



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ROBEVANIA DA SILVA ALVES ALMEIDA

**PEQUENOS RUMINANTES E OZÔNIO NA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES FLORESTAIS**

AREIA

2024

ROBEVANIA DA SILVA ALVES ALMEIDA

**PEQUENOS RUMINANTES E OZÔNIO NA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES FLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

**Orientadora: Riselane de Lucena Alcântara
Bruno**

**AREIA
2024**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A447p Almeida, Robevania da Silva Alves. Pequenos
ruminantes e ozônio na superação da dormência de
sementes florestais / Robevania da Silva Alves Almeida.
- Areia:UFPB/CCA, 2024.
70 f. : il.

Orientação: Riselane de Lucena Alcântara Bruno.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Fabaceae. 3. Germinação. 4.
Hidrocondicionamento. 5. Vigor. 6. Pequenos ruminantes.
I. Bruno, Riselane de Lucena Alcântara. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

ROBEVANIA DA SILVA ALVES ALMEIDA

**PEQUENOS RUMINANTES E OZÔNIO NA SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE
SEMENTES FLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração Agricultura Tropical.

Aprovada em 26 de junho de 2023.

Prof.^a Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Orientadora – PPGA/UFPB

Dr. Cosmo Rufino de Lima

Examinador - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
(IFPE)/Campus Afogados da Ingazeira

Dr. Lucas Kennedy Silva Lima

Examinador - Universidade Estadual de Feira de Santana(UEFS), BA

AREIA

2024

À Deus e a Nossa Senhora. Aos meus pais, Rizeldo Alves do Nascimento e Margarida da Silva Alves, por todos os esforços e apoio ao longo da minha vida, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda força, paciência, proteção e sabedoria ao longo desses dois anos. E a Nossa Senhora por todo cuidado e por me guiar ao longo da minha vida.

Aos meus pais, Rizeldo Alves do Nascimento e Margarida da Silva Alves, por toda dedicação, amor e incentivo, por sempre acreditarem nos meus sonhos, e não medirem esforços para me ajudarem a realizá-los.

A meu esposo Nilson por todo apoio, paciência e companherismo em todos os momentos de minha vida, principalmente por acreditar junto comigo em meus sonhos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo consentimento da bolsa de estudos durante o curso de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro/UFPB) pela oportunidade na realização do Curso de Mestrado.

À minha orientadora Riselane de Lucena Alcântara Bruno, por me inserir na pesquisa, e mostrar o quanto essa área é linda e gratificante, agradeço pelo carinho, conselhos, dedicação e por acreditar em minha pesquisa.

Ao professor Ariosvaldo Nunes de Medeiros e professor Alberício Pereira de Andrade pelo auxílio na execução e condução da pesquisa, bem como pelas importantes contribuições à pesquisa.

Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias: Boi, Choriu, Rafael, João, Talles, Seu Severino e Seu Biu. Também aos funcionários da estação experimental de São João do Cariri – PB: Seu Moraes, Netinho, Paulo, Jair Alexandre e Macilene.

A minha amiga Caroline Marques pela amizade, desde o período da graduação por toda força e apoio ao longo desses anos.

Ao meu amigo Francisco Eudes pela amizade, paciência e por toda ajuda ao longo desses dois anos.

A meus amigos que me ajudaram em atividades durante a realização dessa pesquisa Lucygleide, Jackson, Luana, Amanda, Karialane, Daniella, Dayane, Maria Eduarda e Vinícius. Aos colegas do laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias – CCA-UFPB.

A todos os meus amigos que acompanharam o processo João Paulo, Gerlane Dantas, Gerlane Macêdo, Naldinho, Cleysson Cassimiro, pela amizade, força, apoio e incentivo durante esse mestrado.

RESUMO GERAL

O bioma Caatinga abriga milhares de espécies da flora, as quais contribuem para uma série de processos ecossistêmicos. Espécies da família Fabaceae com ocorrência neste bioma possuem potencialidades ecológicas, sociais e econômicas. No entanto, suas sementes apresentam, em sua maioria, dormência tegumentar, o que pode causar impedimento da retomada da germinação, desuniformidade e perda de produção. Dessa forma, ressalta-se a importância de pesquisas que viabilizem a superação da dormência nessas espécies. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a passagem de sementes pelo sistema digestório de pequenos ruminantes, bem como à exposição de sementes em água ozonizada, como métodos de superação da dormência tegumentar. O trabalho foi dividido em duas etapas, sendo cada uma descritas na forma de capítulo. No capítulo 01, avaliou-se a passagem das sementes de *Libidibia ferrea* (pau-ferro) e *Senna spectabilis* (canafístula) pelo sistema digestório de caprinos e ovinos por diferentes períodos. Avaliando-se o número de sementes recuperadas, germinação (%), índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea e raiz (mm) e massa seca da parte aérea e raiz (g). A passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos é efetiva para superação de dormência das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis*, conferindo maior desempenho fisiológico (33 e 35% respectivamente) em comparação as sementes intactas, ou seja, aquelas que não passaram pelo intestino dos animais. No capítulo 02, foram avaliadas três concentrações de O₃ (0, 10 e 20 mg.L⁻¹) por cinco períodos de condicionamento (0, 30, 60, 90 e 120 min), em sete espécies florestais. Posteriormente, foram avaliadas a primeira contagem de germinação (%), percentual de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento digital das plântulas (mm) e massa seca de plântulas (g). De modo geral, Concentrações de O₃, possibilitam a germinação de todas as sementes estudadas, bem como, A concentração de 20 mg.L⁻¹ de ozônio é benéfica para expressão do vigor das sementes, conferindo maior comprimento às plântulas. Os métodos de superação de dormência tegumentar empregados neste estudo têm grande potencialidade de uso, ressaltando-se a importância da realização de estudos complementares que investiguem diferentes formas de adição de sementes na base alimentar de pequenos ruminantes, bem como a análise de concentrações e períodos mais intensos de O₃ como mecanismos de superação da dormência tegumentar.

Palavras-chave: Fabaceae; germinação; hidrocondicionamento; vigor; pequenos ruminantes.

GENERAL ABSTRACT

The Caatinga biome is home to thousands of flora species, which originated from a series of ecosystem processes. Species of the Fabaceae family that occur in this biome have ecological, social and energetic potential. However, most of its seeds have tegumentary dormancy, which can prevent the resumption of germination, lack of uniformity and loss of production. Thus, we emphasize the importance of research that makes it possible to overcome dormancy in these species. Therefore, the objective of this study was to evaluate the passage of seeds through the digestive system of small ruminants, as well as the exposure of seeds to ozonated water, as methods of overcoming tegumentary dormancy. The work was divided into two stages, each one described in the form of a chapter. In chapter 01, the passage of *Libidibia ferrea* (ironwood) and *Senna spectabilis* (canafístula) seeds through the digestive system of goats and sheep for different periods was evaluated. Evaluating the number of recovered seeds, germination (%), germination speed index, average germination time, shoot and root length (mm) and shoot and root dry mass (g). The passage through the digestive system of goats and sheep is effective for overcoming dormancy of *L. ferrea* and *S. spectabilis* seeds, providing greater physiological performance (33 and 35% respectively) compared to intact seeds, that is, those that did not pass through the animals' intestines. In chapter 02, three concentrations of O₃ (0, 10 and 20 mg.L⁻¹) were evaluated for five conditioning periods (0, 30, 60, 90 and 120 min), in seven forest species. Subsequently, the first germination count (%), percentage of germination, germination speed index, digital length of seedlings (mm) and dry mass of seedlings (g) were evaluated. In general, O₃ concentrations enable the germination of all the seeds studied, as well as, The concentration of 20 mg.L⁻¹ of ozone is produced to express the vigor of the seeds, giving greater length to the seedlings. The methods for overcoming tegumentary numbness used in this study have great potential for use, emphasizing the importance of carrying out complementary studies that investigate different ways of adding seeds to the food base of small ruminants, as well as the analysis of hospitalizations and more intense periods of O₃ such as vomiting to overcome tegumentary numbness.

Key words: Fabaceae; germination; hydroconditioning; force; small ruminants.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - Ingestão de sementes de espécies da Caatinga por pequenos ruminantes e seu efeito na qualidade morfo-fisiológica

Figura 1. A. Número de sementes de *L. ferrea* recuperadas com base em diferentes períodos de excreção (A.1) e recuperação acumulada (A.2) após a passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos. ns, *, **, ***, não significativo, significativo a 5%, 1% e < 1%. **B.** Número de sementes de *Senna spectabilis* recuperadas com base em diferentes períodos de excreção (B.1) e recuperação acumulada (B.2) após a passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos. ns, *, **, ***, não significativo, significativo a 5%, 1% e < 1%.....43

Figura 2. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos (períodos/animais) com as variáveis analisadas em sementes de *L. ferrea* (A) análise de contribuição das variáveis (B) e análise de componentes principais (PCA). Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), germinação (G), comprimento parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRA), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz da germinação (MSRA). CAP – Caprino; OVI – Ovino.....44

Figura 3. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos (períodos/animais) com as variáveis analisadas em sementes de *S. Spectabilis* (A) análise de contribuição das variáveis (B) e análise de componentes principais (PCA). Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), germinação (G), comprimento parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRA), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz da germinação (MSRA). CAP – Caprino; OVI – Ovino.....46

Capítulo II - Ozônio na germinação e vigor de sementes florestais da caatinga

Figura 1. Esquema de pré-condicionamento de sementes de espécies florestais em água ozonizada.57

Figura 2. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos controle sem aplicação de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Catin – Catingueira; Can – Canafístula; JP – Jurema preta; Jur – Jureminha e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E)

e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).....60

Figura 3. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos concentração 10 mg.L^{-1} de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Can – Canafístula; JP – Jurema preta e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E) e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).....62

Figura 4. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos concentração 20 mg.L^{-1} de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Catin – Catingueira; Can – Canafístula; JP – Jurema preta; Jur – Jureminha e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E) e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).....63

Figura 5. Desdobramento entre espécies nas concentrações de ozônio de 0 mg.L^{-1} , 10 mg.L^{-1} e 20 mg.L^{-1} , na temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. PCG – Primeira contagem de germinação (A); Percentual de Germinação (B); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (C); Massa seca de plântulas (D) e Comprimento de plântulas (E).....65

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Ingestão de sementes de espécies da Caatinga por pequenos ruminantes e seu efeito na qualidade morfo-fisiológica

Tabela 1. Características morfológicas (mm) peso de mil sementes (g) e teor de água (°C) em sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea*. Os valores são a média \pm EP ($n = 30-35$ sementes).....42

LISTA DE ABREVIATURAS

B.O.D. - *Biochemical Oxygen Demand*

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil

CP - Comprimento de Plântulas

DBD - Descarga em Barreira Dielétrica

G % - Percentual de Germinação

IVG - Índice de Velocidade de Germinação

LAS - Laboratório de Análise de Sementes

MSP - Massa Seca de Plântulas

NEB - Nordeste do Brasil

NRC - National Research Council

O₂ - Oxigênio

O₃ - Ozônio

PCG - Primeira Contagem de Germinação

PVC - Policloreto de Vinilo

RP – Rolo de Papel

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UFV - Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1	Introdução geral.....	13
2	Referencial teórico	14
2.1	Bioma Caatinga.....	14
2.2	Espécies florestais forrageiras – Fabaceae	16
2.2.1	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby (Canafístula).....	17
2.2.2	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (Catanduva)	17
2.2.3	<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (Catingueira).....	18
2.2.4	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (Pau ferro ou jucá)	19
2.2.5	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir. (Jurema-preta)	19
2.2.6	<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd. (Jureminha)	20
2.2.7	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. (Leucena)	21
2.3	Dormência de sementes	21
2.4	Métodos de superação da dormência	23
2.5	Endozocoria na superação da dormência de sementes.....	24
2.6	Uso da ozonização em sementes.....	25
3	Referências	27
	CAPÍTULO I.....	36
1	Introdução	38
2	Material e métodos.....	39
2.1	Coleta e caracterização das sementes.....	39
2.2	Recuperação de sementes após a passagem intestinal	39
2.3	Germinação de sementes após a passagem intestinal	40
2.4	Análise dos dados	41
3	Resultados.....	41
4	Discussão.....	47
5	Conclusão.....	49
6	Agradecimentos.....	49
7	Referências	50
	CAPÍTULO II	53
1	Introdução	55
2	Material e Métodos	56
2.1	Material genético.....	56
2.2	Geração de gás ozônio e tratamento de sementes	56
2.3	Análise Estatística	58
3	Resultados.....	59
4	Discussão.....	66

5 Conclusão.....	68
6 Agradecimentos.....	68
7 Referências	69

1. Introdução geral

O processo de evolução vegetal envolve a formação de estruturas e estratégias metabólicas em sementes, que permitem assegurar a perpetuação das espécies às mudanças constantes do ambiente (Sepúlveda; El-Hani, 2014). Em florestas tropicais secas, as sementes apresentam impedimento físico externo, denominado de dormência tegumentar (Baskin; Baskin, 2014).

Este impedimento é formado por camadas finas de cera na superfície de proteção da semente, compostos químicos como suberina e cutina, como também o aparecimento de ácidos graxos nos espaços intercelulares da camada paliçádica (Marcos-Filho, 2015).

Embora estas estruturas garantam a perpetuação de algumas espécies com ocorrência natural em florestas tropicais secas, a dormência tegumentar pode implicar na desuniformidade, longos períodos de germinação e anormalidade das plântulas em projetos de recuperação e restauração, bem como em atividades comerciais de produção de mudas (Bewley et al., 2013).

Entre as diversas espécies florestais que podem ser utilizadas em programas de restauração ambiental, destacam-se a *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby (canafístula); *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (catanduva); *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (catingueira); *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (pau ferro); *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema preta); *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. (jureminha) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (leucena), devido às suas características melíferas em áreas de criação e conservação de abelhas nativas, bem como, pelo seu alto potencial ecológico e econômico nos Estados do Nordeste e parte do Estado de Minas Gerais (Maia-Silva et al., 2012).

No entanto, essas sementes de espécies da família Fabaceae apresentam dureza tegumentar, o que pode limitar parcialmente ou completamente o processo germinativo (Illescas-Gallegos et al., 2021). A partir disso, alguns estudos têm sido realizados a fim de se determinar métodos eficazes para superação da dormência tegumentar das sementes e redução da sua impermeabilidade à água (Rosa-Magri; Meneghin, 2014), uma vez que algumas metodologias convencionais, como escarificação química em diferentes concentrações e tempo, escarificação mecânica com auxílio de lixas e ou desponte, bem como a imersão em água quente por diferentes temperaturas e tempos de exposição utilizadas podem causar danos às sementes, aumentar infecções e prejudicar o crescimento das plantas, além de exigir trabalho exaustivo e representar riscos à saúde do analista e ao meio ambiente (Silva et al., 2018).

Entre os métodos com grande potencial para superação da dormência tegumentar, está

a passagem de sementes pelo sistema digestivo de pequenos ruminantes (Sena; Almeida, 2020), bem como exposição a ambientes ozonizados (Oliveira et al., 2020), que auxiliam na abertura de novas fendas na região da camada cerosa e/ou desestruturam as camadas paliçádicas, permitindo maior entrada de água para retomada do processo germinativo (Pandiselvam et al., 2020; Sena; Almeida, 2020).

A passagem pelo sistema digestório de pequenos ruminantes pode ocasionar diferentes alterações na estrutura externa e interna das sementes, uma vez que durante a ingestão, a semente passará por atritos e contatos com o suco gastrointestinal (Wang et al., 2017). Já em contato com ambientes ionizados, as sementes expostas passam por uma forte ação oxidante (Monteiro et al., 2021), contribuindo para a superação da dormência (Pandiselvam et al., 2020) no efeito positivo da qualidade fisiológica de sementes e no controle de patógenos (Oliveira et al., 2020).

Diante da importância que as espécies supramencionadas apresentam para conservação e programas de desenvolvimento de regiões semiáridas, bem como das potencialidades de uso das técnicas para maximização da germinação de sementes, objetivou-se com este trabalho avaliar a superação de dormência tegumentar, a partir da passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos, assim como o uso de água ozonizada, em diferentes tempos de ozonização, com intuito de melhorar aspectos da qualidade fisiológica das sementes em estudo.

A dissertação foi estruturada em dois capítulos, sendo cada capítulo organizado na forma de artigo, conforme apresentado a seguir:

O primeiro capítulo intitulado “Ingestão de sementes de espécies da Caatinga por pequenos ruminantes e seu efeito na qualidade morfofisiológica”, busca analisar os efeitos da passagem de sementes pelo sistema digestivo de caprinos e ovinos, avaliando a qualidade fisiológica destas, registrando o número de sementes recuperadas, bem como o potencial germinativo após a digestão. O segundo capítulo intitulado “Ozônio na germinação e vigor de sementes florestais da caatinga”, busca avaliar se concentrações de O₃ em diferentes períodos confere a retomada dos processos germinativos em sementes com dureza tegumentar, bem como, observar os efeitos das concentrações e períodos de exposição e se a resposta da germinação das sementes ao O₃ é refletida em decorrência das espécies.

2. Referencial teórico

2.1. Bioma Caatinga

A Caatinga, um bioma que abrange uma extensa área no Semiárido brasileiro, destaca-se por sua notável diversidade ecológica de espécies vegetais, sendo reconhecido como o maior

bioma em condições semiáridas em termos de diversidade de espécies (Arnan, et al., 2018). Ocupa uma extensão de 912.519 km², caracterizada por uma vegetação arbustiva decídua, onde ocorre a queda das folhas durante a estação seca (Veloso et al., 2002; Silva et al., 2017).

No contexto da divisão geográfica brasileira, o bioma Caatinga está localizado entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, e abrange cerca de 54% da região Nordeste do Brasil (NEB). Esse bioma engloba completamente o Estado do Ceará e partes dos estados de Alagoas, Bahia, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, além disso, também inclui uma parte do Estado de Minas Gerais, situada na região Sudeste do Brasil (Ganem *et al.*, 2020).

A Caatinga é considerada um dos maiores biomas brasileiros, onde apresentam sua vegetação constituída por espécies xerófilas, em que suas espécies são adaptadas ao clima quente e seco, muitas dessas espécies apresentam a característica caducifólia, ou seja, queda das folhas. Essa característica é fundamental para a sobrevivência dessas plantas em ambientes secos e quentes para a maioria das espécies, possibilitando o surgimento de grande quantidade de fitomassa (Araújo et al., 2010).

A localização geográfica em que o bioma está inserido entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, faz com que a Caatinga fique a uma elevada radiação solar durante todo o ano, ocasionando longos períodos de seca, períodos estes que a depender da localidade apresentam duração de seis a onze meses sem chuvas (Moro et al., 2016). Relacionado aos índices pluviométricos são consideravelmente baixos, podendo variar de 250 a 900 mm por ano (Alves et al., 2009).

O clima da Caatinga, comparado a outros biomas brasileiros, é considerado extremo, o qual possui a mais baixa e irregular precipitação pluvial anual. A temperatura média tem variação entre 25 e 30°C, não apresentando tanta diferença entre os meses de inverno e verão, e na época das chuvas, a água não consegue ser armazenada, ela é escoada rapidamente nos solos pedregosos, explicando assim, as altas taxas de evapotranspiração (Ganem, 2017).

As florestas tropicais secas apresentam grande heterogeneidade em relação aos fatores edafoclimáticos que formam esse bioma, muitos estudiosos buscam soluções sobre a sustentabilidade ecológica posto em plano de manejo florestal, em que buscam alguma conclusão concreta a respeito do que vem afetando a biodiversidade florística desse bioma (Riegelhaupt et al., 2010).

Devido as constantes crises ambientais e econômicas, a insustentabilidade dos sistemas econômicos, político e social, a educação ambiental surge como alternativa de

mudança, para que tenha capacidade em educar para a sustentabilidade e para a cidadania ambiental (Santos et al., 2011).

O cenário observado nas florestas tropicais secas no decorrer dos anos é preocupante, pois os processos de degradação e fragmentação dos ecossistemas naturais vem avançando cada vez mais, isso devido a diversos fatores, tais como à expansão da fronteira agrícola, pecuária e crescimento de centros urbanos.

A utilização inadequada dos recursos naturais no bioma Caatinga ao longo dos anos, fizeram com que as áreas se tornassem susceptíveis a problemas ambientais como a compactação do solo e a perda da fertilidade natural, acarretando em consequências grandiosas como a degradação ambiental, necessitando da adoção de práticas que visem a sua recuperação (Brançalion et al., 2012; Melo et al., 2013).

As retiradas e queimadas da vegetação nativa bem como as atividades agropecuárias, recorrentes das ações antrópicas, principalmente no Nordeste brasileiro, são considerados causas principais responsáveis pela degradação ambiental, e também a perda da biodiversidade da região (Ribeiro et al., 2017).

O Bioma Caatinga teve grande parte de suas características geocológicas perdidas por intermédio da ação humana, ação esta que fez com que este bioma venha sendo considerado um dos biomas brasileiros mais alterados, em consequência das ações antrópicas e atividades socioeconômicas (Trigueiro, 2009).

2.2 Espécies florestais forrageiras – Fabaceae

A família Fabaceae ou Leguminosae corresponde à terceira maior família das angiospermas, em que possui uma ampla distribuição geográfica representados por cerca de 750 gêneros e mais de 19.000 espécies (Khalaf et al., 2019). Algumas espécies da família Fabaceae são conhecidas por serem ricas em diferentes metabólitos secundários, especialmente antraquinonas (Azevedo; Conceição, 2017).

No meio ambiente as leguminosas forrageiras tropicais apresentam um impacto positivo, devido as principais características que possuem como: a sua fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, seu alto valor nutritivo, seu sistema de raiz pivotante profundo, a presença de metabólitos secundários específicos, bem como a ampla diversidade taxonômica e genética (Schultze-Kraft et al., 2018).

Em florestas tropicais secas, algumas sementes apresentam uma condição especial de adaptação ambiental, fazendo com que o processo da germinação ocorra apenas quando as condições ambientais tornam-se favoráveis para a sobrevivência da planta (Kiill, 2012).

Com isso, a necessidade para a obtenção de mudas com finalidade de implantação em projetos de arborização urbana, recuperação de áreas degradadas, reposição florestal como também em programas de reflorestamento, faz com que a produção de sementes de espécies florestais ganhe bastante notoriedade, com finalidade de contribuir para a preservação das espécies florestais nativas em extinção, entre outras atividades, que necessitam deste insumo (Vieira et al., 2011).

Entre as diversas espécies florestais merecem ser destacadas: *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby (canafístula); *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (catanduva); *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (catingueira); *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (pau ferro); *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema preta); *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. (jureminha) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (leucena), pelo auto potencial econômico, social e ambiental.

2.2.1 *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby (Canafístula)

O gênero *Senna* tem grande destaque na família das Fabaceae, por possuir um total de quase 350 espécies distribuídas nos territórios das zonas tropicais e subtropicais (Khalaf et al., 2019).

As árvores da espécie *S. spectabilis* pertence à família Fabaceae, é popularmente conhecida como são-joão, cássia do nordeste, canafístula-de-besouro e pau-de-ovelha. São árvores que tendem a atingir de seis a nove metros de altura, suas flores são assimétricas, as cores de suas sépalas amareladas, seus frutos do tipo vagem de coloração negra quando amadurecidos e cheiro adocicado com sementes apresentando dormência tegumentar (Lorenzi, 2002). A espécie de *S. spectabilis* são comumente encontradas nos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Bezerra, 2013). São empregadas no Brasil principalmente no paisagismo, por apresentar grande beleza em suas flores amarelas, bem como no emprego da recomposição em áreas degradadas.

As sementes de canafístula, são consideradas dormentes, ou seja, tem seu tegumento impermeável, necessitando de algum método para superar sua dormência tegumentar, sendo recomendado várias técnicas para a superação da dormência, podendo ser utilizada a escarificação química ou física, com indicação de vários tempos de exposição para cada espécie (Piña-Rodrigues; Martins, 2012).

2.2.2 *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (Catanduva)

A espécie *P. moniliformis*, pertence a família Fabaceae, conhecida popularmente como angico-de-bezerro ou rama-de-bezerro, catanduva (Azeredo et al., 2010). É uma espécie de crescimento arbóreo, pioneira, decídua e heliófita, considerada rústica, com características de crescimento rápido, suas árvores podem atingir de quatro a nove metros de altura (Benedito et al., 2011). É considerada uma árvore de grande potencial econômico, por ser uma planta forrageira e apícola, bem como adaptada a solos de textura variados, característicos da Caatinga e semiárido (Maia-Silva et al., 2012).

P. moniliformis é bastante indicada na recuperação de áreas degradadas, sua madeira é utilizada para lenha e produção de aglomerado, suas folhas para forragem na alimentação animal e flores na apicultura para produção de mel (Azerêdo et al., 2011; Nascimento et al., 2015).

A espécie *P. moniliformis*, é de grande importância econômica, no entanto, suas sementes pode levar mais de 21 dias para germinar, isso se dá pelo fato destas apresentarem dureza tegumentar (Brasil, 2013).

2.2.3 *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (Catingueira)

A *C. pyramidale* é uma planta pertencente à família Fabaceae. Essa espécie é de grande importância na medicina popular, suas partes como a entrecasca, as folhas, as flores e as sementes, são amplamente utilizadas para o tratamento de diversas enfermidades, desde distúrbios do trato digestivo e respiratório, a inflamações e dores em geral, bem como sua madeira que é de grande utilidade doméstica na utilização de lenha nas regiões rurais (Albuquerque et al., 2007; Magalhães et al., 2019; Sousa et al., 2021).

A espécie *C. pyramidale* é endêmica do sertão nordestino, em que é caracterizado por solos pedregosos, ela também é conhecida popularmente como: catingueira, pau-de-porco, catinga de porco, pau-de-rato, mussitaiba e catingueira-das-folhas-largas (Mendonça, et al., 2016).

São árvores que chegam a medir cerca de quatro a oito metros de altura, em algumas regiões podem chegar a dez metros, e um diâmetro de até 50 cm quando é encontradas em várzeas úmidas, enquanto em regiões do Semiárido, ela se reduz a arbustos de menos de dois metros e poucos centímetros de diâmetro na base (Neiva, 2020).

Seu potencial econômico principal é a sua madeira, utilizada principalmente nas construções civis, na produção de lenhas e de carvão, além de possuir um potencial para

reflorestamento, por ser uma espécie que pode habitar aos mais variados tipos de solos, em que permite a recuperação de áreas degradadas (Santana et al., 2012).

2.2.4 *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (Pau ferro ou jucá)

A *L. ferrea*, pertence à família Fabaceae, popularmente conhecida como pau-ferro ou jucá, é uma espécie lenhosa de copa arredondada, tem ocorrência natural desde a Caatinga nordestina até a Floresta pluvial Atlântica no Sudeste do Brasil (Lorenzi, 2020). É uma espécie nativa do bioma Caatinga, com vasta aparições em todo o Brasil, sendo mais abundante nas regiões Norte e Nordeste por suas características morfológicas adaptáveis as regiões (Lewis, 2005).

As árvores da espécie podem atingir de 10 a 20 metros de altura, atribuída de tronco liso e escuro, com manchas brancas irregulares, com crescimento rápido e a tolerância ao plantio ganham destaque para utilização em reflorestamentos misto, bem como, pode ainda ser indicada na arborização de centros urbanos e na construção civil com finalidade de recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 2020).

As suas folhas são bipinadas, medindo cerca de 15 a 19 cm de comprimento (Lorenzi, 2020), seus frutos com tamanho de 7 a 10 cm de comprimento (Silva et al., 2017) e sementes nas formas alongada, obovada, angular e arredondada, em torno de 5 a 10 mm de comprimento e de 4 a 6 mm de largura (Lima et al., 2019). O tegumento das sementes de *L. ferrea* é duro e impermeável, impedindo a absorção de água e oxigênio, fazendo com que seja prejudicado a germinação e uniformidade das plântulas, conseqüentemente afetando a produção de mudas (Santana et al., 2011).

As árvores da espécie *L. ferrea* são de importância econômica, ecológica e medicinal (Santos et al., 2013). Estudos realizados principalmente na região Norte certificam as diversas propriedades farmacológicas da espécie, encontrados principalmente na casca do fruto, como também em suas folhas, são utilizadas como suplemento em deficiências de ferro (Silva et al., 2010). Na entrecasca o extrato que é produzido pela espécie contém propriedades que pode ser utilizada no combate à asma e condições diabéticas (Vasconcelos et al., 2011). Enquanto nos extratos aquosos presentes em seus frutos e cascas são utilizados na medicina popular como analgésicos, bem como no tratamento de doenças inflamatórias (Pereira et al., 2016).

2.2.5 *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Jurema-preta)

M. tenuiflora, também conhecida como “jurema-preta”, é uma planta xerófila do

gênero *Mimosa*, pertencente a família Fabaceae (Duarte Filho et al., 2022). Esta espécie é amplamente distribuída em florestas tropicais secas, com ocorrência no Nordeste brasileiro, incluindo áreas de apicultura (Bezerra et al., 2021).

É uma árvore considerada arbóreo-arbustivo que tem seu crescimento variado entre 2,5 a 5 metros de altura, suas folhas são compostas, alternas, bipinadas com 4 a 7 pares de pinas, contendo 15 a 33 folíolos de 5 a 6 mm de comprimento, suas flores são alvas, pequenas, reunidas em espigas isoladas de 4 a 8 cm de comprimento, seu fruto é do tipo vagem deiscente, medindo 2,5 a 5 cm de comprimento e contendo 4 a 6 sementes e seus galhos possuem espinhos (Dourado et al., 2013).

A espécie de *M. tenuiflora* é de grande importância na área farmacéutica, com propriedades extraídas em sua casca, vem sendo utilizada em tratamentos para queimaduras e infecções (Magalhães et al. 2018), bem como, estudos realizados, indicam um potencial efeito antidepressivo (Duarte Filho et al., 2022).

É também utilizada em reflorestamento, por possuírem raízes desenvolvidas em solos degradados e compactados, podendo ser indicada em estágios iniciais de recuperação da cobertura florestal (Souza et al., 2016).

Outra utilização da espécie *M. tenuiflora* com grande representatividade é na alimentação animal para caprinos e bovinos, podendo ser usada em sua forma in natura como também fenada. Sua madeira proveniente do tronco é bastante utilizada na produção de lenha e de carvão vegetal, pois possui grande poder calorífico, que também é de grande duração, podendo ser utilizado em forjas e fundição (Pereira Filho et al., 2003; Oliveira et al., 2006).

2.2.6 *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. (Jureminha)

D. virgatus é uma espécie pertencente a família Fabaceae, com alta adaptabilidade a diferentes condições de clima e solo, em que tem grande ocorrência na região do Nordeste, é uma planta subarbustiva perene de ramificações em sua base, possui altura de 3 a 4 m e 3 a 10 mm de diâmetro basal, inflorescência axilar, de vagens estreitas e lineares, talos esbeltos, angulares e expressivos (Andrade et al., 2020).

Na Paraíba, em diversas microrregiões, a jureminha é encontrada de forma natural serve de alimentação animal por possuir alta palatabilidade. É uma planta muito resistente, dispõe de alta taxa de produção de sementes, com elevada taxa de crescimento vegetativo, permite diversos cortes e podas durante o ano, favorecendo o pastejo e alimentação para os animais, é também

adaptada as condições das regiões semiáridas adaptando-se aos locais com índices pluviométricos entre 250-1.500 mm e altitude de até 1.250 m (Diniz Neto, et al., 2013).

Como muitas espécies leguminosas, a *D. virgatus* é também capaz de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, podendo, assim, garantir parte de suas exigências em nitrogênio por meio do processo de fixação biológica, (Andrade et al., 2020).

A espécie possui dormência tegumentar em suas sementes que podem restringir as trocas de água e gases, resultando em lenta e desigual germinação, com efeitos negativos no desenvolvimento da planta (Braz et al., 2022).

2.2.7 *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Leucena)

A espécie *L. leucocephala* é uma planta nativa das Américas, pertencente à família Fabaceae, seu porte é caracterizado como arbóreo-arbustiva (Silva, 2017). A planta possui um sistema radicular profundo, caracterizado por poucas raízes laterais próximas ao solo, suas folhas são bipinadas, a inflorescência é globosa e solitária, flores brancas e sementes marrons, (Oliveira, 2008). A *L. leucocephala*, é uma espécie de verão, com folhas o ano todo, por isso, são utilizadas na produção de forragem e adubação verde (Sganzerla, 2017).

A *L. leucocephala* possui uma alta capacidade de rebrota durante o período seco, essa característica permite ser a forrageira mais promissora para a região do Semiárido, devido a adaptação às condições climáticas áridas e pela excelente aceitabilidade dos animais (Pompeu et al., 2015). A utilização como alimentação animal, é devido a sua alta palatabilidade, em que os animais predominantes das regiões tropicais, aumentem sua produtividade, onde as pastagens predominantes não conseguem suprir as necessidades nutricionais dos animais (Rusdy, 2016).

A leucena por apresentar sementes duras, tem seu crescimento tardio, que consequentemente ocasiona uma produção desigual, sendo assim, para seu plantio é indicado que seja feito através de mudas, no entanto, é necessário a realização da superação da dormência em suas sementes, ocasionado pela impermeabilidade do tegumento (Silva Dias et al., 2022).

2.3 Dormência de sementes

A dormência das sementes é uma característica adaptativa fundamental em espécies de plantas superiores, desempenhando um papel crucial na prevenção da germinação em condições ecológicas desfavoráveis (Pausas et al., 2022).

A dormência pode ser classificada a partir do modo que ocorre o impedimento da germinação, podendo ser classificada em cinco tipos: fisiológica (apresentação de substâncias

que dificultam as reações fisiológicas essenciais para desencadear a germinação), morfológica (sementes separadas com o embrião ainda imaturo ou não integralmente formadas), morfofisiológica (embrião imaturo combinado com a presença de inibidores), física (tegumento das sementes é impermeável à água) e física mais fisiológica (sementes com tegumento impermeável combinado com a aparição de inibidores) (Baskin; Baskin, 2014).

A dormência da semente consiste em um bloqueio por um período de tempo inerente ao término da germinação, o fenômeno da dormência contribui com o aumento do tempo necessário para a dispersão da semente, se remete a dispositivos presentes nas sementes em que ela adquiriu ao longo do tempo para a perpetuação da espécie, contribuindo por exemplo: a distâncias geográficas maiores, ciclo de dormência sazonal presente no banco de sementes no solo, bem como favorecendo o aumento da sobrevivência da plântula em que ocorra a razão da inibição da germinação em condições que não são propícias para a sobrevivência (Taiz et al., 2017).

Em regiões cujo clima é considerado quente e árido, espécies principalmente da família Fabaceae apresentam em sua grande maioria sementes com tegumento impermeável (Illescas-Gallegos et al., 2021).

Algumas espécies florestais nativas desenvolveram mecanismos de sobrevivência em suas sementes, que, embora viáveis, não conseguem germinar mesmo quando as condições ambientais parecem favoráveis, isso ocorre devido a estruturas morfológicas, como tegumento em sementes, resultando em uma condição conhecida como dormência, sendo que a superação dessa pode exigir tratamentos especiais para estimular a germinação, podendo manifestar-se de forma física, morfológica e fisiológica (Albuquerque et al., 2007).

Muitas espécies de plantas desenvolveram a habilidade de sincronizar a transição da dormência para a germinação de suas sementes com precisão, de forma a iniciar seus ciclos de vida de maneira eficiente (Yang et al., 2020). Esses mecanismos de adaptação são ainda mais frequentes em muitas espécies de plantas florestais que produzem camadas estruturais em suas sementes, restringindo à passagem de água através de envoltórios (Lopes et al., 2005).

O desenvolvimento desses envoltórios nas sementes ocorre por meio de integumentos do óvulo, resultantes dos tegumentos tégmen (barreira interna) e testa (barreira externa) composta de uma camada de células paliádicas de paredes espessas, denominadas macroesclereídeos, dispostas de forma alongada perpendicularmente à superfície da semente (Matos et al., 2015).

A composição e formação das estruturas dos tegumentos em sementes estão ligadas a uma série de fatores físicos e químicos, que se relacionam entre si, como mecanismo de proteção contra danos a estruturas internas e externas, que muitas vezes são agentes principais na determinação da qualidade fisiológica das sementes.

A dureza tegumentar pode ser causada por uma série de fatores que isolados ou combinados, podem resultar na impermeabilidade de água, tais como: a existência de camada cerosa na superfície de proteção da semente, suberina e cutina nas camadas superficiais do tegumento, aparecimento de ácidos graxos nos espaços intercelulares da camada paliçádica, oxidação de compostos fenólicos presentes em células pigmentadas do tegumento, degradação de lignina na base das células, dentre outros (Marcos-Filho, 2015).

Portanto, em sistemas de produções agrícolas, a dormência é vista como um problema indesejável que impede a rápida germinação, gerando problemas como a desuniformidade entre as mudas, além de maior tempo de exposição das sementes e mudas às condições adversas, como a ação de pássaros, insetos, doenças e o maior risco de perda de sementes por deterioração (Azerêdo et al., 2016).

2.4 Métodos de superação da dormência

Com os processos de modernização da agricultura e a necessidade de se produzir com maior periodicidade para sustentar a demanda alimentar mundial, fez-se necessário investir intensivamente em técnicas que possibilitassem solucionar problemas causados pela dormência em sementes, tendo em vista que isto também, beneficia diretamente a indústria de produção agrícola, os projetos de arborização em larga escala e aos viveiristas.

Algumas sementes, apesar de serem viáveis, apresentam um estado de dormência que impede sua germinação mesmo em condições ambientais ideais, como umidade, temperatura e disponibilidade de oxigênio, sendo estas consideradas dormentes. (Carvalho; Nakagawa, 2000).

Para isso, foram empregados métodos como escarificação mecânica e química, que logo passaram a ser utilizados para realizar a quebra da barreira física da semente e assim facilitar a germinação simulando processos que ocorrem naturalmente no ambiente, pela ação do intemperismo e pancadas após a dispersão (Alexandre et al., 2009).

Esse processo faz com que essa barreira física pode ser superada a partir da ruptura dos tecidos utilizando técnicas não destrutíveis, como a escarificação mecânica, que atua como uma perfuração, retirando um pedaço ou lixamento do tegumento, que pode ser manuseado com uso

de alicate, cortador de unha, de modo que, deve ser realizado na região oposta à protrusão da radícula (Brasil, 2009).

A aplicação de métodos a base de compostos químicos, necessitam de uma atenção constante, visto que, uma dosagem elevada pode acarretar problemas na estrutura da semente responsável pela germinação.

Além desses métodos, há também alguns menos intensos e que não apresentam tanta habilidade para o processo de submersão, como das sementes com dormência tegumentar, expostas a imersão em água quente em altas temperaturas e por longos períodos (Sperandio et al., 2013).

No entanto, todos estes métodos para a superação de dormência tegumentar, podem acarretar diversos problemas aos indivíduos que atuam neste campo de trabalho, desde doenças, devido ao contato com substâncias químicas, até o desgaste físico causado por longas jornadas de atuação, bem como ao ambiente em que se é descartado os resíduos finais (Pereira, 2016).

Nessa perspectiva, estudos realizados com a influência de pequenos ruminantes, bem como a utilização de aplicação de água ionizada, podem contribuir para a diminuição destes impactos e podem acelerar o processo de superação de dormências em sementes florestais.

2.5 Endozoocoria na superação da dormência de sementes

A dispersão de sementes é um fenômeno essencial na ecologia das plantas, sendo amplamente definido como o processo de distribuição espacial dos diásporos até locais propícios para a germinação, promovendo assim um aumento significativo em sua probabilidade de sobrevivência (Schupp et al., 2010).

A endozoocoria é um processo de dispersão de sementes realizado pelos animais, ocorre com a digestão e posterior liberação destas, em que algumas sementes possuem a capacidade de continuarem viáveis mesmo passando pelo sistema digestório dos animais, dispersadas ao longo do caminho percorrido (Campos, 2017). A endozoocoria é de grande importância para a perpetuação da espécie, podendo contribuir com aproximadamente 75% dos processos dispersivos (Oliveira; Lemes, 2010).

Na endozoocoria, a dispersão de sementes pode ser considerada de duas formas: parcial ou de regurgitação, onde as sementes são ingeridas e regurgitadas; e a endozoocoria total, quando diásporos são ingeridos e posteriormente defecados (Baltzinger et al., 2019).

Essa estratégia de dispersão permite que as sementes sejam transportadas por animais, facilitando sua disseminação para novos locais e aumentando suas chances de germinação e estabelecimento.

No entanto, a simples permanência das sementes no solo não é suficiente para garantir seu sucesso. Portanto, a endozoocoria, que envolve a dispersão das sementes através do sistema digestório dos animais, desempenha um papel crucial ao permitir que as sementes sejam transportadas para novos locais adequados para germinação e crescimento (Senaa; Almeida, 2020).

Para que a endozoocoria seja eficaz, é preciso que ocorra a superação da resistência das sementes, e permissão da viabilidade desta à germinação. Em algumas espécies arbóreas, ocorre a superação da dormência após as sementes serem ingeridas e passarem pelo sistema digestivo dos animais (Silva; Oliveira, 2000).

A avaliação desse processo é de grande dificuldade, pois deve-se obter amostras de bolo alimentar para realizar a análise da viabilidade de sementes logo após a mastigação, durante a mastigação danos podem ocorrer no eixo embrionário, se tornando letais à semente, podendo até superar a dormência, no entanto não haverá germinação (Deminicis et al., 2012).

Os caprinos e ovinos, como pequenos ruminantes, compartilham muitas semelhanças em seu sistema digestório, no entanto, existem diferenças significativas quando se observa a composição microbiana do rúmen desses animais, onde foi constatado que há variações na diversidade e abundância de espécies bacterianas presentes no rúmen de cada espécie, diferenças que podem ter impactos na fermentação dos alimentos e na eficiência digestiva desses animais (Trabi et.al., 2019).

Fatores quantitativos e qualitativos estão diretamente ligados ao sucesso final da germinação assim que as sementes são ingeridas pelo animal, isso está inteiramente ligado ao número total das sementes e palatabilidade dos frutos que foram consumidos, bem como o sistema digestivo do animal (Albert et al., 2015).

2.6 Uso da ozonização em sementes

A utilização do gás de ozônio para superar a dormência nas sementes, surge como uma grande oportunidade para a propagação das espécies, especialmente diante do considerável avanço dos desmatamentos nos biomas florestais.

O ozônio é conhecido como uma alternativa aos métodos tradicionais de controle de microorganismos e insetos em armazenamento, além disso, há relatos na literatura que indicam um efeito positivo do ozônio na fisiologia e qualidade das sementes (Pandiselvam et al., 2020).

Da mesma forma, a demanda por produzir alimentos com sementes de alta qualidade física, genética e sanitária é de grande importância para pesquisadores científicos e produtores de sementes, nesse sentido, o tratamento com ozônio, devido ao seu alto potencial oxidativo,

demonstra eficácia comprovada no controle de bactérias, vírus e fungos (Alencar et al., 2021). Além de proporcionar a superação da dormência, a utilização do ozônio vem sendo avaliado para melhorar a qualidade sanitária dessas sementes (Ferreira, 2016).

O uso da água ozonizada tem se mostrado uma alternativa em substituição aos agentes químicos tradicionais, apresentando alta eficiência a baixas concentrações, em um período curto de contato e sem formação de produtos tóxicos, pois é altamente reativo e não deixa resíduos na semente (Maximiano, 2018).

A utilização do tratamento com o ozônio também apresenta eficiência para desestruturação da parede celular vegetal, uma vez que o ozônio é altamente reativo com compostos que possuem ligações duplas conjugadas e grupos funcionais com alta densidade de elétrons (Travaini et al., 2013).

Para a utilização do método de ozônio deve ser considerada o meio de aplicação, seja por meio de fumigação ou imersão em água ozonizada, deve-se levar em consideração a quantidade de concentrações quanto o tempo da exposição em que produto venha ser tratado (Coelho et al., 2015).

REFERÊNCIAS

- ALBERT, A.; AUFFRET, A.; G.; COSYNS, E.; COUSINS, S.; A.; O.; D'HONDT, B.; EICHBERG, C. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: A trait-based meta-analysis. **Oikos**, v. 124, n. 9, p. 1109-1120, 2015. doi: 10.1111/oik.02512. 2015.
- ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M.; ALMEIDA, Í. F. D.; CLEMENTE, A. D. C. S. Métodos para a superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, s/n. , p. 1716-1721, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600017>
- ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS., P. M.; ALMEIDA, A. L. S.; MONTEIRO, J. M.; NETO, E. M. F.L.; MELO, J. G.; SANTOS, J. P. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 114, n. 3, p. 325–354, 2007.
- ALENCAR, E. R. D.; JOJOA, W. A.; SILVA, K. N.; SOUZA, N. O. S. Ozonation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.): saturation and decomposition kinetics of ozone and physiological quality of seeds. 2021. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3p1019>.
- ALEXANDRE, R.S.; GONÇALVES, F.G.; ROCHA, A.P.; ARRUDA, M.P.; LEMES, E.Q. Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.156-159, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119017351006>.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDRADE, M. V. M.; CONCEIÇÃO SARMENTO, E.; ALVES, A. R.; SANTANA, L. P.; GUALTER, R. M. R. Promoção do desenvolvimento de *Desmanthus virgatus* L. Willd por ação de Rizóbios. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 681-691, 2020. DOI:10.17765/2176-9168.2020v13n2p681-691.
- ARAÚJO, M. M.; SANTOS, R. V.; VITAL, A. D. F. M.; ARAÚJO, J. L.; FARIAS JR, J. A. Uso do fósforo em gramíneas e leguminosas cultivadas em Neossolo do semi-árido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 1, p. 40-46, 2010. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v6i1.66>.
- ARNAN, X.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; ANDRADE, J. F.; BARROS, M. F.; CÂMARA, T.; ... ANDERSEN, A. N. A framework for deriving measures of chronic anthropogenic disturbance: surrogate, direct, single and multi-metric indices in Brazilian Caatinga. **Ecological Indicators**, v. 94, s/n., p. 274-282, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.001>.
- AZERÊDO, G. A. D.; PAULA, R. C. D.; VALERI, S. V. Determining the viability of *Piptadenia moniliformis* Benth seeds with the tetrazolium test. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, s/n, p. 61-68, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100007>.
- AZEREDO, G. A. D.; PAULA, R. C. D.; VALERI, S. V.; MORO, F. V. Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, s/n, p. 49-58, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200006>.

- AZEVEDO, F. P.; SOUZA CONCEIÇÃO, A. The genus *Senna* Mill. (Leguminosae: Caesalpinioideae) in the Serra Geral of Licínio de Almeida, Bahia, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 39, n. 1, p. 95-112, 2017.
- BALTZINGER, C.; KARIMI, S.; SHUKLA, U. Plants on the move: Hitch-hiking with ungulates distributes diaspores across landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 7, s/n, p. 38, 2019. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00038>.
- BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2^a ed. San Diego, USA: Academic/Elsevier, 2014.
- BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M.C.C.; TORRES, S.B.; CAMACHO, R.G.V.; SOARES, A.N. R.; GUIMARÃES, L.M.S. Armazenamento de sementes de catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) em diferentes ambientes e embalagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 1, p. 28-37, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100003>.
- BEWLEY J. D.; BRADFORD K. J.; HILHORST H. W. M.; NONOGAKI H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3ed. New York: Springer Verlag; 2013.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- BEZERRA, J. J. L.; PINHEIRO, A. A. V.; LUCENA, R. B. Phytochemistry and teratogenic potential of *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir. (Fabaceae) in ruminants: A systematic review. *Toxicon*, v. 195, s/n, p. 78-85, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.03.010>.
- BEZERRA, T. T. *Senna spectabilis* var *excelsa* (Schard.) H. S. Irwin & Barneby. In: FILHO, J. A. de S.; MEIADO, M. V.; RABBANI, A. R. C.; SIQUIERA, A. A.; VIEIRA, D. C. M. (Org.). Guia de campo de árvores das Caatingas. Vol. II, Curitiba: Editora Progressiva Ltda., 2013, 67p.
- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, v. 2, s/n., p. 262-293, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para a análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPAACS, 2009. 395 p.
- BRAZ, D. C.; SILVA, D. L. D.; ROCHA-SILVA, M.; SOUSA, R. R. M. D.; MONCÃO, R. M.; LIMA, C. D. L.; ANDRADE, M. V. M. D. EFFECT OF LOW-PRESSURE PLASMA TREATMENT ON THE SEED SURFACE STRUCTURE OF *Desmanthus virgatus* L. WILLD. *Revista Árvore*, v. 46, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000005>
- CAMPOS, A. C. M. **Dispersão de frutos e sementes na Floresta Nacional Contendas do Sincorá, Bahia**. Universidade Federal do Recôncavo Da Bahia, 2017.
- Carvalho, N.M.; Nakagawa, J. (2000). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP.

COELHO, C. C. S.; et al. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 369-375, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p369-375>.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; ALMEIDA, J. C. C.; VÁSQUEZ, H. M.; ARAÚJO, S. A. C.; JARDIM, J. G.; ...LIMA, E. S. Mastigação simulada e digestão ácido-enzimática de sementes de leguminosas forrageiras tropicais. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 387-396, 2012. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000300007>.

DINIZ NETO, M. A.; VASCONCELOS, R. C. M. D.; CAVALCANTE, L. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; SILVA, I. D. F. D. Disponibilidade hídrica de dois solos e diferentes idades de corte no comportamento agrônomo da Jureminha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 24-33, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100004>.

DOURADO, D. A. O.; CONCEIÇÃO, A. D. S.; SANTOS-SILVA, J. O gênero *Mimosa L.* (Leguminosae: Mimosoideae) na APA Serra Branca/Raso da Catarina, Bahia, Brasil. **Biota Neotropica**, v.13, n. 4, p.224-240, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000400020>.

DUARTE-FILHO, L. A. M. D. S.; AMARIZ, I. A.; NISHIMURA, R. H. V.; MASSARANDUBA, A. B. R.; MENEZES, P. M. N.; DAMASCENO, T. A.; RIBEIRO, L. A. D. A. β -carboline-independent antidepressant-like effect of the standardized extract of the barks of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. occurs via 5-HT_{2A/2C} receptors in mice. **Journal of Psychopharmacology**, v. 36, n. 7, p. 836-848, 2022. <https://doi.org/10.1177/02698811221104050>.

FERREIRA, J. C. B. **Avaliação da qualidade fisiológica e ozonização de sementes de *Aegiphila sellowiana* CHAM.** 2016. 83 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2016. Cap. 2.

GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; DE OLIVEIRA, M. T.; FREITAS, R. M.; CRISTINA, R. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, s/n, p. 829-854, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56543>.

GANEM, R. S. **Caatinga: estratégias de conservação.** Brasília: Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, p. 105, 2017.

ILLESCAS-GALLEGOS, E.; RODRÍGUEZ-TREJO, D. A.; VILLANUEVA-MORALES, A.; BORJA-DE LA ROSA, M. A.; ORDÓÑEZ-CANDELARIA, V. R.; ORTEGA-ARAGÓN, L. A. Factors influencing physical dormancy and its elimination in two legumes genus. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales**, v. 27, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.06.041>

KHALAF, O. M.; GHAREEB, M. A.; SAAD, A. M.; MADKOUR, H. M.; EL-ZIATY, A. K.; ABDEL-AZIZ, M. S. Phenolic constituents, antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities of ethyl acetate and n-butanol extracts of *Senna italica*. **Acta Chromatographica**, v. 31, n. 2, p. 138-145, 2019. <https://doi.org/10.1556/1326.2018.00412>.

KIILL, L. H. P. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes de quatro espécies da Caatinga consideradas como extinção. **Abrates**, v. 22, n. 3, p. 12-15, 2012.

http://www.abrates.org.br/portal/images/ Informativo/v22_n3/Palestras_compactado.pdf

LEWIS, G. P. **Legumes of the World**. Royal Botanic Gardens Kew, 2005.

LIMA, M. D. L. D. S.; ALVES, E. U.; ARAÚJO, L. R. D.; FREIRE, E. D. S.; ALVES, M. M.; SILVA, B. F. D. Germinação e vigor de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *ferrea* submetidas a diferentes regimes de luz e temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1180-1186, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509812242>.

LOPES, J. C.; CAPUCHO, M. T.; MARTINS FILHO, S.; REPOSSI, P. A. Influência de temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de bortalha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 18-24, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000200004>

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 8.ed. Nova Odessa: Plantarum, 384p, 2020.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. ed. Plantarum Ltda. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, v. 1, p. 384, 2002

MAGALHÃES, F. E. A.; BATISTA, F. L. A.; SERPA, O. F.; MOURA, L. F. W. G.; MARIA DA CONCEIÇÃO, L. L.; SILVA, A. R. A.; ... CAMPOS, A. R. Orofacial antinociceptive effect of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) **Poiret. Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 97, s/n. p. 1575-1585, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.11.001>.

MAGALHÃES, K. N.; GUARNIZ, W. A. S.; SÁ, K. M.; FREIRE, A. B.; MONTEIRO, M. P.; NOJOSA, R. T.; ... BANDEIRA, M. A. M. Medicinal plants of the Caatinga, northeastern Brazil: Ethnopharmacopeia (1980–1990) of the late professor Francisco José de Abreu Matos. **Journal of ethnopharmacology**, v. 237, s/n. p. 314-353, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.03.032>.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C.I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R.T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na caatinga**. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, 1ª ed., 2012. 195p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: **ABRATES**, 2015. 660p.

MATOS, A.C.B.; ATAIDE, G.M.; BORGES, E.E.L. Physiological, physical and morpho-anatomical changes in *Libidibia ferrea* ((Mart. ex Tul.) LP Queiroz) seeds after overcoming dormancy. **Journal of Seed Science**, v.37, n.1, p.29-32, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v37n1140433>.

MAXIMIANO, C. V.; CARMONA, R.; SOUZA, N. O.; ALENCAR, E. R. D.; BLUM, L. E. Physiological and sanitary quality of maize seeds preconditioned in ozonated water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 360-365, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p360-365>

MELO, F. P. L.; PINTO, S. R. R.; BRANCALION, P. H. S.; CASTRO, P. S.; RODRIGUES, R. R.; ARONSON, J.; TABARELLI, M. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: early lessons from the Atlantic Forest Restoration Pact. **Environmental Science & Policy**, v. 33, s/n, p. 395-404, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.07.013>

MENDONÇA, A. V. R.; FREITAS, T. A. S. D.; SOUZA, L. S.; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, J. S. MORFOLOGIA de frutos e sementes e germinação de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz, comb. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 375-387, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509822738>.

MONTEIRO, N. O. D. C.; ALENCAR, E. R.; SOUZA, N. O. S.; LEÃO, T. P. Ozonized Water in the Preconditioning of Corn Seeds: Physiological Quality and Field Performance. **Ozone: Science & Engineering**, v. 43, n. 5, p. 436-450, 2021. <https://doi.org/10.1080/01919512.2020.1836472>.

MORO, M. F.; NIC LUGHADHA, E.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **Botanical Review**, v. 82, n. 2, p. 91–148, 2016. DOI. 10.1007/s12229-016-9164-z.

NASCIMENTO, M.F.; BERTOLINI, M.S.; PANZERA, T.H.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. OSB panels made with wood species from the Brazilian Northeast's Caatinga. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 1, p. 41-48, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212015000100005>.

NEIVA, M. S. M. **Estrutura dos tegumentos, germinação e aspectos bioquímicos das sementes de quatro espécies de leguminosae (caesalpinoideae), ocorrentes numa área de caatinga**. Biologia vegetal. Recife, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco: 89. 2020.

OLIVEIRA, A. B. **Germinação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.)**, var. K-72. Fortaleza-CE. ISSN 1519-5228; v.8; n.2; p.167, 2008

OLIVEIRA, A. K. M.; LEMES, F. T. F. *Artibeus planirostris* como dispersor e indutor de germinação em uma área do Pantanal do Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 1, 2010.

OLIVEIRA, E. D.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. D. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista árvore**, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200018>.

OLIVEIRA, J. M.; ALENCAR, E. R.; BLUM, L. E. B.; SOUZA FERREIRA, W. F.; BOTELHO, S. D. C. C.; RACANICCI, A. M. C.; ...SILVA, C. R. Ozonation of Brazil nuts: Decomposition kinetics, control of *Aspergillus flavus* and the effect on color and on raw oil quality. **LWT**, v. 123, s/n, p. 109106, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109106>

PANDISELVAM, R.; MAYOOKHA, V. P.; KOTHAKOTA, A.; SHARMILA, L.; RAMESH, S. V.; BHARATHI, C. P.; ...SRIKANTH, V. Impact of ozone treatment on seed germination—a systematic review. **Ozone: Science & Engineering**, v. 42, n. 4, p. 331-346, 2020. <https://doi.org/10.1080/01919512.2019.1673697>

PAUSAS, J. G.; LAMONT, B. B. Fire-released seed dormancy-a global synthesis. **Biological Reviews**, v. 97, n. 4, p. 1612-1639, 2022. <https://doi.org/10.1111/brv.12855>.

PEREIRA FILHO, J. M.; VIEIRA, E. D. L.; SILVA, A. M. D. A.; CEZAR, M. F.; AMORIM, F. U. Efeito do tratamento com hidróxido de sódio sobre a fração fibrosa, digestibilidade e tanino do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*. Wild). **Revista Brasileira de Zootecnia**,

v. 32, n.1, p. 70-76, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000100009>

PEREIRA, L. D. P.; MOTA, M. R.; BRIZENO, L. A.; NOGUEIRA, F. C.; FERREIRA, E. G.; PEREIRA, M. G.; ASSREUY, A. M. Modulator effect of a polysaccharide-rich extract from *Caesalpinia ferrea* stem barks in rat cutaneous wound healing: Role of TNF- α , IL-1 β , NO, TGF- β . **Journal of ethnopharmacology**, v. 187, s/n., p. 213-223, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.043>.

PIÑA-RODRIGUES, F. C.; MARTINS, R. B. Dormência: conceito, tipos e formas de superação. In.: MORI, E. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P., Sementes florestais. p. 1-159, 2012. Disponível em: <https://ctazm.org.br/bibliotecas/sementes-florestais-29.pdf>. Acesso em: 10 Dez. 2022.

POMPEU, R.; SOUZA, H. A.; GUEDES, F. L. Opções e estabelecimento de plantas forrageiras cultivadas para o Semiárido Brasileiro. **Sobral, Brazil: EMBRAPA Caprinos e Ovinos**, 2015.

RIBEIRO, T. D. O.; BAKKE, I. A.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A.; LUCENA, D. D. S. Diversidade do banco de sementes em diferentes áreas de caatinga manejadas no semiárido da Paraíba, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 203-213, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509826459>.

RIEGELHAUPT, E.; PAREYN, F. G. C.; BACALINI, P. O manejo florestal na caatinga: resultados da experimentação. **GARIGLIO, MA et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília**, p. 256-275, 2010.

ROSA-MAGRI, M. M.; MENEGHIN, S. P. Avaliação das características germinativas da espécie arbórea sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth-Fabaceae). **Bioikos-Título não-corrente**, v. 28, n. 1, 2014.

RUSDY, M. Improvement of seed germination and early seedling growth of *Leucaena leucocephala* by cold water, mechanical and acid scarification pretreatment. **Int. J. Res. Sci. Pub**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2016.

SANTANA, D. G.; SANTOS, C. A.; SANTOS, A. D.; NOGUEIRA, P. C.; THOMAZZI, S. M.; ESTEVAM, C. S.; ...CAMARGO, E. A. Beneficial effects of the ethanol extract of *Caesalpinia pyramidalis* on the inflammatory response and abdominal hyperalgesia in rats with acute pancreatitis. **Journal of ethnopharmacology**, v. 142, n. 2, p. 445-455, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.05.015>.

SANTANA, J. A. S.; SILVA FERREIRA, L.; COELHO, R. R. P.; ALMEIDA VIEIRA, F.; PACHECO, M. V. Tecnologias de baixo custo para superação de dormência em sementes de *Caesalpinia ferrea* var. *ferrea* Mart. Ex. Tul., Pau Ferro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 43, 2011. ISSN-e 1981-8203

SANTOS, D. M.; SILVA, K. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; SANTOS, J. M. F. F.; LOPES, C. G. R.; LIMA ARAÚJO, E. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil?. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 7, p. 445-452, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.07.006>.

SANTOS, M. L. O.; SIQUEIRA, W. N.; SÁ, J. L. F.; SILVA, L. R. S.; VASCONCELOS CABRAL, D. L.; AMÂNCIO, F. F.; ALBUQUERQUE MELO, A. M. M. Estudo do efeito radioprotetor do extrato metanólico de *Caesalpinia pyramidalis* sobre células embrionárias de *Biomphalaria glabatra*. **Scientia Plena**, v. 9, n. 9, 2013.

SANTOS, N. L.; SILVA, M. M. P. POR QUE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO TEM ALCANÇADO MUDANÇAS SIGNIFICATIVAS NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA? UMA ANÁLISE DE ARTIGOS PUBLICADOS EM EVENTOS CIENTÍFICOS NO BRASIL DE 2005 A 2010. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 27, 2011. <https://doi.org/10.14295/remea.v27i0.3198>.

SCHULTZE-KRAFT, R.; RAO, I. M.; PETERS, M.; CLEMENTS, R. J.; BAI, C.; LIU, G. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

SCHUPP, EW; JORDANO, P.; GÓMEZ, JM. Eficácia da dispersão de sementes revisitada: uma revisão conceitual. **New Phytologist**, v. 188, n. 2, pág. 333-353, 2010.

SENA, F. H.; ALMEIDA, J. S. Journal of Environmental Analysis and Progress. **Journal of Environmental Analysis and Progress V**, v. 5, n. 02, p. 186-193, 2020. <https://doi.org/10.24221/jeap.5.2.2020.2814.186-193>.

SEPÚLVEDA, C; EL-HANI, C.H. Obstáculos epistemológicos e sementes conceituais para a aprendizagem sobre adaptação: uma interpretação epistemológica e sociocultural dos desafios no ensino de evolução. **Acta Scientiae**, v.16, n.2, p.237-263, 2014. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/1159>.

SGANZERLA, E. P. Métodos de quebra de dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala*). UFFS- Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim - RS 2017.

SILVA DIAS, É. K.; SCHNEIDER, J. I. S.; GUIMARÃES, C. R. R.; OLIVEIRA, R. A. P. UTILIZAÇÃO DA LEUCENA (*Leucaena leucocephala*) NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Revista Novos Desafios**, v. 2, n. 2, p. 46-59, 2022. ISSN 2764-1724

SILVA, A. C. P. R.; OLIVEIRA, M. N. Produção e dispersão de sementes de pimenta longa (*Piper hispidinervum*). (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 24). 14p. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000.

SILVA, C. S. D.; NUNES, P. D. O.; MESCOUTO, C. S. T.; MÜLLER, R. C. S.; PALHETA, D. D. C.; FERNANDES, K. D. G. Avaliação do uso da casca do fruto e das folhas de *Caesalpinia ferrea* Martius como suplemento nutricional de Fe, Mn e Zn. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 3, p. 751-754, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000300028>

SILVA, F. T.; ALAN, D. Ã.; ALMEIDA, R. R. P.; MEDEIROS, A. C.; MARACAÇA, P. B. Phytosociological and floristic analysis of caatinga biome in Aparecida, PB, Brazil. **Journal of Agroindustry Systems**, v. 1, n. 01, p. 11-23, 2018. <http://orcid.org/0000-0003-4812-0389>

SILVA, L. L. H. D.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; PIMENTA, M. C.; DANTAS, M. K. L. Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.002216>

SILVA, L. L. H.; et al. Características dendrométricas, física e química da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente** 2017; 24: e20160022, ISSN 2179-8087, Patos-PB, 2017.

SILVA, R. M.; CARDOSO, A. D.; DUTRA, F. V.; MORAIS, O. M. Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. provenientes do semiárido baiano. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 85-91, 2017. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1427>

SOUSA, L. M. S.; SANTOS, B. N.; MARIA DAS GRAÇAS, F. M.; LIMA, I. B.; SANTOS-FILHO, F. S.; SANTANA, A. C. S.; ... NUNES, L. C. *Poincianella pyramidalis* (Tul) LP Queiroz: A review on traditional uses, phytochemistry and biological-pharmacological activities. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 264, p. 113181, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113181>

SOUZA, T. A. F. D.; RODRIGUEZ-ECHEVERRÍA, S.; ANDRADE, L. A. D.; FREITAS, H. Arbuscular mycorrhizal fungi in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir from Brazilian semi-arid. **brazilian journal of microbiology**, v. 47, s/n., p. 359-366, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.023>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. A.; MURPHY, A. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TRABI, E. B.; SEDDIK, H. E.; XIE, F., LIN, L.; MAO, S. Comparison of the rumen bacterial community, rumen fermentation and growth performance of fattening lambs fed low-grain, pelleted or non-pelleted high grain total mixed ration. **Animal Feed Science and Technology**, v. 253, s/n, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.05.001>.

TRAVAINI, R.; OTERO, M. D. M.; COCA, M.; DA-SILVA, R.; BOLADO, S. Sugarcane bagasse ozonolysis pretreatment: Effect on enzymatic digestibility and inhibitory compound formation. **Bioresource Technology**, New York, v. 133, n. 12, p. 332-229, 2013.

TRIGUEIRO, E. R.C.; OLIVEIRA, V. P. V.; BEZERRA, C. L. F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação/desertificação no bioma Caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 3, n. 1, 2009.

VASCONCELOS, C. F. B.; MARANHÃO, H. M. L.; BATISTA, T. M.; CARNEIRO, E. M.; FERREIRA, F., COSTA, J.; ...WANDERLEY, A. G. Hypoglycaemic activity and molecular mechanisms of *Caesalpinia ferrea* Martius bark extract on streptozotocin-induced diabetes in Wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 137, n. 3, p. 1533-1541, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.08.059>.

VELOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Recife: Associação plantas do nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76p

VIEIRA, A. H., MARTINS, E. P., PEQUENO, P. L. L., LOCATELLI, M., & Souza, M. G. (2011). Técnicas de Produção de sementes Florestais. Rondônia: EMBRAPA/CPAF. 4p. (Circular Técnico, 205).

WANG, S.; LU, W.; WALY, N.; MA, C.; ZHANG, Q.; WANG, C. Recovery and germination of seeds after passage through the gut of Kazakh sheep on the north slope of the Tianshan Mountains. **Seed Science Research**, v. 27, n. 1, p. 43-49, 2017.
<https://doi.org/10.1017/S0960258517000022>.

YANG, L.; LIU, S.; LIN, R. The role of light in regulating seed dormancy and germination. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 62, n. 9, p. 1310-1326, 2020.
<https://doi.org/10.1111/jipb.13001>.

CAPÍTULO I

INGESTÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES DA CAATINGA POR PEQUENOS RUMINANTES E SEU EFEITO NA QUALIDADE MORFOFISIOLÓGICA

Ingestão de sementes de espécies da Caatinga por pequenos ruminantes e seu efeito na qualidade morfofisiológica

Resumo: A endozoocoria de espécies encontradas em florestas tropicais secas é um fenômeno que garante a perpetuação, podendo aumentar a germinação em algumas espécies de plantas. No entanto, os mecanismos que causam esse sucesso germinativo são parcialmente compreendidos. Objetivou-se com este estudo analisar a ingestão de sementes de *Libidibia ferrea* e *Senna spectabilis*, por caprinos e ovinos e seu efeito na superação da dormência e na qualidade morfofisiológica. De cada espécie, 400 sementes foram fornecidas na base alimentar de caprinos e ovinos, sendo posteriormente avaliadas as variáveis: Taxa de recuperação, germinação (%), índice de velocidade e tempo médio de germinação, comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado. Para elucidação do estudo, nota-se que as variáveis de vigor, massa seca e índice de velocidade de germinação contribuem para explicação dos resultados em sementes de *L. ferrea*; já em sementes de *S. spectabilis*, a germinação apresentou uma contribuição intermediária, sugerindo que esta variável desempenha um papel relevante nessa espécie. A dormência das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis* é superada quando estas passam pelo sistema digestório dos caprinos e ovinos, inclusive contribuindo para a melhoria da qualidade fisiológica em comparação às sementes não ingeridas por esses animais; Em ovinos, a recuperação das sementes ocorre mais rapidamente (48h para ambas as espécies) nas primeiras horas após a ingestão, ao passo que, em caprinos, essa distribuição se dá de forma lenta e em períodos mais prolongados, podendo favorecer a perpetuação das espécies dentro do habitat.

Palavras-chave: Endozoocoria; dormência tegumentar; fabaceae; *Libidibia ferrea*; *Senna spectabilis*.

Ingestion of Caatinga species seeds by small ruminants and its effect on morphophysiological quality

Abstract: The endozoochory of species found in dry tropical forests is a phenomenon that ensures perpetuation, and may increase germination in some plant species. However, the mechanisms that cause this germinal success are only partially understood. The aim of this study was to analyze the ingestion of *Libidibia ferrea* and *Senna spectabilis* seeds by goats and sheep and their effect on overcoming dormancy and on the morphophysiological quality. Of each species, 400 seeds were provided in the food base of goats and sheep, and the variables were subsequently evaluated: Recovery rate, germination (%), speed index and average time of germination, length and dry mass of shoots and roots of seedlings, using a completely randomized design. To elucidate the study, note that the variables of vigor, dry mass and germination speed index contribute to explain the results in *L. ferrea* seeds; in *S. spectabilis* seeds, germination presented an intermediate contribution, suggesting that this variable plays a relevant role in this species. The dormancy of *L. ferrea* and *S. spectabilis* seeds is overcome when they pass through the digestive system of goats and sheep, even contributing to the improvement of physiological quality compared to seeds not ingested by these animals; In sheep, seed recovery occurs more quickly (48h for both species) in the first hours after ingestion, whereas in goats, this distribution occurs slowly and over longer periods, which may favor the perpetuation of species within the habitat.

Key words: Endozoochory; integumentary numbness; fabaceae; *Libidibia ferrea*; *Senna spectabilis*.

1. Introdução

Perturbações ecológicas causadas pela presença de plantas invasoras, associada a atividades antrópicas e a mudança ambiental global, estão reduzindo a biodiversidade em diversos biomas, principalmente a Caatinga, e alterando as funções dos ecossistemas (Rai; Singh, 2020).

Estratégias que visam diminuir os impactos gerados por estas ações, podem mitigar os efeitos no ambiente. A dispersão de sementes desempenha um papel crucial no estabelecimento de muitas espécies (Oveise et al., 2020), e contribui para o aumento da biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos (Bello et al., 2021). Uma forma eficaz de dispersão de sementes dar-se por animais através de modos ectozoocórico e endozoocórico (Wang et al., 2017).

Desta maneira, conhecer a eficácia da dispersão de sementes de espécies por diferentes animais pode possibilitar estratégias de baixo custo para projetos de restauração em ambientes perturbados (Abbas et al., 2020), a exemplo da Caatinga.

Em geral, o efeito da dispersão endozoocórica na viabilidade da semente depende de aspectos morfológicos (Albert et al., 2015), como tamanho, forma, permeabilidade, espessura do revestimento desta ou tipo de dormência (Smýkal et al., 2014), bem como de características dos animais, como score corporal, formas de digestão (ruminante ou não) e preferências alimentares (Anderson et al., 2014). Nesse sentido, a intensidade da mastigação durante o processo de alimentação, pode variar entre diferentes animais (Oveise et al., 2021).

Durante a passagem pelo sistema digestório, os atritos e contatos com o suco gastrointestinal, bem como aspectos morfológicos das sementes, contribuem também para os diferentes efeitos na germinação (Wang et al., 2017). A maioria das espécies da família Fabaceae, estão fisicamente dormente e a porcentagem de germinação de sementes aumenta significativamente após a digestão por alguns animais (Illescas-Gallegos et al., 2021).

Diversas espécies de ocorrência natural na Caatinga, como a *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz (Silva et al., 2017) e em zonas tropicais e subtropicais a exemplo da *Senna spectabilis* (DC) HS Irwin e RC Barneby (Khalaf et al., 2018), são cultivadas como fonte de forragem, por produzirem frutos palatáveis por pequenos ruminantes (Trindade et al., 2015).

Diante dos pressupostos, Objetivou-se com este estudo analisar a ingestão de sementes de *Libidibia ferrea* e *Senna spectabilis*, por caprinos e ovinos e seu efeito na superação da dormência e na qualidade morfofisiológica. Dessa forma, sugere-se que: (i) as porcentagens de recuperação das sementes das duas espécies florestais diferem após a excreção de ovinos e

caprinos, devido aos aspectos morfológicos da semente e aspectos estruturais/funcionais do sistema digestório, além de padrões alimentares distintos; (ii) A morfologia da semente e porcentagem de germinação são afetadas de forma diferente devido a diferenças na estrutura do sistema digestório, pH e enzimas digestivas em caprinos e ovinos.

2. Material e métodos

2.1. Coleta e caracterização das sementes

Os frutos de *L. ferrea* foram coletados aleatoriamente em ambiente natural, na fazenda experimental Chã-do-Jardim pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (Brasil, 06° 58' 12" S e 35° 42' 15" W), enquanto os frutos de *S. spectabilis* foram coletados de uma fragmentação da Caatinga, localizada no município de Alagoa Grande – Paraíba (Brasil, 07° 08' 12.55" S 35° 36' 50.65" W).

Para cada espécie, dez matrizes foram selecionadas tendo como base aspectos fitossanitários visivelmente aparentes, copas bem modeladas e alta produtividade de frutos, sendo estes coletados diretamente da matriz, em agosto de 2021. Os frutos foram encaminhados para o LAS (Laboratório de Análise de Sementes), onde foi realizado o beneficiamento dos mesmos. As sementes foram colocadas em recipientes fechados e armazenados em local seco e escuro a +20 °C até o início do experimento em novembro de 2021.

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa à temperatura de 105 ± 3 °C durante 24 horas, com quatro repetições de 50 sementes (BRASIL, 2009). As sementes de cada espécie foram mensuradas (comprimento, largura e espessura) com o auxílio de paquímetro digital, a partir de quatro repetições de 50 sementes, totalizando uma amostra de 200 (sementes intactas), sendo os resultados expressos em milímetros e feito a porcentagem em média.

O peso de mil sementes, foi calculado por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes, em balança analítica com sensibilidade de 0,001 g; sendo o peso calculado pela multiplicação do peso médio obtido nas subamostras por 10 (BRASIL, 2009).

2.2. Recuperação de sementes após a passagem intestinal

Oito cabras adultas (moxotó) e oito ovelhas adultas (Santa inês), ambas de peso aproximado de 24 kg com idade semelhante foram alojadas em gaiolas metabólicas individuais, com dimensões de 1,5 x 1,5 x 0,5 metros, no setor de Caprinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, (Brasil, 618 m de altitude, 05° 57' 48" S e 35° 41' 30" W).

No início do experimento, 400 sementes de *L. ferrea* e *S. Spectabilis*, foram ofertadas juntamente com a ração constituída por 39,05 kg de farelo de milho, 7,99 kg de farelo de soja, 49,99 kg de feno de capim tifton, 1,79 kg de suplemento mineral e 0,40 kg de calcário. No momento da oferta, as sementes foram adicionadas em melaço e misturadas com a ração para facilitar a ingestão, estas foram fornecidas em uma única vez, pela manhã (06:00 h).

Esses animais que permaneceram confinados, foram alimentadas com a ração concentrada, equivalendo a 3% do peso vivo de cada animal, dividida em dois horários no dia uma parte pela manhã (06:00 h) e outra a tarde (17:00 h) de acordo com seu peso vivo para complementar as necessidades dos animais, segundo NRC (2007).

Todas as cı́balas recuperadas por cada animal foram coletadas a cada 24 horas após a ingestão até 456 horas para as sementes de *L. ferrea* (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240, 264, 288, 312, 336, 360, 384, 408, 432 e 456 horas) e até 312 horas para as sementes de *S. spectabilis* (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240, 264, 288 e 312 horas). Para cada animal e intervalo de tempo, todas as cı́balas foram maceradas manualmente no mesmo dia em que se realizou a coleta, dispostas em bandejas plásticas no setor de caprinocultura e as sementes de cada espécie florestal contabilizadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes (LAS) para os ensaios de germinação e vigor.

2.3. Germinação de sementes após a passagem intestinal

A germinação das sementes recuperadas após a passagem pelo sistema digestório foi comparada com a germinação das que não foram consumidas, sendo utilizadas como testemunha absoluta. As sementes de cada espécie florestal consumidas por caprinos, retiradas no mesmo intervalo de tempo, foram homogeneizadas para realização do experimento de germinação e vigor, assim como para os ovinos.

Após digeridas, as sementes recuperadas de *L. ferrea* foram classificadas em 19 períodos e as de *S. spectabilis*, em 13 períodos, juntamente com o tratamento controle (sementes não ingeridas), incluído para cada espécie.

Todas as sementes foram desinfestadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 3 min e enxaguadas abundantemente com água destilada estéril (10 min) antes da instalação dos ensaios de germinação.

Sementes recuperadas por espécie florestal, animal e intervalo de tempo foram postas para germinar em substrato papel germitest[®] umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Após a disposição, os rolos de papel foram acondicionados em câmara de germinação do tipo *Biological Oxygen Demand* (B.O.D.), durante 20 dias a 30 °C

para as sementes *L. ferrea*, e por 14 dias a 25 °C para as sementes de *S. spectabilis* (Brasil, 2013).

As variáveis avaliadas foram: (a) Taxa de Recuperação; (b) Germinação (G%) – (c) velocidade de germinação – determinada por meio do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), obtido a partir de contagens diárias do número plântulas com raiz primária (>2 mm), e calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962); (d) Tempo Médio de Germinação (TMG), avaliado diariamente a partir da emissão radicular, e calculado conforme a fórmula proposta por Labouriau (1983), (e) comprimento da parte aérea e raiz de plântulas e (f) Massa Seca da parte aérea e raiz de plântulas da germinação (MS), (Felix et al., 2020).

2.4. Análise dos dados

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2×20 para *L. ferrea*, sendo duas espécies animal (caprinos e ovinos) e 20 períodos de recuperação após passagem pelo sistema digestório dos animais (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240, 264, 288, 312, 336, 360, 384, 408, 432 e 456 horas). Para *S. spectabilis*, obteve-se como esquema fatorial 2×14 , caracterizado por duas espécies animal (caprinos e ovinos) e 14 períodos de recuperação após passagem pelo sistema digestório dos animais (0, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240, 264, 288 e 312 horas).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade residual de Shapiro Wilk (nível de probabilidade de 1%). Os números de sementes recuperadas foram representados por meio de box plot, com os valores médios das variáveis submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). Mapas de calor (Heatmap) foram elaborados com análise de agrupamento (UPGMA) utilizando-se a distância de Gower. Posteriormente, foi realizada a correlação simples de Pearson (rp) entre todas as variáveis ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2023).

3. Resultados

A Tabela 1 resume as características morfológicas das sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea*, cujos resultados apontam teor de água em torno de 10,5% para *S. spectabilis* e 10,6% em sementes de *L. ferrea*. Já em relação as características morfológicas externas (comprimento, largura e espessura), as sementes de *S. spectabilis* mediram $6,56 \pm 0,43$ mm de comprimento, $4,11 \pm 0,32$ mm de largura, e $1,60 \pm 0,33$ mm de espessura (Tabela 1). E, ainda o peso médio de mil sementes de 4,064 g.

Tabela 1. Características morfológicas (mm) peso de mil sementes (g) e teor de água (%) em sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea*. Os valores são a média \pm EP ($n = 30-35$ sementes)

Espécie	Comp.	Larg.	Esp.	Peso/10³ sementes	TA
	----- mm -----			G	%
<i>S. spectabilis</i>	6,56 \pm 0,43	4,11 \pm 0,32	1,60 \pm 0,33	4,064	10,5
<i>L. ferrea</i>	7,58 \pm 0,55	4,79 \pm 0,16	3,33 \pm 0,12	12,071	10,6

Comp = comprimento; Larg= largura; Esp = espessura; Peso/10³ = peso de mil sementes; TA = teor de água.

Enquanto para a caracterização das sementes de *L. ferrea*, observa-se valores superiores em todos os aspectos físicos, com comprimento de $7,58 \pm 0,55$ mm, largura $4,79 \pm 0,16$ mm e espessura média de $3,33 \pm 0,12$ mm. O peso médio de mil sementes foi 12,071 no caso de *L. ferrea* (Tabela 1).

Com base nos resultados apresentados nas figuras 1A.2 e 1B.2, que exibem a comparação em box plots, observa-se que não houve diferença significativa na taxa de recuperação acumulada de sementes de *L. ferrea* (456 h), em que registrou-se valores de 2.008 em caprinos e 1.682 em ovinos. Já em relação as sementes *S. spectabilis* (312 h) após a passagem pelos sistemas digestórios de pequenos ruminantes, registrou-se valores de 1.019 em caprinos e 1.439 em ovinos, demonstrando não haver diferença significativa na taxa de recuperação para cada espécie em relação aos animais dispersores.

Em relação aos períodos de recuperação em sementes de *L. ferrea*, é possível observar que 5 dos 19 períodos (48, 144, 168, 192 e 216 h), apresentaram diferença significativa no número de sementes recuperadas entres os animais (Fig. 1A.1).

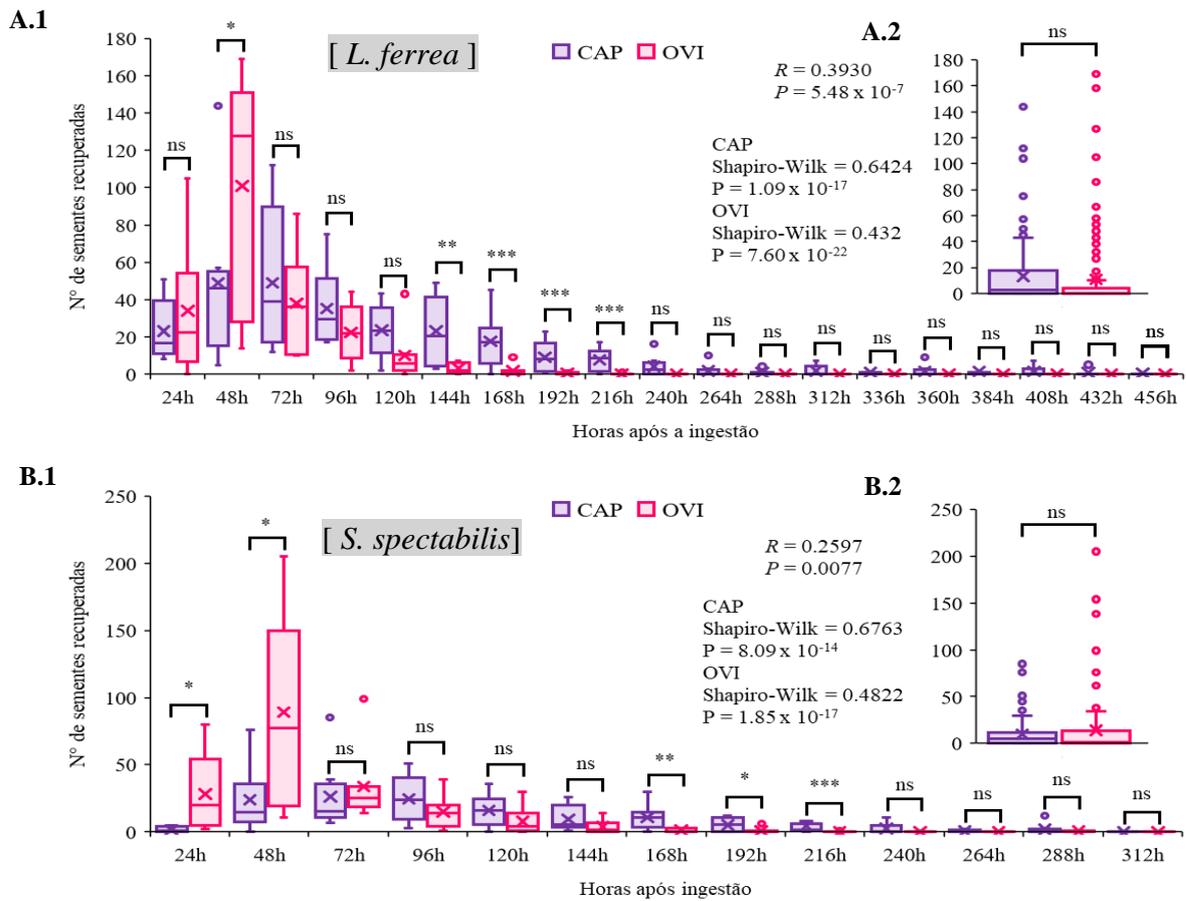


Figura 1. A. Número de sementes de *L. ferrea* recuperadas com base em diferentes períodos de excreção (A.1) e recuperação acumulada (A.2) após a passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos. ns, *, **, ***, não significativo, significativo a 5%, 1% e < 1%. **B.** Número de sementes de *S. spectabilis* recuperadas com base em diferentes períodos de excreção (B.1) e recuperação acumulada (B.2) após a passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos. ns, *, **, ***, não significativo, significativo a 5%, 1% e < 1%.

De acordo com teste de Shapiro Wilk (nível de probabilidade de 1%), os dados da taxa de recuperação das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis* após ingestão por caprinos e ovinos apresentaram distribuição normal para o conjunto de informações médias (Fig. 1A e 1B).

Ainda com base na Fig. 1A.1, observa-se para *L. ferrea*, o período de 48 h, como o de maior taxa de recuperação por parte dos ovinos (169 sementes) e tendência média de 101, com apenas um ponto outliers (144), justificado pela maior taxa de recuperação diária em caprinos. Já nos demais períodos em que houve diferença no número de recuperação entre os animais, foi possível observar maiores valores após a passagem pelo sistema digestório naquelas provenientes dos caprinos nos períodos de 144, 168, 192 e 216 h (52, 50, 25 e 20

sementes/período).

Dentre os 13 períodos de recuperação analisados nas sementes de *S. spectabilis* foi verificada diferença significativa em 5 períodos em relação ao número de sementes excretadas (Fig. 1B.1). Observa-se que nos períodos de 24 e 48 horas após a ingestão pelos ovinos, ocorreu uma maior taxa de recuperação (80 e 205 sementes), respectivamente.

Nos demais períodos em que houve diferença significativa no número de sementes recuperadas (168, 192 e 216 h), a passagem pelo sistema digestório dos caprinos foi mais eficiente quando comparado com os ovinos, ou seja, com taxa média de recuperação de 11; 6 e 5 sementes/período, respectivamente.

Analisando-se o agrupamento de médias entre os tratamentos aplicados neste estudo (períodos/animais), é possível observar a formação de grupos com características semelhantes de viabilidade e vigor, sendo estes visualizados em mapas de calor e de correlação entre as espécies e variáveis estudadas (Fig. 2.A e Fig. 3A).

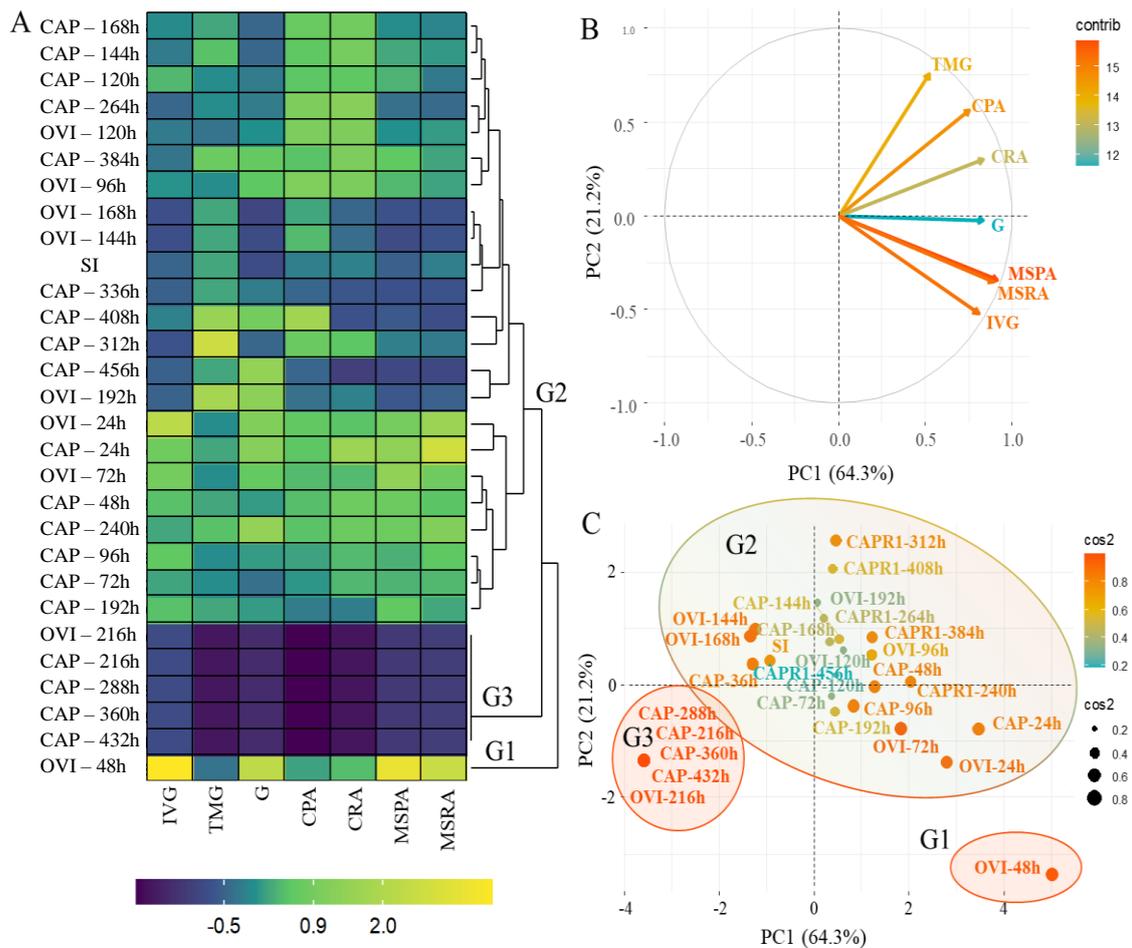


Figura 2. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos (períodos/animais) com as variáveis analisadas em sementes de *L. ferrea* (A) análise de contribuição das variáveis (B) e análise de componentes principais (PCA). Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), germinação (G), comprimento parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRA), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz da germinação (MSRA). CAP – Caprino; OVI – Ovino.

Em sementes *L. ferrea*, foi possível observar a formação de três grupos: o grupo I, representado por apenas um tratamento (OVI – 48 h), com maior percentual de viabilidade e vigor, diferindo dos demais tratamentos. O grupo II, formado pelos tratamentos (CAP – 168; CAP -144; CAP -120; CAP -264; OVI -96; OVI -168; OVI -144; SI (controle); CAP -336; CAP -408; CAP – 312; CAP – 456; OVI -192; OVI – 24; CAP – 24; OVI -72; CAP -48; CAP – 240; CAP – 96, CAP – 72; CAP – 192 h) constituindo-se como intermediário. Já o grupo III, formado pelos tratamentos (OVI – 216, CAP -216, CAP – 288, CAP – 360 e CAP – 432 h), apresentaram escores de baixo padrão para estes componentes de vigor e viabilidade (Fig. 2A).

O conjunto de dados obtidos a partir dos testes realizados para comparar os tratamentos animais/período, em sementes de *L. ferrea* foi utilizado para elaboração da análise multivariada de componentes principais (Fig. 2B e 2C). Os dois componentes (PC1 e PC2) atingiram uma variabilidade de 85,5% do valor total dos dados, permitindo inferir que os efeitos dos tratamentos fossem projetados para dois componentes.

Em relação a contribuição das variáveis para elucidação do estudo, destaca-se a germinação com menor contribuição (12%), nos tratamento CAP – 120, OVI – 120, OVI – 192 e CAP – 456 h em comparação às demais variáveis utilizadas; em relação ao vigor, as variáveis massa seca e índice de velocidade de germinação foram as que mais contribuiriam (somando 45%) apresentados nos tratamentos do grupo 1 e 3, e alguns tratamentos do do grupo 2, entre eles CAP - 24, CAP – 48, CAP – 96, CAP – 240, CAP – 312, CAP – 360, CAP – 384, OVI – 24, OVI – 72, OVI – 144 e OVI – 168, para explicação dos resultados apresentados nesta pesquisa (Fig. 2B).

No caso das sementes de *S. spectabilis*, foram observados três grupos distintos em termos de formação. O grupo I consiste nos tratamentos OVI - 24, OVI - 48 e CAP – 48 h, os quais demonstraram percentuais mais elevados de viabilidade (33, 28 e 35%) e vigor, maiores desempenho da massa seca (0,0433; 0,0279 e 0,0309 g) respectivamente, em comparação aos demais tratamentos e sementes intactas (16% e 0,0210 g). O grupo II engloba os tratamentos SI (controle), OVI - 120, CAP - 96, OVI - 96, CAP - 120, CAP - 144, CAP - 72 e CAP - 168 h,

revelando níveis intermediários de viabilidade e vigor. Por fim, o grupo III é constituído pelos tratamentos OVI - 144, OVI - 72, CAP - 24, CAP - 216, CAP - 192, CAP - 240, OVI - 168, CAP - 264 e CAP - 288 h, os quais apresentaram menores valores na viabilidade, vigor e desempenho para esses componentes (Fig. 3A).

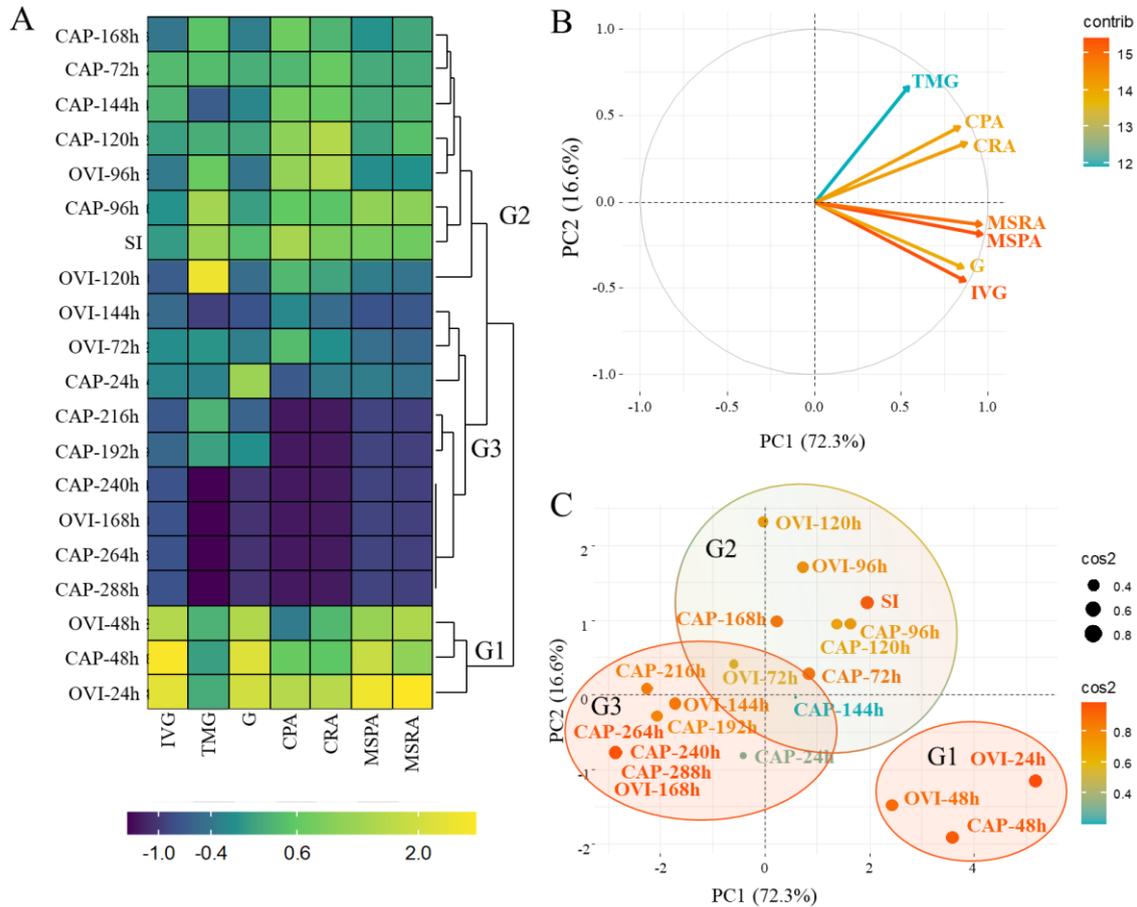


Figura 3. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos (períodos/animais) com as variáveis analisadas em sementes de *S. spectabilis* (A) análise de contribuição das variáveis (B) e análise de componentes principais (PCA). Índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), germinação (G), comprimento parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CRA), massa seca da parte aérea (MSPA) massa seca da raiz da germinação (MSRA). CAP – Caprino; OVI – Ovino.

Os dados obtidos a partir dos testes realizados para comparar os tratamentos animais/período, em sementes de *S. spectabilis* foram utilizados para realizar uma análise multivariada de componentes principais (Fig. 3B e 3C). Essa análise permitiu projetar os efeitos dos tratamentos em dois componentes principais, PC1 e PC2, que explicaram conjuntamente 88,9% da variabilidade total dos dados.

Ao analisar a contribuição relativa das variáveis para o estudo por meio da análise de componentes principais, observou-se que o tempo médio de germinação (TMG) teve uma influência menor (12%) em comparação com as demais variáveis consideradas (Fig. 3B). Por outro lado, a taxa de germinação apresentou uma contribuição intermediária (13,5%), sugerindo que esta variável pode desempenhar um papel relevante nessa espécie. Além disso, as variáveis massa seca e índice de velocidade de germinação destacaram-se como fatores essenciais na análise, demonstrando contribuições significativas (somando 45%) na compreensão do estudo para determinação dos efeitos gerados pela passagem de sementes no sistema digestório de ovinos e caprinos (Fig. 3B).

4. Discussão

As sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea*, exibiram diferentes intervalos de tempo de passagem pelo sistema digestório. Esses resultados estão associados às características morfológicas, onde sementes de *S. spectabilis* possuem menor peso, comprimento, largura e espessura em comparação as sementes de *L. ferrea* (Tabela 1), o que possibilitou a digestão mais rapidamente pelos animais, e de maneira mais eficiente em ovinos.

O conhecimento das estruturas morfológicas das espécies florestais é de grande importância para muitos estudos relacionados à silvicultura (Duarte et al., 2016). A passagem de sementes pelo sistema digestório de pequenos ruminantes, depende de características morfológicas, como tamanho pequeno da semente (<3 mm), formato esférico e peso (Corby et al., 2011; Jaganathan et al., 2016).

O aumento da ingestão voluntária dos ovinos, no que diz respeito à cinética de escoamento, indica menores tempos de retenção da digestão no rúmen dos ovinos em comparação com os caprinos (Alcaide e Aguilera, 2000), podendo assim possibilitar a passagem alimentar mais rapidamente, contribuindo para o processo de dispersão de sementes ingeridas.

Diferenças nas taxas de recuperação entre espécies de ruminantes são supostamente influenciadas pela morfologia de seus dentes, tipo de sistema de digestão e propriedades químicas do intestino dos animais (Traveset, 1998). Estes fatores pode conferir a abertura de novas fendas da camada externa do tegumento, e alguns caso durante o contato com as propriedades químicas no sistema digestorio a desestruturação de camadas mais densas do tegumento da semente.

O número de sementes recuperadas após a passagem pelo sistema digestório, depende ainda de alguns fatores físicos e morfológicos das sementes, como dureza e comprimento (Jaganathan et al., 2016). Sementes com mais de 4 mm de comprimento, tendem a ser

recuperadas das cábulas de caprinos com danos, e em maiores períodos, o que pode afetar na taxa de germinação por possivelmente danificar o embrião, causando em alguns casos anormalidade de plântulas, como também a morte (Marchetto et al., 2020).

As sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea* apresentaram maiores quantidades de sementes recuperadas, ou seja, maiores taxas de recuperação entre 24 e 48 h após a ingestão, principalmente quando se refere aos ovinos, coincidindo com tempos de recuperação encontrados para algumas sementes de espécies da família Fabaceae, como *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, onde a recuperação máxima ocorreu no primeiro dia após a ingestão por caprinos (Álvarez, 2017; Nascimento et al., 2020).

Embora os ovinos tenham apresentado melhores desempenho na taxa de recuperação de sementes, em curto tempo após o fornecimento, os resultados observados demonstram que os caprinos podem contribuir de maneira efetiva para a perpetuação das espécies em estudo, conferindo a distribuição das sementes em longos períodos e maior espaço territorial, resguardando assim a manutenção em ambientes com precipitações sazonais (Fig 1).

Além dessas respostas comuns, a passagem pelo sistema digestório dos caprinos e ovinos demonstra diferentes efeitos entre as espécies florestais. As sementes de *L. ferrea* é formada por uma camada paliçádica bem espessa, composta por lignina, suberina e cutina, o que contribui para um revestimento mais adensado das membranas, impossibilitando, assim, a entrada de água e por conseguinte a retomada dos processos metabólicos para o desenvolvimento embrionário (Matos et al., 2015).

Essas estruturas protegem e preparam as sementes para dispersão através da endozoocoria (Kaur; Soodan, 2017), ainda assim, a passagem pelo sistema digestório de caprinos e ovinos contribuiu efetivamente para um bom desempenho nos aspectos de massa seca da parte aérea e da raiz, bem como no índice de velocidade de germinação. Com relação aos aspectos de viabilidade em sementes de *L. ferrea*, embora tenha apresentado baixa contribuição para elucidação do estudo, a mesma em comparação as sementes intactas (SI), denotaram melhores percentuais após a ingestão pelos animais.

Alguns estudos pressupõem a existência da interação entre dormência física e dispersão por animais (Milotic; Hoffmann, 2016). No presente estudo, a passagem das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis* aumentou a germinação em comparação às sementes intactas (controle), estando de acordo com outras pesquisas que buscam avaliar o aumento da germinação a partir de métodos de superação de dormência, em comparação a sementes intactas (Pérez-García; González-Benito, 2006).

A capacidade das sementes de *S. spectabilis* e *L. ferrea* sobreviverem a passagem pelo sistema digestório de ovinos e caprinos, atrelado a germinação das sementes, pressupõe a grande importância destes pequenos ruminantes nos processos de superação de dormência e dispersão destas espécies, cujas populações apresentam ocorrência natural em florestas tropicais secas ao longo das rotas de pastoreio (Abbas et al., 2018).

A avaliação dos aspectos fisiológicos em sementes após a passagem pelo sistema digestório de pequenos ruminantes, pode de fato colaborar para a recuperação de áreas degradadas e em outros casos a perpetuação de algumas espécies vegetais, principalmente em áreas com ocorrência do pastoreio.

Compreender as relações entre animais e plantas se faz necessário para mitigar os efeitos gerados pelas ações antrópicas, logo, estudos relacionados aos efeitos em áreas abertas, pode concretizar de fato a contribuição de pequenos ruminantes em ações de recuperação de áreas e perpetuação de algumas espécies endêmicas.

5. Conclusão

A dormência das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis* é superada quando estas passam pelo sistema digestório dos caprinos e ovinos, inclusive contribuindo para a melhoria da qualidade fisiológica em comparação às sementes não ingeridas por esses animais;

A taxa de recuperação das sementes de *L. ferrea* e *S. spectabilis* contidas nas cíbalas é maior nos ovinos do que nos caprinos, nas primeiras horas após a ingestão;

Em caprinos, essa distribuição se dá de forma lenta e em períodos mais prolongados, podendo favorecer a perpetuação das espécies dentro do habitat;

Os ovinos e caprinos em pastejo na Caatinga podem contribuir para a dispersão de sementes de espécies como a *L. ferrea* e *S. spectabilis* quando estas são ingeridas e contidas nas cíbalas excretadas.

6. Agradecimentos

O trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. M.; AL-KAHTANI, M.; ABDELAZEEM, M. M.; BADRY, M. O.; HASSANEEN, A. S.; EZZAT-AHMED, A.; ... CASTILLO, J. M. Endozoochory by goats of two invasive weeds with contrasted propagule traits. **Sustainability**, v. 12, n. 13, p. 5450, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12135450>.
- ABBAS, A. M.; MANCILLA-LEYTÓN, J. M.; CASTILLO, J. M. Can camels disperse seeds of the invasive tree *Prosopis juliflora*?. **Weed Research**, v. 58, n. 3, p. 221-228, 2018. <https://doi.org/10.1111/wre.12298>
- ALBERT, A.; AUFFRET, A. G.; COSYNS, E.; COUSINS, S. A.; D'HONDT, B.; EICHBERG, C.; ... BALTZINGER, C. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: A trait-based meta-analysis. **Oikos**, v. 124, n. 9, p. 1109-1120, 2015. <https://doi.org/10.1111/oik.02512>.
- ALCAIDE, E. M.; GARCÍA, A. I. M.; AGUILERA, J. F. A comparative study of nutrient digestibility, kinetics of degradation and passage and rumen fermentation pattern in goats and sheep offered good quality diets. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2-3, p. 215-223, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00149-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00149-9)
- ÁLVAREZ, M.; LEARMARAI, P.; HELLER, G.; BECKER, M. Recovery and germination of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC seeds after ingestion by goats and cattle. **Arid land research and management**, v. 31, n. 1, p. 71-80, 2017. <https://doi.org/10.1080/15324982.2016.1234521>
- ANDERSON, T. M.; SCHÜTZ, M.; RISCH, A. C. Endozoochorous seed dispersal and germination strategies of *S. erengeti* plants. **Journal of vegetation science**, v. 25, n. 3, p. 636-647, 2014. <https://doi.org/10.1111/jvs.12110>.
- BELLO, C.; CULOT, L.; AGUDELO, C. A. R.; GALETTI, M. Valuing the economic impacts of seed dispersal loss on voluntary carbon markets. **Ecosystem Services**, v. 52, n. 101362, p. 1-8, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101362>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instruções para a análise de sementes de espécies florestais. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2013. 98 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CORBY, H. D. L.; SMITH, D. L.; SPRENT, J. I. Size, structure and nitrogen content of seeds of Fabaceae in relation to nodulation. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, n. 3, p. 251-280, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01174.x>
- DUARTE, M. M.; PAULA, S. R. P. D.; FERREIRA, F. R. D. L.; NOGUEIRA, A. C. Morphological characterization of fruit, seed and seedling and germination of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) ('Jatobá'). **Journal of Seed Science**, v. 38, n.3, p. 204-211, 2016. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n3159734>
- FELIX, F. C.; MEDEIROS, J. A. D. D.; FERRARI, C. D. S.; PACHECO, M. V.; TORRES,

- S. B. Molecular aspects during seed germination of *Erythrina velutina* Willd. under different temperatures (Part 1): reserve mobilization. **Journal of Seed Science**, v. 42, n. e202042029, p. 1-10, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42n1221062>.
- ILLESCAS-GALLEGOS, E.; RODRÍGUEZ-TREJO, D. A.; VILLANUEVA-MORALES, A.; BORJA, L.; ROSA, M. A.; ORDÓÑEZ-CANDELARIA, V. R.; ORTEGA-ARAGÓN, L. A. Factors influencing physical dormancy and its elimination in two legumes genus. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales**, v. 27, n. 3, 2021. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2020.06.041>.
- JAGANATHAN, G. K.; YULE, K.; LIU, B. On the evolutionary and ecological value of breaking physical dormancy by endozoochory. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 22, s/n, p. 11-22, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2016.07.001>
- KAUR, R.; SOODAN, A. S. Reproductive biology of *Sorghum halepense* (L.) Pers.(Poaceae; Panicoideae; Andropogoneae) in relation to invasibility. **Flora**, v. 229, s/n, p. 32-49, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.02.009>
- KHALAF, O. M.; GHAREEB, M. A.; SAAD, A. M.; MADKOUR, H. M.; EL-ZIATY, A. K.; ABDEL-AZIZ, M. S. Phenolic constituents, antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities of ethyl acetate and n-butanol extracts of *Senna italica*. **Acta Chromatographica**, v. 31, n. 2, p. 138-145, 2019. <https://doi.org/10.1556/1326.2018.00412>.
- LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria da OEA, 1983.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCHETTO, K. M.; HEUSCHELE, D. J.; LARKIN, D. J.; WOLF, T. M. Goat digestion leads to low survival and viability of common buckthorn (*Rhamnus cathartica*) seeds. **Natural areas journal**, v. 40, n. 2, p. 150-154, 2020. <https://doi.org/10.3375/043.040.0206>
- MATOS, A. C. B.; ATAÍDE, GLAUCIANA, M.; BORGES, E. E. L. Physiological, physical, and morpho-anatomical changes in *Libidibia ferrea* ((Mart. ex Tul.) LP Queiroz) seeds after overcoming dormancy. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 1, p. 26-32, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v37n1140433>
- MILOTIĆ, T.; HOFFMANN, M. How does gut passage impact endozoochorous seed dispersal success? Evidence from a gut environment simulation experiment. **Basic and Applied Ecology**, v. 17, n. 2, p. 165-176, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.09.007>
- NASCIMENTO, C. E.; SILVA, C. A. D.; LEAL, I. R.; SOUZA TAVARES, W.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C.; TABARELLI, M. Seed germination and early seedling survival of the invasive species *Prosopis juliflora* (Fabaceae) depend on habitat and seed dispersal mode in the Caatinga dry forest. **PeerJ**, v. 8, n. e9607, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.7717/peerj.9607>
- OVEISI, M.; OJAGHI, A.; RAHIMIAN, M. H.; MÜLLER-SCHÄRER, H.; REZA, Y. K.; POURMORAD, K. B.; SOLTANI, E. Potential for endozoochorous seed dispersal by sheep and goats: Risk of weed seed transport via animal faeces. **Weed Research**, v. 61, n. 1, p. 1-

12, 2021. <https://doi.org/10.1111/wre.12461>.

OVEISI, M.; OJAGHI, A.; RAHIMIAN, M. H.; MÜLLER-SCHÄRER, H.; REZA, Y. K.; POURMORAD, K. B.; SOLTANI, E. Potential for endozoochorous seed dispersal by sheep and goats: Risk of weed seed transport via animal faeces. **Weed Research**, v. 61, n. 1, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1111/wre.12461>.

PÉREZ-GARCÍA, F.; GONZÁLEZ-BENITO, M. E. Seed germination of five *Helianthemum* species: Effect of temperature and presowing treatments. **Journal of Arid Environments**, v. 65, n. 4, p. 688-693, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.10.008>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 15 Mar 2023.

RAI, P. K.; SINGH, J. S. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. **Ecological indicators**, v. 111, s/n, p. 106020, 2020. <https://doi.org/10.1016%2Fj.ecolind.2019.106020>.

SILVA, L. L. H. D.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; PIMENTA, M. C.; DANTAS, M. K. L. Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e20160022, p. 1-8, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.002216>.

SMÝKAL, P.; VERNOUD, V.; BLAIR, M. W.; SOUKUP, A.; THOMPSON, R. D. The role of the testa during development and in establishment of dormancy of the legume seed. **Frontiers in plant science**, v. 5, n. 351, p. 1-19, 2014. http://www.frontiersin.org/Plant_Science/editorialboard.

TRAVESET, A. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. **Perspectives in Plant ecology, evolution and systematics**, v. 1, n. 2, p. 151-190, 1998. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00057>

TRINDADE, M. R. O.; JARDIM, J. G.; CASAS, A.; GUERRA, N. M.; LUCENA, R. F. P. Availability and use of woody plant resources in two areas of Caatinga in Northeastern Brazil. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 14, s/n, p. 313-330, 2015. <http://dx.doi.org/10.17348>.

WANG, S.; LU, W.; WALY, N.; MA, C.; ZHANG, Q.; WANG, C. Recovery and germination of seeds after passage through the gut of Kazakh sheep on the north slope of the Tianshan Mountains. **Seed Science Research**, v. 27, n. 1, p. 43-49, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0960258517000022>.

CAPÍTULO II

**OZÔNIO NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES FLORESTAIS DA
CAATINGA**

Ozônio na germinação e vigor de sementes florestais da Caatinga

Resumo: O hidrocondicionamento em sementes de espécies florestais, associado ao borbulhamento de ozônio (O_3), pode contribuir para a superação de dormência e maximização da germinação. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos das concentrações de O_3 e o tempo de exposição na retomada do processo germinativo de sementes de espécies da caatinga. Na avaliação da qualidade fisiológica, sementes de espécies florestais foram submetidas a três concentrações de O_3 (0, 10 e 20 $mg.L^{-1}$) por cinco períodos de condicionamento (0, 30, 60, 90 e 120 min), com quatro repetições por espécie. Posteriormente foram avaliadas por meio dos testes de primeira contagem de germinação (%), percentual de germinação (%), índice de velocidade de germinação (índice), comprimento das plântulas digital (mm) e massa seca de plântulas (g). De modo geral, o pré-condicionamento fisiológico em O_3 , resulta em efeitos positivos da germinação de *Pityrocarpa moniliformes* ($33 \pm 61\%$), *Cenostigma pyramidale* ($71 \pm 96\%$) e *Libidibia ferrea* ($62 \pm 85\%$), com valores máximos de germinação superior a 50%. Concentrações de O_3 , possibilitam a germinação de sementes de *Senna spectabilis*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Cenostigma pyramidale*, *Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora*, *Desmanthus virgatus* e *Leucaena leucocephala*; A concentração de 20 $mg.L^{-1}$ de ozônio é benéfica para expressão do vigor das sementes, conferindo maior comprimento às plântulas.

Palavras-chave: Concentrações de ozônio; dormência tegumentar; pré-condicionamento; qualidade fisiológica.

Ozone on germination and vigor of Caatinga forest seeds

Abstract: Hydropriming in seeds of forest species, associated with ozone (O_3) bubbling, can contribute to overcoming dormancy and maximizing germination. In view of this, the objective was to evaluate the effects of O_3 concentrations and exposure time on the resumption of the germination process of seeds of caatinga species. In the evaluation of the physiological quality, seeds of forest species were submitted to three concentrations of O_3 (0, 10 and 20 $mg.L^{-1}$) for five conditioning periods (0, 30, 60, 90 and 120 min), with four repetitions by species. Subsequently, they were evaluated using tests of first germination count (%), germination percentage (%), germination speed index (index), digital seedling length (mm) and seedling dry mass (g). In general, the physiological preconditioning in O_3 results in positive effects on the germination of *Pityrocarpa moniliformes* ($33 \pm 61\%$), *Cenostigma pyramidale* ($71 \pm 96\%$) and *Libidibia ferrea* ($62 \pm 85\%$), with maximum values of germination greater than 50%. O_3 concentrations enable the germination of seeds of *Senna spectabilis*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Cenostigma pyramidale*, *Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora*, *Desmanthus virgatus* and *Leucaena leucocephala*; The concentration of 20 $mg.L^{-1}$ of ozone is beneficial for the expression of seed vigor, providing greater length to seedlings.

Key words: Ozone concentrations; integumentary numbness; preconditioning; physiological quality.

1. Introdução

A produtividade de material biológico, rendimento, otimização de insumos e demais etapas no sistema de produção florestal, está intimamente relacionada com a qualidade das sementes (Monteiro et al., 2021). Diversos fatores intrínsecos das sementes, como a dureza tegumentar, podem limitar a retomada do processo germinativo, bem como causar desuniformidade em campo (Baskin; Baskin, 2014).

A utilização de novas tecnologias, como o pré-condicionamento de sementes em água com ozônio (O₃), pode conferir melhorias no desempenho germinativo e estabelecimento de mudas, por meio da aceleração do desenvolvimento inicial das plântulas (Maximiano et al., 2018).

Formado apenas por oxigênio, o O₃ constitui-se como uma molécula alotrópica com cadeia de três átomos de oxigênio e de ocorrência natural na atmosfera (Uslu et al., 2022). O uso do O₃ pode ser considerado uma alternativa promissora para o tratamento de superação de dormência (Rodrigues et al., 2019).

Desta forma, estudos com a aplicação de ozônio sob diferentes períodos de condicionamento, tem sido realizado a fim de avaliar os efeitos na germinação e no controle de patógenos, a exemplo de sementes de *Sacha Inchi* (*Plukenetia volubilis* L.), onde a germinação ocorreu em curto tempo (Venta et al., 2023).

Em florestas secas, como a Caatinga, diversas espécies desenvolveram ao longo do processo evolutivo, estratégias de estabelecimento e permanência em ecossistemas naturais, a fim de se moldarem às constantes mudanças do meio em que estão inseridas (Sepúlveda; El-hani, 2014).

A exemplo disto, espécies da família Fabaceae, como *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby (canafístula); *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (catanduva); *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis (catingueira); *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz (pau ferro); *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema preta); *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. (jureminha) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena), desenvolveram mecanismos de perpetuação, que garantem a germinação programada ao longo do tempo, denominado como dureza tegumentar (Maia-Silva, 2012).

Sugere-se que a aplicação de O₃ confere a superação de dormência tegumentar em sementes, possibilitando a retomada do processo de embebição e por conseguinte a maximização da germinação. Acrescenta-se ainda, que o efeito desta aplicação esteja intimamente relacionada com a concentração, o tempo de exposição e a espécie em que são

realizados os estudos.

Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos das concentrações de O₃ e o tempo de exposição na retomada do processo germinativo de sementes de espécies da caatinga.

2. Material e Métodos

2.1. Material genético

Os frutos das espécies utilizadas nesse estudo, foram provenientes de populações do resgate de germoplasma PBA 23 e do PBA 17 do PISF no Ramal do Agreste, (Brasil, 09° 23' 20.7" S e 40° 30' 11.15" W), através da Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA). Esses frutos foram colocados para secar em ambiente natural sobre bancada, sendo posteriormente realizado o beneficiamento manual, eliminando-se as sementes que estavam visivelmente danificadas por insetos e mal formadas.

O grau de umidade das sementes foi previamente determinada em três amostras de 4,5g pelo método de estufa, a 105 ± 3 °C, por 24 horas, sendo os resultados expressos em porcentagem por base úmida (Brasil, 2009).

2.2. Geração de gás ozônio e tratamento de sementes

O ensaio foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes pertencente ao Departamento de Agronomia e no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais (20° 45' 30,7" S e 42° 52' 15,8" W).

Dessa forma, um gerador de ozônio modelo M10 (myOZONE, Jaguariúna, São Paulo, Brasil), foi acoplado a um concentrador de oxigênio modelo EverFlo (Philips Respironics, Murrysville, Pensilvânia, EUA). Este gerador funciona com base no método de descarga por corona.

A vazão volumétrica de oxigênio foi quantificada por um medidor de vazão modelo MF5700 (Siargo Ltd, Chengdu, Sichuan, China). A concentração do ozônio foi medida pelo método iodométrico (Rakness et al., 1996).

Para a ozonização das sementes foram utilizados recipientes cilíndricos de PVC com capacidade de 15 L de água destilada (Monteiro et al., 2021). O ozônio gasoso foi borbulhado no recipiente contendo 15 L de água destilada na presença das sementes, sendo para cada tratamento utilizadas amostras de 100 sementes de cada espécie. Para o tratamento controle foi utilizado ar atmosférico (O₂) (Fig. 1).

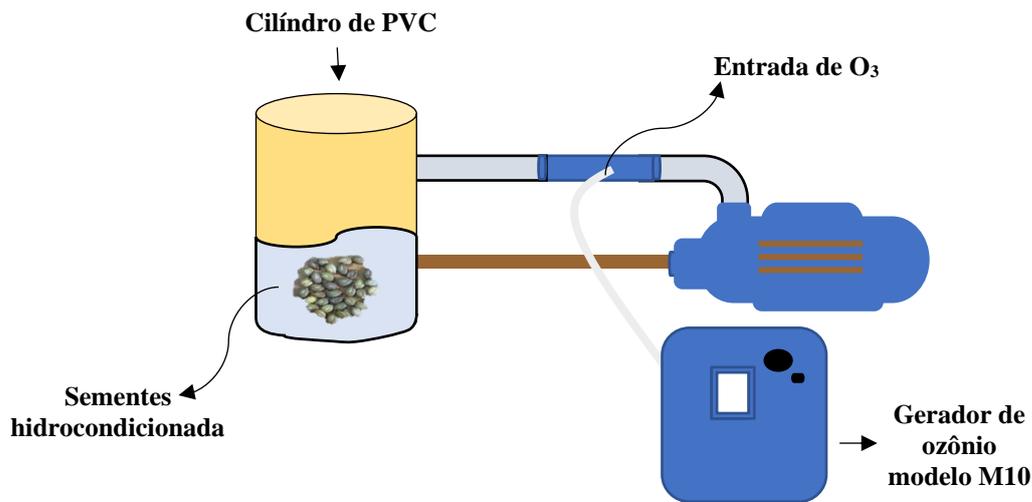


Figura 1. Esquema de pré-condicionamento de sementes de espécies florestais em água ozonizada.

Para o pré-condicionamento das sementes em água ozonizada, foram adotadas três concentrações de entrada de ozônio, sendo 0 (controle), 10 e 20 mg.L⁻¹ na temperatura de 25 °C nos períodos de pré-condicionamento de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos em sementes de *S. Spectabilis*; *P. Moniliformis*; *C. Pyramidale*; *L. ferrea*; *M. tenuiflora* e *L. Leucocephala* essas condições foram estabelecidas com base nos resultados obtidos por Maximiano et al. (2018).

Em sementes de *C. pyramidale* e *D. virgatus* o pré-condicionamento das sementes em água ozonizada, foi realizada a partir de duas concentrações de entrada de ozônio, sendo 0 (controle) e 20 mg.L⁻¹ na temperatura de 25 °C nos períodos de pré-condicionamento de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos estabelecidos com base nos resultados obtidos por Maximiano et al. (2018). Ensaio laboratoriais de sementes de espécies florestais submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada

Em laboratório, foi analisada a qualidade das sementes de *S. spectabilis*; *P. moniliformis*; *C. pyramidale*; *L. ferrea*; *M. tenuiflora*; *D. virgatus* e *L. Leucocephala*, submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada, considerando as seguintes variáveis: germinação (%), primeira contagem de germinação (%), índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas digital (mm) e massa seca de plântulas (g).

Germinação (G %) – Teste conduzido a partir de quatro repetições de 25 sementes cada, em câmaras de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) reguladas para temperatura constante de 25 °C. As sementes foram postas em substrato rolo de papel umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco, durante dias específicos para cada espécie, como determinado por Brasil (2013).

Primeira Contagem de Germinação (PCG %) – Realizada em conjunto com o teste de germinação, sendo o resultado expresso em porcentagem de plântulas normais avaliadas em dias específicos após a semeadura de cada espécie (Brasil, 2013).

Índice de velocidade de germinação (IVG) – Para o cálculo foi utilizada a Equação 1, de acordo com Maguire (1962):

$$IVG = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N1, N2, \dots, Ni}{D1, D2, \dots, Di} \right)$$

Em que: IVG = índice de velocidade de germinação; N1, N2 ... Ni = número de sementes germinadas na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente; D1, D2 ... Di = número de dias na primeira contagem, segunda contagem ... i-ésima contagem, respectivamente.

Comprimento de plântulas digital (CP mm.plântula⁻¹) - Mensurado com base em imagens utilizando-se o software ImageJ[®], sendo os resultados expressos em mm.plântula⁻¹.

Massa seca de plântulas (MSP g) – Avaliadas as plântulas normais, obtidas a partir dos testes de germinação para cada espécie. As plântulas de cada repetição foram acondicionadas em sacos de papel, identificados, e levados à estufa com circulação de ar forçada, mantida à temperatura de 80 °C por um período de 24 horas (Nakagawa, 1999). Após este período, cada repetição teve a massa avaliada em balança com precisão de 0,001 g, sendo os resultados expressos em g.plântulas⁻¹.

2.3. Análise Estatística

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial simples 3 x 5, representados por 3 concentrações de ozônio x 5 períodos de pré-condicionamento, totalizando 15 tratamentos. Os dados foram submetidos à análise multivariada usando a distância Euclidiana como uma medida de dissimilaridade pelo método de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages). Com os grupos formados, foram gerados gráficos boxplots para cada descritor e a comparação entre os grupos foi realizada pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

Para visualização da relação entre as características fisiológicas foi realizada a correlação de Pearson. Para determinar a variação na qualidade fisiológica das espécies em função das concentrações e períodos de pré-condicionamento, foram gerados boxplot para cada característica e as comparações realizadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Todas as análises

foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2023).

3. Resultados

As sementes selecionadas continham 10,5% de umidade. Ambas as sementes não foram previamente submetidas a nenhum tipo de tratamento químico.

Com base nos resultados apresentados nas Fig. 2, 3 e 4, que exibem a comparação em box plots a partir da análise de variância dos dados, observa-se que houve diferença significativa entre os grupos. As observações feitas neste estudo, mostram claramente que as frequências de germinação estão mais diretamente correlacionadas com o período de condicionamento das sementes considerando as diferentes espécies e as concentrações de ozônio.

Ao analisar o agrupamento das médias dos tratamentos aplicados neste estudo, levando em consideração as espécies, concentrações de ozônio e os períodos de aplicação, pode-se notar a formação de grupos com características semelhantes de viabilidade e vigor, os caracterizando como: ruim, regular, bom, ótimo e excelente, classificados seguindo maior porcentagem da viabilidade. Esses grupos são visualmente representados através de mapas de calor e de correlação, onde é possível observar as relações entre as espécies e as variáveis estudadas (Fig. 2A, 3A e 4A).

As porcentagens médias da viabilidade e do vigor para os períodos 0, 30, 60, 90 e 120 min em sementes de *C. pyramidale* (catingueira) submetidas a 0 mg.L⁻¹ de oxigênio (controle) foram evidentemente mais positivas (71, 93, 90, 91, 84%) em comparação as demais espécies (Fig. 2A).

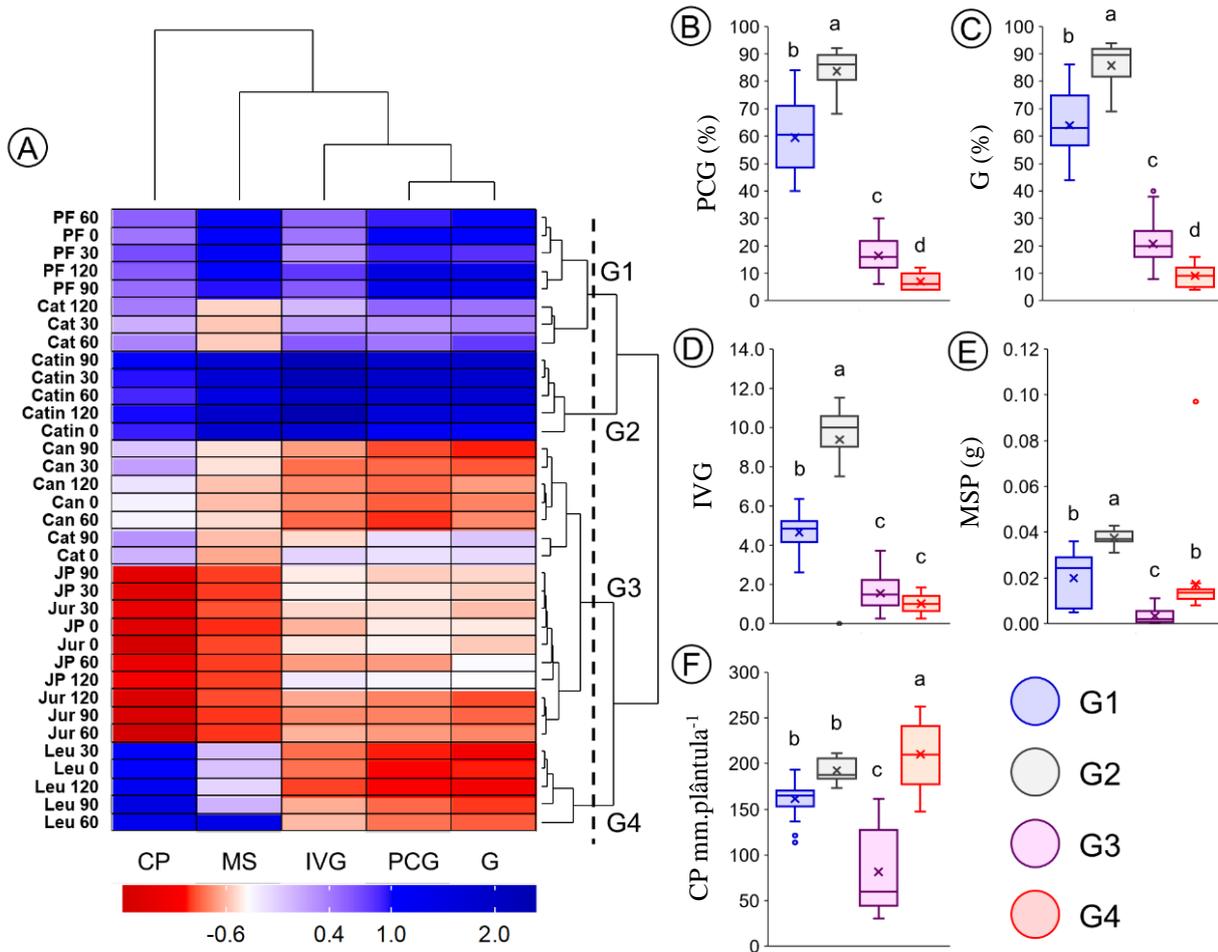


Figura 2. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos controle sem aplicação de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Catin – Catingueira; Can – Canafístula; JP – Jurema preta; Jur – Jureminha e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E) e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).

A medida em que houve a diminuição da germinação no grupo IV, ocorreu consequentemente o desenvolvimento das plântulas. Sementes de *L. leucocephala* (leucena), acondicionadas aos períodos 0, 30, 60, 90 e 120 min, quando submetidas a 0 mg.L⁻¹ de oxigênio, proporcionaram comprimentos médios de plântulas mais elevados 198,18; 197,89; 215,92; 228,13 e 211,51 mm, (Fig 2F).

Em sementes submetidas 0 mg.L⁻¹ de oxigênio, foi possível observar a formação de quatro grupos: o grupo I, constituído pelos tratamentos PF - 60; PF - 0; PF - 30; PF - 120; PF - 90; CAT - 120; CAT - 30; CAT - 60, classificado como ótimo, por apresentar médias de 60

e 65% na primeira contagem e no percentual de germinação, respectivamente, assim como índice de velocidade média de germinação 5,0 (Fig 2A, 2B, 2C e 2D) .

O grupo II, formado pelos tratamentos CATIN – 90; CATIN – 30; CATIN – 60; CATIN – 120; CATIN – 0, apresentaram maior média do desempenho germinativo 86% (Fig 2C), bem como para a maioria das variáveis de vigor, com valores médios de 84% na primeira contagem de germinação, 10 no índice de velocidade de germinação e 0,040 g da massa seca de plântulas (Fig. 2B, 2D e 2E), sendo classificado como excelente em comparação aos demais grupos do tratamento controle.

Os tratamentos CAN – 90; CAN – 30; CAN – 120; CAN – 0; CAN – 60; CAT – 90; CAT – 0; JP – 90; JP – 30; JUR – 30; JP – 0; JUR – 0; JP – 60; JP – 120; JUR – 120; JUR – 90 e JUR - 60, compuseram o grupo III, por exibirem valores médios regulares de 15% e 20% na primeira contagem e no percentual de germinação, sequencialmente, sendo caracterizados como bom. Já o grupo IV formado pelos tratamentos LEU – 30; LEU – 0; LEU – 120; LEU – 90 e LEU – 60 (Fig. 2A), quando foi avaliado o vigor pelo comprimento de plântulas, apresentou maior desempenho ($255 \text{ mm.plântulas}^{-1}$) conforme visualizado na Fig. 2F, indentificados como regular.

Em sementes submetidas a concentração de 10 mg.L^{-1} de ozônio, nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos, foi possível observar a formação de cinco grupos: em que o grupo I, constituído pelos tratamentos CAN – 120; CAN – 30; CAN – 0; CAN – 90; CAN – 60 e LEU – 60, os valores médios na primeira contagem e no percentual de germinação foram de 10 e 18%, respectivamente, apresentando valores regulares em seu desempenho (Fig. 3A, 3B e 3C).

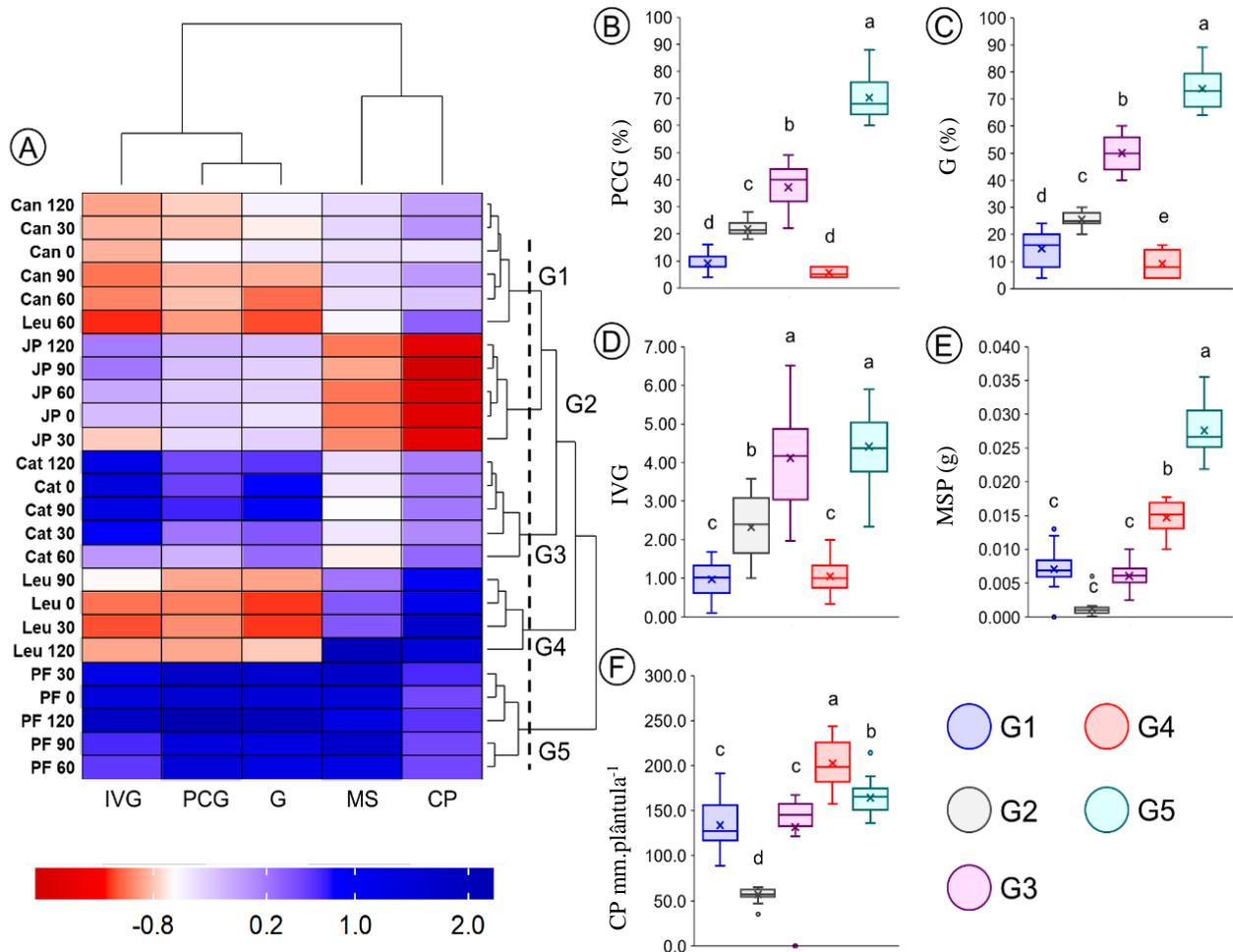


Figura 3. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos concentração 10 mg.L⁻¹ de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Can – Canafístula; JP – Jurema preta e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E) e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).

O grupo II, formado pelos tratamentos JP – 120; JP – 90; JP – 60; JP – 0 e JP – 30, apresentou valores médios na primeira contagem e no percentual de germinação (20 e 25%), bem como na massa seca de plântulas 0,003 g, (Fig. 3A, 3B, 3C e 3E), sendo caracterizado como bom. No grupo III, formado pelos tratamentos CAT – 120; CAT – 0; CAT – 90; CAT – 30 e CAT – 60, caracterizado como ótimo desempenho, apresentou média percentual de germinação de aproximadamente 50% (Fig. 3C). Já o grupo IV formado pelos tratamentos LEU – 90; LEU – 0; LEU – 30 e LEU – 120, embora tenha sido caracterizado como ruim, por apresentar menores percentuais médios de germinação 8% (Fig. 3C), o mesmo apresentou

melhor crescimento de plântulas 200 mm.plântulas⁻¹ na avaliação do desempenho fisiológico (Fig. 3F).

Os melhores percentuais médios de primeira contagem 70% (Fig. 3B) e do percentual de germinação 78% (Fig. 3C), ocorreram para o grupo V, formado pelos tratamentos PF – 30; PF – 0; PF – 120; PF – 90 e PF – 60, com valor máximo de 90%, sendo caracterizado como excelente. Nos demais testes de vigor, verifica-se melhor desempenho com valores médios de 4,0 do IVG (Fig. 3D), bem como da massa seca de plântulas, com médias de 0,075 g (Fig. 3E).

Na figura 4, em sementes submetidas a concentração de 20 mg.L⁻¹ de ozônio, nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos, foi possível observar a formação de cinco grupos: em que o grupo I, constituído pelos tratamentos LEU – 30; LEU – 0; LEU – 120; LEU – 60; CAN – 90; CAN – 0; CAN – 120; CAN – 60; CAN – 30 e LEU - 90, caracterizado como ruim, por apresentar menores percentuais de germinação com 12% em média (Fig. 4A e 4C).

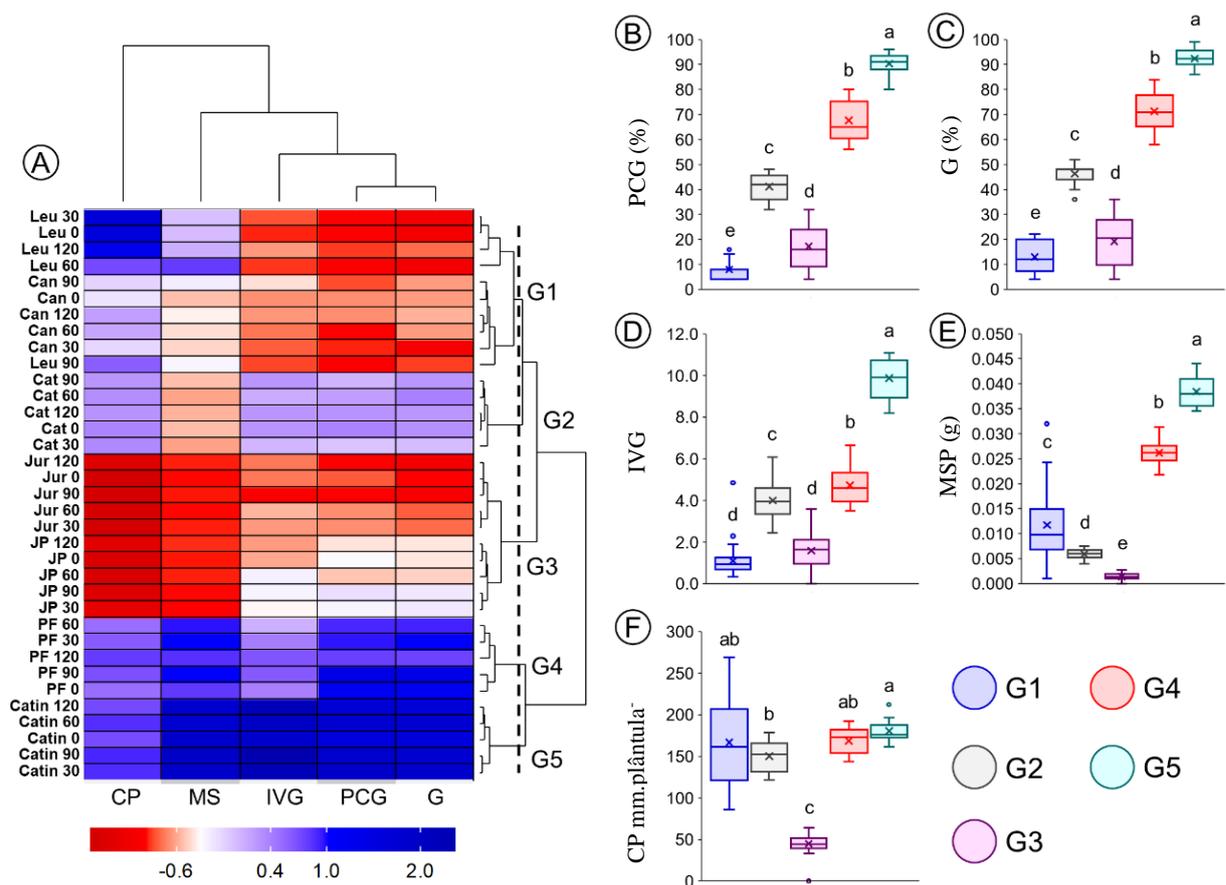


Figura 4. Mapa de calor (Hetmap) da relação entre os tratamentos concentração 20 mg.L⁻¹ de ozônio nos períodos de 0, 30, 60, 90 e 120 min, para as espécies de PF – Pau-ferro; Cat – Catanduva; Catin – Catingueira; Can – Canafístula; JP – Jurema preta; Jur – Jureminha e Leu – Leucena (A). Variáveis: PCG – Primeira contagem de germinação (B); Percentual de

Germinação (C); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (D); Massa seca de plântulas (E) e Comprimento de plântulas (F). Valores médios seguidos pela mesma letra minúscula em uma coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05\%$).

O grupo II, formado pelos tratamentos CAT – 90; CAT – 60; CAT – 120; CAT – 0 e CAT - 30, apresentou percentuais e valores médios, de 45% na germinação (Fig 4A e 4C), e baixa massa seca de plântulas 0,005 g (Fig. 4E), sendo indenificado como grupo bom. No grupo III, formado pelos tratamentos JUR – 120; JUR – 0; JUR – 90; JUR – 60; JUR – 30; JP – 120; JP - 0; JP – 60; JP – 90 e JP – 30, os percentuais médios de primeira contagem e germinação, apresentaram valores de 18 e 20%, respectivamente (Fig. 4A, 4B e 4C), caracterizado como regular. Já o grupo IV formado pelos tratamentos PF – 60; PF – 30; PF – 120; PF – 90 e PF – 0, que apresentou ótimo desempenho para as variáveis analisadas, a germinação média foi 70% (Fig. 4C).

O grupo V, formado pelos tratamentos CATIN – 120; CATIN – 60; CATIN – 0 CATIN – 90 e CATIN - 30, expresaram melhores desempenhos médios de germinação (90%) e na avaliação do vigor quando avaliado a primeira contagem (86%), índice de velocidade de germinação (10,0), massa seca de plântulas (em torno de 0,038 g) e comprimento de plântulas (aproximadamente $155 \text{ mm.plântula}^{-1}$), caracterizando-se como grupo excelente.

No desdobramento entre as espécies, é possível observar uma diferença numérica devido à concentração de ozônio nas variáveis analisadas. As sementes de *P. moniliformis* (catanduva), *C. pyramidale* (catingueira) e *L. ferrea* (pau ferro) apresentaram melhores desempenhos em comparação as demais espécies, nas variáveis de PCG, Germinação, IVG e massa seca de plântulas exceto para as sementes de catanduva (Fig. 5A, 5B, 5C e 5D)

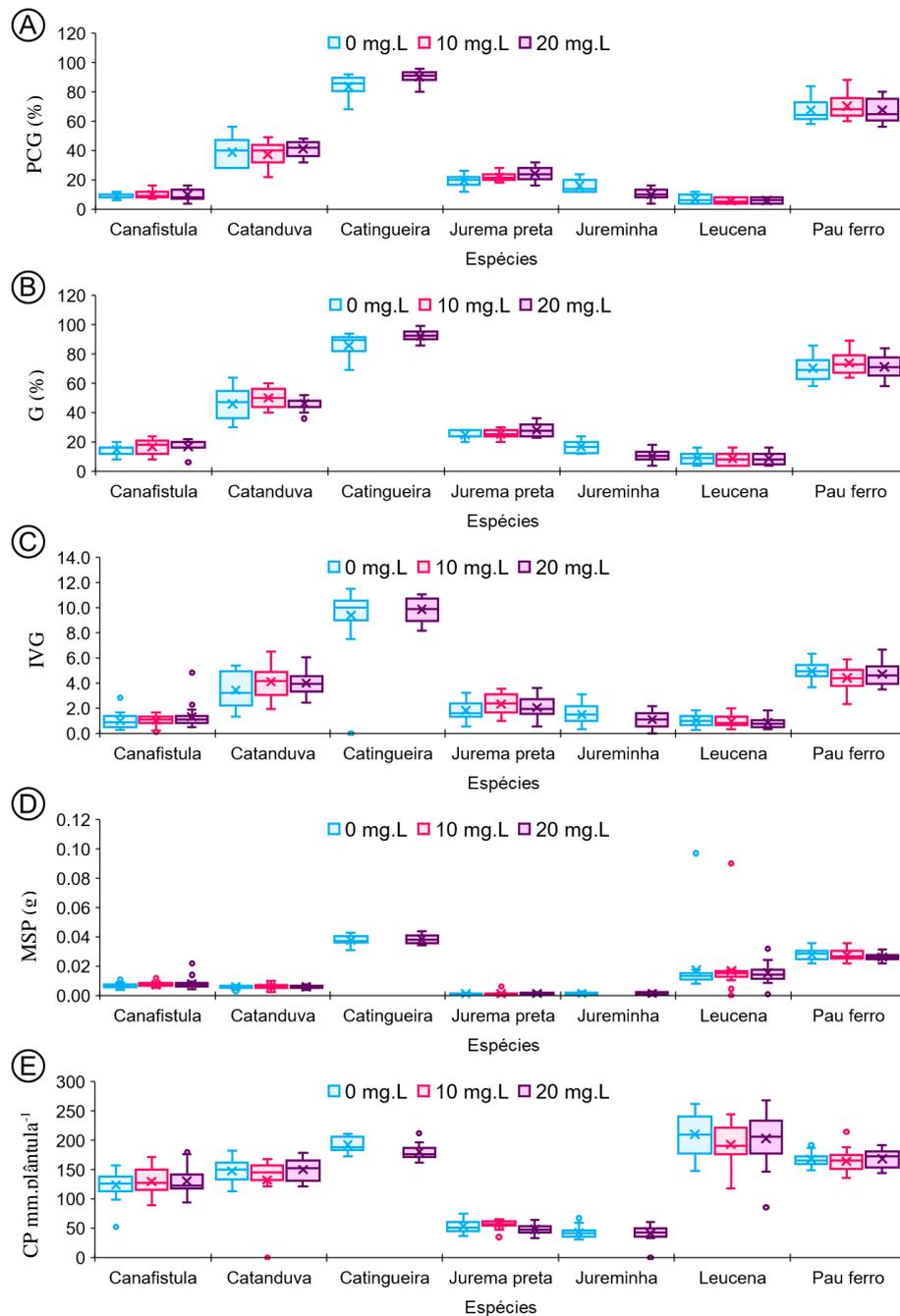


Figura 5. Desdobramento entre espécies nas concentrações de ozônio de 0 mg.L⁻¹, 10 mg.L⁻¹ e 20 mg.L⁻¹, na temperatura de 25 °C. PCG – Primeira contagem de germinação (A); Percentual de Germinação (B); IVG – Índice de Velocidade de Germinação (C); Massa seca de plântulas (D) e Comprimento de plântulas (E).

O pré-condicionamento em O₃, resultou em efeitos positivos da germinação de *Pityrocarpa moniliformes* (33 ± 61%), *Cenostigma pyramidale* (71 ± 96 %) e *Libidibia ferrea* (62 ± 85 %) (Fig. 5B).

Em sementes de *L. leucocephala* concentrações de O₃ por diferentes períodos,

apresentaram alguns pontos de discrepância (outliers), para a variável de massa seca de plântulas, onde em 0 mg.L^{-1} e 10 mg.L^{-1} foi possível observar pontos superiores de $0,033 \text{ g}$ (Fig. 5D).

Em relação aos aspectos de vigor relacionados ao comprimento de plântulas (Fig. 5E), apenas as plântulas de *M. tenuiflora* ($46,60 \pm 64,66 \text{ mm}$) e *D. virgatus* ($35,45 \pm 54,27 \text{ mm}$), apresentaram os menores desempenhos.

4. Discussão

Neste estudo, utilizou-se o hidrocondicionamento em sementes de espécies florestais, como método de condicionamento fisiológico, associado ao borbulhamento de ozônio e oxigênio. De modo geral, o pré-condicionamento fisiológico resultou em efeitos positivos na maximização da germinação de *P. moniliformes*, *C. pyramidale* e *L. ferrea*, com valores máximos de germinação superior a 50%.

Tais resultados observados nas figuras 2C, 3C e 4C, no que se refere a viabilidade, demonstram que o condicionamento independente da concentração de ozônio, conferiram um bom desempenho, principalmente quando comparado com outros métodos convencionais e alternativos para a superação de dormência tegumentar destas espécies.

A utilização de plasma atmosférico por barreira dielétrica em sementes de *P. moniliformes*, promoveu o aumento efetivo de 40% na germinação de sementes em comparação as sementes não tratadas (Nicolau et al., 2022). No entanto, este método empregado não conferiu percentuais mínimos do que se recomenda para comercialização e produção de mudas (Brasil, 2013).

Já em sementes de *C. pyramidale*, a utilização de ácido sulfúrico à 98% por cinco minutos, foi o método que apresentou maior eficiência na superação de dormência, e por conseguinte a retomada dos processos de desenvolvimento do embrião (Alves et al., 2007). Em sementes de *L. ferrea*, a utilização de ácido sulfúrico à 98% promoveram alterações físicas na camada paliçádica das sementes, possibilitando a entrada de maior conteúdo de água (Matos et al., 2015).

Este método por sua vez, apesar de contribuir para diminuição da hidrofobicidade, formadas por substâncias específicas, que são capazes de bloquear a entrada de água nas sementes (Bewley et al., 2013; Serý et al., 2020), apresenta riscos ao analista que está manuseando estes reagentes químicos, bem como ao ambiente em que se é descartado os resíduos (Silva et al., 2018).

Embora o condicionamento de sementes de *S. spectabilis*, *M. tenuiflora*, *D. virgatus* e *L. leucocephala* não tenham desempenhado percentuais de viabilidade significativas quando submetidas a concentrações e tempos de ozônio, o presente estudo abre portas para investigações que busquem avaliar tempos e concentrações diferentes ao exposto a esta pesquisa. Vale ressaltar que os percentuais de germinação observados para estas espécies, podem ainda, estar atrelado aos aspectos físicos e morfológicos estruturais das sementes.

A umidade relativa das sementes em resposta ao estresse oxidativo mediado por O_3 pode auxiliar na regulação dos processos metabólicos, assegurando resultados positivos ou negativos na retomada e no desenvolvimento em todo o processo germinativo (Abeli et al., 2016).

A qualidade das sementes é influenciada por diversos fatores relacionados à saúde das plantas matrizes, condições ambientais durante a maturação das sementes, e dentre outros. (Mondoni et al., 2014). Esses fatores extrínsecos podem afetar a resposta das sementes quando submetidas ao ozônio (Abeli et al., 2016).

Com relação aos aspectos de vigor, é possível notar que as sementes submetidas as concentrações menores de ozônio (0 mg.L^{-1} , 10 mg.L^{-1}), embora tenham apresentado percentuais de viabilidade consideráveis para algumas espécies, não contribuíram de maneira efetiva para o desenvolvimento de plântulas, acarretando comprimentos intermediários (Fig 2F e 3F). Já em relação as sementes submetidas as concentrações mais elevadas de ozônio (20 mg.L^{-1}), é notório que as mesmas apresentaram uniformidade em todos os aspectos de desempenho, tanto de viabilidade como de vigor em espécies que apresentaram bom desempenho germinativo (Fig. 4).

Embora seja ainda incipiente a aplicação de ozônio em sementes florestais, é possível observar em alguns estudos que o aumento da concentração de ozônio pode contribuir efetivamente para o desenvolvimento das plântulas, como registrado em estudos por Maximiano et al. (2018), em que a 30 mg.L^{-1} , que resultou em melhores desenvolvimento iniciais durante a germinação das sementes.

Este desenvolvimento está relacionado ao envolvimento de radicais livres (espécies de carbono e oxigênio), que são gerados a partir das reações das sementes, quando submetidas a períodos de exposição ao O_3 , como demonstrado pelas análises de espectro em sementes de plantas alpinas (Abeli et al., 2016).

Considerando a variação de respostas, as mais diversas formas de aplicação do O_3 para melhoria da qualidade fisiológica de sementes, a interação contrastante entre concentrações, tempos de exposição e espécies deve ser mais investigada.

5. Conclusão

Concentrações de O₃, possibilitam a germinação de sementes de *Senna spectabilis*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Cenostigma pyramidale*, *Libidibia ferrea*, *Mimosa tenuiflora*, *Desmanthus virgatus* e *Leucaena leucocephala*;

A concentração de 20 mg.L⁻¹ de ozônio é benéfica para expressão do vigor das sementes, conferindo maior comprimento às plântulas.

6. Agradecimentos

O trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental – NEMA/UNIVASF, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF e o Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR pela disponibilização das sementes.

REFERÊNCIAS

- ABELI, T.; GUASCONI, D. B.; MONDONI, A.; DONDI, D.; BENTIVOGLIO, A.; BUTTAFAVA, A.; ORSENIGO, S. Acute and chronic ozone exposure temporarily affects seed germination in alpine plants. **Plant Biosystems-an International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology**, v. 151, n. 2, p. 304-315, 2017.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1174169>
- ALVES, E. U.; CARDOSO, E. D. A.; BRUNO, R. D. L. A.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U., GALINDO, E. A.; BRAGA JUNIOR, J. M. Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 405-415, 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300006>
- BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2ª ed. San Diego, USA: Academic/Elsevier, 2014.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy** 3ed. New York: Springer Science and Business Media, 2013. p.407.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para a análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-77, 1962.
- MAIA-SILVA, C. et al. **Guia de plantas: visitadas por abelhas na caatinga**. [S.l: s.n.], 2012.
- MATOS, A. C. B.; ATAÍDE, G. D. M.; BORGES, E. E. D. L. Physiological, physical, and morpho-anatomical changes in *Libidibia ferrea* ((Mart. ex Tul.) LP Queiroz) seeds after overcoming dormancy. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 1, p. 26-32, 2015.
<https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n1140433>
- MAXIMIANO, C. V.; CARMONA, R.; SOUZA, N. O.; ALENCAR, E. R. D.; BLUM, L. E. Physiological and sanitary quality of maize seeds preconditioned in ozonated water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 360-365, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p360-365>
- MONDONI, A.; ORSENIGO, S.; DONÀ, M.; BALESTRAZZI, A.; PROBERT, R.J., HAY, F.R.; ABELI, T. Environmentally induced transgenerational changes in seed longevity: maternal and genetic influence. **Annals of Botany**, v. 113, n. 7, p. 1257-1263, 2014.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcu046>
- MONTEIRO, N. O. D. C.; ALENCAR, E. R.; SOUZA, N. O. S.; LEÃO, T. P. Ozonized Water in the Preconditioning of Corn Seeds: Physiological Quality and Field Performance. **Ozone: Science & Engineering**, v. 43, n. 5, p. 436-450, 2021.
<https://doi.org/10.1080/01919512.2020.1836472>
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 2.1-2.24, 1999.

NICOLAU, J. P. B.; PEREIRA, M. D.; SILVA, F. E. D.; SOUZA, D. L. D. S.; MEDEIROS, A. D. D.; ALVES, C. Z. Atmospheric plasma overcomes dormancy of *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & RW Jobson seeds. **Journal of Seed Science**, v. 44, n. e202244041, p. 1-10, 2022. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44261872>.

R CORE TEAM. R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2023. <https://doi.org/http://www.R-project.org>.

RAKNESS, K.; GORDON, G.; LANGLAIS, B.; MASSCHELEIN, W.; MATSUMOTO, N.; RICHARD, Y.; SOMIYA, I. Guideline for measurement of ozone concentration in the process gas from an ozone generator. **Ozone: Science & Engineering**, v. 18, p. 209-229, 1996.

RODRIGUES, V. O.; PENIDO, A. C.; PEREIRA, D. D. S.; OLIVEIRA, A. M.; MENDES, A. E. S.; OLIVEIRA, J. A. Sanitary and physiological quality of soybean seeds treated with Ozone. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, p. 183-96, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p183>.

SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. H. Obstáculos epistemológicos e sementes conceituais para a aprendizagem sobre adaptação: uma interpretação epistemológica e sociocultural dos desafios no ensino de evolução. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 2, p. 237-263, 2014.

SERÝ, M.; ZAHORANOVÁ, A.; KERDÍK, A.; SERÁ, B. Seed germination of black pine (*Pinus nigra* Arnold) after diffuse coplanar surface barrier discharge plasma treatment. **Transactions on Plasma Science**, v. 48, n.4, p.39-945, 2020. <https://doi.org/10.1109/TPS.2020.2981600>

SILVA, D. L. S.; FARIAS, M. L.; VITORIANO, J. O.; ALVES-JÚNIOR, C. ; TORRES, S.B. Use of atmospheric plasma in germination of *Hybanthus calceolaria* (L.) Schulze-Menz seeds. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.632-639, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n311rc>

USLU, Ö. S.; EROL, A.; GEDIK, O. AKBAY, F. Determination of the Effects of Different Aqueous Ozone Doses and Temperature on Germination and Seedling Development of Vetch Seeds. **Ozone: Science & Engineering**, v. 44, n. 6, p. 512-520, 2022. <https://doi.org/10.1080/01919512.2021.1984204>.

VENTA, M. B.; VELIZ L. E.; PEREZ, A.; BARRERAS, G.; VILLANUEVA, M; ORTEGA, N.; LEDEA, O. Effect of Ozone Treatments on Germination and Disinfection of *Sacha Inchi* (*Plukenetia volubilis* L.) Seeds. **Ozone: Science & Engineering**, v. 41, s/n, p. 1-13, 2023. <https://doi.org/10.1080/01919512.2023.2192743>