pesquisa.

Não poderia deixar de agradecer à minha orientadora, Gis. Gislene você inspira qualquer um! Muito obrigado pelos projetos que você inspira e sustenta na UFRN, a Caatinga precisa de mais pessoas como você! Muito obrigado por sua presença em sala de aula e principalmente por este projeto que promove ações de restauração e preservação da Caatinga.

Ao laboratório LER (Laboratório de Restauração), principalmente nas pessoas Gislene Ganade, Thomaz Gabriel e Niege Felix, pelo excepcional acolhimento, disponibilidade, resenhas e também as correções, sobretudo pelas vastas experiências extracurriculares aos quais me inspiraram e incitaram a realizar.

Ao Laboratório de Estudo em Biotecnologia Vegetal, do campus UFRN do Estado do Rio Grande do Norte, por ter disponibilizado todo tempo e material, juntamente com todas as grandiosas orientações do Prof. Dr. Eduardo Luiz Voigt.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por contribuir com todo o programa de graduação e manutenção de ensino.

A banca examinadora pelo enriquecimento do meu trabalho e por ter me auxiliado na concretização deste desafio.

E por fim, a todos aqueles que trouxeram não só desafios, mas soluções, aconselhamentos, força emocional, portanto, foram fundamentais para o meu desenvolvimento pessoal e profissional durante esses poucos anos na Universidade. Espero que venham mais e mais!!

Gratidão!

É loucura odiar todas as rosas porque uma te espetou. Entregar todos os teus sonhos porque um deles não se realizou, perder a fé em todas as orações porque em uma não foi atendido, desistir de todos os esforços porque um deles fracassou. É loucura condenar todas as amizades porque uma te traiu, descrer de todo amor porque um deles foi infiel. É loucura jogar fora todas as chances de ser feliz porque uma tentativa não deu certo. Espero que na tua caminhada não cometa essas loucuras. Lembrando que sempre há uma outra chance, uma outra amizade, um outro amor, uma nova força. Para todo fim, um recomeço!

O Pequeno Príncipe - Zirtaeb Onamaac

## RESUMO

Espécies endêmicas e ameaçadas são especialmente afetadas, incapazes de se adaptar rapidamente às mudanças ambientais. A fragmentação de habitats aumenta a vulnerabilidade à extinção, diminuindo a diversidade genética e a conectividade entre as populações. Por outro lado, a restauração florestal desempenha um papel crucial na proteção da biodiversidade, ao recuperar a cobertura vegetal através do plantio de sementes e mudas. Desta forma, as sementes são um recurso crítico e limitado para restaurar a biodiversidade e a função ecológica de ecossistemas degradados e fragmentados. Compreender e considerar as características de dormência e germinação das sementes é essencial no planejamento da restauração, garantindo o manejo adequado e a eficiência no uso dessas sementes. O objetivo do presente estudo foi verificar a eficiência de diferentes métodos para a quebra de dormência em espécies florestais com potencial uso para restauração da Caatinga, Jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne) e Canafístula (*Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby). As sementes foram submetidas aos seguintes tratamentos: controle (CO), escarificação térmica com imersão das sementes em água na temperatura de 80°C por 5 min (ET); escarificação química aplicando ácido sulfúrico concentrado por 5 min (EQ); escarificação mecânica com lixa N° 80; (EM); e embebição em ácido giberélico (100 mg/L) por 24 h (GA). Os experimentos foram feitos em delineamento inteiramente ao acaso com 4 repetições de 25 sementes por tratamento. As observações se estenderam por 10 dias após a semeadura, considerando-se como germinadas as que apresentaram a protrusão da radícula. Avaliou-se a porcentagem de germinação (G%) e o índice de velocidade de germinação (IVG). Como resultado, constatamos que os tratamentos de escarificação mecânica e escarificação química se destacaram como os métodos mais eficientes para superar a impermeabilidade do tegumento em ambas as espécies. Através da quebra de dormência proporcionada por esses tratamentos, essas espécies têm maior capacidade de germinar e se estabelecer no ambiente, contribuindo para a restauração de áreas degradadas. Recomenda-se, portanto, a utilização do método de escarificação mecânica, especialmente, por se destacar como a opção mais segura e que apresentou um beneficiamento mais confiável do processo natural de germinação.

**Palavras-chave:** Caatinga, *Hymenaea martiana*, *Senna spectabilis*, restauração, germinação e dormência.

## ABSTRACT

Endemic and threatened species are especially affected, unable to adapt quickly to environmental changes. Habitat fragmentation increases vulnerability to extinction by decreasing genetic diversity and connectivity between populations. On the other hand, forest restoration plays a crucial role in protecting biodiversity by recovering vegetation cover through the planting of seeds and seedlings. In this way, seeds are a critical and limited resource to restore biodiversity and ecological function of degraded and fragmented ecosystems. Understanding and considering seed dormancy and germination characteristics is essential in restoration planning, ensuring proper management and efficiency in the use of these seeds. The objective of this study was to verify the efficiency of different methods for breaking dormancy in forest species with potential use for Caatinga restoration, Jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne) and Canafístula (*Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby). The seeds were submitted to the following treatments: control (CO), thermal scarification with immersion of the seeds in water at 80°C for 5 min (ET); chemical scarification applying concentrated sulfuric acid for 5 min (EQ); mechanical scarification with sandpaper N° 80; (EM); and soaking in gibberellic acid (100 mg/L) for 24 h (GA). The experiments were performed in a completely randomized design with 4 replicates of 25 seeds per treatment. The observations extended for 10 days after sowing, considering as germinated those that presented the protrusion of the radicle. The germination percentage (G%) and the germination speed index (IVG) were evaluated. As a result, we found that the mechanical scarification and chemical scarification treatments stood out as the most efficient methods to overcome the impermeability of the integument in both species. By breaking dormancy provided by these treatments, these species have a greater capacity to germinate and establish themselves in the environment, contributing to the restoration of degraded areas. Therefore, the use of the mechanical scarification method is recommended, especially because it stands out as the safest option and presented a more reliable improvement of the natural germination process.

**Keywords:** Caatinga, *Hymenaea martiana*, *Senna spectabilis*, restoration, germination and dormancy.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>15</b>
2.1. Espécies estudadas e obtenção das sementes	15
2.2. Experimento para quebra da dormência e germinação das sementes	20
2.3. Índices de germinação e dormência das sementes	21
2.4. Análises estatísticas	22
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>22</b>
3.1. Porcentagem de Germinação	22
3.2. Índice de Velocidade de Germinação	23
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>28</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças globais têm impactado drasticamente a biodiversidade ao redor do mundo, o que resulta na perda de várias espécies de animais e vegetais. Uma das principais causas da perda de biodiversidade é o uso desenfreado dos recursos naturais, aliado a desmatamento, urbanização, degradação e fragmentação de habitats (Fisher *et al.*, 2011). A perda de habitat é particularmente preocupante para espécies endêmicas e ameaçadas, que possuem uma distribuição geográfica limitada e não são capazes de se adaptar rapidamente às mudanças ambientais (Di Marco *et al.*, 2019). A fragmentação de habitats também pode levar à diminuição da diversidade genética e da conectividade entre as populações, aumentando a vulnerabilidade das espécies à extinção (García-Peña *et al.*, 2021). Desse modo, a recuperação ambiental tem tido grande foco, além de ser também tarefa importante e cada vez mais urgente (Cervantes, Ceccon, Bonfil, 2014).

O Brasil obtém cerca de 22% da biodiversidade global, destacando-se como o país com a maior diversidade biológica do planeta, o que inclui fauna e flora únicas e distintas, fruto da riqueza dos seus diversos biomas e ecossistemas (Mittermeier *et al.*, 2022). Abrigando uma grande variedade de ecossistemas únicos, incluindo a Caatinga, o único bioma exclusivamente brasileiro (Brasil 2000). A Caatinga, Floresta Tropical Sazonalmente Seca (Pennington, Lavin & Oliveira-filho, 2009), é um bioma semiárido que se estende por aproximadamente 900.000 km<sup>2</sup>, abrangendo partes dos estados do Nordeste brasileiro (MMA, 2021). Apresenta espécies adaptadas às condições do clima semiárido, que apesar de sua aparência seca e árida, é um bioma rico em biodiversidade, com uma grande variedade de plantas e animais adaptados às condições adversas do bioma (Silva, 2018). Com baixos índices de precipitações anuais e altas médias de temperatura em torno de 26°C (Suassuna, 2002), a biodiversidade do bioma enfrenta ameaças significativas, decorrentes de altos índices de evapotranspiração (Kildisheva 2020) e a suscetibilidade à desertificação, que é intensificado por ações antrópicas e o avanço da desertificação (MMA, 2018).

Na Caatinga, o desmatamento foi intensificado nos últimos anos, com cerca de 190 mil hectares perdidos entre os anos de 2019 e 2021, o qual apresentou uma alta variação de alertas (88,9%) apenas entre o período de 2020-2021, sendo considerado o maior crescimento em destruição da vegetação no Brasil (MapBiomas, 2021). A perda da biodiversidade local também é agravada pelo alto nível de desigualdade, tornando os recursos naturais da Caatinga parte essencial da subsistência da população. Esse distúrbio antropogênico traz sérias ameaças,

uma vez que a Caatinga é uma das terras secas mais populosas do mundo e a intensificação deste distúrbio acomete à alterações de paisagem, como a fragmentação e a perda de habitat (Antongiovanni *et al.*, 2020), que são geradas a partir da conversão da terra para atividades agropecuárias, afeta diretamente a sobrevivência de várias espécies de animais e plantas (Marengo *et al.*, 2011).

Dados do RAD (Relatório Anual de Desmatamento) 2021, realizado pelo MapBiomas, apontaram que o desmatamento em todo o Brasil teve um aumento significativo de 20% de área desmatada em relação ao ano de 2020. Em 2021, a Caatinga foi o terceiro bioma que apresentou maior desmatamento, representando cerca de 7% de toda a área desmatada. O laudo da plataforma MapBiomas alerta que em números absolutos essa perda chegou a 116.260 ha devastados e que quando somados aos biomas da Amazônia e Cerrado, juntos responderam por 96,2% das perdas de toda a vegetação nativa. Um dos maiores aumentos, em relação à área desmatada em 2020. Em termos proporcionais o maior crescimento na destruição da vegetação foi registrado na Caatinga (88,9% na variação anual 2020-2021). A plataforma MapBiomas alerta, que “como a detecção de desmatamento em vegetação nativa não florestal ainda é deficiente, os alertas nestas classes são subestimados”, ou seja, a área desmatada pode ser ainda maior.

A restauração ecológica é uma importante ferramenta para recuperar áreas degradadas, preservar ambientes e a biodiversidade (Brancalion *et al.*, 2019). Geldermann *et al.* (2018), afirmam que a restauração de ecossistemas degradados tem se mostrado uma importante ferramenta para lidar com a perda de habitat em todo o mundo. A reintrodução de espécies nativas e a recuperação de habitats naturais são ações importantes que podem auxiliar no restabelecimento das funções ecológicas em ecossistemas degradados, assim como oportunizar o aumento da biodiversidade (Carvalho *et al.*, 2017). Além disso, a restauração pode proporcionar benefícios econômicos, sociais e culturais, como a melhoria da qualidade do solo, a proteção de recursos hídricos e a criação de oportunidades de emprego para as comunidades locais (Shackleton *et al.*, 2019).

É importante ressaltar que a restauração deve ser bem planejada, considerando os aspectos sociais, culturais e ecológicos da região em questão (Aide *et al.*, 2021). Escolhas que ressaltam a importância do ambiente e das comunidades locais (Carvalho *et al.*, 2018). Além disso, o uso de espécies nativas é crucial para a valorização da diversidade biológica e cultural das regiões em restauração (Agrawal *et al.*, 2019), como para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas (Dias *et al.*, 2017). No entanto, esse uso ainda é limitado devido à lacuna de conhecimento sobre as características ecofisiológicas das espécies nativas, bem como o

processo de germinação das sementes destas espécies, que no contexto de um bioma semiárido, adotar estratégias que garanta e maximize a germinação de sementes é um ponto crucial para a restauração do bioma Caatinga (Silva *et al.*, 2015).

Diversos estudos têm destacado a germinação de sementes como ponto de partida para a restauração de ecossistemas degradados (Garcia e Diniz, 2003; Araújo e Ferraz, 2003; Araújo *et al.*, 2007). Segundo Bewley e Black (2013), a germinação é um evento complexo que envolve a integração de vários processos fisiológicos, incluindo a absorção de água, ativação enzimática, respiração, mobilização de reservas nutritivas, crescimento celular e desenvolvimento de tecidos vegetativos. Um processo fisiológico, onde a semente inicia seu desenvolvimento como a ativação metabólica, hidratação da semente, quebra da dormência e o crescimento radicular e caulinar, resultando no surgimento de uma nova muda. E a partir dessa prática da coleta e da germinação de sementes, cada vez mais se torna importante a conservação da biodiversidade para o equilíbrio ecológico do planeta. Segundo Nassif *et al.* (1998), a germinação só vem a ocorrer numa sequência de eventos fisiológicos, influenciada por fatores externos (luz, temperatura, disponibilidade de água e de oxigênio) e internos (inibidores e promotores da germinação).

A disponibilidade hídrica é um fator fundamental para o início da germinação. Onde a semente precisa absorver água para iniciar os processos metabólicos necessários para seu desenvolvimento. Além disso, a tolerância à dessecação é uma característica importante para que a semente sobreviva em condições ambientais adversas, como períodos de seca, e possa germinar quando as condições favoráveis forem restabelecidas.

Questões ambientais, adaptativas e evolutivas estão intimamente ligadas à germinação e dormência das sementes. A dormência pode ser uma estratégia adaptativa para garantir a sobrevivência das espécies. Além disso, a capacidade de algumas sementes de permanecer dormentes por longos períodos de tempo, permite a disseminação eficiente das espécies em diferentes ambientes, o que por outro lado se apresenta como um dos grandes desafios para a restauração da Caatinga.

A quebra da dormência é fator essencial para o sucesso da germinação e o estabelecimento das plantas em áreas degradadas (Santos, 2020). A dormência é um processo natural onde espécies florestais apresentam retardamento na germinação de suas sementes, ou seja, sementes viáveis podem não germinar mesmo sob condições ótimas, como a disponibilidade hídrica, luz, gases e temperatura (Bewley, 2013). Segundo Popinigis (1985), a dormência evoluiu como um mecanismo pelo qual as sementes não germinam ao mesmo tempo, mas de maneira defasada em estações propícias ao seu desenvolvimento, o que permite

a colonização das plantas em diferentes momentos ao longo do tempo. Diferentemente do estado de quiescência, que é um estado de repouso (baixa atividade metabólica) em que muitas espécies vegetais utilizam como uma estratégia de sobrevivência em ambientes desfavoráveis.

Cerca de dois terços de espécies arbóreas possuem algum tipo de dormência (Kramer e Kozlowski, 1972), cujo fenômeno é comum tanto em espécies de clima temperado, quanto aos climas tropical e subtropical. Dentre as principais causas apontadas na literatura, a dormência é regulada por fatores fisiológicos e/ou físicos, tais como a impermeabilidade do tegumento das sementes, embrião imaturo e a presença de inibidores (Carvalho, 2003). De acordo com Baskin e Baskin (2014), o mecanismo de dormência pode ser classificado em três tipos principais: i) a dormência fisiológica, que é regulada pelo balanço hormonal entre as concentrações de ácido abscísico (ABA) e giberelinas (GA) na semente; ii) a dormência morfológica, que é determinada pelo estado de desenvolvimento do embrião, que está imaturo ou cujo desenvolvimento foi interrompido; e iii) a dormência mecânica ou física imposta pelo tegumento impermeável, que impede a entrada de água e gases necessários para a germinação.

Entre as espécies que apresentam potencial para uso em projetos de restauração na Caatinga, estão, as espécies *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, escolhidas devido ao seu potencial uso de plantio em projetos de restauração da Caatinga, buscando assim, maximizar a produção em casa de vegetação para fomentar a cadeia de restauração do bioma. Dessa forma, buscamos avaliar quais ou qual o método mais adequado para a quebra de dormência das sementes de cada espécie e assim potencializar a sua velocidade de germinação. Para isso, foi investigado como a porcentagem de germinação e a velocidade de germinação atuaram entre os diferentes tratamentos de quebra da dormência. Nesse sentido, por serem sementes nativas de uma floresta seca, com baixos índices pluviométricos e vastas alterações ambientais, é esperado que essas espécies possuam mecanismos de dormência como uma estratégia de sobrevivência.

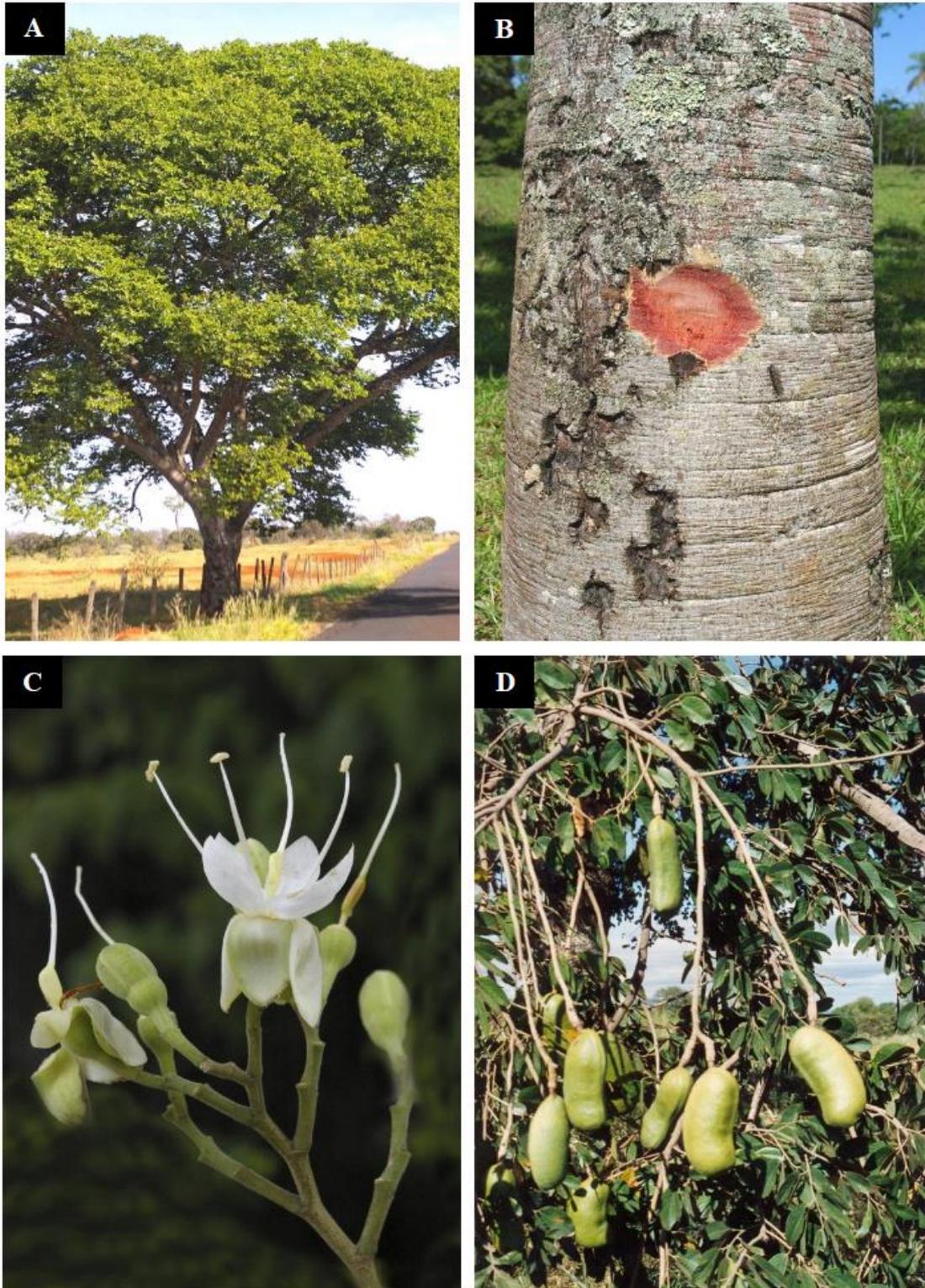
## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Espécies estudadas e obtenção das sementes**

As sementes utilizadas foram disponibilizadas por meio da Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco (PISF), gerenciada pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF).

As sementes recebidas foram devidamente acondicionadas em embalagens de plástico e mantidas a 18° C a fim de evitar infestações por fungos e insetos.

A espécie *Hymenaea martiana* Hayne, popularmente conhecida como “Jatobá”, “Jatobá-da-Mata” e “Jatobá-da-Caatinga”, apresentada na figura 1, é uma árvore pertencente à família Fabaceae (Caesalpinioideae), endêmica do bioma Caatinga no Nordeste do Brasil (Pereira *et al.*, 2006). Com distribuição geográfica e ocorrências principalmente no Norte e Nordeste do Brasil em estados como: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Tocantins, mas com presença confirmada também no Sudeste, nos estados de Minas Gerais e São Paulo (Flora do Brasil 2020, Figura 3A). É uma espécie com grande importância para a Caatinga, sendo utilizada como forrageira, madeira e também na medicina popular (Pereira *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2007). Embora não esteja atualmente classificada como em perigo de extinção, a exploração madeireira desordenada junto ao seu desmatamento pode levar a uma diminuição significativa em sua população (Pereira *et al.*, 2006). A madeira de *H. martiana* é utilizada na fabricação de móveis, assoalhos, construções rurais e na produção de carvão vegetal, sendo considerada uma madeira nobre e de alta qualidade (Barros *et al.*, 2015). Outro uso desta espécie é na produção de resinas naturais, como a breu-branco, utilizado na fabricação de vernizes, tintas e adesivos (Moura *et al.*, 2019). A espécie apresenta também outras características que a tornam uma opção atraente para projetos de restauração, como a capacidade de suas raízes fixarem nitrogênio no solo, o que pode melhorar a fertilidade do solo e a sobrevivência de outras espécies vegetais (Silva *et al.*, 2018). Quanto às suas propriedades medicinais, o extrato da casca da árvore tem mostrado atividades anti-inflamatória, antioxidante e analgésica, o que sugere um potencial uso para fins terapêuticos (Oliveira *et al.*, 2015). Tais usos potenciais reforçam a importância da conservação de *H. martiana* e a promoção de seu uso sustentável.

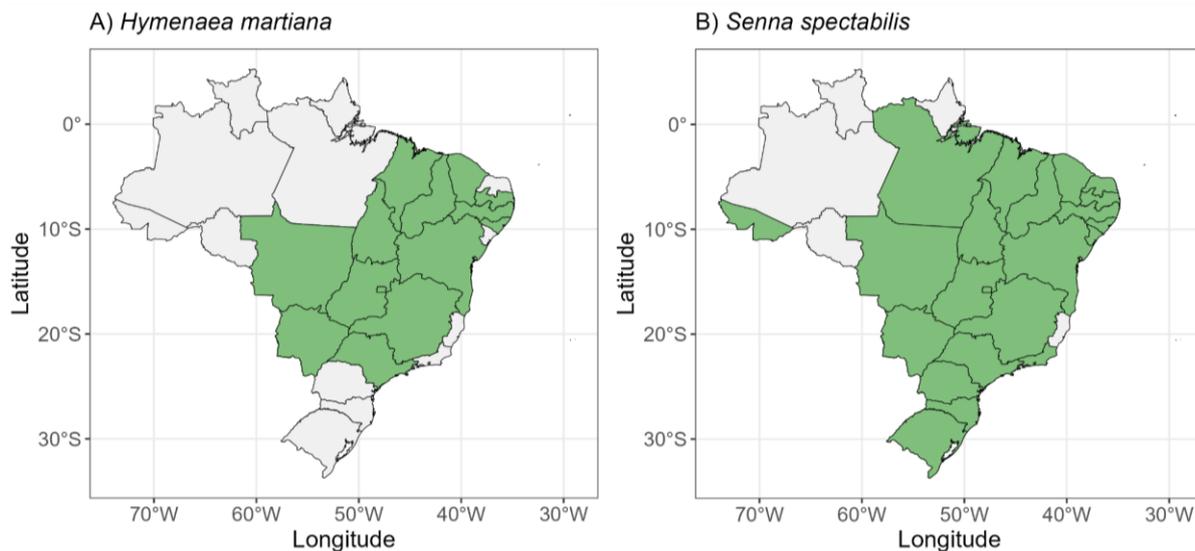


**Figura 1.** Aspecto morfológico de *Hymenaea martiana* Hayne. (A) Árvore; (B) Tronco; (C) Flor e (D) Fruto. Disponível em: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/>.

*Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby, popularmente conhecida como “Cássia”, “Cássia-do-Nordeste”, “Cássia-Rosa” ou “Canafístula”, apresentada na figura 2, é uma árvore originária da América do Sul e endêmica do Brasil (Irwin & Barneby, 1992; Lorenzi *et al.*, 2010). Sendo encontrada principalmente na região da Caatinga, é uma das espécies mais comuns dessa região (Leal *et al.*, 2005). Com ocorrências confirmadas no Norte (Acre, Pará, Tocantins), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) (Flora do Brasil 2020, Figura 3B). Apresentando grande potencial econômico para diversas atividades, estudos atuais já indicam que a espécie pode ser utilizada como fonte de corantes naturais, taninos e biocombustíveis (Ponte *et al.*, 2020). Além disso, a espécie é utilizada na medicina popular, com propriedades como antitérmica, analgésica, anti-inflamatória e cicatrizante (Moura *et al.*, 2005; Andrade *et al.*, 2013; Sousa *et al.*, 2019). A casca de seu tronco também possui alto teor de tanino, que pode ser utilizado na produção de adesivos, curtumes e cosméticos (Silva *et al.*, 2004). Sua madeira é considerada de alta qualidade, sendo utilizada principalmente na construção civil para produção de móveis e objetos decorativos (Oliveira *et al.*, 2015). Além disso, a espécie apresenta potencial para a produção de mel e forragem animal (Oliveira *et al.*, 2015). Tais possibilidades de utilização da *S. spectabilis* podem contribuir para o desenvolvimento econômico e sustentável das regiões onde a espécie é encontrada. Devido a tantas alternativas e importantes usos a espécie ganha destaque, justamente por suas características fisiológicas e ecológicas, como por exemplo a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio por suas raízes, sua tolerância à seca e ao fogo (Leal *et al.*, 2011). Estudos apontam que a *S. spectabilis* é capaz de melhorar a qualidade do solo e aumentar a biodiversidade em áreas degradadas da Caatinga (Santos *et al.*, 2018). Além disso, a espécie apresenta um rápido crescimento e grande produção de sementes, o que facilita o seu cultivo e propagação (Leal *et al.*, 2011). A utilização da *S. spectabilis* na restauração ou recuperação de áreas degradadas pode contribuir para a conservação da biodiversidade da Caatinga e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados por essa região (Mendonça *et al.*, 2011). Entretanto, a espécie vem sofrendo com a degradação do seu habitat natural, sendo considerada uma espécie em risco de extinção (ICMBio, 2023).



**Figura 2.** Aspecto morfológico de *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby. (A) Árvore; (B) Tronco; (C) Flor e (D) Fruto. Disponível em: <https://identify.plantnet.org/>.



**Figura 3.** Mapa de ocorrência para as espécies *H. martiana* (A) e *S. spectabilis* (B), com dados obtidos a partir do banco de informações do site Flora e Funga do Brasil (2020).

## 2.2. Experimento para quebra da dormência e germinação das sementes

A partir da obtenção das sementes, foi realizado o processo de beneficiamento, em que as sementes sem indícios de ataques por insetos e fungos foram selecionadas. As sementes intactas foram distribuídas de forma aleatória, constituindo um subconjunto heterogêneo representativo para a condução dos experimentos em laboratório.

Para o desenvolvimento dos experimentos, após o beneficiamento das sementes com ausência de fungos e predação, foram utilizadas 500 sementes por espécie, divididas em 4 repetições de 25 sementes em cada um dos 5 tratamentos: controle (**CO**), escarificação térmica com imersão das sementes em água na temperatura de 80°C por 5 minutos (**ET**); escarificação química aplicando o ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos (**EQ**); escarificação mecânica com lixa N° 80, até o desgaste visível do tegumento do lado oposto ao hilo; (**EM**); e embebição em ácido giberélico (100 mg/L) por 24 horas (**GA**). As sementes com escarificação no ácido sulfúrico foram lavadas em seguida em água corrente para eliminar os resíduos.

Após serem submetidas aos tratamentos de quebra de dormências, as sementes passaram pelo processo de desinfestação, onde todas as sementes foram submetidas a pré assepsia que consistiu na lavagem das sementes com 500 mL de água destilada e 1 gota de detergente neutro, diluição do detergente líquido na proporção 1:500, e após 30 segundos foram enxaguadas em água destilada uma única vez. Em seguida, as sementes foram imersas em

etanol 70% (v/v) durante 30 segundos e posteriormente imersas em hipoclorito de sódio (NaClO) 0,5% (v/v) durante 5 minutos. Por fim, as sementes foram lavadas com água deionizada autoclavada três vezes e armazenadas em béqueres esterilizados.

Para os testes de germinação, foi utilizado o sistema descrito por Krzyzanowski *et al.* (1991), que consiste em semear as sementes entre folhas de papel Germitest® (280 x 380 mm) umedecidas com água deionizada autoclavada equivalente a duas vezes e meia a massa seca do papel e dispostas em forma de rolos. Os rolos foram organizados em sacos plásticos desinfetados com etanol 70% (v/v) e armazenados sob condições controladas (28±2 °C, radiação fotossintética ativa 80 μmol/m<sup>2</sup>/s e fotoperíodo de 12 horas). As contagens das sementes germinadas foram realizadas diariamente por um período de 10 dias com o intuito de acompanhar as sementes quando observada a protrusão da radícula (Araújo *et al.*, 2006). Vale destacar que havendo a necessidade, poderia ser realizada adição de água nos rolos para a manutenção de umidade dos papéis Germitest® (o que aconteceu para o tratamento mecânico na espécie *Hymenaea martiana*).

### 2.3. Índices de germinação e dormência das sementes

A partir das observações diárias, foram calculadas a porcentagem de germinação (G%), que corresponde ao percentual de sementes germinadas em cada tratamento ao final dos 10 dias de experimento.

Posteriormente, foi calculado o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), conforme apresentado por Maguire (1962):

$$IVG = \sum \left( \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \right)$$

onde G corresponde ao total de sementes germinadas e N ao total de dias após semear as sementes.

Para expressar o grau de dormência das sementes, foi calculado o índice de dormência (ID):

$$ID = \left( \frac{MT - C}{MT} \right) \times 100$$

onde MT é a média do percentual de germinação no tratamento mais efetivo para a superação da dormência e C é a média do percentual de germinação no tratamento controle. O valor do índice de dormência varia entre 0 e 100, sendo zero a ausência de dormência e 100 o valor de dormência máxima.

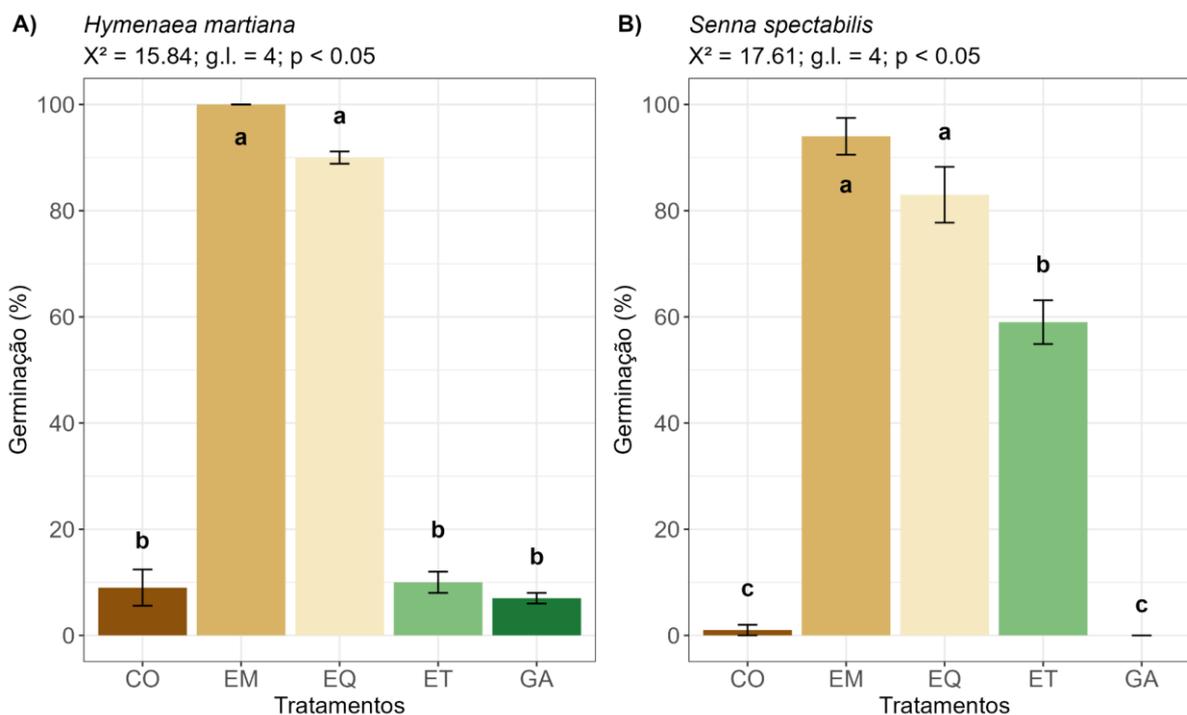
## 2.4. Análises estatísticas

As análises foram realizadas no *Software R Core Team* (2022) e para testar: 1) como a porcentagem de germinação (variável resposta) diferiu entre os tratamentos para superação de dormência (variável explanatória); e 2) como a velocidade de germinação (variável resposta) diferiu entre os tratamentos para superação de dormência (variável explanatória). Para tanto, foi realizada análise de variância (ANOVA) com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; e em caso de não homogeneidade de variâncias, o Teste de Kruskal-Wallis foi usado com *post-hoc* de Conover-Iman ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Porcentagem de Germinação

Para a espécie *Hymenaea martiana* (Figura 4A), a porcentagem de germinação variou entre os tratamentos para quebra de dormência ( $X^2 = 15.84$ ; g.l. = 4;  $p < 0.05$ ). Quando comparado ao tratamento controle, a porcentagem de germinação de sementes foi maior nos tratamentos com escarificação mecânica (100%) e química (90%). Ademais, para as sementes de Canafístula (Figura 4B), também foram encontrados diferenças entre as médias de porcentagem de germinação entre os tratamentos ( $X^2 = 17.61$ ; g.l. = 4;  $p < 0.05$ ), que quando comparados aos tratamentos controle e giberelina com baixo desempenho, as porcentagens de germinação foram maiores quando aplicados os tratamentos de escarificação mecânica (94%), química (83%) e térmica (59%). A partir disso, os Índices de Dormência (ID) obtidos para as espécies Jatobá e Canafístula, foram altamente significativos, com percentuais de 91% e 99% respectivamente, que foram nos tratamentos de escarificação mecânica.



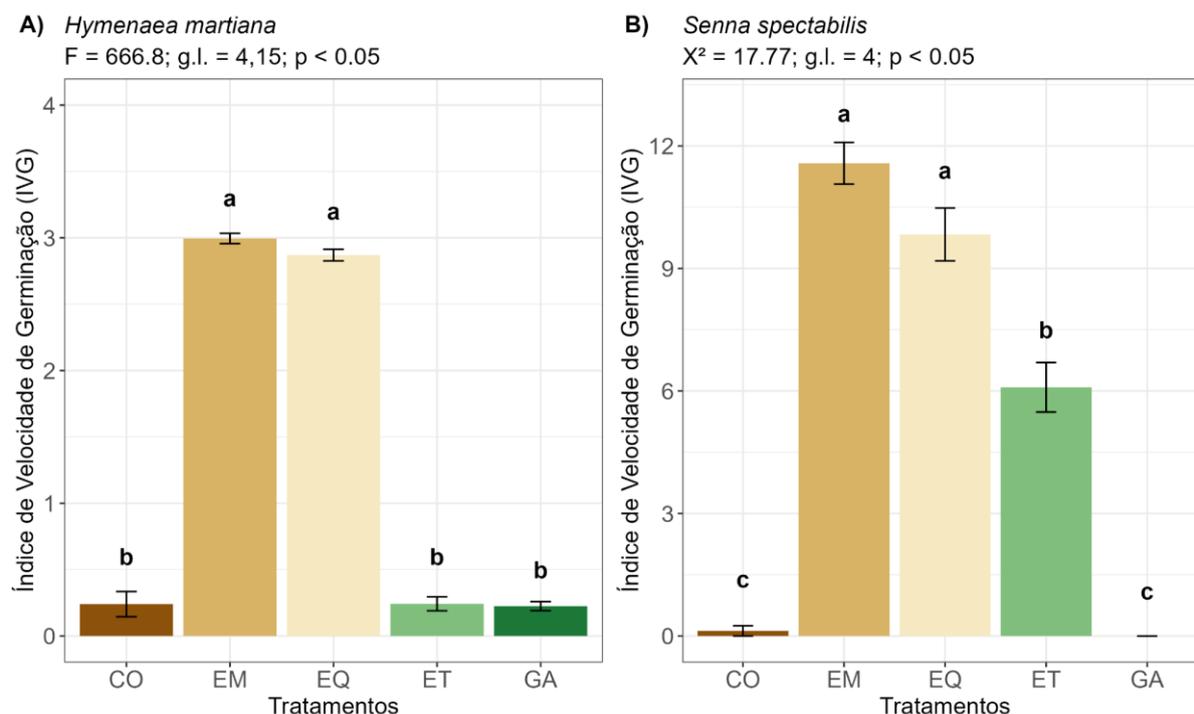
**Figura 4.** Porcentagem de Germinação (G%) em sementes de Jatobá (*H. martiana*, 4A) e Canafístula (*S. spectabilis*, 4B), em diferentes tratamentos para a quebra de dormência: Controle (CO), escarificação mecânica (EM), escarificação química (EQ), escarificação térmica (ET) e embebição em ácido giberélico (GA). Médias com a mesma letra não diferem significativamente entre os tratamentos pelo Teste de Conover-Iman ( $p < 0,05$ ). Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

### 3.2. Índice de Velocidade de Germinação

As médias de velocidade de germinação da espécie *Hymenaea martiana* (Figura 5A), diferiram entre os tratamentos para quebra de dormência ( $F = 668,8$ ; g.l. = 4,15;  $p < 0.05$ ), com as sementes germinando mais vagarosamente nos tratamentos controle (IVG = 0,24), de escarificação térmica (IVG = 0,24) e com giberelina (IVG = 0,22). Entretanto, quando comparados com os tratamentos de escarificação química e mecânica, as sementes apresentaram excelentes velocidades de germinação com IVG de 2,87 e 2,99 respectivamente.

Já para as sementes de *Senna spectabilis* (Figura 5B), encontramos diferenças nas médias de velocidade de germinação ( $X^2 = 17.77$ ; g.l. = 4;  $p < 0.05$ ), que quando comparados ao tratamento controle, a escarificação mecânica (IVG = 11,57) e química (IVG = 9,83) do tegumento apresentaram maior eficácia acelerando o processo de germinação. Em seguida, o tratamento de escarificação térmica, com IVG de 6,09 também apresentou um bom

desempenho, porém inferior aos anteriores. Para o tratamento com ácido giberélico, entretanto, não foi constatado valor para germinação das sementes, valor ainda menor que o Controle.



**Figura 5.** Média do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) para sementes de Jatobá (*H. martiana*, 5A) e Canafístula (*S. spectabilis*, 5B), em diferentes tratamentos germinativos de superação de dormência: Controle (CO), escarificação mecânica (EM), escarificação química (EQ), escarificação térmica (ET) e embebição em ácido giberélico (GA). Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), assim como pelo Teste de Conover-Iman ( $p < 0,05$ ). Barras de erro representam  $\pm 1$  erro padrão.

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que existe uma dormência tegumentar, e não fisiológica, das sementes estudadas. Isso significa que a impermeabilidade do tegumento, a camada externa da semente, é o principal fator que impede a germinação, em vez de um mecanismo interno relacionado à fisiologia da semente. Essa dormência tegumentar pode ser superada por meio de tratamentos específicos, como a escarificação mecânica ou química, que visam quebrar ou tornar permeável o tegumento da semente. Destacando assim a importância de compreender as causas da dormência nas sementes, a fim de propor estratégias mais eficientes para a germinação e o estabelecimento de mudas.

No ambiente natural, essas sementes ficam expostas a substâncias químicas presentes no solo ou produzidas por microrganismos, corroendo ou enfraquecendo o tegumento da semente, assim como devido aos atritos causados por elementos naturais, como vento, água ou animais, que causam danos físicos na semente. Esses processos naturais são importantes para promover a germinação das sementes em seu ambiente nativo. No entanto, em restauração e manejo de áreas degradadas, a escarificação controlada pode ser realizada para acelerar a germinação das sementes e promover o estabelecimento de mudas de forma mais eficiente.

A dormência física, que é ocasionada por uma impermeabilidade do tegumento, está associada a diversas espécies botânicas, no entanto, é mais frequente nas espécies pertencentes à família Fabaceae (Carvalho & Nakagawa, 2000; Martins *et al.*, 2016; Silveira & Negreiros, 2016). Finch-Savage & Bassel, em 2016 descobriram esse mecanismo em um estudo com 79 espécies, onde cerca de 58% delas apresentaram algum tipo de dormência.

Característica que tem importante função ecológica, já que em condições naturais, visa garantir otimização de distribuição para germinação no tempo e no espaço. Sua rigidez do tegumento também é uma característica muito frequente em plantas da Caatinga (Prazeres, 1996), mecanismo este que permite a sobrevivência das sementes em ambientes de solo desfavorável à germinação. A dormência tegumentar protege o embrião de danos provocados pela predação nos meses que antecedem a chegada da estação chuvosa, além de impedir que a germinação ocorra durante a ocorrência de chuvas erráticas na estação seca (Silveira *et al.*, 2005; Araújo, 2005; Araújo e Ferraz, 2003; Barbosa, 2003).

De acordo Araújo *et al.* (2006), as escarificações química e mecânica são os tratamentos mais utilizados para a quebra de dormência nos estudos de germinação de sementes de espécies presentes no Semiárido do Nordeste Brasileiro. Tais tratamentos têm demonstrado melhores resultados nos percentuais de germinação, evidenciando a elevada frequência de dormência física nas sementes do semiárido, sejam elas proveniente da: i) resistência e/ou impermeabilidade da estrutura do tegumento à difusão de água ou gases; ii) presença de inibidores químicos na semente e/ou fruto que impeçam o processo de germinação de embriões não dormentes; e iii) resistência da estrutura lenhosa/pétreo do endocarpo ou mesocarpo que impede o crescimento do embrião.

Apesar desses avanços, ainda há lacunas de conhecimento em relação às metodologias mais adequadas para quebra da dormência em várias espécies nativas da Caatinga. Em espécies com tegumentos muito rígidos, como a *Caesalpinia ferrea* e a *Bowdichia virgilioides*, por exemplo, ainda é necessário avaliar a efetividade de diferentes métodos de escarificação mecânica, química ou biológica para quebrar a dormência (Sá *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019).

Além disso, a falta de informações dificulta a produção em larga escala de mudas de qualidade e a aplicação de técnicas de restauração ecológica eficientes na região. Portanto, são necessários mais estudos que visem aprimorar técnicas de quebra de dormência em sementes com tegumentos rígidos, contribuindo para o aumento da produção de mudas e para a conservação da biodiversidade.

Observa-se na literatura que a eficiência dos tratamentos é variável entre as espécies testadas (Alencar *et al.*, 2009). Já foi proposto que a escarificação mecânica pode ser eficaz para superar a dormência em sementes de *H. martiana*, mas também a imersão em água quente ou ácido sulfúrico pode ser mais adequada (Tavares *et al.* 2012, Araújo *et al.*, 2007, Ferreira *et al.*, 2015). Já para *S. spectabilis*, a estratificação a frio foi proposta como uma técnica eficaz para superar a dormência em algumas populações de sementes, embora a escarificação mecânica e a imersão em água quente também possam ser utilizadas (Masetto *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2015, Cavariani *et al.*, 2013).

A partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, a escarificação mecânica das sementes de *H. martiana* e *S. spectabilis* acelerou o processo de germinação, já que ambas as espécies apresentam tegumentos rígidos, característico da dormência física. Estes resultados concordam com Facchinello *et al.* (2012), já que a técnica de escarificação mecânica com lixa obteve maior sucesso, pois o desgaste do tegumento, permite a reidratação dos tecidos e a retomada do metabolismo para que o processo de germinação ocorra, mas sem comprometer a sua qualidade fisiológica. Nesse sentido, fissuras geradas no tegumento das sementes, aumentam sua permeabilidade e permitem a embebição e o processo de germinação (Lima, 2013), quando comparado ao método da imersão em água, onde este contato teria maior contratempo e restrição, devido a impermeabilidade e dureza das sementes. Além disso, Balbinot & Lopes (2006), encontraram que tratamentos de pré-germinação em sementes reduzem não apenas o tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, mas promovem uma maior tolerância das sementes às condições adversas do ambiente, proporcionando mudas de maior qualidade.

Os tratamentos de escarificação química também proporcionaram elevados percentuais de germinação, demonstrando excelente aplicação para a quebra da dormência tegumentar. No entanto, a eficiência do tratamento está relacionada com o tempo de exposição ao ácido sulfúrico concentrado e à espécie (Carvalho *et al.* 2016), já que para sementes com tegumentos mais espessos e rígidos este tratamento pode ser eficaz, enquanto sementes mais frágeis podem ter sua germinação inibida durante o processo por danos ao embrião. Entretanto, quando se compara os resultados com aqueles obtidos por escarificação mecânica, não foi possível

constatar uma diferença significativa na velocidade de germinação. Segundo Santos (2011), a utilização de ácido sulfúrico para a escarificação de sementes de espécies florestais pode provocar a degradação da semente ou causar danos ao embrião, reduzindo a velocidade de emergência das mudas, o que justificaria o tratamento de ácido sulfúrico ter apresentado uma pequena redução na velocidade de germinação quando comparado ao tratamento mecânico (Figura 5B).

A escarificação térmica não apresentou ser um tratamento apropriado neste caso, isso porque ela não potencializou a germinação das espécies, apesar de ter apresentado um crescimento melhor que o tratamento Controle. Zwirtes *et al.* (2013) consideraram que a utilização de um tratamento térmico é um bom método e de baixo custo para quebra de dormência, visto que apresenta eficiência relativa para vários leguminosas. Entretanto, pesquisas recentes têm revelado que essa técnica pode acarretar uma série de impactos negativos sobre as sementes e suas características fisiológicas (Ribeiro e Oliveira, 2020; Dias *et al.*, 2018; Costa *et al.*, 2021). Uma das principais preocupações é o risco de danos estruturais às sementes. A exposição a altas temperaturas durante o processo pode resultar em danos irreversíveis às membranas celulares, proteínas e enzimas presentes nas sementes, comprometendo sua viabilidade e potencial germinativo, afetando assim características importantes das plantas. Portanto, é necessária cautela ao utilizar esse método, considerando seus potenciais efeitos negativos a longo prazo, como o crescimento, desenvolvimento e resposta a estresses ambientais.

Considerando, a importância da produção de mudas de qualidade para a restauração de florestas secas, é fundamental uma germinação rápida e uniforme das sementes, para que o plantio em campo ocorra no menor espaço de tempo possível e os prejuízos e custos de produção sejam reduzidos, nesse sentido, os tratamentos pré-germinativos são uma estratégia relevante a ser adotada (Guerra *et al.*, 1982; Wendling *et al.*, 2006; Oliveira, 2007).

No entanto, a aplicação e a eficiência desses tratamentos dependem do grau de dormência das sementes, que é variável entre diferentes espécies, populações e anos de coleta. Apesar do crescente avanço e incentivo em pesquisas sobre a germinação de espécies nativas brasileiras (Silva *et al.*, 2015; Carlos *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018), o esforço deve ser contínuo para que possamos expandir o conhecimento para espécies nativas de grande relevância ecológica, englobando espécies com poucos estudos, tendo em vista a grande diversidade da flora arbórea nacional. Portanto, torna-se imprescindível dedicar tempo ao estudo de sementes, uma vez que a sua importância ressalta a potencialização da cadeia de restauração arbórea e florestal, principalmente a restauração de biomas como a Caatinga.

## 5. CONCLUSÃO

Entre os métodos utilizados para a quebra da dormência das espécies *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, a escarificação mecânica e química do tegumento foram mais eficientes para acelerar o processo de germinação, resultando em altas porcentagens de germinação. Embora o tratamento com ácido sulfúrico concentrado tenha apresentado ótimos resultados para a quebra de dormência das sementes, esse método pode ser bastante caro e perigoso, devido seu alto risco à saúde e principalmente a pessoas sem devido treinamento e habilidade para manuseio. Ambas as espécies possuem grande potencial para serem utilizadas em projetos de restauração ecológica na Caatinga. Ao aplicar uma metodologia adequada no beneficiamento das sementes e na produção de mudas em casa de vegetação, é possível acelerar a germinação e maximizar a produção de plântulas. Isso contribui para o sucesso dos projetos de restauração e para a conservação desse bioma brasileiro. Portanto, recomendamos o uso da escarificação mecânica como método mais viável e seguro para quebrar a dormência das duas espécies estudadas. Esse método é especialmente adequado para pequenos e grandes produtores envolvidos na cadeia de restauração, pois é simples, de baixo custo e eficaz para promover uma germinação rápida e uniforme das sementes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E.; MATSUMOTO M.; FONSECA C. **Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments.** Journal of Applied Ecology, [S.L.], v. 57, n. 10, p. 2064-2074, 5 jul. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.13686>

ALENCAR KMC, LAURA VA, RODRIGUES APDC, RESENDE RMS. **Tratamento térmico para superação da dormência em sementes de *Stylosanthes SW.* (*Fabaceae Papilionoideae*).** Revista Brasileira de Sementes 2009; 31(2): 164-170. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000200019>.

AGRAWAL, M., CHEN, J., HUANG, Y., & WANG, R. (2019). **Enhancing cultural diversity through ecological restoration: A review of the evidence.** Journal of environmental management, 248, 109315.

AIDE, T.M., ZAMBRANO, J., BALANDRA, M., GRAU, H.R., TAYLOR, J., & VOGT, D. (2021). **Planning and implementing forest landscape restoration: Lessons from Latin America.** Forest Policy and Economics, 132, 102469.

ALVES, E. U. ET AL. (2015). **Effect of scarification and stratification on seed germination of *Hymenaea martiana* Hayne.** African Journal of Agricultural Research, 10(24), 2443-2449.

ANDRADE, L.H.C. ET AL. **Levantamento etnobotânico de plantas medicinais utilizadas por moradores da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 15, p. 211-223, 2013.

ARAÚJO E, BARRETO V, LEITE F, LIMA V, CANUTO N. 2006. **Germinação e protocolos de quebra de dormência de plantas do semiárido.** Recursos Genéticos do semiárido 5:73–110

ARAÚJO, E.L. (2005). **Ecofisiologia de sementes de plantas nativas da Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAÚJO, E.L., FERRAZ, E.M.N. (2003). **Germinação de sementes de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.) sob diferentes condições de temperatura, substrato e luz**. Revista Brasileira de Sementes, 25(2), 19-26.

ARAÚJO, F. S.; FERRAZ, I. D. K. **Restauração ecológica de áreas mineradas no Brasil**. In: FONSECA, F. O.; GONÇALVES, J. F. M.; FELFILI, J. M. (Orgs.). Mata ciliar: recuperação e conservação. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. p. 75-92.

ARAÚJO, F. S.; FERRAZ, I. D. K.; SAITO, C. H.; AGUIAR, O. T. **Interações entre a qualidade de sementes e a restauração ecológica**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 72, n. 1, p. 31-38, 2007.

ARAÚJO, J. S., ET AL. (2007). **Effect of seed treatments on the germination of *Hymenaea martiana* Hayne seeds**. Revista Brasileira de Sementes, 29(3), 73-79.

BARBOSA, J.L. (2003). **Fenologia de Espécies Lenhosas da Caatinga: Ecologia Reprodutiva, Banco de Sementes e Germinação de Sementes**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BARROS, N. F. ET AL. (2015). **Caracterização tecnológica e energética da madeira de *Hymenaea martiana* Hayne**, utilizada na produção de carvão vegetal. Revista Árvore, 39(4), 735-743.

BALBINOT E, LOPES HM. **Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura**. Revista Brasileira de Sementes 2006; 28(1): 1-8.

BASKIN CC, BASKIN JM. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. San Diego: Academic Press; 2014

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. **Seed dormancy in trees of temperate and boreal forests**. *Seed Science Research*, v. 24, n. 1, p. 1-12, 2014.

BEWLEY, J. D., & BLACK, M. (2013). **Seeds: Physiology of Development Germination and Dormancy (3rd ed.)**. Springer.

BORTOLUZZI, R.L.C.; LIMA, A.G.; SOUZA, V.C.; ROSIGNOLI-OLIVEIRA, L.G.; CONCEIÇÃO, A.S. **Senna in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB23172>>.

BRANCALION, P. H. ET AL. **Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes**. *Science Advances*, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.

BRANCALION, P.H.S., CHAZDON, R.L., AIDE, T.M., BALMFORD, A., GIRALDO, J.P., KUMAR, C., LATAWIEC, A.E., MOLL-ROCEK, J., REID, J.L., REID, M.C., THOMPSON, J., URIARTE, M., WEHENKEL, C., WILSON, S.J., LAMB, D., 2019. **Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes**. *Science Advances* 5, eaav3223.

BRASIL. (2000). **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Recuperado em 16 de março de 2023, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Mais Árvores**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/protacao-da-biodiversidade-e-das-areas-naturais/programa-mais-arvores>.

CARLOS, L., DALVI, V. C., AGOSTINI, K., COUTO, T. B. A., & GARCIA, Q. S. (2017). **Germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.(Leguminosae-Caesalpinioideae)**. Biotemas, 30(3), 49-57.

CARVALHO, J. M. A., TABARELLI, M., & DA SILVA, J. M. C. (2017). **Ecological restoration and biodiversity conservation of fragmented forests**. In Ecology, conservation and restoration of subtropical montane forests in South America (pp. 297-315). Springer.

CARVALHO NM, NAKAGAWA J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP; 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. R., FERREIRA, A. G., FONSECA, A. S., & RODRIGUES, R. R. (2018). **Restauração ecológica de ecossistemas florestais**. In Princípios e práticas em restauração ecológica (pp. 79-115). Springer.

CARVALHO, P., E., R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo, Embrapa florestas, 2003. v. 1. p.22-55.

CAVARIANI, C., ET AL. (2013). **Dormancy break and germination of *Senna spectabilis* (Fabaceae) seeds**. Revista Brasileira de Biociências, 11(1), 37-42.

CERVANTES, M. C., CECCON, E., BONFIL, C. **Germination of stored seeds of four trees species from the tropical dry forest of Morelos, Mexico**. Botanical Sciences, Coyoacán, Cidade do México, v. 92, n. 2, p. 281-287, 2014.

COSTA, J. V. P., ET AL. (2021). **Heat shock protein (HSP90) and its role in the acquisition of tolerance to desiccation and dormancy release in *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns seeds**. Scientia Horticulturae, 283, 110152.

DI MARCO, M. ET AL. **A retrospective evaluation of the global decline of carnivores and ungulates**. Conservation Biology, v. 33, n. 4, p. 761-768, 2019.

DIAS, D. C. F. S., ET AL. (2018). **The Influence of Seed Scarification and PEG-6000 in the Germination of White Wood (*Melia azedarach* L.)**. *Floresta e Ambiente*, 25(2), e20170550.

DIAS, L. C. S., PIVELLO, V. R., & PADOVESI-FONSECA, C. (2017). **Uso de espécies nativas em projetos de restauração ecológica**. *Revista Árvore*, 41(2), e410201. <https://doi.org/10.1590/0100-67622017000200001>

FACCHINELLO, P.; COSTA, M. F.; IOCHIMS, D. A.; DOTTO, D. B.; FLORIANO, E. P. **Comparação de dois métodos de quebra de dormência de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell)**. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Unipamapa*. v. 4, n. 2, 2012.

FERNANDES, T. R. M., ET AL. (2015). **Breaking seed dormancy in *Senna spectabilis* (Fabaceae)**. *Revista Caatinga*, 28(3), 174-178.

FERREIRA, R. L. C., ET AL. (2015). **Dormancy overcoming in seeds of *Hymenaea martiana* Hayne, an endangered species**. *Journal of Seed Science*, 37(2), 95-101.

FINCH-SAVAGE, W. E., & BASSEL, G. W. (2016). **Seed dormancy and the control of germination**. *New Phytologist*, 2(211), 3-5. doi: 10.1111/nph.13930

FISHER, B. ET AL. **Habitat loss, deforestation, and the extinction debt**. *Conservation Biology*, v. 25, n. 2, p. 360-369, 2011.

GARCÍA-MOYA, E., CASAS, A., MORENO-CALLES, A.I., TORRES-GARCÍA, I., SOLÍS, L., 2017. **Regeneración natural de un bosque tropical caducifolio alterado en México: implicaciones para su manejo y restauración**. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88, 280-292.

GARCÍA-PEÑA, G. E. ET AL. **Effects of habitat fragmentation on genetic diversity and structure of a vulnerable Cerrado bird.** *Animal Conservation*, v. 24, n. 5, p. 549-560, 2021.

GARCIA, Q. S.; DINIZ, I. R. **Germinação de sementes.** In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado.* Porto Alegre: Artmed, 2003.

GELDERMANN, J., SCHRÖTER-SCHLAACK, C., OMANN, I., & JOB, H. (2018). **Restoration ecology: interventions for human-dominated ecosystems.** *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(5), e1295.

GUERRA, J.G.M., PAIVA, H.N., REIS, M.S., 1982. **Efeito da escarificação ácida e da remoção de tegumento nas sementes de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.).** *Revista Brasileira de Sementes* 4, 25-29.

GUROVITZ, H., MARIANO-NETO, E., 2017. **Environmental restoration policies in Brazil: gaps and perspectives.** *Perspectivas em Gestão & Conhecimento* 7, 96-111.

HOLDSWORTH, M. J., BENTSINK, L., & SOPPE, W. J. (2008). **Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after-ripening, dormancy and germination.** *New Phytologist*, 4(179), 33-54. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02437.x

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Espécies Ameaçadas de Extinção.** Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>.

IRWIN, H.S.; BARNEBY, R.C. **The American Cassiinae.** *Memoirs of the New York Botanical Garden*, v. 35, p. 1-918, 1992.

J. SUASSUNA, **Semi-árido: proposta de convivência com a seca,** Fundação Joaquim Nabuco, Brasil, 2002.

KILDISHEVA, A.. **Dormancy and germination: making every seed count in restoration.** Restoration Ecology, [s. l], v. 28, p. 256-265, ago. 2020.

KRAMER, P.J. E KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KRZYZANOWSKI F, FRANÇA-NETO J, HENNING A. 1991. **Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas.** Informativo ABRATES 1: 15–50.

LEAL, I. R., TABARELLI, M., & SILVA, J. M. C. (2011). **Ecologia e conservação da Caatinga.** Editora Universitária da UFPE.

LEAL, I.R. ET AL. **Diversidade e conservação da Caatinga:** Uma primeira aproximação. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005.

LIMA, J. S.; CHAVES, A. P.; MEDEIROS, M. A.; RODRIGUES, G. S. O.; BENEDITO, C. P. **Métodos de superação de dormência em sementes de flamboyant (*Delonix regia*).** Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 1, p. 104 - 109, jan/mar de 2013.

LORENZI, H., & MATOS, F. J. A. (2008). **Plantas medicinais no Brasil:** nativas e exóticas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V. ET AL. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2010.

MAPBIOMAS, 2022. **Relatório Anual de Desmatamento 2021.** São Paulo, Brasil - 126 páginas. <http://alerta.mapbiomas.org>

MARENGO, J. A. ET AL. (2011). **Extreme climatic events in the Amazon basin: an analysis of the 2005 drought.** Theoretical and Applied Climatology, 107(1-2), 73-85.

MARTINS, C. C., BONINE, C. A., & DE PÁDUA, V. L. (2016). **Germinação de sementes de espécies arbóreas da Floresta Atlântica: Uma Revisão.** Floresta e Ambiente, 23(4), 540-552. doi: 10.1590/2179-8087.038215

MASETTO, T. E., ET AL. (2010). **Stratification and temperature on the germination of *Senna multijuga* (L. C. Rich.) Irwin et Barneby seeds.** Revista Brasileira de Sementes, 32(3), 38-46.

MEAVE, J.A., GONZÁLEZ-ESPINOSA, M., RAMÍREZ-MARCIAL, N., TOLEDO-ACEVES, T., IBARRA-MANRÍQUEZ, G., GALLARDO-CRUZ, J.A., 2018. **Dynamics of tropical dry forests in Mexico during two decades (1993-2013).** Biodiversity and Conservation 27, 1267-1289.

MENDONÇA, K., RODRIGUES, T. A., SILVA, J. M., & MELO, F. P. (2011). **Leguminosas arbóreas na restauração de áreas degradadas em ecossistemas tropicais.** Revista Árvore, 35(5), 1059-1069.

MITTERMEIER, R. A., MYERS, N., THOMSEN, J. B., DA FONSECA, G. A. B., & OLIVIERI, S. (2022). **Biodiversity hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** Conservation International.

MMA. (2018). **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - Planaveg.** Recuperado em 16 de março de 2023, de <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/protecao-da-biodiversidade-e-das-areas-naturais/projeto-planaveg>

MMA. (2021). **Caatinga.** Recuperado em 16 de março de 2023, de <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/biomas-brasileiros/caatinga>

MOUSSA H, MARGOLIS HA, DUBÉ P-A, ODONGO J. **Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semiarid of Niger, West Africa.** Forest Ecology and Management 1998; 104(1-3): 27-41. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00230-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00230-2)

MOURA, L. M. ET AL. (2019). **Potential of *Hymenaea martiana* Hayne for natural resin production in the Brazilian Caatinga.** Industrial Crops and Products, 131, 162-169.

MOURA, M. D. L. ANDRADE, M. V. M., & SOUZA, I. A. (2005). **Estudo etnofarmacológico de plantas utilizadas na medicina popular por moradores do bairro Alto da Aliança, Juazeiro-BA.** Revista Brasileira de Farmacognosia, 15(3), 169-177.

NASSIF, S.M.L.; VIEIRA, I.G.; FERNADES, G.D. (LARGEA/). **Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes.** Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, 1998. Disponível em: <Http://www.ipef.br/sementes/>

OLIVEIRA, A. S., ARAÚJO, E. L., ALBUQUERQUE, U. P., & AMORIM, E. L. C. (2015). ***Senna spectabilis*: A review of its potential for economic and environmental uses.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, 569-576.

OLIVEIRA, E. A. DE, TRINDADE, I. A., & OLIVEIRA, M. L. (2018). **Germinação de sementes de *Byrsonima crassa* e *Byrsonima intermedia*: importância ecológica e potencial para recuperação de áreas degradadas.** Enciclopédia Biosfera, 15(28), 2366-2375.

OLIVEIRA, J. R. ET AL. (2015). **Antinociceptive, anti-inflammatory and antioxidant effects of the bark aqueous extract from *Hymenaea martiana*.** Journal of Ethnopharmacology, 175, 451-458.

OLIVEIRA, L.S., 2007. **Germinação de sementes de faveira (*Parkia platycephala* Benth.) em diferentes temperaturas e substratos.** Revista Árvore 31, 915-921.

PENNINGTON, R. T., LAVIN, M., & OLIVEIRA-FILHO, A. (2009). **Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests.** Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40, 437-457.

PEREIRA, C. A. C. ET AL. (2006). **Florística e fitossociologia de uma área de Caatinga em regeneração no município de Areia, Paraíba, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, 20(1), 103-114.

PEREIRA, D.G., SOUZA, L.A., AGUIAR, R., MORAIS, J.W., MEDEIROS, G.F., MEDEIROS, R.B., ALVES, R.R. (2006). **Levantamento etnobotânico das plantas medicinais, alimentares e tecnológicas de comunidades rurais de Boa Vista, Roraima, Brasil.** Revista Brasileira de Biociências, 4(Supl.1), 452-454.

PINTO, R.B.; TOZZI, A.M.G.A.; MANSANO, V.F. **Hymenaea in Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB83203>>.

PONTE, L. F. A. VIEIRA, R. A., & PINTO, J. E. B. P. (2020). **Potential use of *Senna spectabilis* as a source of natural dyes, tannins and biofuels.** Industrial Crops and Products, 152, 112457.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2.ed. Brasília, 289p., 1985

PRAZERES, M. (1996). **Caracterização do processo de germinação de sementes de plantas da caatinga.** Revista Caatinga, 9(1), 65-70.

RIBEIRO, D. M., & OLIVEIRA, R. B. (2020). **Heat shock proteins in seeds: an overview.** Journal of Seed Science, 42, e20190077.

SÁ, L. G. R. ET AL. **Dormancy break and germination of *Bowdichia virgilioides* seeds submitted to scarification.** Journal of Seed Science, v. 42, e202042090, 2020.

SANTOS, J.S., COSTA, L.S., SILVA, M.L.A., FERREIRA, A.G., ROCHA, R.M. (2007). **Caracterização de sementes de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) e faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.).** Revista Brasileira de Sementes, 29(2), 102-107.

SANTOS, M. A. S. ET AL. (2020). **Germination and dormancy-breaking strategies for Caatinga plant species.** Brazilian Journal of Botany, 43(1), 119-128.

SANTOS, M. V. F. (2011). **Efeito de diferentes métodos de escarificação em sementes de árvores florestais.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

SANTOS, T. R., SILVA, L. R., CAVALCANTE, U. M. T., & GOMES, V. P. (2018). **Uso da leguminosa *Senna spectabilis* na recuperação de áreas degradadas na caatinga.** Revista Brasileira de Agroecologia, 13(2), 1-10.

SHACKLETON, S., RUWANZA, S., SINASSON SANNI, G. K., BENNETT, B., DE LACY, P., MODIPA, R., & PURNELL, K. (2019). **The role of forest restoration in rural livelihoods and environmental conservation: The case of a large-scale forest landscape restoration program in South Africa.** Forest policy and economics, 101, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.010>

SILVA, E. A. A., SANTOS, R. A., SILVA, J. E. A., & FERREIRA-SILVA, S. L. (2015). **Germinação de sementes de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae).** Acta Amazonica, 45(3), 245-252.

SILVA, F. C. ET AL. (2018). **Nitrogen fixation in seedlings of three leguminous species under water stress.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 53(4), 429-435.

SILVA, G. O., CARDOSO, A. M., & NUNES, A. L. (2004). **Avaliação do tanino da casca do caule de *Senna spectabilis* (DC.) H. S. Irwin & Barneby, *Cassia rosae* (Vogel) H. S. Irwin & Barneby, Leguminosae.** Química Nova, 27(5), 821-824.

SILVA, J. A. F., CASTRO, E. M., JÚNIOR, J. E. T., & CARDOSO, J. E. (2018). **Escarificação de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) Irwin & Barneby para a germinação em condições de laboratório.** Revista de Agricultura Neotropical, 5(3), 34-39.

SILVA, J. M. C. ET AL. (2018). **Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas.** Scientific reports, 8(1), 1-10.

SILVA, J. S. ET AL. **Restauração de áreas degradadas da Caatinga: lições aprendidas e desafios.** In: LIMA FILHO, M. P.; BARBOSA, M. R.; TROVÃO, D. M. B. (Org.). *Semiárido em Foco: mudanças climáticas, recursos hídricos e segurança alimentar.* Recife: Editora UFPE, 2015. p. 335-348.

SILVA, L. F. ET AL. **Methods for breaking dormancy in seeds of *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae).** Ciência Florestal, v. 29, n. 2, p. 845-856, 2019.

SILVEIRA, F. A., & NEGREIROS, D. (2016). **Dormência e germinação em sementes de espécies lenhosas brasileiras.** Enciclopédia Biosfera, 13(24), 1287-1303.

SILVEIRA, F.A.O., NEGREIROS, J.R.S., BARBOSA, J.L., SAMPAIO, E.V.S.B. (2005). **Plantas da Caatinga: Espécies e suas Características.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica.

SOUSA, F. B. ET AL. **Evaluation of biological activities of *Senna spectabilis* (canafístula).** Journal of ethnopharmacology, v. 232, p. 356-363, 2019

TAVARES, R. L., ET AL. (2012). **Dormancy overcoming and germination in seeds of *Hymenaea martiana* Hayne (Fabaceae - Caesalpinioideae)**. Revista Brasileira de Sementes, 34(4), 663-671.

VÁZQUEZ-RAMOS, J.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J.L. **Seed dormancy breaking in tropical rainforest species**. Seed Science Research, v. 29, n. 4, p. 251-262, 2019.

WENDLING, I., CARPANEZZI, A.A., LEITE, H.G., 2006. **Germinação de sementes de *Senna multijuga* (L. C. Rich) Irwin et Barn. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos**. Ciência Florestal 16, 163-171.

ZWIRTES, A., PILECCO, M., NESI, C.N., RADUNZ, A.L., SIQUEIRA, J.O. (2013). **Germinação de sementes de Leguminosas Arbóreas Nativas em diferentes condições de temperatura e luminosidade**. Ciência Florestal, 23(1), 65-73.