

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Enterolobium*
***contortisiliquum* (Vell.) Morong CLASSIFICADAS POR**
TAMANHO

Ligia Paula Cabral do Rosário
Engenheira Agrônoma

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E QUALIDADE
FISIOLOGICA DE SEMENTES DE *Enterolobium*
***contortisiliquum* (Vell.) Morong CLASSIFICADAS POR**
TAMANHO

Discente: Ligia Paula Cabral do Rosário

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal).

R789b Rosário, Ligia Paula Cabral do
Biometria de frutos e sementes e qualidade fisiológica de
sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.)
Morong: classificadas por tamanho / Ligia Paula Cabral
do Rosário. --Jaboticabal, 2022
94 p.: tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula

1. Dormência de sementes. 2. Espécie florestal. 3. Tamboril.
4. Testes de qualidade de sementes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

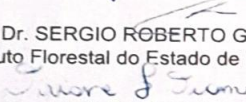
TÍTULO DA TESE: BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong CLASSIFICADAS POR TAMANHO

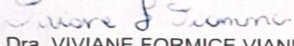
AUTORA: LIGIA PAULA CABRAL DO ROSÁRIO

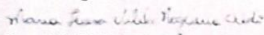
ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

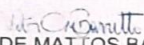
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal


Prof. Dr. SERGIO ROBERTO GARCIA DOS SANTOS (Participação Virtual)
Instituto Florestal do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente / São Paulo/SP


Profa. Dra. VIVIANE FORMICE VIANNA (Participação Virtual)
Faculdade de Tecnologia - FATEC / Jaboticabal/SP


Pesquisadora Dra. MARIA TERESA VILELA NOGUEIRA ABDO (Participação Virtual)
APTA - Pólo Regional Centro Norte / Pindorama/SP


Prof. Dr. VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Jaboticabal, 07 de dezembro de 2022

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

LIGIA PAULA CABRAL DO ROSÁRIO, nascida em 21 de janeiro de 1988 em Castanhal (PA), é Bacharel em Engenharia Agrônômica, formada pelo Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal-PA, em 2016. Especialista em Educação Ambiental pelo Programa de Formação Interdisciplinar em Meio Ambiente (PROFIMA), vinculado ao Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Guamá (2017). Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus Castanhal (2018). Em agosto de 2019, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal), junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV-Unesp), Campus de Jaboticabal, sendo bolsista CAPES, desenvolvendo trabalhos em Tecnologia de Sementes Florestais.

Se algum de vocês tem falta de sabedoria,
Peça-a a Deus, que a todos dá livremente,
de boa vontade; e lhe será concedida.

Tiago 1:5

À família ROSÁRIO, minha mãe (Lucília), e meus irmãos
e sobrinha
(Izaura Cristina, Diego Luiz e Isabelle Cristina).

DEDICO

EPIGRAFE

Espírito Santo

Sabe por que mesmo sem forças você ainda lutou?
Sabe por que mesmo chorando um sorriso estampou?
Sabe por que te machucaram, mas você perdoou?
Sabe por que quis tudo abandonar, mas não abandonou?
É que eu te sustento, eu não te deixo eu te convenço pra você não se perder.
E quando você chora, vou recolhendo todas as lágrimas pra interceder ao pai por você.
E pode acontecer de tudo dar errado e alguém que você tanto ama ter te abandonado e o coração quebrado choro entalado querendo desabafo.
E bem nessa hora que incontrolavelmente vai querer chorar, mas vai se lembrar que ainda existe alguém que pode te escutar e eu vou estar lá.
Te consolando, te convidando para um encontro, enxugando os prantos.
Filho entenda quem está falando é o Espírito Santo. Eu te sustento, eu não te deixo, eu te convenço pra você não se perder,
E quando você chora, vou recolhendo todas as lágrimas pra interceder ao pai por você,
O melhor amigo:
Espírito Santo.
Traz avivamento:
Espírito Santo.
Envolve o seu povo:
Espírito Santo;
Batizando com fogo:
Espírito Santo.

Valesca Mayssa

AGRADECIMENTOS

Eu quero externar minha eterna gratidão ao **DEUS ALTÍSSIMO E TODO PODEROSO**, do início ao fim deste projeto me sustentou com as suas poderosas mãos. Concedendo muita sabedoria, paciência e perseverança na execução da tese no **Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Unesp/FCAV** para concretização de mais uma etapa de um sonho na minha trajetória de vida com o auxílio dos profissionais dessa instituição.

A minha mãe, **Lucília Rosário** que compartilhou comigo as vitórias e as dificuldades enfrentadas na pós-graduação. Aos meus irmãos, **Izaura Cristina e Diego Luiz**, por todo amor e incentivo ao longo da vida, aos meus amados **sobrinhos, Isabelle e Gabriel**, e ao meu **cunhado Marcos Sérgio** e em especial, minha irmã de coração **Alessandra Domingos e família**, por todos os momentos de partilha, alegria, incentivo e companheirismo na caminhada.

Aos meus tios amados: **Socorro, Benedita e Alberico** que me apoiaram incondicionalmente na minha vida de estudante e que não mediram esforços. Aos meus amados primos **Aline, Guilherme, André, Letícia, Kailane, Kaio, Ana Ruth, Elson**.

Ao meu Orientador **Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula**, pelo apoio, paciência, simplicidade em suas orientações e humildade em sua recepção, que o fazem um grande pesquisador, mais acima de tudo um grande homem. Que com competência e rigor científico, e sem perder a ternura, soube conduzir-me no processo de orientação e finalização deste doutorado. Eu só tenho a agradecer a Deus pela sua vida e família.

A **Profa. Dra. Maria José Barboza e Prof. Dr. Adebaro Alves dos Reis** que contribuíram de inúmeras formas nas etapas anteriores ao ingresso no doutorado.

Aos meus amigos **Márcio Pina, Yasmin Inocêncio, Priscila Inocêncio, Hágabo Paulo, Edivane Mendonça, Domingas Mendes, Graciane Rios, João de Deus, Hieglis Cavalcante, Ellen Nabiça, Solange Celestino, Vanessa Dantas, Marielly Barros, Raifran Moraes, Cecília Raiol, Carla Matos, Bianca Cavalcante, Maricélio Souza, Thiago Fernandes e Regiara Modesto** por todo apoio e orações.

Em especial ao **Pastor Alceu**, que me acolheu com tanto carinho, apoio, incentivo e orações.

Ao **Pastor e Psicólogo Rogério Ricardo** por todo zelo, oração, direcionamento e ajuda ao longo do processo.

Aos funcionários do Horto Florestal da Unesp **Adevair e seu Roberto** pelas contribuições no decorrer da pesquisa.

Aos companheiros do **Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal**, especialmente, aos fabulosos **Patrícia Cândido, Bruna Zanatto, Tamara Valdovinos, João Vitor, João Pedro, Eduarda Reis e Robson Luís**, que com garra e alegria souberam aproveitar e vivenciar momentos de novos aprendizagens. E pelo incentivo e apoio nesta árdua caminhada que compartilharam momentos de desafios e dificuldades. A todos, muito obrigada, por terem me proporcionado vivências práticas de coletividade, companheirismo, solidariedade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001. Agradecer a todos que de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Família Fabaceae e o gênero <i>Enterolobium</i>	3
2.2 Dormência de sementes de <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	5
2.3. Qualidade fisiológica de sementes.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Experimento 1 - Biometria de frutos e sementes e tratamentos para superação da dormência de sementes	11
3.1.1. Coleta e biometria de frutos e sementes.....	11
3.1.2. Classificação das sementes por tamanho, tratamentos para superação de dormência e teste de germinação	12
3.1.3. Análise dos dados.....	13
3.2. Experimento 2 - Testes de vigor em sementes de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> classificadas por tamanho	14
3.2.1. Teste de Condutividade Elétrica	15
3.2.2. Teste de Envelhecimento Acelerado tradicional	16
3.2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado com solução salina	16
3.2.4. Teste de Frio.....	17
3.2.5 Análise dos dados.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18

4.1. Experimento 1 - Biometria de frutos e sementes e tratamentos para superação da dormência de sementes	18
4.1.1. Biometria de frutos e sementes	18
4.1.2. Tratamentos de superação de dormência e germinação de sementes.....	26
4.2. Experimento 2 - Testes de vigor em sementes de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> classificadas por tamanho	31
4.2.1. Teor de água.....	31
4.2.2. Teste de Condutividade Elétrica (CE)	32
4.2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado tradicional	37
4.2.4. Teste de Envelhecimento Acelerado com solução salina	47
4.2.5. Teste de Frio.....	55
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS	62

BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong CLASSIFICADAS POR TAMANHO

RESUMO – Estudos biométricos de frutos e sementes, de superação da dormência e de avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes são importantes para o planejamento da produção de mudas florestais e reflorestamento. Assim, buscou-se avaliar caracteres biométricos de frutos e sementes, a eficiência de tratamentos para superação da dormência e de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), uma espécie arbórea nativa do Brasil, com ampla utilização desde o paisagismo à fabricação de embarcações. Para tanto, inicialmente frutos coletados em 19 árvores matrizes foram separados visualmente em grandes e pequenos avaliando-se o comprimento, largura e massa de frutos; número de frutos/kg; peso de 1000 sementes, número de sementes/fruto e por kg; comprimento, largura e espessura de sementes, procedendo-se a análise gráfica da distribuição da frequência de cada característica e de correlação entre os caracteres. Posteriormente, sementes obtidas dos frutos grandes e pequenos foram separadas em peneiras de furos redondos em classes maior ou igual a 25/64” (sementes grandes) e menor que 25/64” (sementes pequenas) e submetidas a tratamentos de superação de dormência: testemunha; escarificação mecânica; imersão em água a 80°C por 2 min e em ácido sulfúrico por 5, 10 e 15 min. Em um segundo experimento, sementes classificadas em três classes de tamanho, conforme tenham sido ou não retidas em peneiras de crivos redondos de diferentes tamanhos ($P < 24$: sementes que passaram pela peneira 24/64”; $P = 24$: sementes que ficaram retidas na peneira 24/64” e, $P \geq 25$: sementes que ficaram retidas na peneira 25/64”) tiveram sua qualidade fisiológica avaliada pelos seguintes testes de vigor: condutividade elétrica conduzido por diferentes períodos de embebição a 25°C; envelhecimento acelerado tradicional e com uso de solução salina conduzido a 45°C por diferentes períodos e teste de frio conduzido a 10°C por 3 dias, seguidos do teste de germinação. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, comparação de médias e, ou análise de regressão, conforme delineamento apropriado. Observou-se que há grande variação entre árvores matrizes de *E. contortisiliquum* quanto aos caracteres biométricos de frutos e sementes. Os atributos biométricos de frutos têm pouca influência sobre os atributos biométricos de sementes e sobre o processo germinativo, mas sementes grandes são de melhor qualidade fisiológica que sementes pequenas. A escarificação mecânica e a imersão em ácido sulfúrico por 15 min são eficientes para superar a dormência de sementes de *E. contortisiliquum*. O teste de frio conduzido a 10°C por 3 dias não é adequado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho. Por outro lado, os testes de condutividade elétrica, com amostras de 25 sementes embebidas em 75 ml de água deionizada a 25°C, por 24 h, bem como, os testes de envelhecimento acelerado tradicional por 24 h e com solução salina de NaCl por 48 h, ambos conduzidos a 45°C, são adequados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho.

Palavras-chave: Dormência de sementes, espécie florestal, tamboril, testes de qualidade de sementes

BIOMETRY OF FRUITS AND SEEDS AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong CLASSIFIED BY SIZE

ABSTRACT – Biometric studies of fruits and seeds, breaking dormancy, and evaluating the physiological quality of seed lots are important for planning the production of forest seedlings and reforestation. Thus, it was sought to evaluate biometric traits of fruits and seeds, the efficiency of treatments for breaking dormancy, and vigor tests to evaluate the physiological quality of *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) seeds, a native tree specie from Brazil, with wide use from landscaping to the manufacture of boats. For that, initially, fruits collected in 19 mother trees were visually separated into large and small size, evaluating the length, width, and mass of fruits; the number of fruits/kg; the weight of 1000 seeds, number of seeds/fruit and seeds/kg; length, width, and thickness of seeds, proceeding to the graphical analysis of the frequency distribution of each characteristic and the correlations. Subsequently, seeds obtained from large and small fruits were separated on sieves with round holes in classes greater than or equal to 25/64" (large seeds) and smaller than 25/64" (small seeds) and subjected to breaking dormancy treatments: control; mechanical scarification; immersion in water at 80°C for 2 min and in sulfuric acid for 5, 10 and 15 min. In a second experiment, seeds classified into three size classes, according to whether or not they were retained in round sieve sieves of different sizes (P<24: seeds that passed through a 24/64" sieve; P=24: seeds that were retained in the 24/64" sieve and P≥25: seeds that were retained in the 25/64" sieve) had their physiological quality evaluated by the following vigor tests: electrical conductivity test conducted by different periods of imbibition at 25°C, traditional accelerated aging test and with the use of saline solution conducted at 45°C for different periods, and cold test conducted at 10°C for 3 days, followed by the germination test. The data obtained were submitted to analysis of variance followed by a comparison of means and/or regression analysis, according to the appropriate design. It was observed that there is a great variation among *E. contortisiliquum* mother trees regarding the biometric traits of fruits and seeds. The biometric attributes of fruits have little influence on the biometric attributes of seeds and on the germination process, but large seeds are of better physiological quality than small seeds. Mechanical scarification and immersion in sulfuric acid for 15 min are efficient to break the dormancy of *E. contortisiliquum* seeds. The cold test conducted at 10°C for 3 days is not adequate to evaluate the physiological quality of *E. contortisiliquum* seeds classified by size. On the other hand, the electrical conductivity test, with samples of 25 seeds soaked in 75 ml of deionized water at 25°C, for 24 h, as well as the traditional accelerated aging tests for 24 h and with NaCl saline solution for 48 h, both conducted at 45°C, are suitable for evaluating the physiological quality of *E. contortisiliquum* seeds classified by size.

Keywords: Seed dormancy, forest species, tamboril, seed quality tests

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância e comparação de médias entre matrizes para comprimento (Comp-F, mm), largura (Larg-F, mm) e massa (Massa-F, g) de frutos, número de frutos por quilograma (NF-kg) e número de sementes por fruto (NSF) obtidos em frutos grandes e pequenos em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....19
- Tabela 2.** Valores médios de comprimento (Comp-F, mm), largura (Larg-F, mm) e massa (Massa-F, g) de frutos, número de frutos por quilograma (NF-kg) e número de sementes por fruto (NSF) obtidos em frutos grandes (FG) e pequenos (FP) em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....20
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para comprimento (Comp-S, mm), largura (Larg-S, mm) e espessura (Esp-S, mm) de sementes, peso de 1000 sementes (P1000S, g) e número de sementes por quilograma (NS-kg) obtidos de frutos grandes e pequenos em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....21
- Tabela 4.** Valores médios de comprimento (Comp-S, mm), largura (Larg-S, mm) e espessura (Esp-S, mm) de sementes, peso de 1000 sementes (P1000S, g) e número de sementes por quilograma (NS-kg) obtidos de frutos grandes (FG) e pequenos (FP) em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....22
- Tabela 5.** Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres biométricos de frutos e sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....25
- Tabela 6.** Resumo da análise de variância para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca (MST, g. plântula⁻¹) total das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de frutos grandes e pequenos submetidas a tratamentos de superação de dormência (TSD).....27
- Tabela 7.** Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca total (MST) das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, extraídas de frutos pequenos (FP) e grandes (FG) submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência (TSD).28

- Tabela 8.** Desdobramento da interação tamanho de sementes x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca total (MST) das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de sementes grandes e pequenos submetidas a tratamento de superação de dormência (TSD).28
- Tabela 9.** Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tamanhos de sementes para massa seca total (MST, g.plântula⁻¹) das plântulas, obtidas no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de frutos grandes e pequenos submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.30
- Tabela 10.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) submetidas a diferentes períodos de embebição a 25°C em 75 ml de água deionizada.34
- Tabela 11.** Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, ≥ 25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).38
- Tabela 12.** Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para porcentagem de germinação (%G) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.38
- Tabela 13.** Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CPR) e total (CT) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).42
- Tabela 14.** Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz (CR) e total (CT) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$)

submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....42

Tabela 15. Síntese da análise de variância para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).44

Tabela 16. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....44

Tabela 17. Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).48

Tabela 18. Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de germinação (%G) e de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.48

Tabela 19. Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).51

Tabela 20. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz (CR) e total (CT) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.51

- Tabela 21.** Síntese da análise de variância para massa de matéria seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).54
- Tabela 22.** Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.54
- Tabela 23.** Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ou não ao teste de frio.....56
- Tabela 24.** Porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.....57
- Tabela 25.** Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas (3 dias) ou não ao teste de frio.....58
- Tabela 26.** Comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.58
- Tabela 27.** Síntese da análise de variância para massa de matéria seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas (3 dias) ou não ao teste de frio.59
- Tabela 28.** Massa de matéria seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium*

contortisiliquum (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.60

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** A - Classificação dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. B - Biometria dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Foto: a própria autora).....12
- Figura 2.** Aspectos das sementes embebidas para o teste de condutividade elétrica de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Foto: a própria autora).....15
- Figura 3.** A - Sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, dispostas sobre tela metálica para a condução do teste de Envelhecimento Acelerado Tradicional e Salino. B - Teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong conduzido em rolo de papel (Fonte: a própria autora).....17
- Figura 4.** Classes de comprimento, largura, massa de frutos/Kg (Peso) e número de frutos/kg em frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.....23
- Figura 5.** Classes de comprimento, largura, espessura, número de sementes/fruto, peso de 1000 sementes e de número de sementes/kg em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.24
- Figura 6.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) submetidas a diferentes períodos de embebição a 25°C em 75 ml de água deionizada. (T – tamanhos de sementes; P – períodos de embebição; TxP – interação tamanhos de sementes x períodos de embebição). ** - valores significativos ($p < 0,01$) pelo teste F.33
- Figura 7.** Porcentagem de germinação (A) e de plântula normal (B) e índice de velocidade de germinação (C) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (< 24 , 24 , ≥ 25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....39
- Figura 8.** Comprimento (cm) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (< 24 , 24 , ≥ 25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.43
- Figura 9.** Massa seca ($\text{g} \cdot \text{plântula}^{-1}$) da parte aérea (A), de raízes (B) e total (C) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três

classes tamanho (<24 , 24 , ≥ 25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....45

Figura 10. Porcentagem de germinação (A) e de plântulas normais (B) e índice de velocidade de germinação (C) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P<24$, $P=24$, $P\geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.49

Figura 11. Comprimento (cm) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas a partir de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P<24$, $P=24$, $P\geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....52

Figura 12. Massa seca (g. plântula^{-1}) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas a partir de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P<24$, $P=24$, $P\geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.....55

1. INTRODUÇÃO

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong. é uma espécie arbórea encontrada em vários estados brasileiros, conhecida como orelha-de-negro e tamboril, dentre outros nomes comuns. Pode ser utilizada na arborização urbana e na recuperação de áreas degradadas e sua madeira pode ser utilizada na fabricação de barcos e canoas, brinquedos, compensados, armações de móveis e caixotaria (Abreu et al, 2012). Suas sementes apresentam dormência tegumentar que acarreta uma germinação lenta e irregular (Alexandre et al., 2009), a qual pode ser superada por diferentes métodos, como escarificação química ou mecânica, despolimento ou uso de água quente, promovendo a germinação das sementes de forma regular e uniforme, favorecendo o planejamento na produção de mudas.

A demanda por sementes florestais nativas vem crescendo, devido à grande importância nos programas de recuperação e, ou conservação de ecossistemas, para a produção de mudas de qualidade para plantios florestais seja com finalidades comerciais ou para recuperação de áreas abandonadas ou degradadas (Garcia et al., 2015). Considerando a comercialização, a caracterização da qualidade fisiológica das sementes florestais é baseada, quase que exclusivamente, no teste padrão de germinação (ISTA, 2017). Contudo, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes florestais pode ser complementada com o uso de testes de vigor.

Os testes de vigor visam determinar com maior precisão o grau de deterioração da semente, sendo possível detectar ou avaliar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes com germinação semelhante (Lazarotto et al., 2013), distinguindo, com segurança, lotes de alta dos de baixa viabilidade e separar lotes em diferentes níveis de vigor. Sementes com alto vigor possuem o potencial de formarem plântulas de maneira rápida e uniforme mesmo em condições adversas (Marcos Filho, 2015a). Uma característica desejável dos testes de vigor é a simplicidade associada ao baixo custo e rapidez na obtenção das informações. Dentre os testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes pode-se citar os de condutividade elétrica, de envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina e o teste de frio.

O teste de condutividade elétrica baseia-se na modificação da resistência elétrica, causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos da semente para a água em que ficou imersa, visto que à medida que a semente envelhece, há deterioração, consequentemente, haverá perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando, assim, sua permeabilidade e, portanto, a lixiviação de eletrólitos (Vieira e Krzyzanowsky, 1999). Nesse sentido, lotes de maior qualidade, apresentarão menor lixiviação de eletrólitos e, portanto, menor condutividade elétrica na solução de embebição das sementes.

O envelhecimento acelerado tem sido um dos testes mais relevantes entre os diversos testes de vigor que existem, em virtude da sua precisão e sensibilidade em detectar diferentes níveis de vigor entre lotes de sementes (Pereira et al., 2015). A escolha do método de envelhecimento acelerado para uma espécie deve levar em consideração a temperatura e o tempo de envelhecimento que consigam promover uma queda na germinação e vigor, sem comprometer drasticamente a viabilidade do lote (Flávio e Paula, 2010).

O teste de envelhecimento acelerado consiste em submeter as sementes a condições estressantes de altas temperatura (entre 41 e 45°C) e umidade relativa. Há dois métodos de se conduzir esse teste: o tradicional que usa água e aquele em que se usa solução salina. Ambos são semelhantes em termos de procedimentos, mas o com solução salina utiliza uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) ao invés de água destilada para promover o envelhecimento das sementes. Geralmente o método utilizado nos estudos é o proposto por Jianhua e McDonald (1996), o qual consiste em usar o NaCl na proporção de 40 g do sal para 100 ml de água destilada, ajustando a umidade relativa do ar para 76%, ao passo que no método tradicional a umidade relativa do ar atinge 100%. Após o período de envelhecimento, realiza-se o teste de germinação sendo que lotes de sementes mais vigorosas apresentarão maior porcentagem de germinação ao final do teste de germinação após o envelhecimento.

Um outro teste para avaliar o vigor de sementes, ainda, de pouco uso na área florestal, é o teste de frio. Esse consiste em submeter as sementes a baixa temperatura (em geral, 10°C) por um determinado período de tempo (3 ou 7 dias, por exemplo) e posteriormente conduzir o teste de germinação (Cicero e Vieira,

2020). À semelhança do teste de envelhecimento acelerado, lotes com sementes de maior vigor, apresentarão maior porcentagem de germinação ao final do teste de germinação após o período de exposição ao frio.

Outros parâmetros para avaliar o vigor de lotes de sementes podem ser obtidos a partir do próprio teste de germinação avaliando-se, por exemplo, a velocidade do processo germinativo ou o desenvolvimento (tamanho e, ou massa) de plântulas ou de suas partes. Em geral, todos esses testes são conduzidos em complementação ao teste de germinação.

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar caracteres biométricos de frutos e sementes provenientes de diferentes árvores matrizes, bem como, a eficiência de tratamentos para superação da dormência de sementes e de testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong classificadas por tamanho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Família Fabaceae e o gênero *Enterolobium*

Dentro das espécies florestais nativas do Brasil, a família Fabaceae vem sendo amplamente utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas. Atualmente com a grande redução de áreas florestais nativas, há uma crescente necessidade de recuperação e restauração de áreas degradadas criando uma demanda por sementes de alta qualidade, com atributos físicos, sanitários, genéticos e fisiológicos adequados, visto que as sementes são matéria prima essencial para obter sucesso nessas práticas (Figliolia, 2015).

A família Fabaceae é a terceira maior família botânica, sendo uma das mais representativas das angiospermas (The Brazil Flora Group, 2015) abrangendo cerca de 19.325 espécies e 727 gêneros (Lewis et al., 2005). No Brasil, essa família botânica tem ocorrência em todos os estados, com distribuição nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, com grande representatividade de táxons endêmicos (Lima et al., 2015).

O gênero *Enterolobium* compreende diversas espécies nativas no Brasil, incluindo *E. contortisiliquum*, *E. timbauva*, *E. gummiferum* e *E. shombungkii*. A espécie florestal *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong é pertencente à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae, sendo conhecida popularmente como tamboril e orelha-de-macaco, dentre outros nomes. São árvores que atingem em média de 20 a 35 m de altura; possuem folhas alternas espiraladas, estipuladas, compostas bipinadas, com flores brancas dispostas em umbelas axilares, formando uma copa ampla e frondosa. O fruto é do tipo vagem, de coloração negra e contorcido; é polispérmico, indeiscente e com sementes duras (Lorenzi, 2008), com porcentagem elevada de saponina, a qual é amplamente utilizada na medicina popular para o tratamento de escabioses e reumatismos (Agra et al., 2007; Carvalho, 2003a), a casca do caule apresenta propriedades anti-inflamatórias (Agra et al., 2007; Santos, 1987).

A espécie é classificada como caducifólia, heliófila, seletiva higrófila e pioneira, que se desenvolve rapidamente em formações secundárias, com ótima regeneração, apresentando função importante na recuperação de áreas degradadas com solos pobres (Backes e Irgang, 2009). De acordo com Lorenzi (2008), o tamboril possui grande desenvolvimento e crescimento, tornando-se apto para o plantio em reflorestamentos mistos.

E. contorsiliquum fornece boa sombra na primavera e verão, por ser caducifólia possibilita uma boa passagem de luz no inverno, podendo alcançar cerca de 35 m de altura, dependendo da idade e condições de ambiente (Patro, 2013). Ainda, segundo a mesma autora, o crescimento inicial da espécie é rápido, além da planta ser rústica, o que fornece condições ótimas para usá-la em reflorestamento ou arborização. Pode-se também aproveitar o potencial madeireiro da mesma, que tem sua madeira pouco resistente, mas leve e macia, características que a fazem como boa opção para a fabricação de canoas, caixotaria em geral ou até mesmo brinquedos.

A dispersão da espécie é diplocórica (barocórica e zoocórica) e as sementes são predadas por vários insetos (Meiado et al., 2013). Sendo uma espécie pioneira, possui crescimento rápido e se desenvolve bem em ambientes com alta incidência luminosa. A espécie é adequada para uso em áreas abertas e utilizada em

reflorestamentos de áreas degradadas de plantios mistos (Lima, 2013; Lorenzi, 2008; Silva, 2015).

A diversidade de uso do tamboril favorece sua exploração intensa, sobretudo de sua madeira em serrarias, para móveis e construção civil (Santos, 2013). Por outro lado, o uso no paisagismo para a ornamentação de praças e reflorestamentos de áreas degradadas, em especial, por seu crescimento rápido (Agra et al., 2007; Santos, 1987), têm aumentado a sua procura e, com isto, o uso de sementes de boa qualidade é imprescindível para a produção de mudas.

As sementes de *E. contortisiliquum* apresentam dormência devido à impermeabilidade do tegumento à água, sendo essa denominada de tegumentar ou exógena (Barreto e Ferreira, 2011; Floriano, 2004). Devido à dormência das sementes de *Enterolobium*, para que a germinação ocorra de forma rápida e uniforme é necessário o uso de tratamentos que proporcionem a ruptura ou superação da dormência. Nesse sentido, diversos métodos podem ser usados para promover a ruptura do tegumento facilitando o processo de embebição em água, garantindo a rápida e uniforme germinação (Freire et al., 2016; Melo Júnior et al., 2018).

2.2 Dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum*

De acordo com Melo et al. (2011), o sucesso para a propagação da maioria das espécies vegetais depende da qualidade fisiológica das sementes, uma vez que essas se multiplicam, preferencialmente, por via sexuada. Assim, desde que as sementes estejam viáveis, a germinação se iniciará com a embebição em água, sendo essa a primeira etapa do processo germinativo o qual depende, também, de outros fatores como temperatura e oxigênio. Contudo, algumas espécies produzem sementes que, mesmo estando viáveis e na presença dos fatores adequados para o processo germinativo, não germinam. Isso ocorre em função da presença de dormência nas sementes, cujas causas podem ser diversas, como a presença de substâncias inibidoras do processo germinativo, resistência mecânica do tegumento, impermeabilidade do tegumento a trocas gasosas, dormência do embrião e impermeabilidade do tegumento à água (Marcos Filho, 2005). Essa última causa é a

mais comum em espécies de leguminosas, como é o caso das sementes de *E. contortisiliquum*.

A dormência tegumentar ou exógena é causada por um bloqueio físico representado pelo tegumento resistente e impermeável que, ao impedir o trânsito aquoso e as trocas gasosas, não permite a embebição da semente nem a oxigenação do embrião, que por isso permanece latente (Santiago et al., 2012). Essa impermeabilidade pode ser causada pela deposição de camadas de suberina, ceras ou cutinas no tegumento (Ferreira e Borghetti, 2004), que pode ser superada pela escarificação, termo aplicado aos tratamentos que provocam ruptura ou o enfraquecimento do tegumento, de modo a permitir a germinação (Melo Junior et al., 2018).

Diversos métodos podem ser usados para superar a dormência de sementes, os quais promoverão o enfraquecimento ou a ruptura do tegumento facilitando o processo de embebição em água, garantindo a rápida e uniforme germinação (Freire et al., 2016; Melo Júnior et al., 2018). Como exemplos desses métodos tem-se a escarificação mecânica sobre uma superfície abrasiva, a escarificação química, em geral, com o uso de ácidos, tratamento térmico, como por exemplo, com água fervente e, ou quente em diferentes temperaturas, desponte e punção (Marcos Filho, 2005). A escolha do tipo de tratamento a ser usado depende de uma série de fatores que vão desde a quantidade de sementes a ser tratada e o tamanho das sementes, até a disponibilidade de mão-de-obra, por exemplo. Também, a intensidade (grau) de dormência é variável entre espécies, entre lotes de sementes, anos de colheita, locais de colheita, não havendo uma recomendação única de tratamento para superação da dormência.

Estudos mostram que a superação da dormência de sementes de tamboril ocorre principalmente por meio da escarificação mecânica (Cruz-Silva e Rosa, 2011; Santos e Santos, 2010; Silva e Santos, 2009; Viana, 2017). Nesse sentido, Malavasi e Malavasi (2004) apontam a escarificação mecânica, com lixa de madeira nº 80 como a mais recomendada para a superação de dormência. Pereira et al. (2014) recomendaram a escarificação mecânica com auxílio de lixa do tipo 6". Para Garcia e Souza (2015) a escarificação, mecânica ou química, constituem tratamentos pré-

germinativos eficientes para a superação da dormência em sementes, propiciando alta porcentagem de germinação, em curto espaço de tempo.

Não obstante haver vários trabalhos sobre a superação de dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Alexandre et al., 2009; Cruz-Silva e Rosa, 2011; Eira et al., 1993; Ferreira et al., 2013; Malavasi e Malavasi, 2004; Silva et al., 2014), os resultados nem sempre são concordantes quanto à eficiência dos métodos empregados. Isto ocorre porque o grau ou a intensidade de dormência é determinado pelas condições climáticas presentes em cada ciclo reprodutivo variando, também, entre indivíduos, locais e anos (Carvalho e Nakagawa, 2012). Em função disso, é sempre importante avaliar a eficiência de tratamentos para superação de dormência para os lotes de sementes disponíveis para a produção de mudas.

2.3. Qualidade fisiológica de sementes

Para germinar, a semente deve estar viável e, em caso de ocorrência de dormência, ter sido submetida a algum tipo de tratamento para superá-la. Nesse sentido, a qualidade de um lote de semente pode ser determinada em função da sua capacidade germinativa, expressa pelo percentual de sementes germinadas, e pelo vigor que esse lote manifesta. Dessa forma, dois ou mais lotes de sementes, poderão ter percentual de germinação semelhante, mas apresentarem qualidade fisiológica distinta. Assim, para diferenciar dois ou mais lotes de sementes com germinação semelhante, torna-se necessário o uso de testes de qualidade, também denominados de testes de vigor (Amaro et al, 2015). Esses testes são usados para fornecer informações adicionais sobre o desempenho de um lote de sementes sob condições variadas de cultivo, uma vez que o teste de germinação é realizado sob condições ótimas, o que pode não expressar com exatidão o desempenho do mesmo em situação de campo (Lima et al., 2014).

A qualidade de sementes é resultante de uma série de aspectos, tais como o fisiológico, sanitário, físico e genético. No que se refere aos aspectos fisiológicos a qualidade das sementes pode ser atestada pelo uso dos testes de vigor. Esses

testes possuem princípios e métodos distintos e avaliam diferentes aspectos da qualidade fisiológica das sementes.

Dentre os testes de vigor, os de uso mais comuns em sementes florestais são os de desempenho de plântulas, em geral desenvolvidos conjuntamente com o teste de germinação, o de envelhecimento acelerado e o de condutividade elétrica. Há poucos relatos do uso do teste de frio em sementes florestais. Uma das grandes dificuldades na aplicação dos testes de vigor em sementes florestais dá-se pela ampla variabilidade genética presente nos lotes de sementes, notadamente, de espécies não domesticadas, como é o caso da maioria das espécies florestais nativas do Brasil. Soma-se a isso, também, a desuniformidade no processo de maturação de frutos e sementes, entre e dentro de plantas, a variabilidade morfológica das sementes quanto a tamanho, massa e cor, dentre outros (Figliolia, 2015).

A maioria dos testes de vigor, também chamados de testes de qualidade, foi desenvolvida para culturas agrícolas de forma que a aplicabilidade desses testes para sementes de espécies florestais, demanda o ajuste dos métodos já disponíveis e dominados para aquele grupo de espécies. Porém, a falta de um sistema suficientemente organizado para obtenção e utilização de sementes com qualidade, limita a implementação de programas que requeiram o uso de espécies florestais nativas, em especial, aquelas sem interesse econômico imediato (Figliolia, 2015). Diferentemente do teste de germinação, os testes de vigor têm como objetivo identificar possíveis diferenças no grau de deterioração de sementes que apresentem potencial germinativo semelhante, podendo estimar sua capacidade de armazenamento e emergência de plântulas em campo (Franzin et al., 2004). Vários testes podem ser empregados para expressar o vigor de um ou mais lote de sementes, dentre os quais destaca-se o desempenho de plântulas, o teste de condutividade elétrica, o de envelhecimento acelerado e o de frio.

O teste de condutividade elétrica é um teste que apresenta rapidez, facilidade de execução e possibilidade de padronização (Lemes et al., 2015; Vazquez et al., 2014). O mesmo baseia-se na mensuração da condutividade elétrica numa solução de embebição das sementes em determinado volume de água numa dada temperatura e por determinado tempo. Assim, maiores valores de condutividade

elétrica nessa solução de embebição indicam lotes de qualidade fisiológica inferior, pois a condutividade elétrica está inversamente relacionada ao grau de estruturação do sistema de membranas e, sementes com sistema de membranas mais organizado, extravasam menos lixiviados para a solução de embebição (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

O uso da condutividade elétrica proporciona elevado nível de confiança nos resultados e de grande importância na pesquisa científica na área de tecnologia de sementes (Sabonaro et al., 2017). Para espécies agrícolas, existem diversos trabalhos usando o teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes; já para espécies florestais, existe uma grande carência (Vasconcelos et al., 2019). O teste da condutividade elétrica é considerado um dos mais importantes por apresentar maior rapidez, facilidade de execução e possibilidade de ser padronizado como teste de rotina devido à alta reprodutibilidade e eficiência para separação de lotes de sementes quanto ao seu vigor (Lemes et al., 2015).

No teste de envelhecimento acelerado, as sementes são submetidas a condições controladas de temperatura e umidade elevadas por determinado período, para aumentar o nível de deterioração e, então, avaliar sua resistência através do seu comportamento durante a germinação (Marcos Filho, 2005; Moraes et al., 2016). Esse teste tem sido um dos principais e mais usados para avaliação do vigor, em virtude da sua precisão e sensibilidade em detectar diferentes índices de vigor entre lotes de sementes (Pereira et al., 2015). O teste de envelhecimento acelerado pode ser conduzido com temperaturas entre 40 e 45°C por até 96 h, sendo que recentemente a maioria dos trabalhos sugere o uso de 41°C (Marcos Filho, 2015b).

A diferença na absorção de água pelas sementes é um fator bastante relevante no teste de envelhecimento acelerado, pois, quando expostas a alta umidade relativa em períodos prolongados pode ocorrer grandes oscilações no grau de umidade destas sementes (Monteiro et al., 2017). Nessa perspectiva, métodos alternativos, como por exemplo, a utilização de soluções salinas no lugar da água, têm sido estudados com intuito de melhorar a condução do teste de envelhecimento acelerado.

O teste de envelhecimento acelerado com solução salina (EASS) é semelhante ao tradicional, porém utiliza-se de uma solução de cloreto de sódio

(NaCl) ao invés de água destilada para promover alta umidade relativa no ambiente de envelhecimento. Geralmente o método utilizado nos estudos é o proposto por Jianhua e McDonald (1996), o qual consiste em usar a proporção de 40 g de NaCl para 100 ml de água destilada. O envelhecimento com o uso de solução salina promoveria efeitos menos drásticos, pois diminui a velocidade de absorção de água pelas sementes, atingindo menores teores de água, o que faz com que o grau de deterioração das sementes seja atenuado em relação ao normalmente verificado com o uso do método tradicional (Marcos Filho, 2015a; Panobianco e Marcos Filho, 2001). A redução dos efeitos drásticos às sementes é explicada em razão das moléculas de sal adsorverem às de água, reduzindo a umidade relativa do ar a 76% (40 g NaCl/100 ml água), fato que resulta em um menor valor de equilíbrio higroscópico das sementes, consequentemente, menor velocidade de deterioração das mesmas, contudo, sem interferir na sensibilidade do teste (Harter et al., 2014). Além da diminuição da velocidade de absorção de água pelas sementes, o teste de envelhecimento acelerado com solução salina saturada em substituição da água possibilita a redução da ocorrência da presença de microrganismos que prejudicam a germinação e desenvolvimento das plântulas, que provocam incertezas na interpretação dos testes (Marcos Filho, 2005).

No teste de frio, diferentemente do teste de envelhecimento acelerado, as sementes são submetidas a baixa temperatura, normalmente, 10°C. Esse teste tem por princípio o fato de que sementes mais vigorosas são mais resistentes às baixas temperaturas, à alta umidade do substrato e à presença de agentes patogênicos (quando se utiliza solo procedente de áreas de cultivo da espécie). Esse teste pode funcionar como instrumento de grande valor para a seleção prévia de lotes de sementes, quanto ao seu desempenho, em uma ampla faixa de condições ambientais. Esse é considerado um teste de resistência, pois o lote de sementes que melhor resistir às condições adversas é considerado o de maior potencial fisiológico (Gaier, 2018; Marcos Filho, 2015a).

Os testes de vigor apresentam grande potencial para sementes de espécies florestais, contudo, precisam ser padronizados para esse grupo de espécies. Notadamente, os testes rápidos, a exemplo do teste de condutividade elétrica, tornam-se importantes por apresentarem baixo custo operacional e rapidez na

obtenção dos resultados o que, em especial, para aquelas sementes que necessitam de um período maior para o teste de germinação, promoverá agilidade na tomada decisão pelos produtores de sementes e mudas (Souto et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1 - Biometria de frutos e sementes e tratamentos para superação da dormência de sementes

3.1.1. Coleta e biometria de frutos e sementes

Frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (tamboril) foram coletados em setembro de 2019, de 19 árvores matrizes localizadas no município de Jaboticabal, conforme Cadastro A3649A5, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Associado (SISGEN).

Os frutos foram obtidos de duas formas: colhidos diretamente das árvores matrizes e coletados do chão. As matrizes 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 encontram-se distribuídas em áreas sombreadas com média luminosidade e próximas umas das outras numa distância menor que 50 m. As matrizes 1, 2, 3, 4 e 13 estão presentes em áreas com boa luminosidade e com solo descoberto diferindo das matrizes 14, 15, 16 e 17 que estão em uma área de baixa luminosidade e com solo recoberto com resto de material orgânico. Apenas as matrizes 18 e 19 estavam distantes com mais de 50 m e numa área de clareira, com intensa luminosidade e solo exposto. Em algumas matrizes observou-se diferença na coloração dos frutos. Após a obtenção dos frutos, esses foram acondicionados em sacos de papel e transportados para o laboratório para o desenvolvimento do estudo.

Os frutos provenientes de cada árvore matriz foram separados visualmente em frutos grandes e frutos pequenos. Após essa separação, tomou-se 10 frutos grandes e 10 frutos pequenos de cada árvore matriz para as seguintes avaliações: comprimento, largura e massa de frutos; número de sementes/fruto e por quilograma; comprimento, largura e espessura de sementes e peso de 1000 sementes.



Figura 1. A - Classificação dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. B - Biometria dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Foto: a própria autora).

O tamanho dos frutos e sementes foi obtido com auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm) e de massa em balança analítica (0,0001 g). O peso de 1000 sementes foi obtido após pesar todas as sementes de cada fruto e converter em número de sementes/kg (BRASIL, 2009).

3.1.2. Classificação das sementes por tamanho, tratamentos para superação de dormência e teste de germinação

As sementes provenientes dos frutos grandes e pequenos, no conjunto das 19 árvores matrizes, foram separadas em peneiras de furos redondos em duas classes de tamanho conforme tenham sido retidas (sementes grandes) ou não (sementes pequenas) em peneiras de tamanho 25/64". Assim, foram formadas quatro classes resultantes da combinação do tamanho dos frutos e das sementes: sementes grandes provenientes de frutos grandes, sementes pequenas de frutos grandes, sementes grandes de frutos pequenos e sementes pequenas de frutos pequenos.

Essas sementes foram submetidas aos seguintes métodos de superação de dormência: T1 – testemunha (sem tratamento); T2 - escarificação mecânica com lixa nº 80 na região oposta à micrópila até a exposição dos cotilédones; T3 - embebição em água a 80°C por 2 min; T4, T5 e T6 – respectivamente, escarificação química em

ácido sulfúrico concentrado (96% p.a.) por 5, 10 e 15 min. Para a embebição em água quente (T3) as sementes foram colocadas em um bquer de vidro acondicionado em banho-maria para manutenção da temperatura desejada e para os tratamentos com ácido sulfúrico (T4, T5 e T6), as sementes foram colocadas em béqueres de vidro nos quais acrescentou-se o ácido sulfúrico na proporção 2:1 (2 volumes de ácido: 1 volume de sementes), com agitação constante da solução para maior eficiência do tratamento. Transcorrido o tempo estipulado, as sementes foram retiradas dos béqueres e depositadas em peneiras, lavadas em água corrente por cerca de 10 min, para a retirada dos resíduos do ácido.

Após a aplicação dos tratamentos para superação da dormência, conduziu-se o teste de germinação usando-se rolo de papel, umedecido com 2,5 vezes a massa do papel com água deionizada, sob temperatura de 25°C (Lessa et al., 2014) e fotoperíodo de 12 h, com cinco repetições de 20 sementes por tratamento. A avaliação da germinação ocorreu diariamente, tendo como critério de germinação a emissão da raiz primária, para o cálculo do índice de velocidade de germinação. Aos 21 dias após a instalação, o teste de germinação foi finalizado, determinando-se a porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação (Maguire, 1962) e massa de matéria seca total de plântulas (g.plântula^{-1}). Foram consideradas normais as plântulas com as estruturas essenciais perfeitas e a massa seca de plântulas foi avaliada em balança analítica (0,0001 g) após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C por 48 h (BRASIL, 2009).

3.1.3. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de diagnóstico de normalidade. Os dados provenientes do teste de germinação, por não apresentarem normalidade foram submetidos à transformação $(x+0,5)^{0,5}$, mas nas Tabelas são apresentadas as médias sem transformação.

Os dados biométricos de frutos e de sementes foram submetidos à análise de variância, em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em esquema hierárquico para tamanho de frutos dentro de matrizes, seguida da comparação de médias entre matrizes e tamanho de frutos/matriz pelo teste “t”. Também procedeu-se à análise

gráfica da frequência de cada característica avaliada por classe de tamanho no conjunto de todos os frutos e matrizes. O número de classes (K) e amplitude de cada classe (AC) foram determinados de acordo com Ramalho et al. (2000) para amostras de tamanho (n) maior que 100, como segue:

$$K = 5 \cdot \log_{10}(n) \text{ e } AC = AT/(K-1).$$

em que: n = é o número de dados por característica avaliada;

AT: é a amplitude total dos dados de cada característica.

Foram obtidas estimativas dos coeficientes de correlação (r) entre todos os pares de caracteres biométricos de frutos e sementes avaliados. A interpretação desses coeficientes foi feita com base em Davis (1971), mas com as seguintes adaptações: para $|r| \geq 0,70$, considerou-se como correlação forte; para $0,70 < |r| \geq 0,50$, correlação moderada; $0,50 < |r| \geq 0,20$, correlação baixa e $|r| < 0,20$, correlação fraca.

Os dados obtidos do teste de germinação foram submetidos à análise de variância pelo teste F, no delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 2 \times 6$ (2 classes de tamanho de frutos; 2 classes de tamanhos de sementes; 6 tratamentos pré-germinativos). As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3.2. Experimento 2 - Testes de vigor em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* classificadas por tamanho

Foram usadas sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., colhidas em Jaboticabal-SP nos meses de setembro e outubro de 2020. Após a extração dos frutos, as sementes foram classificadas por meio de um conjunto de peneiras de crivos redondos, formando-se três lotes, conforme as mesmas tenham sido retidas ou não em peneiras de tamanhos 24/64" e 25/64", ou seja: sementes menores que 24/64" ($P < 24$) – que passaram pela peneira 24/64"; sementes de tamanho 24/64" ($P = 24$) - que ficaram retidas na peneira 24/64" e sementes maiores ou igual a 25/64" ($P \geq 25$) - que ficaram retidas na peneira 25/64".

Para a caracterização fisiológica, as sementes foram submetidas aos testes de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina e teste de frio, conforme descrito a seguir.

Antes da realização dos testes de vigor, as sementes foram submetidas a escarificação mecânica com lixa nº 80 e determinado o teor de água pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h (BRASIL, 2009), com três subamostras de 12 sementes por classe de tamanho.

3.2.1. Teste de Condutividade Elétrica

Para o teste de condutividade elétrica foram usadas oito repetições de 12 sementes, de cada um dos lotes, previamente pesadas em balança analítica (0,0001 g) e, posteriormente, embebidas em 75 ml de água deionizada em copos de plástico (Figura 2), por diferentes períodos (2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 h), a 25°C em câmaras B.O.D. Após cada período de embebição fez-se a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, utilizando um condutímetro de bancada com constante 1. Esses resultados foram divididos pelo respectivo peso da amostra, expressando-se os dados em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

O teste de condutividade elétrica foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC) em esquema de parcelas subdivididas para os períodos de embebição.

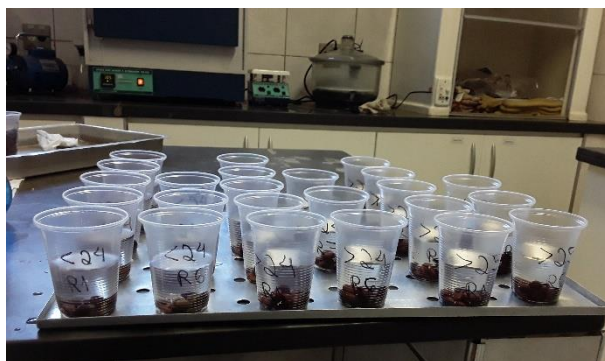


Figura 2. Aspectos das sementes embebidas para o teste de condutividade elétrica de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Foto: a própria autora).

3.2.2. Teste de Envelhecimento Acelerado tradicional

No teste de Envelhecimento Acelerado tradicional (EA), 120 sementes por classe de tamanho foram distribuídas sobre a superfície de uma tela metálica suspensa no interior de uma caixa de germinação de 10,5 x 10,5 x 3 cm, com tampa, contendo 40 ml de água deionizada (Figura 3A), e submetidas ao envelhecimento acelerado em B.O.D. à temperatura constante de 45°C por 24, 48, 72 e 96 h. Decorrido cada período de envelhecimento, sementes não envelhecidas (tempo 0) e envelhecidas foram submetidas ao teste de germinação (Figura 3B), usando cinco repetições de 20 sementes por tratamento, conforme descrito no item 3.1.2. Esse teste teve a duração de 21 dias.

O presente teste foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em arranjo fatorial 3 x 5, sendo 3 lotes de sementes (tamanhos de sementes: $P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) e não submetidas (0 h - sementes sem envelhecimento, ou seja, controle) e submetidas ao envelhecimento por 24, 48, 72 e 96 h.

3.2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado com solução salina

Este teste foi conduzido de forma semelhante ao teste de Envelhecimento Acelerado tradicional (Figura 3A), adotando-se a mesma temperatura e períodos de envelhecimento, apenas substituindo os 40 ml de água deionizada por 40 ml de uma solução salina (40 g de NaCl dissolvidos em 100 ml de água deionizada). Após cada período de envelhecimento, sementes não envelhecidas (tempo 0) ou envelhecidas foram submetidas ao teste de germinação conforme descrito no item 3.1.2. O teste de germinação teve duração de 21 dias.

Esse teste foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em arranjo fatorial 3 x 5, constituídos por 3 lotes (tamanhos de sementes: $P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) e não submetidas (0h - sementes sem envelhecimento, ou seja, controle) e submetidas ao envelhecimento por 24, 48, 72 e 96 h, com cinco repetições de 20 sementes por tratamento.

3.2.4. Teste de Frio

O substrato usado foi rolo de papel, o qual foi previamente esterilizado em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 2 h, posteriormente pesado em balança analítica (0,0001 g), e umedecido com água deionizada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico transparentes, para manutenção da umidade, e permaneceram em câmara regulada a 10°C por três dias. Após esse período, os rolos foram transferidos para germinador regulado para a temperatura de 25°C , e conduzido o teste de germinação por 21 dias, conforme descrito no item 3.1.2. para o teste de germinação.



Figura 3. A- Sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. dispostas sobre tela metálica para a condução do teste de Envelhecimento Acelerado Tradicional ou Salino. B - Teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong conduzido em rolo de papel (Fonte: a própria autora).

Esse teste foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em arranjo fatorial 3×2 , sendo 3 lotes de sementes (tamanhos de sementes: $P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) e não submetidas (controle) ou submetidas ao teste de frio por 3 dias, com cinco repetições de 20 sementes por tratamento.

3.2.5 Análise dos dados

Os dados foram previamente submetidos ao teste de normalidade para verificar evidências de rejeitar ou não a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Will ($\alpha = 0,05$). Em seguida realizou-se o teste de homocedasticidade, não havendo evidências para rejeitar a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene a 5% de probabilidade. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste F ($\alpha = 0,05$), de acordo com o delineamento experimental de cada teste e, quando significativos realizou-se a comparação das médias dos tratamentos de efeitos qualitativos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) e regressão polinomial para os tratamentos de efeitos quantitativos. As análises estatísticas foram realizadas no R Studio e as Figuras confeccionadas no SigmaPlot 14.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1 - Biometria de frutos e sementes e tratamentos para superação da dormência de sementes

4.1.1. Biometria de frutos e sementes

Houve diferenças entre as matrizes e no tamanho de frutos dentro de matrizes para todos os caracteres biométricos de frutos e sementes (Tabelas 1 a 4), à exceção no número de sementes por quilograma (NS-Kg) para frutos dentro de matrizes (Tabela 3). Isso é um forte indicativo da presença de variabilidade genética entre as matrizes, mas pode indicar, também, a influência de fatores ambientais específicos na produção de frutos e sementes, como umidade e fertilidade do solo, exposição da copa (Silva, 2007), dentre outros, uma vez que as árvores matrizes não se encontram num ambiente homogêneo.

Das características de frutos, a massa e o número de frutos/kg foram as que proporcionaram maior discriminação entre as matrizes, seguida do comprimento de frutos e, por último, da largura de frutos e do número de sementes/fruto. Para massa

e comprimento de frutos, houve diferenças entre os tamanhos de frutos (grandes e pequenos) em todas as matrizes; para largura de frutos não foram verificadas diferenças entre tamanhos de frutos. Para o número de frutos/kg, não foram observadas diferenças entre os tamanhos de frutos e não houve diferenças entre os tamanhos de frutos para o número de sementes/fruto nas matrizes (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância e comparação de médias entre matrizes para comprimento (Comp-F, mm), largura (Larg-F, mm) e massa (Massa-F, g) de frutos, número de frutos por quilograma (NF-kg) e número de sementes por fruto (NSF) obtidos em frutos grandes e pequenos em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Causa de Variação	Valores de "F"				
	Comp-F	Larg-F	Massa-F	NF-kg	NSF
Matriz	57,65**	6,84**	39,97**	26,46**	7,67**
Fruto (Matriz)	35,21**	11,79**	30,09**	21,28**	7,97**
CV (%)	7,47	11,25	19,92	28,53	37,22
Media	72,981	41,613	24,739	49,5	8,1
Matriz	Médias ¹				
1	64,884 h	39,242 ghi	13,774 k	78,8 b	10,6 b
2	59,965 i	39,425 ghi	17,850 ij	65,4 cd	5,5 i
3	57,800 ij	38,012 hi	15,882 jk	71,9 bc	8,2 defg
4	55,405 j	37,589 i	14,142 k	88,4 a	7,5 efgh
5	78,275 cd	41,310 defg	25,780 def	40,8 ghi	8,2 defg
6	76,100 def	42,656 cdef	27,428 cde	38,2 hij	8,0 defg
7	69,410 g	43,345 bcd	20,245 hi	58,2 de	9,7 bcd
8	81,985 b	41,46 cdefg	29,355 bc	37,1 hij	6,5 ghi
9	73,525 f	40,945 defgh	21,075 h	54,1 ef	5,4 i
10	76,825 def	42,890 bcde	27,690 cd	46,0 fgh	7,2 efghi
11	74,194 ef	39,488 ghi	22,938 fhg	48,8 fg	7,8 defgh
12	83,063 b	44,381 bc	31,306 b	33,3 ijk	8,7 bcde
13	77,180 de	39,780 fghi	28,385 bcd	37,5 hij	10,4 bc
14	87,470 a	48,325 a	38,850 a	29,7 jk	8,5 cdef
15	76,017 def	39,189 ghi	26,289 cde	40,6 ghi	7,4 efgh
16	80,795 bc	45,868 ab	24,421 efg	43,8 gh	5,9 hi
17	83,370 b	44,385 bc	39,050 a	26,5 k	12,9 a
18	60,030 i	39,915 efghi	21,735 gh	54,8 ef	7,9 defg
19	69,067 g	41,833 cdefg	22,160 gh	47,5 fg	6,6 fghi
Menor	34,92	12,74	5,61	14,52	1
Maior	106,65	58,93	68,85	178,25	21

** - Valores significativos ($p < 0,01$) pelo teste F. ¹ - Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste t. CV – coeficiente de variação experimental.

De acordo com Carvalho (2003b), o número de sementes por fruto em *Enterolobium contortisiliquum* varia de 2 a 12, valores relativamente diferentes dos encontrados no presente trabalho, em que o número de sementes/fruto variou de 1 a 21, com média de 8 sementes/fruto (Tabela 1). Maior número de sementes/fruto pode estar relacionado com maior eficiência do processo de polinização e, também, com a influência de fatores ambientais (Araújo et al., 2015; Gonçalves et al., 2013).

Tabela 2. Valores médios de comprimento (Comp-F, mm), largura (Larg-F, mm) e massa (Massa-F, g) de frutos, número de frutos por quilograma (NF-kg) e número de sementes por fruto (NSF) obtidos em frutos grandes (FG) e pequenos (FP) em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Matriz	Comp-F ¹		Larg-F		Massa-F ¹		NF-Kg		NSF	
	FG	FP	FG	FP	FG	FP	FG	FP	FG	FP
1	70,25	58,92	42,32*	35,82	16,040	11,256	65,7*	93,3	13,0*	7,9
2	71,06	48,87	45,37*	33,48	22,260	13,440	47,0*	83,8	6,5	4,5
3	65,52	46,77	41,53*	32,99	19,080	11,314	53,7*	98,1	9,9*	5,9
4	63,63	48,00	43,38*	32,38	20,378	8,530	51,5*	121,6	11,6*	3,9
5	81,79	74,76	43,58*	39,04	29,000	22,560	36,5	45,2	7,9	8,5
6	79,79	71,49	44,61*	40,21	31,620	22,188	32,5	45,5	9,0	6,8
7	78,01	60,81	48,56*	38,13	27,040	13,450	37,9*	78,4	13,0*	6,4
8	88,03	75,94	46,27*	36,65	36,160	22,550	28,5*	45,7	7,8	5,3
9	81,67	65,38	43,03*	38,86	27,640	14,510	37,3*	71,0	7,1*	3,7
10	89,01	64,64	47,90*	37,88	39,340	16,040	26,5*	65,5	9,8*	4,5
11	80,51	63,67	41,43*	36,25	27,690	15,017	38,0*	66,9	8,6	6,7
12	86,90	76,67	46,48*	40,88	34,980	25,183	28,8	41,0	9,5	7,3
13	83,88	70,48	43,16*	36,40	34,410	22,360	29,3*	45,7	11,6	9,1
14	95,63	79,31	52,05*	44,60	50,260	27,440	20,3*	39,1	10,9*	6,1
15	79,35	71,85	39,95	38,24	30,460	21,075	33,9*	49,0	8,8*	5,8
16	88,20	72,57	48,33*	43,13	29,060	19,267	36,0*	52,4	8,0*	3,7
17	86,58	80,16	46,39	42,38	44,510	33,590	22,7	30,3	14,3*	11,6
18	65,53	54,53	44,28*	35,55	26,970	16,500	39,6*	70,1	9,2*	6,6
19	75,55	56,10	42,62	40,26	24,540	17,400	42,3*	58,0	7,6*	4,6
Média	79,52	65,31	44,80	38,06	30,076	18,614	37,3	63,2	9,7	6,3

¹ – indica diferenças entre tamanhos de frutos (FG e FP) para todas as matrizes ($p > 0,05$) pelo teste t.

* - indicam diferenças ($p < 0,05$) entre tamanhos de frutos (FG e FP) dentro da matriz, ($p > 0,05$) pelo teste t.

Quanto às características biométricas de sementes (Tabelas 3 e 4), houve variação entre o comprimento, a largura, a espessura, o peso de 1000 sementes e de sementes/kg nas matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para comprimento (Comp-S, mm), largura (Larg-S, mm) e espessura (Esp-S, mm) de sementes, peso de 1000 sementes (P1000S, g) e número de sementes por quilograma (NS-kg) obtidos de frutos grandes e pequenos em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Causas de		Valores de “F”			
Variação	Comp-S	Larg-S	Esp-S	P1000S	NS-kg
Matriz	114,39**	103,67**	38,71**	79,87**	99,75**
Fruto (Matriz)	6,73**	2,74**	4,15**	3,86**	1,39 ^{ns}
CV (%)	6,49	8,17	11,30	22,35	32,64
Media	13,833	8,721	5,527	516,811	2979,6
Matrizes	Médias ¹				
1	10,86 h	5,81 k	3,99 i	121,380 i	8631,0 a
2	10,43 h	6,61 ij	5,82 efg	224,580 gh	6156,3 bc
3	9,66 i	6,34 j	4,09 i	165,700 hi	6706,1 b
4	11,99 fg	7,19 h	4,33 i	285,070 fg	3677,2 e
5	14,97 cde	9,82 bcde	6,23 bcd	637,300 d	1632,1 fg
6	14,75 de	9,58 ef	6,52 b	655,390 d	1585,1 fg
7	12,52 f	7,35 h	4,91 h	321,110 f	3352,5 e
8	14,52 e	9,65 ef	6,15 bcde	694,770 bcd	1498,9 fg
9	14,97 cde	10,25 b	5,84 cdefg	676,390 cd	1512,8 fg
10	15,09 cde	10,11 bcd	5,86 cdef	682,110 bcd	1559,3 fg
11	14,76 de	8,82 g	6,05 cdef	561,310 e	1889,9 f
12	15,50 bc	10,03 bcde	6,23 bc	738,230 bc	1370,4 fg
13	15,10 cd	9,23 fg	5,82 defg	642,160 d	1704,0 fg
14	16,89 a	11,23 a	5,66fg	874,960 a	1164,3 g
15	15,44 bc	9,76 cde	6,14 bcde	634,580 de	1636,2 fg
16	15,69 b	10,20 bc	5,56 g	658,090 d	1563,4 fg
17	16,46 a	9,70 de	7,06 a	751,050 b	1358,1 fg
18	10,81 h	7,02 hi	4,24 i	228,840 gh	4464,7 d
19	11,84 g	6,27 jk	4,14 i	185,400 hi	5864,0 c
Menor	4,49	3,41	1,81	85,325	600
Maior	19,39	16,61	10,67	1667,200	11720

^{ns}, ** - respectivamente, valor não significativo ($p>0,05$) e significativo ($p<0,01$) pelo teste F. ¹ - Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ($p>0,05$) pelo teste t. CV – coeficiente de variação experimental.

Tabela 4. Valores médios de comprimento (Comp-S, mm), largura (Larg-S, mm) e espessura (Esp-S, mm) de sementes, peso de 1000 sementes (P1000S, g) e número de sementes por quilograma (NS-kg) obtidos de frutos grandes (FG) e pequenos (FP) em 19 árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

Matriz	Comp-S		Larg-S		Esp-S		P1000S		NS-Kg	
	FG	FP	FG	FP	FG	FP	FG	FP	FG	FP
1	11,11	10,60	6,11	5,50	4,20	3,77	125,526	116,769	8378,7	8911,3
2	11,96*	8,91	6,73	6,49	6,04	5,61	294,716*	154,437	5570,9*	6741,6
3	10,06*	9,09	6,66*	5,90	3,25*	5,30	155,964	179,611	6491,5	7012,6
4	11,94	12,04	7,10	7,28	4,61	4,09	309,066	263,469	3472,2	3861,6
5	15,44*	14,51	10,02	9,63	6,03	6,43	664,690	609,917	1593,8	1670,3
6	15,14*	14,26	9,77	9,36	6,69	6,33	723,368*	570,424	1417,7	1794,4
7	13,22*	11,83	7,71*	7,00	5,19	4,64	365,762	276,463	2793,2*	3911,8
8	15,19*	13,85	10,20*	9,11	6,66*	5,65	745,167	644,382	1398,7	1599,0
9	15,13	14,83	9,80*	10,71	5,70	5,99	648,274	704,514	1580,3	1445,4
10	15,72*	14,47	10,12	10,11	5,93	5,80	758,043*	606,173	1365,2	1753,4
11	15,16*	14,12	9,11*	8,36	6,14	5,92	600,073	496,710	1785,3	2064,2
12	15,58	15,38	10,18	9,78	6,32	6,10	774,481	677,818	1294,1	1497,4
13	15,55*	14,65	9,36	9,12	5,94	5,72	760,347*	523,964	1441,8	1966,3
14	17,29*	16,50	11,41	11,05	5,67	5,66	940,448*	809,472	1076,5	1252,1
15	15,73	15,09	9,96	9,53	6,14	6,15	677,358	581,103	1535,7	1761,7
16	15,60	15,80	10,00	10,43	5,38	5,76	625,347	694,462	1637,8	1480,7
17	16,63	16,29	10,01	9,40	7,13	7,00	779,277	722,814	1294,0	1422,2
18	11,16	10,47	7,16	6,88	4,39	4,10	238,473	219,203	4306,8	4622,6
19	11,86	11,80	6,35	6,13	4,17	4,08	198,516	159,160	5499,0	6594,0
Média	14,18	13,39	8,83	8,51	5,56	5,48	546,573	474,256	2838,6	3229,6

* - indicam diferenças ($p > 0,05$) entre tamanhos de frutos dentro de cada matriz ($p > 0,05$) pelo teste t.

O comprimento da semente não foi o principal determinante da sua massa, haja vista a matriz 3, de sementes de menor comprimento, não ser a de menor massa de sementes e de maior número de sementes/kg. A massa de sementes parece estar mais associada com a espessura e, em sequência, com a largura de sementes. Também, as diferenças nos caracteres biométricos de frutos/matriz (Tabela 1) não têm associação direta com as dimensões das sementes, essas obtiveram menor variação entre os tamanhos de frutos (grandes e pequenos) dentro de cada matriz, ou seja, o número de casos com diferenças entre os tamanhos de frutos/matriz foi relativamente menor para as características biométricas de sementes (Tabela 4). As matrizes 14 e 17, à semelhança do observado para os

caracteres biométricos de frutos, foram as que se destacaram com os maiores valores médios para os caracteres biométricos de sementes.

A distribuição dos caracteres biométricos de frutos em classes de frequência indica distribuição aproximadamente simétrica para comprimento e largura de frutos, e assimétrica, com maior frequência de frutos com peso inferior à média e, devido à presença de poucos frutos de peso elevado, o número de frutos/kg também ficou concentrado nas classes inferiores (Figura 4).

Quanto à frequência dos caracteres biométricos de sementes (Figura 5), à exceção da espessura de sementes que apresentou tendência de distribuição simétrica, os demais caracteres apresentaram distribuição assimétrica, com desvios em relação à média, em que para o comprimento, largura e peso de 1000 sementes as classes de maior frequência são superiores à média, ao passo que para o número de sementes/fruto e número de sementes/kg as classes de maior frequência concentraram-se abaixo da média geral desses caracteres.

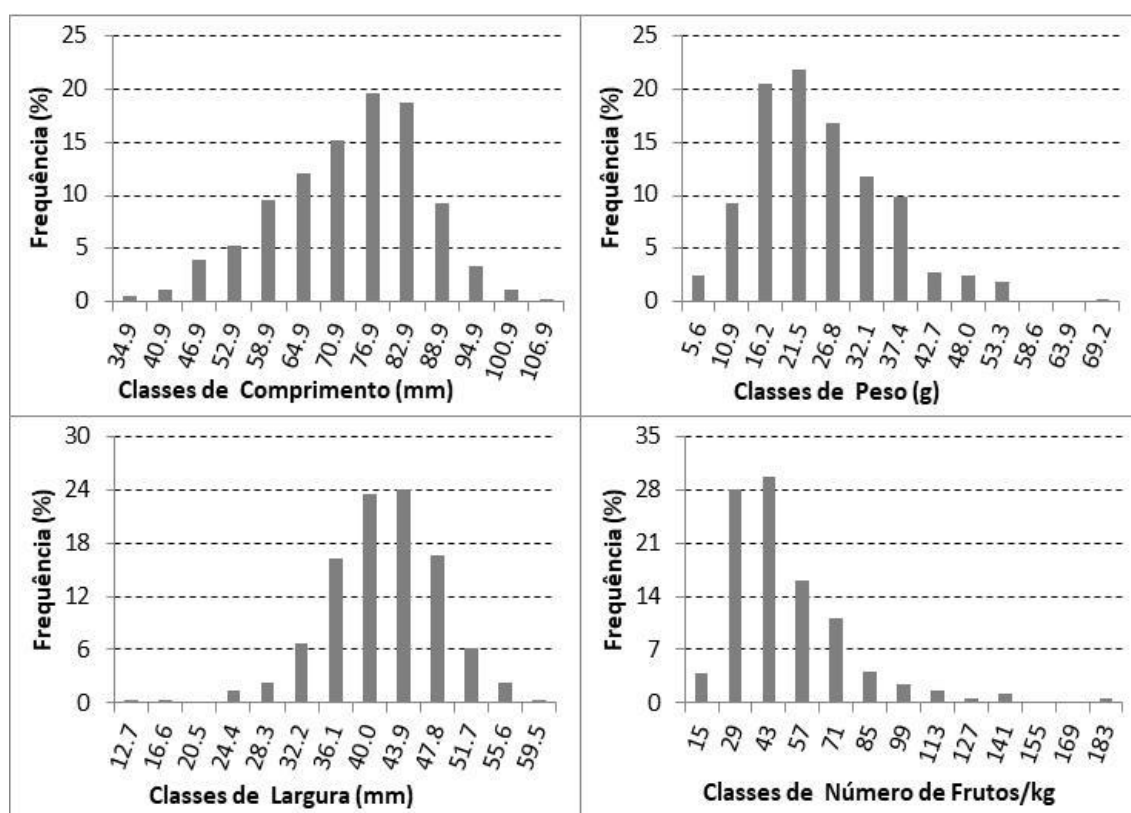


Figura 4. Classes de comprimento, largura, massa de frutos/Kg (Peso) e número de frutos/kg em frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

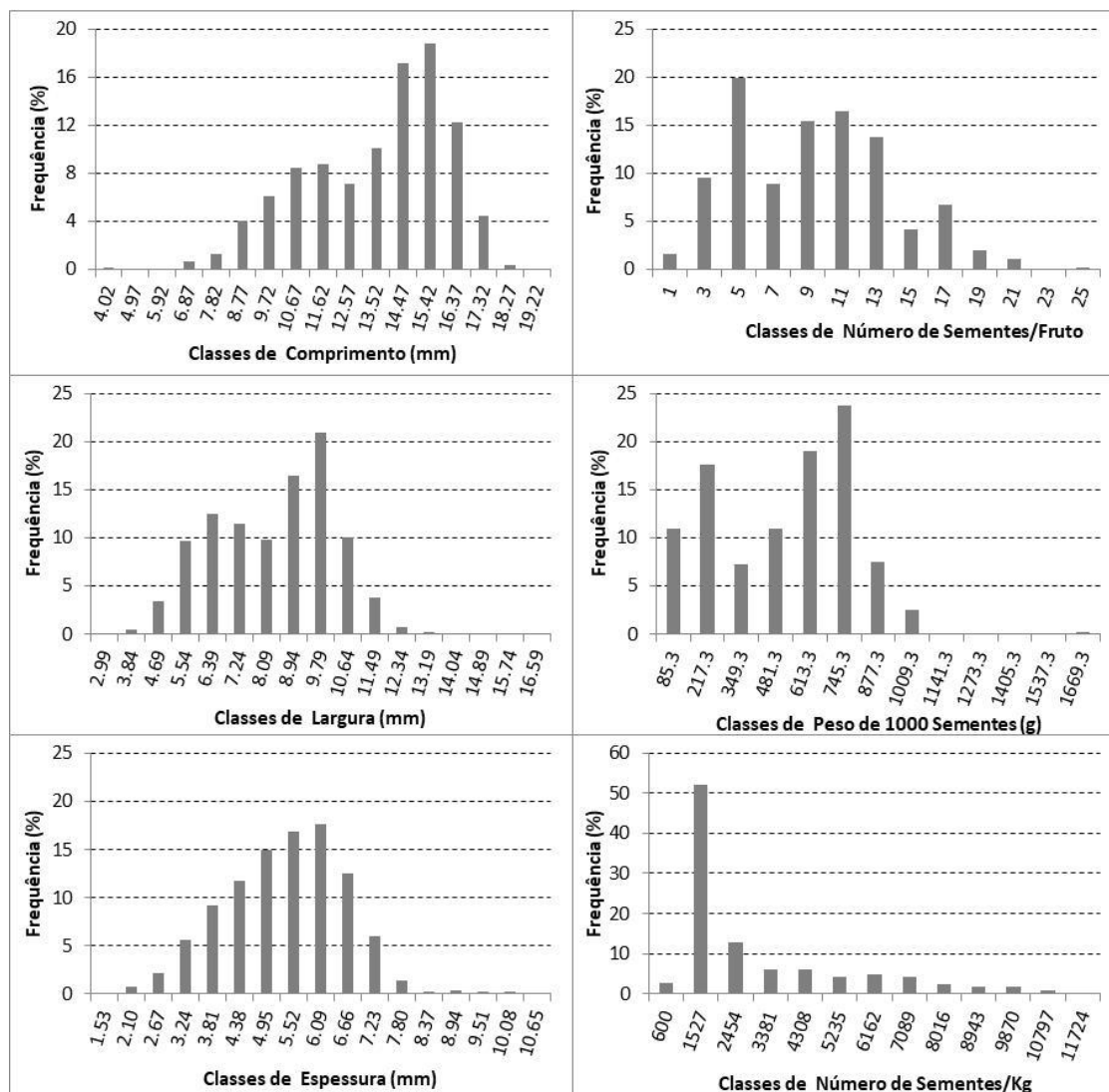


Figura 5. Classes de comprimento, largura, espessura, número de sementes/fruto, peso de 1000 sementes e de número de sementes/kg em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

A correlação entre os caracteres biométricos de frutos foi forte ($|r| \geq 0,70$) e positiva entre comprimento e peso de frutos e forte e negativa entre número de frutos/kg com o comprimento e peso de frutos; as demais correlações entre os caracteres de frutos foram moderadas ($0,50 \leq |r| < 0,70$). Entre os caracteres biométricos das sementes, as correlações foram fortes e positivas entre comprimento e largura de sementes, comprimento e peso de 1000 sementes, largura e peso de 1000 sementes e entre espessura e peso de 1000 sementes e, fortes e negativas entre o número de sementes/kg com comprimento, largura e peso de 1000 sementes. Quando se consideram as correlações entre caracteres de frutos

com os caracteres de sementes, apenas a correlação entre comprimento de frutos e comprimento de sementes foi forte e positiva (Tabela 5). Assim, pode-se considerar que quanto maior o comprimento do fruto, maior será seu peso e menor o número de frutos/kg e que frutos de maior comprimento produzem sementes de maior comprimento; que sementes de maior comprimento têm maior largura e maior peso, porém menor será o número de sementes/kg; sementes de maior largura ou de maior espessura também estão associadas a sementes mais pesadas e que o peso de 1000 sementes tem relação inversa com o número de sementes/kg.

Tabela 5. Estimativas do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres biométricos de frutos e sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

	LF	PF	NF-Kg	NSF	CS	LS	ES	P1000S	NS-Kg
CF	0,646	0,828	-0,802	0,368	0,742	0,647	0,464	0,684	-0,573
LF	-	0,652	-0,643	0,369	0,419	0,343	0,198	0,373	-0,277
PF		-	-0,828	0,508	0,640	0,569	0,482	0,640	-0,509
NF-Kg				-0,426	-0,589	-0,504	-0,433	-0,538	0,480
NSF					0,149	0,022	0,172	0,097	-0,042
CS						0,877	0,665	0,875	-0,823
LS							0,673	0,907	-0,844
ES								0,718	-0,662
P1000S									-0,857

CF, LF, PF, NF-kg, NSF – respectivamente, comprimento, largura e peso de frutos, número de frutos/kg e número de sementes por fruto; CS, LS, ES, P1000S, NS-kg – respectivamente, comprimento, largura, espessura de sementes, peso de 1000 sementes e número de sementes/kg.

Estudos de biometria de frutos e sementes podem fornecer informações úteis para a conservação e, ou uso de uma espécie (Gonçalves et al., 2013) e a classificação das sementes por tamanho e, ou por peso contribui para uniformizar a emergência das plântulas e obter mudas de padrão semelhante e de maior vigor (Carvalho e Nakagawa, 2012). Diferenças entre estudos quanto a esses caracteres são esperadas, pois esses são influenciados tanto por aspectos relativos à população em estudo quanto às condições edafoclimáticas em cada evento reprodutivo. Por exemplo, o número de sementes por fruto pode aumentar ou diminuir em função da eficiência do processo de polinização, ou seja, quanto maior a

quantidade de grãos de pólen viáveis e compatíveis que alcançam o estigma da flor, maior será o número de óvulos fertilizados e, conseqüentemente, a produção de sementes (Nascimento et al., 2011). Também, alguns desses caracteres têm importância prática no planejamento das atividades de produção de mudas, a exemplo do número de sementes/kg, assim como outras características biométricas, que em conjunto, proporcionam conhecimento relativo à qualidade do lote de sementes, do rendimento e, conseqüentemente, da quantidade de sementes a ser utilizada no momento da semeadura e produção de mudas (Acchile et al., 2017).

O número médio de sementes/kg foi de 2979 unidades (Tabela 3), valor inferior ao citado por Carvalho (2003b), que variou de 3600 a 7500 sementes/kg. Porém, além da grande variabilidade desse caráter entre as matrizes (Tabelas 3 e 4), deve-se considerar que variações nesses valores podem ser atribuídas, em parte, a diferenças no teor de água das sementes que, quanto maior, menor será o número de sementes/kg.

A variação no tamanho de frutos entre matrizes é evidente, porém, a separação dos frutos quanto ao tamanho dentro de matrizes não é eficiente dada a grande sobreposição de tamanhos de frutos (largura, comprimento, peso de frutos) entre as matrizes (Tabela 2). Ou seja, o tamanho de um fruto classificado como pequeno para uma matriz pode representar um fruto grande para outra matriz e vice-versa.

4.1.2. Tratamentos de superação de dormência e germinação de sementes

A interação entre tamanhos de frutos x tamanhos de sementes x tratamentos de superação de dormência foi não significativa ($p > 0,05$) para as características avaliadas, mas houve interação significativa ($p < 0,05$) entre tamanhos de sementes x tratamentos para superação de dormência e entre tamanhos de frutos x tratamentos de superação de dormência sobre os três caracteres avaliados; e entre tamanhos de frutos x tamanhos de sementes sobre a massa seca total de plântulas. Efeitos isolados significativos ($p < 0,05$) foram observados do tamanho de sementes sobre o índice de velocidade de germinação e massa seca total de plântulas e dos tratamentos de superação de dormência sobre os três caracteres avaliados. Não

houve efeito significativo ($p>0,05$) do tamanho dos frutos sobre os caracteres avaliados e os coeficientes de variação experimental encontram-se na faixa de valores normalmente observados em estudos de germinação de sementes florestais (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca (MST, g. plântula⁻¹) total das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de frutos grandes e pequenos submetidas a tratamentos de superação de dormência (TSD).

Fonte de Variação	Valores de “F”		
	PN	IVG	MST
Tamanhos de Fruto (TF)	1,83 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Tamanhos de Semente (TS)	1,03 ^{ns}	6,44*	58,94**
Tratamentos Superação de Dormência (TSD)	249,74**	263,59**	167,99**
TF*TS	1,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}	5,15*
TF*TSD	10,68**	7,82**	7,41**
TS*TSD	4,36**	2,61*	7,85**
TF*TS*TSD	1,03 ^{ns}	1,67 ^{ns}	2,08 ^{ns}
CV (%)	13,2	8,0	8,0
Media	42	1,096	0,6331

CV – Coeficiente de variação experimental. ^{ns} – valor não significativo ($p>0,05$) pelo teste F; *, ** - valor significativo a 5% ($p<0,05$) e 1% ($p<0,01$) de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Sementes não submetidas a superação de dormência apresentaram baixa porcentagem de germinação (plântulas normais), baixo índice de velocidade de germinação (IVG) e baixa massa seca total de plântulas, independentemente do tamanho do fruto (Tabela 7) ou da semente (Tabela 8). Diferenças entre tamanho de frutos foram observadas para porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas a tratamento com imersão em água a 80°C e ácido sulfúrico por 5 min e na massa seca de plântulas quando o tratamento para superação de dormência foi com água a 80°C e ácido sulfúrico por 15 min (Tabela 7). Nesses casos, sementes de frutos grandes proporcionaram maior porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação e massa seca de plântulas apenas quando o tratamento para superação

de dormência foi com água a 80°C; nos demais casos, sementes de frutos pequenos proporcionaram melhores resultados.

Tabela 7. Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca total (MST) das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, extraídas de frutos pequenos (FP) e grandes (FG) submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência (TSD).

TSD/Fruto	PN		IVG		MST	
	FP	FG	FP	FG	FP	FG
Test	3 aD	3 aD	0,074 aC	0,081 aC	0,0381 aC	0,0356 aD
EM	87 aA	81 aA	2,418 aA	2,225 aA	1,3575 aA	1,3125 aA
IA	12 bC	33 aBC	0,256 bC	0,717 aB	0,1556 bC	0,4841 aC
AS-5	38 aB	27 bC	0,892 aB	0,681 bB	0,4698 aB	0,4602 aC
AS-10	32 aB	40 aB	1,016 aB	0,940 aB	0,4695 aB	0,4595 aC
AS-15	81 aA	74 aA	2,023 aA	1,826 aA	1,3360 aA	1,0185 bB
Media	42	43	1,113	1,078	0,6378	0,6284

Test – Testemunha; EM – escarificação mecânica; IA – imersão em água; AS-5; AS-10 e AS-15, respectivamente, imersão em ácido sulfúrico por 5, 10 e 15 min. Médias seguidas por uma mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, para cada característica, não diferente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Desdobramento da interação tamanho de sementes x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) e massa seca total (MST) das plântulas, obtidos no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de sementes grandes e pequenos submetidas a tratamento de superação de dormência (TSD).

TSD/Semente	PN		IVG		MST	
	SP	SG	SP	SG	SP	SG
Test	4 aD	2 aC	0,109 aD	0,046 aE	0,0476 aD	0,0261 aC
EM	75 bA	93 aA	2,128 bA	2,515 aA	1,0625 bA	1,6075 aA
IA	19 bC	27 aB	0,384 bC	0,588 aD	0,2256 bC	0,4141 aB
AS-5	35 aB	29 aB	0,825 aB	0,746 aCD	0,3710 bBC	0,5590 aB
AS-10	39 aB	33 aB	0,932 aB	1,024 aC	0,4235 aB	0,5058 aB
AS-15	71 aA	83 aA	1,787 bA	2,062 aB	0,8502 bA	1,5043 aA
Média	40	44	1,028	1,164	0,4967	0,7694

Test – Testemunha; EM – escarificação mecânica; IA – imersão em água; AS-5; AS-10 e AS-15, respectivamente, imersão em ácido sulfúrico por 5, 10 e 15 min. Médias seguidas por uma mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, para cada característica, não diferente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Maiores porcentagens de plântulas normais, índice de velocidade de germinação e massa seca de plântulas ocorreram em sementes submetidas à escarificação mecânica e ao ácido sulfúrico por 15 min, independentemente do tamanho do fruto (Tabela 7) ou da semente (Tabela 8); exceção feita à massa seca de plântulas obtidas de sementes de frutos grandes (Tabela 7) e do índice de velocidade de germinação de sementes grandes (Tabela 8) em que, para ambas as características, a escarificação mecânica foi superior ao ácido sulfúrico por 15 min. As diferenças entre tamanhos de sementes (Tabela 8) foram mais evidentes do que as observadas entre tamanhos de frutos (Tabela 7) quando se considera a massa seca total de plântulas, em que sementes grandes proporcionaram maiores valores que sementes pequenas quando os tratamentos para superação de dormência foram escarificação mecânica, imersão em água a 80°C e imersão em ácido sulfúrico por 10 e 15 min.

Dos tratamentos para a superação de dormência, os melhores foram a escarificação mecânica e a imersão em ácido sulfúrico por 15 min, independentemente do tamanho de fruto e, ou da semente, para os três caracteres estudados. A imersão em ácido sulfúrico por 5 ou 10 min proporcionou resultados semelhantes entre si e, em geral, superiores aos da imersão em água a 80°C que, por sua vez, proporcionou resultados superiores aos observados para sementes que não receberam tratamento para superação de dormência (testemunha). O aumento do tempo de imersão em ácido sulfúrico foi acompanhado de aumento na porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação e massa seca de plântulas, o que poderia levar ao questionamento se períodos de imersão superiores a 15 min proporcionariam aumento na germinação. Contudo, observou-se ao final do teste de germinação, que as sementes não germinadas dos tratamentos de escarificação mecânica e imersão em ácido por 15 min apresentavam-se deterioradas, o que descarta essa possibilidade.

As sementes grandes proporcionaram maior massa seca total de plântulas que as sementes pequenas, independentemente do tamanho do fruto, mas não houve diferenças entre os tamanhos dos frutos para essa característica quando se considera um mesmo tamanho de semente (Tabela 9). Esses resultados corroboram os obtidos por Lessa et al. (2015) que verificaram que sementes pesadas de

Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC.) e *Moringa oleifera* Lam. originaram plântulas mais vigorosas que as sementes pequenas de menor peso.

Tabela 9. Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tamanhos de sementes para massa seca total (MST, g.plântula⁻¹) das plântulas, obtidas no teste de germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, classificadas por tamanho a partir de frutos grandes e pequenos submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.

Fruto	Semente	
	Pequena	Grande
Pequeno	0,5426 bA	0,7330 aA
Grande	0,4509 bA	0,8058 aA

Médias seguidas por uma mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, para cada característica, não diferente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diante disso, pode-se considerar que o tamanho do fruto tem pouco efeito no processo germinativo de sementes e desempenho de plântulas de *E. contortisiliquum*. Porém, sementes grandes são de melhor qualidade que as pequenas em relação a massa seca total de plântulas. Para algumas espécies florestais o tamanho da semente é um indicativo da sua qualidade fisiológica (Attri et al., 2017; Silva et al., 2015; Silva et al., 2017; Souza et al., 2016). Contudo, Roveri-Neto e Paula (2017) destacaram que as correlações entre as características biométricas das sementes e a qualidade fisiológica são baixas, indicando não haver uma relação direta do tamanho sobre a qualidade das sementes.

Enterolobium contortisiliquum apresenta sementes com impermeabilidade do tegumento à água o que torna a germinação e, conseqüentemente, a produção de mudas lenta e desuniforme (Cruz-Silva e Rosa, 2011; Malavasi e Malavasi, 2004; Silva et al., 2014) se não forem aplicados tratamentos para superação desse tipo de dormência. Esse fato foi verificado no presente estudo para as sementes que não receberam tratamento para superação de dormência (testemunha) ou mesmo aquelas que receberam tratamentos que não foram eficientes para promover a ruptura da camada de impedimento à embebição por água, como os tratamentos de imersão em água a 80°C e em ácido sulfúrico por 5 ou 10 min.

Nesse sentido, para sementes de *Enterolobium contortisiliquum*, a escarificação mecânica foi considerada eficiente nos estudos de Alexandre et al.

(2009), Almeida et al. (2018), Calazans et al. (2020), Cruz-Silva e Rosa (2011), Ferreira et al. (2013), Malavasi e Malavasi (2004) e Santos e Santos (2010). Por outro lado, a imersão em ácido sulfúrico foi apontada como eficiente nos trabalhos de Aquino et al. (2009) por 15 min; Malavasi e Malavasi (2004), por períodos de 5, 15, 30, 60, 120 e 180 min; Santiago et al. (2012), por 10 ou 15 min; Scaloni et al. (2006) por 10 min e de Silva et al. (2014) por 15, 30, 45 e 60 min. Ressalta-se, porém, que por questões práticas e de custo, tanto Malavasi e Malavasi (2004) quanto Silva et al. (2014), apontaram a escarificação mecânica como a mais recomendada para uso em viveiros de produção de mudas.

A maior eficiência dos tratamentos com escarificação mecânica e imersão em ácido sulfúrico por 15 min, deve-se a maior ruptura ou enfraquecimento do tegumento, respectivamente, o que possibilitou a embebição em água e a entrada de oxigênio (Carvalho e Nakagawa, 2012; Eira et al., 1993). Segundo esses autores, na espécie *Enterolobium contortisiliquum*, esse processo pode resultar, também, na remoção de inibidores, se presentes, do processo germinativo, conduzindo a maior percentagem de germinação.

O ácido sulfúrico e a escarificação mecânica proporcionaram valores satisfatórios no processo de germinação das sementes de *E. contortisiliquum*. Contudo, no caso do ácido sulfúrico, existem entraves e são necessários alguns requisitos e conhecimento para o seu uso, na aquisição do produto, mão-de-obra qualificada, o risco de acidentes e o descarte adequado do resíduo do mesmo para evitar a contaminação do meio ambiente. A escarificação mecânica demanda maior emprego de mão-de-obra e tempo adicional para o seu uso, porém, não há riscos de um acidente por queimadura e nem a preocupação quanto ao descarte após a superação da dormência das sementes, tornando o seu uso mais adequado mesmo para pessoas leigas quanto à sua utilização.

4.2. Experimento 2 - Testes de vigor em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* classificadas por tamanho

4.2.1. Teor de água

As sementes com comportamentos ortodoxos toleram a secagem, mantêm-se vivas com teor de água em torno de 5% a 7%, suportam temperaturas abaixo de zero e podem permanecer viáveis por muitos anos (Garcia et al., 2015). As sementes de tamboril, classificadas quanto ao tamanho, apresentaram os seguintes teores de água: sementes menores que 24 ($P < 24$) – 6,2%; sementes de tamanho 24 ($P = 24$) – 6,2% e sementes maiores ou iguais a 25 ($P \geq 25$) – 5,4%.

Na pesquisa de Carvalho et al. (2020) foram encontrados resultados semelhantes quanto ao teor de água de quatro lotes de sementes de *Enterolobium schomburgkii* Benth: 6,3%, 6,2%, 5,9% e 6,9%. A similaridade para os valores do teor de água entre os lotes de sementes é primordial quando se está comparando sua qualidade fisiológica, para que os testes não sofram alterações provocadas por diferenças na atividade metabólica. Recomenda-se que não haja diferenças superiores a 2 p.p. no teor de água das sementes das amostras avaliadas (Marcos Filho, 2005; Steiner et al., 2011).

4.2.2. Teste de Condutividade Elétrica (CE)

A porcentagem de germinação das sementes foi de $89\% \pm 3,6\%$; $95\% \pm 2,7\%$ e $95\% \pm 1,6\%$, respectivamente, para sementes de tamanho menor que 24 ($P < 24$), 24 ($P = 24$) e maior ou igual a 25 ($P \geq 25$). Assumindo que a sobreposição da média $\pm$ erro padrão da média entre dois tratamentos configuram igualdade entre os mesmos, pode-se considerar que as sementes maiores ($P \geq 25$) têm germinação superior ao das sementes menores ($P < 24$), mas não há diferenças entre as sementes $P < 24$ e $P = 24$ e nem entre $P = 24$ e $P \geq 25$.

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre tamanhos de sementes (T) e períodos de embebição das sementes (P), evidenciado comportamento diferenciado da condutividade elétrica frente a esses dois fatores (Figura 6; Tabela 10). Até 10 h de embebição das sementes não houve diferenciação entre as classes de tamanho de sementes pelo teste de condutividade elétrica. Contudo, em geral, a condutividade elétrica aumentou com o período de embebição, independentemente do tamanho das sementes, e foi menor para sementes maiores ($P \geq 25$), seguida

pelas sementes de tamanho intermediário (P=24) que com 24 e 48 h de embebição apresentaram menor liberação de exsudados que as sementes menores (P<24), sendo ultrapassadas por essas após 120 h de embebição (Figura 6; Tabela 10).

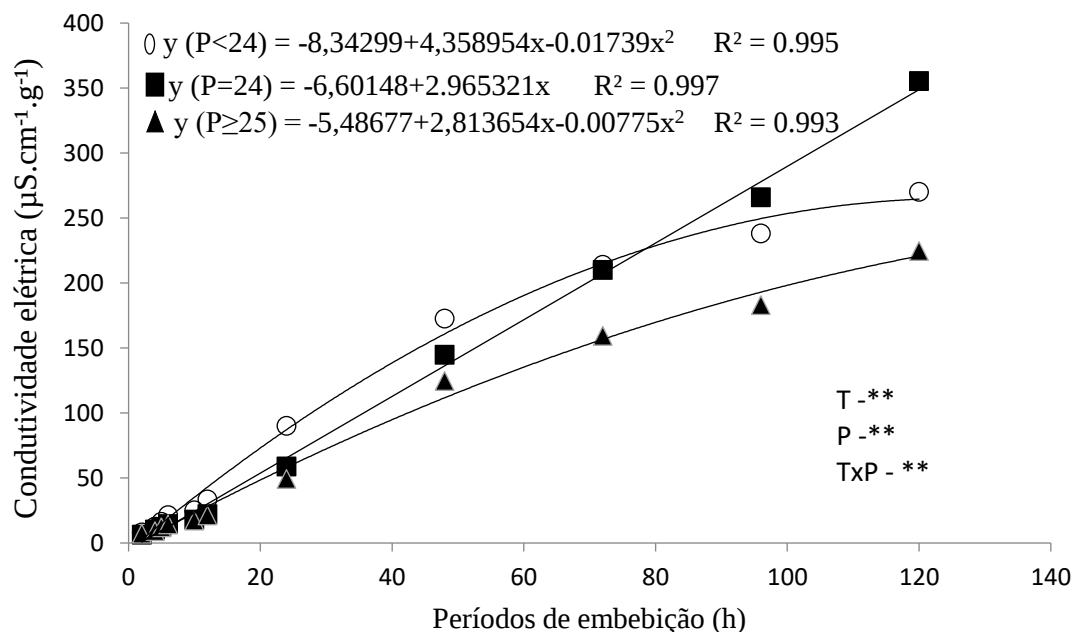


Figura 6. Condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho (P<24, P=24 e P≥25) submetidas a diferentes períodos de embebição a 25°C em 75 ml de água deionizada. (T – tamanhos de sementes; P – períodos de embebição; TxP – interação tamanhos de sementes x períodos de embebição). ** - valores significativos ($p < 0,01$) pelo teste F.

Tabela 10. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho ($P<24$, $P=24$ e $P\geq 25$) submetidas a diferentes períodos de embebição a 25°C em 75 ml de água deionizada.

Períodos de embebição (h)	Tamanhos de sementes		
	P<24	P=24	P ³ 25
2	8,22 a	6,47 a	7,24 A
4	12,68 a	10,43 a	9,27 A
5	16,43 a	12,40 a	12,15 A
6	21,54 a	14,57 a	14,30 A
10	25,22 a	18,04 a	17,26 A
12	33,61 b	22,33 ab	21,24 A
24	90,11 b	58,86 a	49,38 A
48	172,76 b	144,87 a	124,65 A
72	214,19 b	210,16 b	159,35 A
96	238,30 b	265,93 b	183,00 A
120	270,16 b	355,38 c	224,58 A

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teste de condutividade elétrica tem por fundamento o fato de que sementes menos vigorosas liberaram mais solutos para o meio, pois a velocidade do restabelecimento das membranas durante a embebição é menor, sendo as possíveis diferenças no vigor entre lotes de sementes dadas na comparação entre os valores da liberação de solutos (Marcos Filho, 2015a). Para Guollo et al. (2017), o uso da condutividade elétrica proporciona elevado nível de confiança nos resultados, por se tratar de uma técnica que proporciona agilidade no tempo de execução e padronização. Porém, de acordo com Prado et al. (2019), uma limitação no teste de CE é a ausência de valores de referência ou faixa de valores que indiquem o nível do vigor das sementes (alto, médio ou baixo), como também o entendimento em relação aos resultados, principalmente, pela unidade medida utilizada, já que os principais testes utilizados fornecem seus resultados em valores percentuais.

Tem-se observado que em sementes pequenas, menores períodos de embebição podem ser suficientes para diferenciar lotes de sementes, porém em espécies com sementes maiores, como é o caso do tamboril, são necessários maiores períodos de embebição para possibilitar melhor diferenciação entre lotes de

sementes. Isso foi verificado com 24 e 48 h de embebição em que os lotes foram divididos em pelo menos dois grupos, em que sementes menores ($P < 24$) constituíram o lote de pior qualidade e sementes intermediárias ($P = 24$) e maiores ($P \geq 25$) formaram o lote de melhor qualidade. Com 72 e 96 h de embebição, também foram formados dois grupos de qualidade de sementes, porém, nesses períodos as sementes maiores ($P \geq 25$), de qualidade superior, se destacaram em relação às intermediárias e menores que não diferiram entre si. Somente com 120 h de embebição das sementes é que houve a formação de três grupos, mas nesse período o teste de CE aponta as sementes menores ($P < 24$) como de qualidade fisiológica superior à das sementes de tamanho intermediário ($P = 24$).

Cabe destacar, que períodos longos de embebição podem afetar os resultados pois pode haver a evaporação da água de embebição e até mesmo início do processo germinativo, o que compromete os resultados obtidos a partir desse teste (Flavio e Paula, 2010; Marques et al., 2002; Santos e Paula, 2005). Nesse sentido, pode-se recomendar o período de embebição de 24 h como adequado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tamboril classificadas por tamanho, proporcionando resultados consistentes com os do teste de germinação.

O período de 24 h também foi adequado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes das seguintes espécies florestais: *Sebastiania commersoniana* (Santos e Paula, 2005), *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (Soto-Gonzales et al., 2011), *Pterogyne nitens* Tull. (Ataíde et al., 2012), *Bowdichia virgilioides* Kunth (Dalanhol et al., 2014); *Bixa orellana* L. (Ferreira, 2015), *Croton floribundus* Spreng. (Abdo e Paula, 2017) e *Enterolobium schomburgkii* Benth. (Carvalho et al., 2020).

Para *Libidia ferrea*, Souto et al. (2022) concluíram que o teste de condutividade elétrica conduzido com 25 sementes embebidas em 50 ml de água deionizada por 4 h foi eficiente para a avaliação do potencial fisiológico de três lotes de sementes de diferentes massas. Araújo et al. (2011) concluíram que o teste de condutividade elétrica conduzido com 15 sementes por 6 h embebidas em 75 ml de água foi adequado para avaliar o potencial fisiológico de oito lotes de sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), classificados quanto ao peso e tamanho. Por outro lado, o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para avaliar o potencial

fisiológico de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (Azerêdo et al., 2016) e *Albizia haslerii* (Chodat) Burkart. (Soto-Gonzales et al., 2009).

Estudando a qualidade de sementes de *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo), de diferentes árvores matrizes, Silva (2020) observou que o teste de condutividade elétrica separou as matrizes em maior número de grupos em relação ao observado para o teste de germinação, independentemente das condições de temperatura, volume e período de embebição avaliados. Essa autora afirmou, ainda, que esse teste conduzido a 20°C, com 25 sementes embebidas em 75 ml de água deionizada por 48 h é adequado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes e da variabilidade entre matrizes de *Handroanthus serratifolius*.

O aumento no valor de condutividade elétrica com o decorrer do período de embebição era esperado, conforme observado por Carvalho e Oliveira et al. (2020). Contudo, para as sementes menores ($P < 24$) houve tendência de estabilização desses valores a partir de 72 h de embebição, o que não foi observado, por exemplo, para as sementes intermediárias ($P = 24$) que apresentou aumento proporcional nos valores de condutividade elétrica com o aumento do período de embebição (Figura 6).

Para as sementes maiores, o acréscimo na condutividade elétrica em função do período de embebição foi menor que o verificado para as outras duas classes de tamanho de sementes, evidenciando um possível reparo na organização do sistema de membranas. A liberação inicial de eletrólitos é intensa, tanto pelas sementes intactas e vigorosas como pelas danificadas, o que dificulta a detecção de diferenças entre lotes com pequena diferença de qualidade, conforme pode ser atestado até 10 h de embebição em que não houve diferenças entre as três classes de tamanho de sementes.

No entanto, durante a fase inicial do processo de germinação das sementes, ocorre o reparo metabólico dos componentes celulares e do citoplasma (Lopes e Franke, 2010), que é mais intenso para as sementes de melhor qualidade fisiológica, conforme observado no presente estudo. Duboc et al. (1993) encontraram para sementes de *Leucaena leucocephala* que o período de 72 h teve maior efetividade na separação dos lotes, embora, em todos os tempos testados (24, 48 e 72 h), tivessem sido detectadas diferenças significativas entre lotes.

A maior permeabilidade do sistema de membrana de sementes menores pode estar associada ao baixo potencial fisiológico dessas sementes resultando na liberação de mais eletrólitos para a solução de embebição. Segundo Menezes et al. (2007), no início do condicionamento das sementes para realização do teste, a liberação de eletrólitos para a solução de embebição é intensa em sementes vigorosas ou não, dificultando a categorização dos lotes de sementes, principalmente aquelas com pequena diferença de potencial fisiológico.

No entanto, ao longo do período de embebição, a tendência é que as sementes de alto vigor reorganizem as membranas celulares mais rapidamente, resultando na estabilização dos exsudatos. Assim, a partir desse momento, é possível a separação das sementes em relação ao seu potencial fisiológico.

Outros autores corroboram que o potencial fisiológico de sementes florestais pode ser atestado pelo teste de condutividade elétrica, como em *Pterogyne nitens* Tull. (Ataíde et al., 2012), *Bowdichia virgilioides* Kunth (Dalanhol et al., 2014), *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Avelino et al., 2018) e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C Smith (Viana et al., 2019).

4.2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado tradicional

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado tradicional para porcentagem de germinação e de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, encontram-se nas Tabelas 11 e 12 e na Figura 7. A interação entre tamanhos de sementes e períodos de envelhecimento (Tabela 11) foi significativa ($p < 0,05$; $p < 0,01$) para as três características o que indica o comportamento diferenciado das sementes de acordo com o seu tamanho frente aos períodos de envelhecimento. Para as três classes de tamanho (Tabela 12) houve redução na porcentagem de germinação e de plântulas normais ao longo dos períodos de envelhecimento, mas de forma mais acentuada para as sementes menores ($P < 24$), cuja germinação foi totalmente inibida com 96 h de envelhecimento a 45°C. Não houve diferenças entre as classes de tamanhos nas sementes não envelhecidas, mas a partir de 24 h de envelhecimento, as sementes maiores demonstraram maior vigor que as sementes menores (Tabela 12). As sementes maiores ($P \geq 25$) também

Tabela 11. Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, ≥ 25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	G%	PN	IVG
Tamanhos de sementes (TS)	70,7**	71,2**	25,1**
Períodos de Envelhecimento (P)	22,9**	23,0**	4,71**
TS x P	9,69**	9,71**	4,98**
Média Geral	69,8	55,8	2,79
CV%	18,0	18,0	43,5

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 12. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para porcentagem de germinação (%G) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) pertencentes a três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$ e $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45 °C por diferentes períodos.

Períodos de embebição (h)		Tamanhos de sementes		
		$P < 24$	$P = 24$	$P \geq 25$
%G	0	86 a	93 A	96 A
	24	48 b	86 A	97 A
	48	63 b	55 B	87 A
	72	34 b	75 A	75 A
	96	0 b	71 A	81 A
PN	0	69 a	74 A	77 A
	24	38 b	69 A	78 A
	48	50 b	44 B	70 A
	72	27 b	60 A	60 A
	96	0 b	57 A	65 A
IVG	0	2,27 a	2,29 A	2,23 B
	24	1,85 b	3,81 A	5,17 A
	48	2,37 b	2,23 B	4,24 A
	72	1,17 a	2,32 A	2,32 A
	96	0,00 c	3,68 B	5,90 A

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

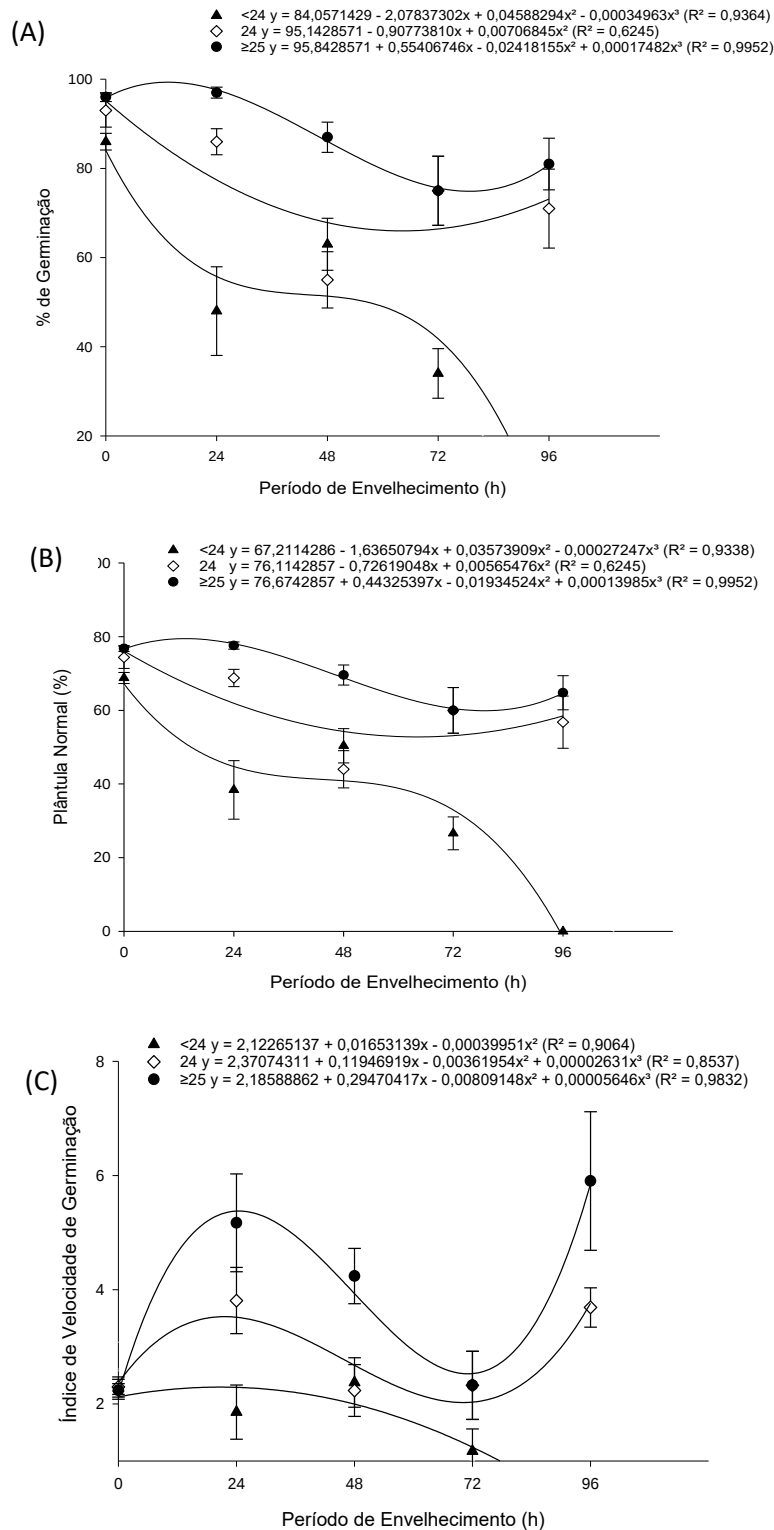


Figura 7. Porcentagem de germinação (A) e de plântula normal (B) e índice de velocidade de germinação (C) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

apresentaram maior porcentagem de germinação e de plântulas normais que as sementes intermediárias ($P=24$) após 48 h de envelhecimento, igualando-se a essas após 72 e 96 h. O índice de velocidade de germinação (IVG) apresentou comportamento variável, mas em geral, com tendência de aumento em função do período de envelhecimento.

O teste de envelhecimento acelerado foi proposto inicialmente para avaliar o potencial fisiológico de sementes de trevo e de festuca durante o armazenamento (Carvalho e Nakagawa, 2000), mas passou a ser usado como teste de vigor pois verificou-se que ao submeter lotes de sementes a condições de altas temperatura e umidade relativa, aqueles de maior potencial fisiológico apresentam maiores porcentagens de germinação e de plântulas normais, por serem mais tolerantes às condições estressantes impostas por esse teste, o que se deve a menor taxa de deterioração das sementes vigorosas.

Essa deterioração ocorre pelo consumo das reservas das sementes ao serem expostas às condições adversas, o que resulta em alterações degenerativas no metabolismo das sementes que são desencadeadas pela desestruturação e perda da integridade dos sistemas de membranas celulares (Carvalho e Nakagawa, 2012; Flávio e Paula, 2010; Marcos Filho, 2005). Como consequência do aumento do processo de deterioração pode haver redução na velocidade de germinação, diminuição no desenvolvimento de plântulas ou de suas partes, redução na porcentagem de germinação e na formação de plântulas normais, dentre outros.

Em estudo com canudo-de-pito, Gomes Júnior e Lopes (2017) verificaram que a temperatura de 45°C exerceu efeitos mais drásticos na capacidade germinativa das sementes a partir de 24 h, com redução da germinação à medida em que elevou o tempo de exposição até 96 h, período no qual praticamente não houve germinação, corroborando com os resultados aqui obtidos para as sementes menores.

No trabalho de Santos e Paula (2007) o período de envelhecimento de 96 h a 45°C demonstrou-se adequado para avaliação do vigor das sementes de *Sebastiania commersoniana*; para Fanti e Perez (2005), o período de envelhecimento de 72 h a 45°C foi adequado para diferenciação dos lotes de maior e menor vigor das sementes de *Chorisia speciosa*. Esses resultados diferem dos

resultados aqui obtidos com as sementes de *Enterolobium contortisiliquum*, em que o envelhecimento por 24 h a 45°C já foi suficiente para separar os lotes de maior e de menor qualidade.

Por outro lado, o envelhecimento acelerado de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* a 45°C por 96 h proporcionou poucas alterações na germinação (Moraes et al., 2016), resultado similar ao observado por Flávio e Paula (2010) com sementes de *Dictyoloma vandellianum*.

Os resultados obtidos para o comprimento (Tabelas 13 e 14; Figura 8) e a massa seca (Tabelas 15 e 16; Figura 9) de plântulas foram variáveis em função dos períodos de envelhecimento, independentemente da classe de tamanho das sementes, à semelhança do observado para o índice de velocidade de germinação. Também, à semelhança do obtido para a porcentagem de germinação e de plântulas normais e para o IVG, sementes menores proporcionaram menores valores de comprimento e de massa seca de plântulas ou de seus componentes, indicando serem sementes menos vigorosas.

A avaliação do desempenho de plântulas como índice de vigor pode ser realizada tanto em condições de campo quanto de laboratório, como no presente caso. Porém, alguns autores (Costa et al., 2004; Nakagawa, 1994, 1999; Santos e Paula, 2005) chamam a atenção para alguns fatores que podem afetar a eficiência desse teste, a exemplo do tamanho das sementes. Tem-se observado, em geral, que sementes menores germinam mais rapidamente que sementes maiores, por necessitarem de menos água para o processo germinativo. Por outro lado, as sementes maiores originam plântulas maiores, por terem mais tecidos de reserva. Também, quando se tem lotes com porcentagens de germinação distintas, não há sentido em comparar o desempenho de plântulas até porque, em lotes de baixa germinação as sementes que germinam são as mais vigorosas do lote e, portanto, podem apresentar desempenho satisfatório, não correspondendo à germinação ou à capacidade de formação de plântulas normais, uma vez que essas características são expressas por plântula formada.

Tabela 13. Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CPR) e total (CT) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	CPA	CR	CT
Tamanhos de sementes (TS)	112,1**	38,3**	90,5**
Períodos de Envelhecimento (P)	90,7**	33,8**	65,0**
TS x P	31,0**	18,9**	28,8**
Média Geral	7,59	5,02	12,6
CV%	15,4	18,2	15,0

*, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 14. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz (CR) e total (CT) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Períodos de embebição (h)		Tamanhos de sementes		
		$P < 24$	$P = 24$	$P \geq 25$
CPA	0	10,90 a	10,10 a	9,27 A
	24	3,84 b	3,81 b	7,25 A
	48	5,36 b	3,97 b	9,03 A
	72	6,12 c	13,80 a	9,97 B
	96	0,00 c	4,98 b	11,50 A
CR	0	8,31 a	6,81 a	5,18 B
	24	3,18 b	3,96 b	6,50 a
	48	4,42 b	4,71 b	6,84 a
	72	3,90 b	6,21 a	5,40 a
	96	0,00 c	2,68 b	6,36 a
CT	0	19,21 a	16,91 ab	14,45 b
	24	7,02 b	7,77 b	13,75 a
	48	9,79 b	8,69 b	15,87 a
	72	10,02 c	20,01 a	15,37 b
	96	0,00 c	7,67 b	17,86 a

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

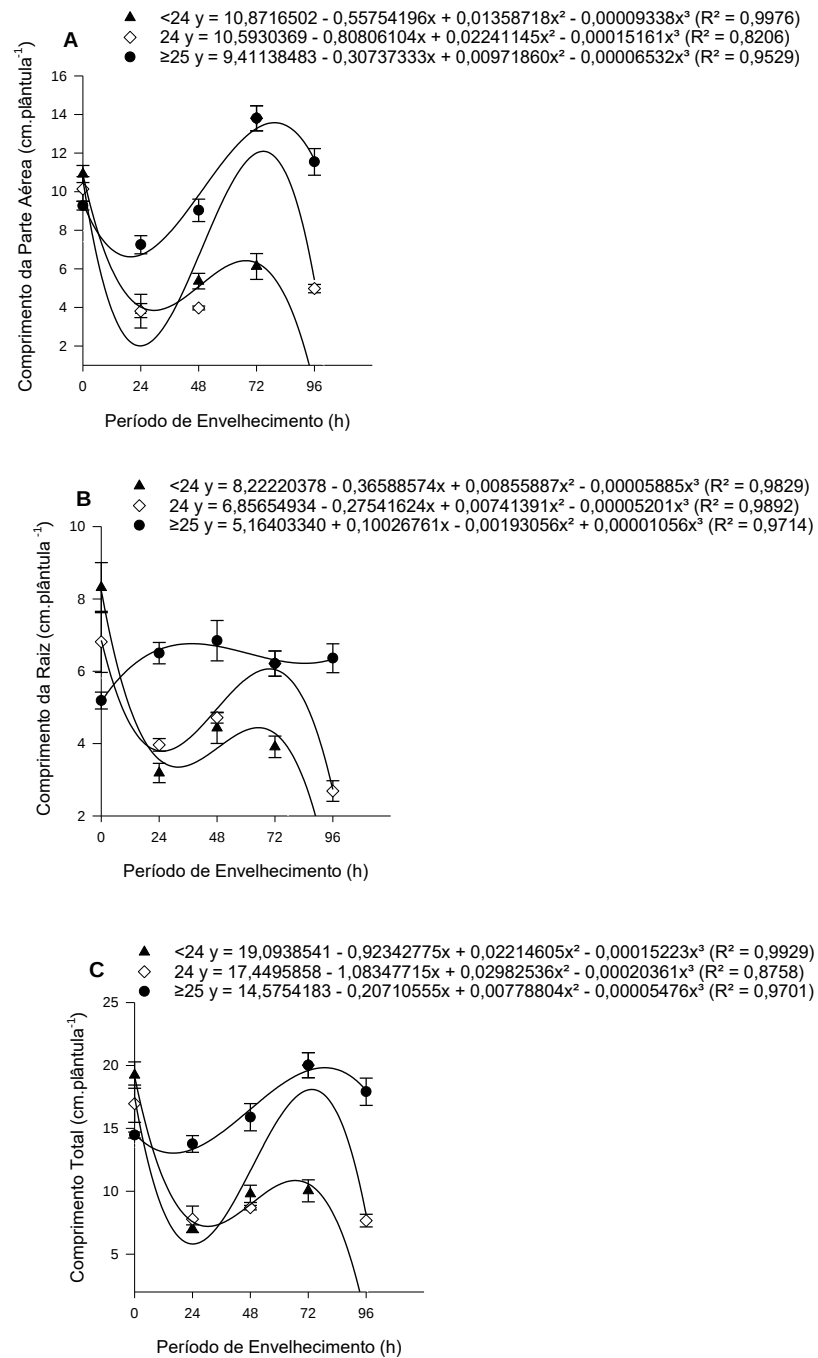


Figura 8. Comprimento (cm) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Tabela 15. Síntese da análise de variância para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	MSPA	MSR	MST
Tamanhos de sementes (TS)	61,3**	157,2**	65,5**
Períodos de Envelhecimento (P)	74,8**	54,8**	76,6**
TS x P	11,7**	17,35**	11,2**
Média Geral	0,22	0,01	0,23
CV%	19,9	21,3	19,5

*, **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 16. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Períodos de embebição (h)		Tamanhos de sementes		
		P<24	P=24	P>25
MSPA	0	0,1157 b	0,2831 a	0,2939 A
	24	0,2178 b	0,2846 a	0,3177 A
	48	0,2050 c	0,4000 a	0,3185 B
	72	0,2521 a	0,2683 a	0,3044 A
	96	0,0000 b	0,3039 a	0,2830 A
MSR	0	0,0147 b	0,0196 a	0,0191 A
	24	0,0075 c	0,0127 b	0,0181 A
	48	0,0105 b	0,0112 b	0,0234 A
	72	0,0029 b	0,0149 a	0,0127 A
	96	0,0000 c	0,0046 b	0,0177 A
MST	0	0,1304 b	0,3027 a	0,3130 A
	24	0,2253 b	0,2973 a	0,3358 A
	48	0,2155 c	0,4113 a	0,3419 B
	72	0,2550 a	0,2832 a	0,3170 A
	96	0,0000 b	0,3085 a	0,3007 A

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

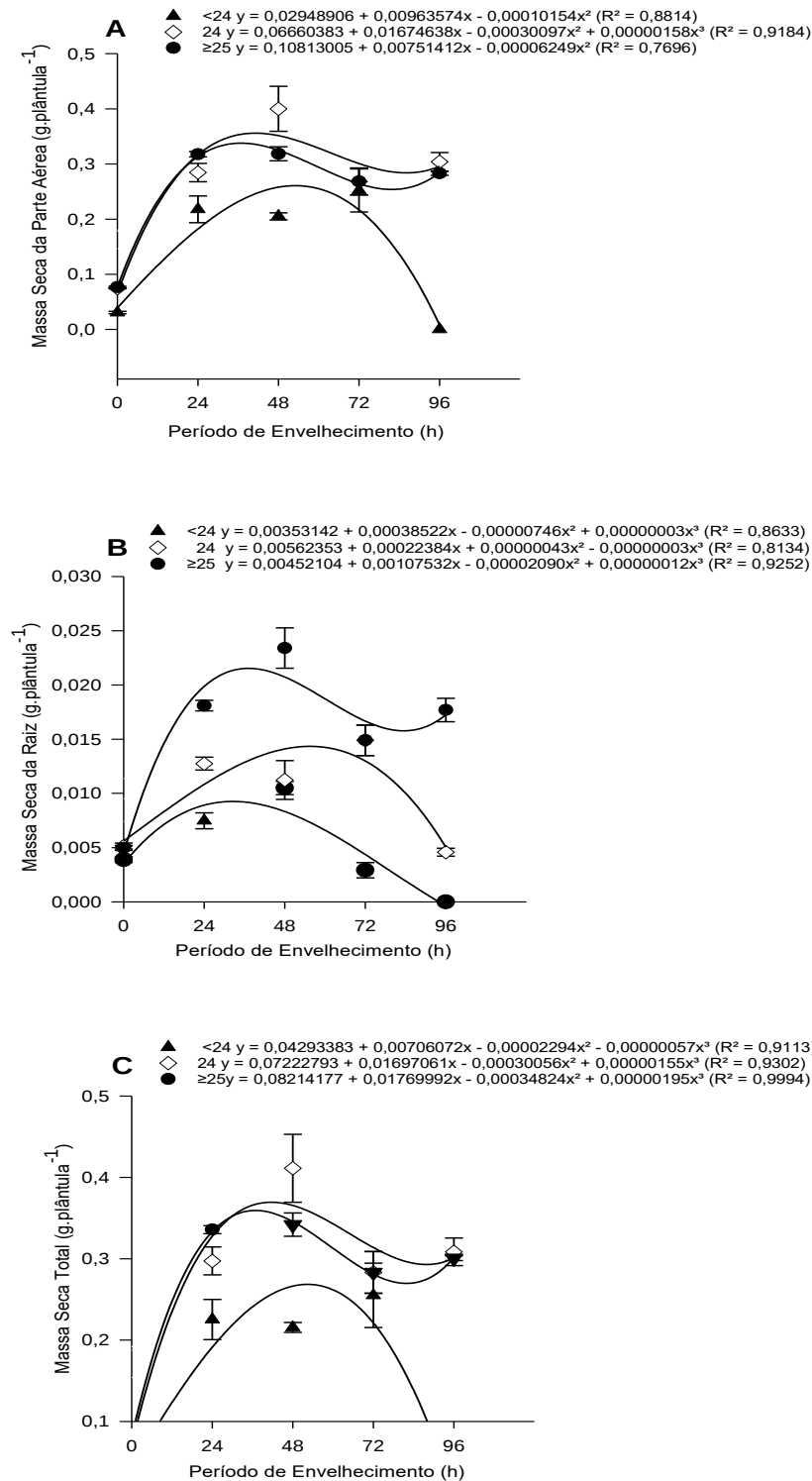


Figura 9. Massa seca (g/plântula) da parte aérea (A), de raízes (B) e total (C) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

O teste de envelhecimento acelerado tem proporcionado resultados consistentes para diversas espécies florestais, conforme constata-se nos trabalhos de Carvalho et al. (2020), com sementes de *Enterolobium schomburgkii* Benth.), uma espécie do mesmo gênero da espécie da presente pesquisa, em que os autores recomendaram que o teste pode ser conduzido a 41°C por 72 h. Azerêdo e Paula (2021) concluíram que a combinação da temperatura de 45°C com o tempo de 96 h de envelhecimento é adequada para avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis*, classificados pelo tamanho e coloração das sementes. Guedes et al. (2013) constataram que o envelhecimento acelerado por 48 h a 41°C é eficiente na separação dos lotes de sementes de *Chorisia glaziovii* em níveis de vigor. Santos e Paula (2007) avaliando duas temperaturas e diferentes períodos de envelhecimento concluíram que a combinação 45°C por 96 h é adequada para avaliação do vigor de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs.

Embora alguns trabalhos de pesquisa tenham obtido sucesso com o uso da temperatura de 45°C para o envelhecimento acelerado de sementes de espécies florestais (Flavio e Paula, 2010; Moraes et al., 2016; Santos e Paula, 2009), o uso de temperaturas mais elevadas, apesar de contribuir para a redução do período de condução do teste, pode favorecer a incidência de microrganismos, contribuindo para a deterioração mais rápida das sementes e comprometendo a germinação de lotes de sementes de qualidade inferior (Oliveira et al., 2014). No presente experimento foi avaliada apenas uma temperatura, variando-se os períodos de envelhecimento. Tem-se observado, por exemplo, para algumas espécies que o aumento da temperatura pode ser mais prejudicial que o prolongamento do período de envelhecimento numa temperatura mais baixa (Flavio e Paula, 2010; Santos e Paula, 2007). No presente estudo, o período de envelhecimento de 24 h a 45°C foi eficiente para indicar o lote de sementes de maior tamanho como de qualidade superior em relação ao de menor tamanho de sementes, tanto para o comprimento quanto para a massa seca de plântulas.

4.2.4. Teste de Envelhecimento Acelerado com solução salina

Os resultados do teste de Envelhecimento Acelerado com solução salina (EASS) sobre a porcentagem de germinação e de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. pertencentes a três classes de tamanhos são apresentados nas Tabelas 17 e 18 e Figura 10. A interação: tamanhos de sementes x períodos de envelhecimento foi significativa ($p < 0,01$) para porcentagem de germinação e de plântulas normais e não significativa para o índice de velocidade de germinação (Tabela 17).

Houve redução na germinação (Figura 10A) e na formação de plântulas normais (Figura 10B) com o aumento do período de envelhecimento, independentemente do tamanho da semente. Contudo, as sementes menores ($P < 24$) foram mais afetadas pelo estresse proporcionado pelo envelhecimento com solução salina. As sementes maiores ($P \geq 25$) e as de tamanho intermediário ($P = 24$) apresentaram comportamento semelhante, mas com destaque para superioridade das sementes maiores após os 24 e 96 h de envelhecimento (Tabela 18; Figura 10).

A germinação e a formação de plântulas normais foram menos prejudicadas no teste de envelhecimento com solução salina, em comparação ao método tradicional em função, principalmente, da menor absorção de água e, conseqüentemente do menor teor de água que as sementes atingem após os períodos de envelhecimento com a solução salina. Essa maior germinação pode ter ocorrido pela redução de ataque de microrganismos, além do vigor ter sido favorecido quando se utilizou o NaCl. A adição do NaCl faz com que as sementes não absorvam muita água, dada a menor umidade relativa do ar quando comparado com o uso apenas de água durante o envelhecimento, e sofram menos com o processo de deterioração, o que reduz o desenvolvimento de fungos e minimiza os efeitos desses microrganismos associados às sementes, mesmo diante do estresse proporcionado pela alta temperatura (Panobianco e Marcos Filho, 2001; Moraes et al., 2016; Tunes et al., 2012).

Tabela 17. Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	G%	PN	IVG
Tamanhos de sementes (TS)	31,4**	31,4**	1,19 ^{ns}
Períodos de Envelhecimento (P)	11,1**	11,1**	6,32**
TS x P	4,38**	4,38**	0,74 ^{ns}
Média Geral	78	62	3,68
CV%	13,9	13,9	37,4

*, **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 18. Desdobramento da interação tamanhos de frutos x tratamentos para superação de dormência para porcentagem de germinação (%G) e de plântulas normais (PN), índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Períodos		Tamanhos de sementes		
de embebição (h)		P<24	P=24	P≥25
%G	0	86 a	93 A	96 A
	24	74 b	70 Ab	87 A
	48	45 b	90 A	81 A
	72	69 b	81 Ab	90 A
	96	46 b	72 A	83 A
PN	0	69 a	74 A	77 A
	24	59 b	56 Ab	70 A
	48	36 b	72 A	65 A
	72	55 b	65 Ab	72 A
	96	37 b	38 A	66 A
IVG	0	2,27 a	2,29 A	2,23 A
	24	4,19 a	3,94 A	4,77 A
	48	3,50 a	4,58 A	4,32 A
	72	4,61 a	4,27 a	4,29 A
	96	2,15 a	3,84 a	4,00 A

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

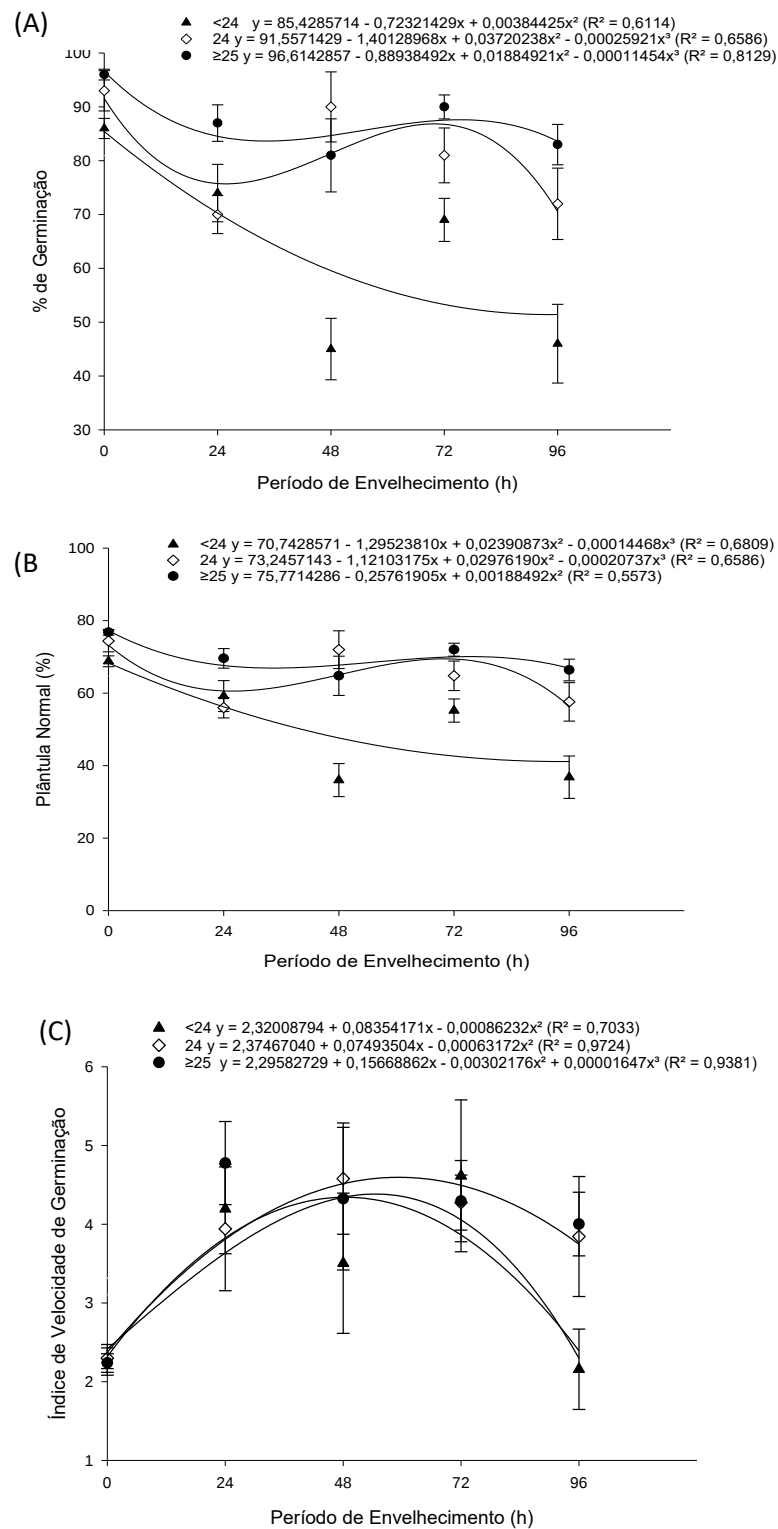


Figura 10. Porcentagem de germinação (A) e de plântulas normais (B) e índice de velocidade de germinação (C) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Não houve efeito ($p>0,05$) do tamanho da semente e nem da interação tamanhos das sementes x períodos de envelhecimento na (Tabela 17 e 18) sobre o índice de velocidade de germinação (IVG). Constatou-se efeito significativo ($p<0,01$) apenas dos períodos de embebição sobre essa característica, que aumentou até o período de 72 h, com redução após 96 h de envelhecimento (Figura 10C). O aumento no IVG observado nas sementes envelhecidas pode ser atribuído ao aumento no teor de água das sementes ao final dos períodos de envelhecimento, em comparação com as sementes não envelhecidas, apesar da redução na porcentagem de germinação.

A interação tamanhos de sementes x períodos de envelhecimento com solução salina foi significativa ($p<0,01$) para o comprimento da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT) de plântulas (Tabelas 19 e 20; Figura 11). As sementes menores proporcionaram (Tabela 20), de forma geral, menores valores nessas características com o aumento no período de envelhecimento, comparativamente às sementes maiores. Contudo, o padrão de variação nessas características, para as sementes menores e intermediárias, não foi claro, apresentando oscilação ao longo do período de envelhecimento. Para as sementes maiores houve tendência de aumento no comprimento da parte aérea (Figura 11A) e total (Figura 11C) com o período de envelhecimento e para comprimento da raiz principal, houve aumento com 24 h de envelhecimento e posterior redução com tendência de estabilização nos demais períodos (Figura 11B). Aumentos nessas características podem ocorrer com o envelhecimento acelerado, seja com solução salina ou tradicional, pois as sementes que germinam após o período de estresse proporcionado pelas condições de realização do teste são as mais vigorosas do lote e, portanto, com capacidade de produzir plântulas mais vigorosas, ou seja, de maior tamanho e, ou massa, conforme reportado, também, no teste de envelhecimento acelerado tradicional.

Tabela 19. Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	CPA	CR	CT
Tamanhos de sementes (TS)	11,8**	16,4**	13,4**
Períodos de Envelhecimento (P)	23,6**	2,75*	8,06**
TS x P	9,04**	9,41**	9,37**
Média Geral	9,95	5,86	15,8
CV%	14,5	21,7	15,8

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 20. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz (CR) e total (CT) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Períodos		Tamanhos de sementes		
de embebição (h)		P<24	P=24	P≥25
CPA	0	10,90 a	10,10 a	9,27 A
	24	7,94 a	5,36 b	10,00 A
	48	4,98 c	9,06 b	11,50 A
	72	13,20 a	10,90 b	12,40 Ab
	96	11,8 a	9,72 a	11,70 A
CR	0	8,31 a	6,81 a	5,18 B
	24	5,14 b	4,15 b	7,82 A
	48	2,81 b	7,16 b	7,51 A
	72	4,06 b	5,74 ab	7,25 A
	96	3,85 b	5,33 ab	6,74 A
CT	0	19,21 a	16,91 ab	14,45 B
	24	13,08 b	9,52 b	17,82 A
	48	7,74 b	16,22 a	19,01 A
	72	17,26 a	16,64 a	19,65 A
	96	15,65 a	15,05 a	18,44 A

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

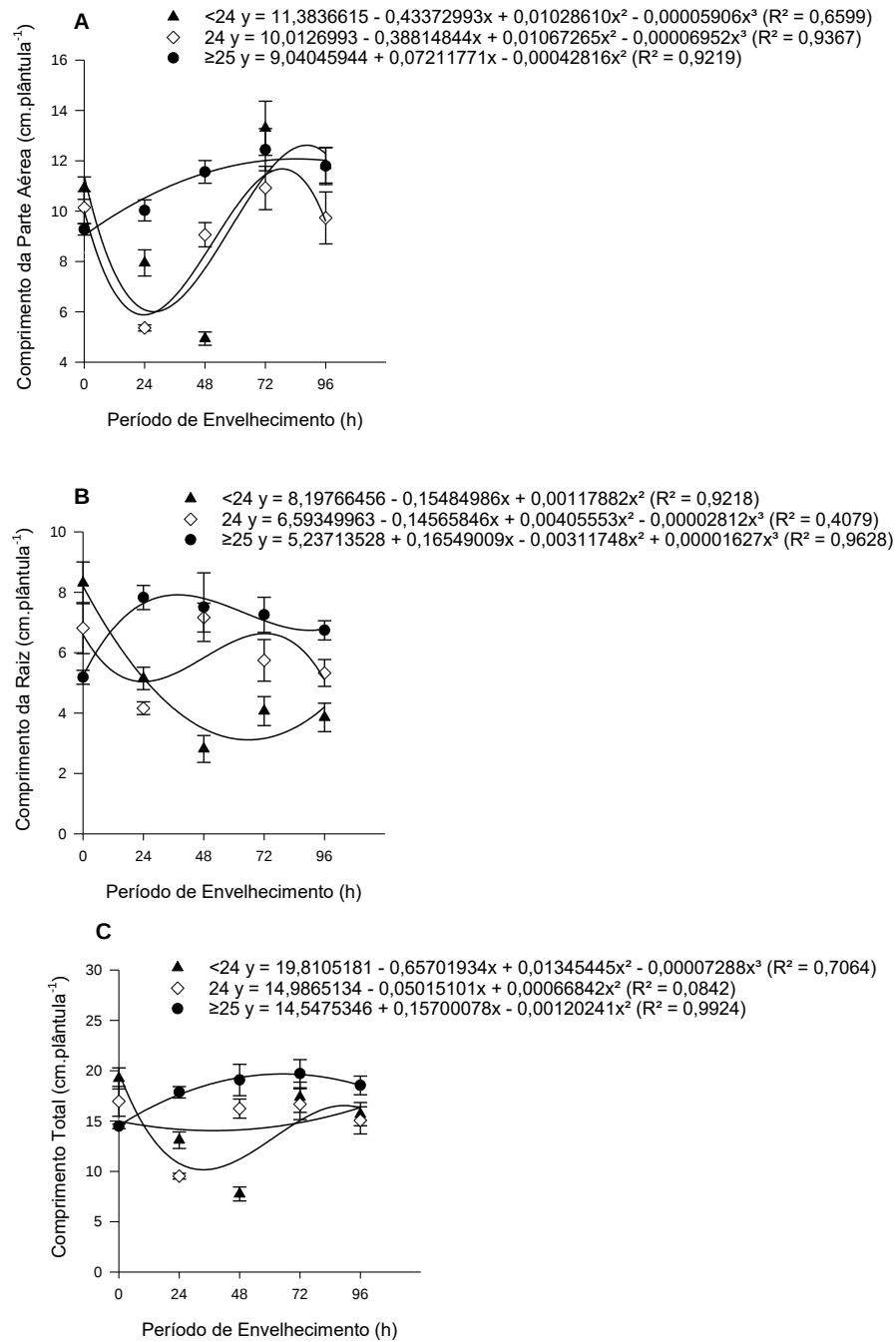


Figura 11. Comprimento (cm) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas a partir de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Diferentemente do observado para o comprimento de plântulas e, ou de suas partes, para a massa de matéria seca houve efeito significativo ($p < 0,01$) apenas do tamanho das sementes sobre a parte aérea e total das plântulas (Tabelas 21 e 22; Figura 12), em que as sementes menores proporcionaram plântulas de menor massa seca que as sementes intermediárias e maiores.

Em estudo sobre a qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC, Moraes et al. (2016) compararam os métodos de envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina por diferentes períodos e temperaturas e verificaram que o teste de envelhecimento acelerado conduzido pelo método tradicional a 45 °C por 96 h é adequado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes da espécie, por outro lado, o teste com solução salina não é recomendado por proporcionar pequenas alterações na qualidade das sementes. Já, Silva e Silva (2020) concluíram que tanto o teste de envelhecimento acelerado tradicional quanto o com solução salina, conduzidos a 41°C, afetaram a qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis*, mas o uso da solução salina proporciona melhores resultados pela menor contaminação por fungos em razão do menor teor de água alcançado pelas sementes. De fato, alguns autores (Ávila et al., 2006; Tunes et al., 2011; Youssef e Hussien, 2020), têm apontado que o NaCl tem ação antifúngica, provavelmente pela liberação de íons de cloro e sódio para o meio, o que reduziria a proliferação de fungos.

O envelhecimento acelerado desencadeia várias reações metabólicas, produzindo espécies reativas de oxigênio (EROs), que são responsáveis pelo estresse oxidativo o qual inclui a peroxidação e degradação dos lipídios da membrana, oxidação de proteínas, danos aos ácidos nucleicos, inibição de enzimas e, em níveis mais elevados, a perda total da capacidade germinativa das sementes pela morte celular (Jeevan et al., 2015; Jyoti e Malik, 2013). Assim, um aspecto a ser considerado com o teste de envelhecimento acelerado, tradicional ou o de solução salina, é evitar a drástica redução na qualidade fisiológica das sementes o que dificultaria a detecção de diferenças por igualar o desempenho dos lotes. Da mesma forma, pequenas alterações na germinação podem não ser suficientes para distinguir lotes com germinação semelhante. Nesse sentido, o teste de envelhecimento com solução salina tem proporcionado resultados menos drásticos e

Tabela 21. Síntese da análise de variância para massa de matéria seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos (0, 24, 48, 72 e 96 h).

Fontes de variação	MSPA	MSR	MST
Tamanhos de sementes (TS)	17,6**	0,84 ^{ns}	10,0**
Períodos de Envelhecimento (P)	28,4**	2,65*	22,4**
TS x P	1,53 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,71 ^{ns}
Média Geral	0,23	0,01	0,25
CV%	30,5	160,6	34,6

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 22. Desdobramento da interação tamanhos de sementes x períodos de embebição para massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de plântulas obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

Períodos		Tamanhos de Sementes		
de embebição (h)		P<24	P=24	P≥25
MSPA	0	0,1157 b	0,2831 a	0,2939 A
	24	0,1925 b	0,3466 a	0,3350 A
	48	0,2784 a	0,3042 a	0,3133 A
	72	0,1626 b	0,3078 a	0,2971 A
	96	0,1685 b	0,3656 a	0,2794 A
MSR	0	0,0147 a	0,0196 a	0,0191 A
	24	0,0092 a	0,0079 a	0,0190 A
	48	0,0717 a	0,0162 b	0,0197 B
	72	0,0218 a	0,0162 a	0,0180 A
	96	0,0080 a	0,0212 a	0,0153 A
MST	0	0,1304 b	0,3027 a	0,3130 A
	24	0,2017 b	0,3545 a	0,3540 A
	48	0,3501 a	0,3204 a	0,3330 A
	72	0,1844 b	0,3240 a	0,3151 Ab
	96	0,1765 b	0,3867 a	0,2946 Ab

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

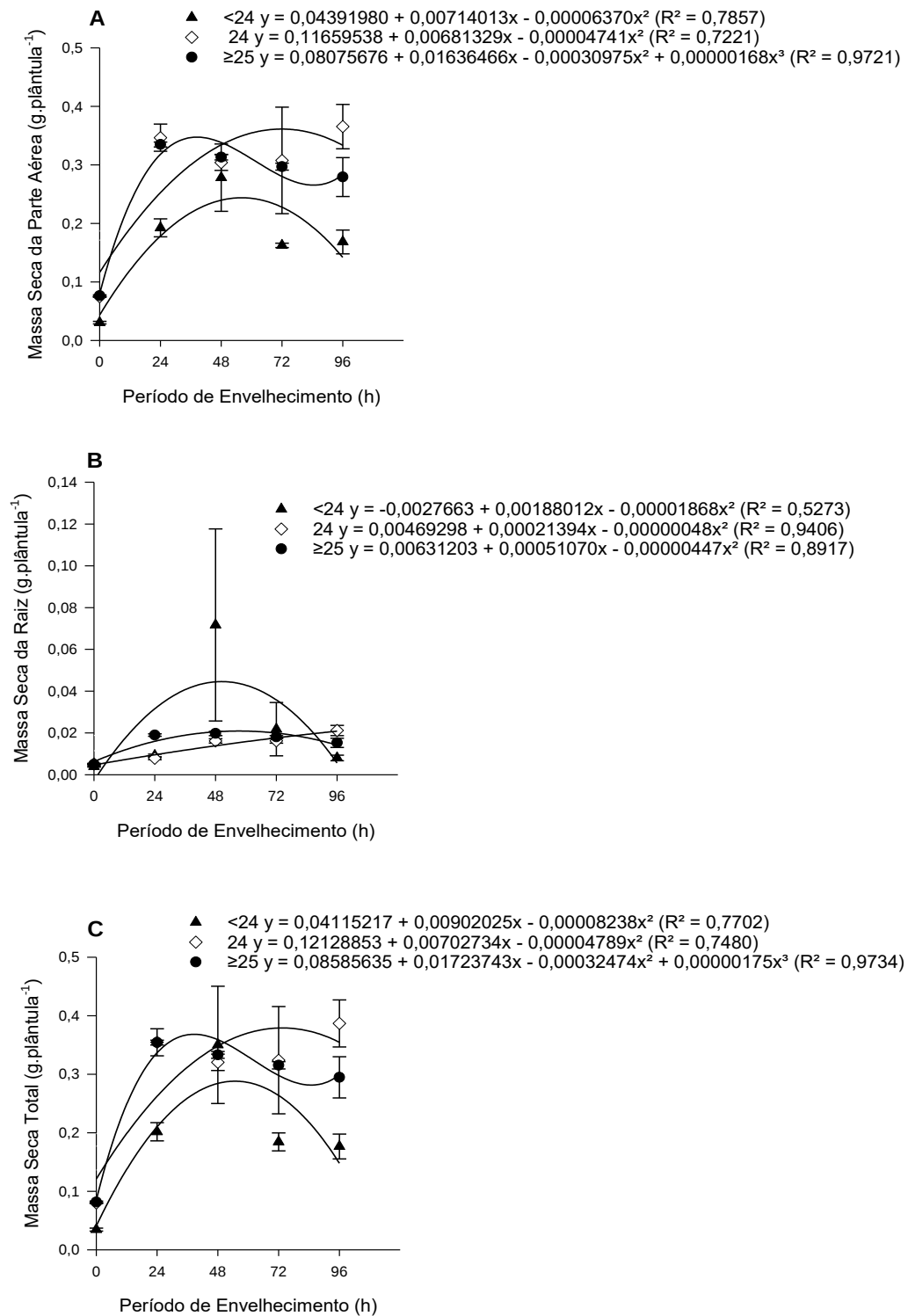


Figura 12. Massa seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (A), da raiz (B) e total (C) de plântulas obtidas a partir de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* de três classes tamanho (P<24, P=24, P≥25) submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina, conduzido a 45°C por diferentes períodos.

mais consistentes em termos de danos às sementes, comparativamente ao método tradicional de envelhecimento, fazendo com que o mesmo seja recomendado por alguns autores como mais adequado para avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de diversas espécies (Dias et al., 2020; Gordin et al., 2015; Oliveira et al., 2020; Silva e Silva, 2020), o que corrobora os resultados observados no presente estudo.

Com base nos resultados obtidos, pode-se recomendar o uso do teste de envelhecimento acelerado com solução salina, com 48 h de envelhecimento a 45°C para a avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de *E. contortisiliquum* classificados pelo tamanho.

4.2.5. Teste de Frio

A interação tamanhos de sementes x teste de frio foi não significativa ($p > 0,05$) para porcentagem de germinação e de plântulas normais e índice de velocidade de germinação. Para porcentagem de germinação houve efeito significativo dos tamanhos de sementes ($p < 0,05$) e do teste de frio ($p < 0,01$) e para porcentagem de plântulas normais houve efeito ($p < 0,01$) apenas do teste de frio. Não houve efeito ($p > 0,05$) nem dos tamanhos de sementes e nem do teste de frio sobre o índice de velocidade de germinação (Tabela 23).

Tabela 23. Síntese da análise de variância para porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) submetidas ou não ao teste de frio.

Fontes de Variação	%G	PN	IVG
Tamanhos de Sementes (TS)	3,40*	2,02 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Teste de Frio (TF)	15,47**	11,40**	0,05 ^{ns}
TSxTF	1,43 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Média	90	86	2,133
CV(%)	9,52	11,03	20,85

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Não houve diferenças entre os tamanhos de sementes quanto a porcentagem de germinação e de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, independentemente de terem sido ou não submetidas ao teste de frio. Ou seja, o teste de frio não foi eficiente em proporcionar diferenças entre as classes de tamanho de sementes quanto a estas características. Por outro lado, a porcentagem de germinação foi reduzida nas sementes de tamanho menor e maior após o teste de frio, assim como a porcentagem de plântulas normais nas sementes maiores (Tabela 24). Assim, diferentemente do que foi observado nos testes anteriores (teste de condutividade elétrica, de envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina), as sementes maiores ($P \geq 25$) não apresentaram melhor desempenho que as sementes menores ($P < 24$) no teste de frio e, portanto, os resultados não discordantes dos demais testes. Também, neste teste não houve diferenças entre as sementes menores e intermediárias e nem entre essas últimas e as sementes maiores.

Tabela 24. Porcentagem de germinação (G%) e de plântulas normais (PN) e índice de velocidade de germinação (IVG) obtidas de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.

Tamanhos de Sementes /Teste de Frio	%G		PN		IVG	
	0	3	0	3	0	3
$P < 24$	91 aA	79 aB	86 aA	77 aA	2,340 aA	2,277 aA
$P = 24$	98 aA	92 aA	92 aA	87 aA	2,097 aA	2,212 aA
$P \geq 25$	100 aA	81 aB	96 aA	76 aB	1,907 aA	1,967 aA

Dentro de cada característica, médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A interação entre tamanhos de sementes x teste de frio foi não significativa ($p > 0,05$) para o comprimento da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT) de plântulas, mas houve efeito do tamanho das sementes sobre essas três características e do teste de frio sobre o comprimento da parte aérea (Tabela 25). Nas sementes não submetidas (0 dia) ao teste de frio houve diferenças entre os tamanhos de sementes apenas para o comprimento da raiz entre as sementes

menores ($P < 24$) e maiores ($P \geq 25$), com maior comprimento observado nas sementes menores. Para as sementes submetidas ao teste de frio (3 dias) houve diferenças apenas entre os tamanhos de sementes para o comprimento da parte aérea, em que as sementes menores ($P < 24$) proporcionaram maior desempenho que as sementes intermediárias ($P = 24$). Também, o teste de frio promoveu redução apenas no comprimento da parte aérea das sementes intermediárias ($P = 24$), sendo que as alterações nas demais características foram não significativas (Tabela 26).

Tabela 25. Síntese da análise de variância para comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (< 24 , 24 , ≥ 25) submetidas (3 dias) ou não ao teste de frio.

Fontes de Variação	CPA	CR	CT
Tamanhos de Sementes (TS)	4,31*	4,72*	4,93*
Teste de Frio (TF)	6,60*	0,42 ^{ns}	0,73 ^{ns}
TSxTF	0,86 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Média	8,926	6,885	15,812
CV(%)	16,79	26,45	19,86

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 26. Comprimento (cm) da parte aérea (CPA), da raiz principal (CR) e total (CT = CPA + CR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.

Tamanhos de Sementes / Teste de Frio	CPA		CR		CT	
	0	3	0	3	0	3
$P < 24$	10,347 aA	9,768 aA	7,896 aA	8,492 aA	18,243 aA	18,262 aA
$P = 24$	9,627 aA	7,297 bB	7,142 abA	6,379 aA	16,769 aA	13,677 aA
$P \geq 25$	8,916 aA	7,605 abA	4,976 bA	6,426 aA	13,892 aA	14,032 aA

Dentro de cada característica, médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre tamanhos de sementes x teste de frio sobre a massa seca da parte aérea e total e do tamanho de sementes ($p < 0,01$) sobre a massa seca da parte aérea e total e ($p < 0,05$) sobre a massa seca de raízes. O teste de frio não afetou essas três características de forma isolada (Tabela 27).

Tabela 27. Síntese da análise de variância para massa de matéria seca (g.plântula⁻¹) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho (<24, 24, ≥25) submetidas (3 dias) ou não ao teste de frio.

Fontes de Variação	MSPA	MSR	MST
Tamanhos de Sementes (TS)	170,43**	4,53*	148,36**
Teste de Frio (TF)	1,79 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,39 ^{ns}
TSxTF	6,78**	0,63 ^{ns}	6,13**
Média	0,2254	0,0179	0,2424
CV(%)	9,85	17,36	9,99

*, **: significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Diferentemente do que foi observado para comprimento de plântulas, a massa seca foi menor nas plântulas oriundas de sementes menores (Tabela 28), conforme observado nas sementes não submetidas ao teste de frio (0 dia) para massa seca da parte aérea e total e para essas mesmas características nas sementes submetidas (3 dias) ao teste de frio, em que a massa seca aumentou com o aumento do tamanho das sementes. O teste de frio proporcionou redução na massa seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) apenas nas plântulas de sementes intermediárias (P=24).

Maiores porcentagens de germinação e de plântulas normais a partir de sementes não submetidas ao teste de frio (0 dia) em comparação aquelas submetidas ao teste (3 dias), em geral, ocorrem porque no teste de frio as sementes são submetidas a uma condição de estresse anteriormente à realização do teste de germinação (Soares et al., 2010).

O uso do teste de frio como teste de vigor dá-se pelo fato de o mesmo ser conduzido em condições desfavoráveis e, possibilitar a germinação, em geral, apenas das sementes mais vigorosas (Barros et al., 1999, Velasques, 2016). Como esse teste é conduzido sob condições desfavoráveis de temperaturas baixas e alta umidade do substrato, o mesmo é considerado um teste de resistência, e os lotes de sementes que resistirem melhor a estas condições apresentarão maior potencial fisiológico (Cícero e Vieira, 2020). Esse teste pode não ser eficiente quando as diferenças na qualidade inicial entre os lotes forem pequenas, como é o presente caso, mas tem sido consistente na diferenciação de lotes com diferenças marcantes de qualidade (Barros e Dias, 1992).

Tabela 28. Massa de matéria seca (g.plântula^{-1}) da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST = MSPA + MSR) de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong obtidas a partir de sementes de três classes de tamanho ($P < 24$, $P = 24$, $P \geq 25$) não submetidas (0 dia) ou submetidas (3 dias) ao teste de frio.

Tamanhos de Sementes /Teste de Frio	MSPA		MSR		MST	
	0	3	0	3	0	3
$P < 24$	0,1157 bA	0,1289 cA	0,0147 aA	0,0164 aA	0,1304 bA	0,1453 cA
$P = 24$	0,2831 aA	0,2301 bB	0,0196 aA	0,0183 aB	0,3027 aA	0,2484 bB
$P \geq 25$	0,2939 aA	0,3011 aA	0,0191 aA	0,0198 aA	0,3129 aA	0,3209 aA

Dentro de cada característica, médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com base nos resultados obtidos nesse teste, conclui-se que as diferenças no comprimento de plântulas e, ou de suas partes não foram eficientes na separação dos lotes de sementes quanto à qualidade fisiológica, mas a massa seca de plântulas e, ou de suas partes, notadamente a massa seca da parte aérea, pode ser uma importante característica para recomendação do teste de frio como um teste de vigor para sementes de *E. contortisiliquum* classificadas pelo tamanho. A pequena sensibilidade apontada pelos resultados de porcentagem de germinação e de plântulas normais e do índice de velocidade de germinação obtidos no teste de frio ocorreram, principalmente, porque os três tamanhos de sementes adotados proporcionaram lotes de qualidade média a alta, situação na qual o teste tem-se mostrado pouco adequado.

Inicialmente o teste de frio foi proposto para avaliar a eficiência da aplicação de fungicidas em sementes, mas, por proporcionar diferenciação entre lotes de sementes, o mesmo passou a ser usado como um teste de vigor (Barros et al., 1999). Na área florestal, contudo, o seu uso é limitado e tem-se poucos exemplos de sua aplicação (Velasques, 2016). Por outro lado, esse teste é reconhecido como o mais antigo teste de vigor e tem sido um dos mais utilizados para avaliar o vigor de sementes de milho (Cicero e Vieira, 2020). Também, tem-se verificado o uso do teste de frio para outras espécies, como soja (Vieira et al., 2010) algodão (Miguel et al., 2001), mamona (Mendes et al., 2010), e em espécies arbóreas como no trabalho de Oliveira et al. (2015) com sementes de *Jatropha curcas* (pinhão-manso), de Medeiros et al. (2019) e Vasconcelos et al. (2018) com *Moringa oleífera* L. (moringa), de Velasques (2016) com *Schinus terebinthifolius* Raddi. (aroeira-pimenteira) e de Silva (2020) com *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo).

Por basear-se na exposição das sementes a fatores adversos de baixa temperatura e alta umidade do substrato, o interesse pelo teste de frio tem aumentado. Especificamente o teste de frio sem terra, conduzido em papel toalha, tem chamado a atenção de pesquisadores por uma série de razões, das quais destacam-se a simplicidade do método, aos efeitos menos drásticos sofridos pelas sementes e à capacidade de evidenciação de diferenças entre lotes, bem como da grande possibilidade de padronização para uso em laboratório, diferentemente daquele que é conduzido com solo (Cicero e Vieira, 2020).

Apesar de na maioria dos estudos realizados com o teste de frio concluir-se pela eficiência desse teste na avaliação da qualidade de sementes, no presente estudo o mesmo não demonstrou-se adequado, ocorrendo, inclusive, inversão na tendência dos resultados apresentados por outros testes. Para sementes de *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo), proveniente de diferentes árvores matrizes, Silva (2020) concluiu que o teste de frio conduzido por 3 dias a 10°C, foi eficiente na separação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

5. CONCLUSÕES

Há grande variação entre árvores matrizes de *Enterolobium contortisiliquum* quanto aos caracteres biométricos de frutos e sementes, assim como na variabilidade genética dentro de cada árvore matriz.

Os atributos biométricos de frutos têm pouca influência sobre os atributos biométricos de sementes e sobre o processo germinativo de *Enterolobium contortisiliquum*, mas sementes grandes são de melhor qualidade fisiológica que sementes pequenas.

A escarificação mecânica e a imersão em ácido sulfúrico por 15 min são eficientes para superar a dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum*.

O teste de condutividade elétrica, usando-se amostras de 12 sementes embebidas em 75 ml de água deionizada a 25°C por 24 h, é adequado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho.

O teste tradicional de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C por 24 h é adequado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho.

O teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl conduzido a 45°C por 48 h é adequado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho.

O teste de frio, conduzido a 10°C por 3 dias, não é adequado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *E. contortisiliquum* classificadas por tamanho.

6. REFERÊNCIAS

Abdo MTV, Paula RC (2017) Electrical conductivity test for the determination of the physiological seed quality of *Croton floribundus* Spreng-Euphorbiaceae. **International Journal of Current Research** 9:54414-54419.

Abreu JLL, Cruz ED, Pereira AG (2012) **Germinação de Sementes em Matrizes de Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.)**. II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos da Embrapa Oriental, 4 p.

Acchile S, Costa RN, Silva LKS, Santos JCC, Silva DMR, Silva JV (2017) Biometria de frutos e sementes e determinação da curva de absorção de água de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Scientific Electronic Archives** 10(5):26-34

Agra MF, Baracho GS, Basílio IJD, Nurit K, Coelho VP, Barbosa DA (2007) Sinopse da flora medicinal do Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliense** 11(3):323-330.

Alexandre RS, Gonçalves FG, Rocha AP, Arruda MP, Lemes EQ (2009) Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 4(2):156-159.

Almeida DM, Ucella-Filho JGM, Marques SRR, Azevêdo TKB (2018) Superação de dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong com utilização de calor seco. **Agropecuária Científica no Semiárido** 14(2):156-159.

Amaro HTR et al. (2015) Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Rev. de Ciências Agrárias** 38(3):383-389.

Aquino AFMAG, Ribeiro MC, Paula YC, Benedito CP (2009) Superação de dormência em sementes de Orelha-de-Negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Verde** 4(1):69-75.

Araújo BA, Silva MCB, Moreira FJC, Silva KF, Tavares MKN (2015) Caracterização biométrica de frutos e sementes, química e rendimento de polpa de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). **Agropecuária Científica no Semiárido** 11(2):15-21.

Araújo RF, Zonta JB, Araújo EF, Donzeles SML, Costa GM (2011) Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Idesia (Chile)** 29(2):79-86.

Ataíde GM, Flôres AV, Borges EEL, Resende RT (2012) Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pterogyne nitens* Tull. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 4(7): 635-640.

Attri V et al. (2017) Influence of seed size and pre-sowing treatments on germination parameters of *Sapindus mukorossi* Gaertn under laboratory condition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6(10):2788-2799.

Avelino MCS, Felix FC, Silva KRG, Araújo FS, Pacheco MV (2018) Testes bioquímicos de integridade de membranas na avaliação do vigor de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista de Ciências Agrárias** 41(1):100-108.

Ávila PFV, Villela FA, Ávila MSV (2006) Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes** 28(3): 52-58.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2016) Electrical conductivity in *Piptadenia moniliformis* Benth. seed lots classified by size and color. **Revista Árvore** 40:855-866.

Azerêdo GA., Paula RC (2021) *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds subjected to accelerated aging. **Journal of Environmental Analysis and Progress** 6(1):100-107.

Backes P, Irgang B (2009) **Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico**. Porto Alegre, RS: Paisagem do Sul. p 325.

Barreto SSB, Ferreira RA (2011) Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. **Revista Brasileira de Sementes** 33(2):223-232.

Barros ASR, Dias MCLL (1992) Aferição de testes de vigor para sementes de milho. **Informativo ABRATES** 2(4):10-22.

Barros SRB, Dias MCLL, Cicero SM, Krzyzanowski FC (1999) Teste de frio. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França-Neto JB (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap 5, p. 1–15.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária (2009) **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399 p.

Calazans CC, Pereira GS, Souza JL, Torres MFO, Nunes VV, Carvalho SVA, Mann RS (2020) Embebição e avaliação do potencial fisiológico em sementes de *Enterolobium contortisiliquum*. Mor. **Revista Craibeiras de Agroecologia** 5(1): e9414.

Carvalho CA, Aguiar EA, Teixeira DL, Delfino JS, Nascimento MM, Ferreira RF, Andrade RA, Brito RS (2020) Teste de envelhecimento acelerado para analisar o vigor de sementes de orelhinha de macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth). **Revista Thema** 17(2):346-353.

Carvalho CA, Oliveira ICS, Andrade RA, Pereira TCR, Barroso TB, Lima TJL (2020) Sementes de orelhinha de macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth) submetidas ao teste de condutividade elétrica. **Scientia Naturalis** 2:33-37.

Carvalho PER (2003a) **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: (Embrapa Informação Tecnológica), 1039 p. identificar por letra

Carvalho PER (2003b) **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: (Embrapa Informação Tecnológica) Colombo, PR: Embrapa florestas, v 1,p 885-892.

Carvalho NM, Nakagawa J (2000) (Ed.) **Sementes: ciências, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p.

Carvalho NM, Nakagawa J (2012) **Sementes: ciência, tecnologia e produção** (5. Ed). Jaboticabal: FUNEP, 590p.

Cicero SM, Vieira RD (2020) Teste de frio. In: Krzyzanowski FCH, Vieira RD, Franca-Neto JB, Marcos-Filho J(Eds) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrantes, p.277-316.

Costa PR, Custódio CC, Machado Neto NB, Marubayash, OM (2004) Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes** 26(1):105-113.

Cruz-Silva CTA, Rosa APM (2011) Tratamentos para Superação da Dormência em Sementes de Orelha-de-Negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Varia Scientia Agrárias** 2(2):79-90.

Dalanhol SJ, Rezende EH, Abreu DCA, Nogueira AC (2014) Teste de condutividade elétrica em sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Floresta e Ambiente** 21(1):69-77.

Davis JA (1971) **Elementary survey analysis**. Englewood: Prentice-Hall, 206p.

Dias LBX, Queiroz PAM, Ferreira LBS, Freitas MAM, Leão-Araújo EF, Silva PP, Nascimento WM (2020) Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds. **Australian Journal of Crop Science** 14 (2): 339-346.

Duboc E, Santana DG, Carvalho MM, Vieira MGGC (1993) **Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Leucaena leucocephala**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 8., Foz de Iguaçu, 1993. Resumo... Informativo ABRATES, Londrina 1(3):120.

Eira MTS, Freitas RWA, Mello CMC (1993) Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) Morong. Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes** 15 (2):177-181.

Fanti SC, Perez SCJGA (2005) Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. – Bombacaceae. **Revista Árvore** 29(3):345-352.

Ferreira AG, Borghetti F (2004) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 323p.

Ferreira C, Lopes I, Lúcio AFN (2013) Métodos para superar dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Engenharia Ambiental** 10(1):43- 47.

Ferreira RL (2015) Teste de condutividade elétrica para estimar o vigor de sementes de urucum. **Multi-Science Journal** 1(3):3-10.

Figliolia MB (2015) Análise de sementes: a pesquisa e o estabelecimento de técnicas para análise de sementes florestais no Brasil. In: PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; Figliolia MB, Da Silva A. (org.) **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia á produção**. Londrina: ABRATES, p. 285-307.

Flavio JJP, Paula RC (2010) Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, Piracicaba 38(87):391-399.

Floriano EP (2004) **Germinação e dormência de sementes florestais**. Santa Rosa: Associação de pesquisa, Educação e Proteção Ambiental do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – ANORGS, 19p. (Caderno Didático, n. 2).

Franzin SM, Menezes NL, Garcia DC, Wrasse CF (2004) Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes** 26(2): 63-69.

Freire MJ, Ataíde DHS, Rouws JRC (2016) Superação de Dormência de Sementes de *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico. **Floresta e Ambiente** 23(2):251-257.

Gaier VR (2018) **Tempo de Armazenamento, Temperatura e Fotoperíodo no Potencial Fisiológico de Sementes de Fisális**. 36f, Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural) -Unicruz, Cruz Alta.

Garcia EA, Souza JP (2015) Avaliação da qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* em função de diferentes aplicações de adubo fosfatado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, 6(1):2015.

Garcia LC, Sousa SGA, Lima RBM (2015) **Coleta e manejo de sementes florestais da Amazônia**. (2.ed). ampl. Brasília: Embrapa Amazônia Ocidental, 33 p. (ABC da agricultura familiar, 39).

Gomes Júnior D, Lopes JC (2017) **Teste de Envelhecimento Acelerado para avaliar o potencial fisiológico de sementes de Canudo-de-Pito**. *Ciência Florestal*, Santa Maria 27(4):1105-1115.

Gonçalves LGV, Andrade FR, Marimon Junior BH, Schossler TR, Lenza E, Marimon BS (2013) Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias** 36(1):31-40.

Gordin CRB, Scaloni SPQ, Masetto TE (2015) Accelerated aging test in niger seeds. **Journal of Seed Science** 37(3):234-240.

Guedes RS, Alves EU, Oliveira LSB (2013) **Teste de envelhecimento acelerado em sementes de *Chorisia glaziovii* (Kuntze) (Malvaceae)** 29(2).

Guollo K, Possenti JC, Felippi M, Quiqui EMD, Loiola TM (2017) Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. **Colloquium Agrariae** 13(1):86-92.

Harter LSH, Harter, FS, Deuner C, Meneghello GE, Villela FA (2014) Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira** 32(1):80-85.

ISTA. **International rules for seed testing** (2017) Bassersdorf: International Seed Testing Association, 296 p.

Jeevan KSP, Rajendra PS, Banerjee R, Thammineni C (2015) Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of Botany** 116(4):663-668.

Jianhua Z, McDonald MB. (1996) **The saturated salt accelerated aging test for small seeds crops**. *Seed Science and Technology*, Zurich 25(1):123-131.

Jyoti, Malik CP (2013) Seed deterioration: a review. **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research** 2(3):374-385.

Lazarotto M, Muniz MFB, Beltrame R, dos Santos AF, Mezzomo R, Piveta G, Blume E (2013) Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do Sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG 37(2): 201-210.

Lemes ES, Oliveira S, Rodrigues RR, Almeida AS, Meneghello GE, Tunes LM (2015) **Avaliação do potencial fisiológico de lotes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica**. Tecnologia & Ciência Agropecuária; 9(2): 5-10.

Lessa BFT, Almeida JPN, Pinheiro CL, Gomes FM, Medeiros Filho S (2015) Germination and seedling growth of *Enterolobium Contortisiliquum* as a function of seed weight and temperature and light conditions. **Agrociência** 49(3):315-327.

Lessa BFT, Almeida JPN, Pinheiro CL, Nogueira FCB, Medeiros Filho S (2014) Germinação e crescimento de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em função da localização da semente no fruto e regimes de temperatura. **Biosciense Journal** 30(5):1474-1483.

Lewis G, Schrire B, Mackinder B, Lock M (2005) **Legumes of the world**. Royal Botanic Gardens, Kew, p. 577.

Lima CR, Bruno RLA, Silva KRG, Pacheco MV, Alves EU (2014) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Ciência Agrônômica** 45(2):370- 378.

Lima DD (2013) ***Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**. In: Siqueira Filho, JÁ, Meiado, MV, Rabbani, ARC, Siqueira, AA, Vieira, DCM (orgs.) Guia de Campo de Árvores das Caatingas. Curitiba: Editora Progressiva. p 40-41.

Lima HC, Queiroz LP, Morim MP, Souza VC, Dutra VF, Bortoluzzi RLC, Iganci JRV, Fortunato RH, VAZ AMSF, Souza ER, Filardi FLR, Valls JFM, Garcia FCP, Fernandes JM, Martins-da-Silva RCV, Perez APF, Mansano VF, Miotto S.T.S, Tozzi AMGA, Meireles JE, Lima LCP, Oliveira MLAA, Flores AS, Torke BM, Pinto RB, Lewis GP, Barros MJF., Schütz R, Pennington T, Klitgaard BB, Rando JG, Scalon VR, Cardoso DBOS, Costa LC, Silva MJ, Moura TM, Barros LAV, Silva MCR, Queiroz RT, Sartori ALB, Camargo RA, Lima IB (2015) Fabaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Lopes RR, Franke LB (2010) Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de Sementes** 32(1):123-130.

Lorenzi H (2008) **Árvores brasileiras: Manual de identificação e Cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 1, 5 ed. São Paulo: Plantarum.

Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science** 2(1):76-177.

Malavasi UC, Malavasi MM (2004) Dormancy breaking and germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seed. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47(6):851-854.

Marcos Filho J (2015a) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. (2.ed). Piracicaba: FEALQ, 660p. IDENTIFICA POR A E b

Marcos Filho J (2015b) Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola** 72(4): 363-374.

Marcos Filho J (2005) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. FEALQ, p 325.

Marques MA, Paula RC, Rodrigues TJD (2002) Efeito do número de sementes e do volume de água na condutividade elétrica de sementes de *Dalbergia nigra* (vell.) Fr. All. ex Benth. **Revista Brasileira de Sementes** 24:254 - 262.

Medeiros MLS, Demartelaere ACF, Pereira MD, Pádua GVG (2019) Adequação do teste de lixiviação de potássio em sementes de *Moringa oleifera*. **Ciência Florestal** 29(2):941-949.

Meiado MV, Simabukuro EA, Iannuzzi L (2013) Entomofauna associated to fruits and seeds of two species of *Enterolobium* Mart. (Leguminosae): harm or benefit. **Revista Brasileira de Entomologia** 57(1):100-104.

Melo Júnior JLA, Ferreira VM, Araújo Neto JC, Neves MIRS (2018) Biometric characterization and seed germination of giant mimosa [*Mimosa bimucronata* (DC) O. Kuntze]. **Australian Journal of Crop Science** 12(1):108–115.

Melo MGG, Mendonça MS, Nazário P, Mendes AMS. (2011) Superação de dormência em sementes de três espécies de *Parkia* spp. **Revista Brasileira de Sementes** 33(3):533-542.

Mendes RC, Dias DCFS, Pereira MD; Dias LA. (2010) Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 34(1):114-120.

Menezes NL, Garcia DC, Bahry CA, Mattioni NM (2007) Teste de condutividade elétrica em aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes** 29(2): 138-142.

Miguel MH, Carvalho MV, Beckert OP, Marcos Filho J (2001) Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 58(4):741-746.

Monteiro DT, Tunes LM, Pacheco C, Lemes ES, Almeida AS, Muniz MFB (2017) Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**. Santa Maria, 40(1): 94-104.

Moraes CE, Lopes JC, Farias CCM, Maciel KS (2016) Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC em função do Teste de Envelhecimento Acelerado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 26(1):213-223.

Nakagawa J (1999) **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24.

Nakagawa J (1994). **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: Vieira RD, Carvalho NM (eds). *Testes de vigor em sementes* Jaboticabal: Funep. p.49-86.

Nascimento WN, Lima GP, Carmona R (2011) Influência da quantidade de pólen na produção e qualidade de sementes híbridas de abóbora. **Horticultura Brasileira** 29(1):29-25.

Oliveira AKM, Ribeiro JWF, Pereira KCL, Silva CAA (2014) Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. **Científica** 42(4):316-324.

Oliveira AMS, Nery MC, Ribeiro KG, Rocha AS, Cunha PT (2020) Accelerated aging for evaluation of vigor in *Brachiaria brizantha* 'Xaraés' seeds. **Journal of Seed Science** 42:e202042006.

Oliveira GL, Hilst PC, Silva LJ, Sekita MC, Dias DCFS (2015) Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Bioscience Journal** 31(2):509-517.

Panobianco MV, Marcos Filho J (2001) Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola** 58(3): 525-531.

Patro R (2013) **Tamboril - *Enterolobium contortisiliquum***.Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/tamboril-enterolobiumcontortisiliquum.html>>. Acesso em: 25 Abril de 2021.

Pereira MFS, Torres SB, Linhares PCF (2015) Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias** 36(2): 595-606.

Pereira VJ, Santana DG, Lobo GA, Brandão NAL, Soares DCP (2014) Eficiência dos tratamentos para a superação ou quebra de dormência de sementes de Fabaceae. **Revista de Ciências Agrárias** 37(2):187–197.

Prado JP, Krzyzanowski FC, Martins CC, Vieira RD (2019) Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science** 41(4):407-415.

Ramalho MA, Ferreira DF, Oliveira AC (2000) **A experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 326 p.

Roveri Neto A, Paula RC (2017) Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes. **Revista Ciência Agronômica** 48(2):318-327.

Sabonaro DZ, Prudente CM, Silva BMS, Barbedo CJ (2017) Estruturas do fruto de aroeira na qualidade de sementes através do teste de condutividade elétrica. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas** 9(1):1-12.

Santiago FEM, Cardoso EA, Alves AU, Pereira LS, Farias SGG (2012) Germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em função de diferentes tratamentos pré-germinativos. **Horticultura Brasileira** 30(2):S7891-S7897, 2012. (Suplemento).

Santos E (1987) **Nossas madeiras**. 1.ed. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 313p.

Santos HM, Santos GA (2010) Superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Enciclopédia Biosfera** 6(10):1-11.

Santos MP (2013) **Fixação de N₂, solubilização de fosfato e produção de AIA por estirpes de Bradyrhizobium simbióticas em angico vermelho e tamboril**. 70f. (Dissertação Mestrado)- UFLA, Lavras.

Santos SRG, Paula RC (2005) Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs Euphorbiaceae. **Revista brasileira de Sementes** 2(27): 136-145.

Santos SRG, Paula RC (2007) Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Branquilha)- Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal** 19(1):1-12.

Santos SRG, Paula RC (2009) Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sesbatiana commersoniana* (Baill.) Smith Downs. **Scientia Florestalis** 37(81):07-016.

Scalon SPQ, Mussury RM, Gomes AA, Silva KA, Wathier F, Scalon Filho H (2006) Germinação e crescimento inicial da muda de orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum*) (Vell.) Morong.: efeito de tratamentos químicos e luminosidade. **Revista Árvore** 30(4):529-536.

Silva ADP da, Souza PA de, Santos AF dos, Pinto I de O, Moura TM (2014) Tratamentos para superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 9(2):213-217.

Silva ACD, Smiderle OJ, Oliveira JMF de, TJ Silva (2017) Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forest Science** 4(4):151-156.

Silva BMS (2007) **Morfoanatomia e envelhecimento acelerado em diásporos de *Oenocarpus bacaba* Mart. Arecaceae**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Silva JN, Silva MAD (2020) Seed vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. subjected to thermal stress. **Acta Scientiarum Biological Sciences** 42:e51287.

Silva KB (2015) Qualidade fisiológica de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Roem.; Schult.) Penn. classificadas pelo tamanho. **Revista Brasileira de Biociências** 13(1):1-4.

Silva MS, Santos SRG (2009) Tratamentos para superar dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang – Tamboril. **Instituto Florestal** 40: p. 161-165 (Série Registro).

Silva PCC (2020) **Qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose.** 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Unesp, Jaboticabal.

Silva RR, Oliveira DR, Da Rocha GP, Vieira DLM (2015) Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**. 23: 393-401.

Soares MM, Conceição PM, Dias DCFS, Alvarenga EM (2010) Testes para avaliação do vigor de sementes de Sorgo com ênfase à condutividade elétrica. **Ciência e Agrotecnologia** 34(2):391-397.

Soto-Gonzales JL, Paula RC, Valeri SV (2009) Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae-Mimosoideae. **Revista Árvore** 33:625-634.

Soto-Gonzales JL, Valeri SV, Paula RC (2011) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis** (IPEF),39:171-181.

Souto PC, Gonçalves EP, Viana JS, Silva JCA.; Ferreira DTRG, Ralph LN. (2019) Exudate -phenolphthalein pH test for evaluation of validity in seeds of *Libidibia ferrea*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 91(4): e20180734.

Souto PC, Araujo Neto JC, Ferreira VM, Gonçalves EP, Silva CB, Santos PO, Melo Junior JLA, Bezerra LT (2022) Adequacy of the electrical conductivity test on *Libidibia ferrea* seeds (Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz var. *ferrea* classified with different masses. **Australian Journal of Crop Science** 16(1):113-120.

Souza AGV. Smiderle OJ, Spinelli VM, Souza RO, Bianchi VJ (2016) Correlation of biometrical characteristics of fruit and seed with twinning and vigor of *Prunus persica* rootstocks. **Journal of Seed Science** 38(4):322-328.

Steiner F, Oliveira SSC, Martins CC, Cruz SJS (2011) Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de tritcale. **Ciência Rural** 41(2):200-204.

The Brazil Flora Group (2015) **Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil.** Rodriguésia, Rio de Janeiro,66:1085-1113.

Tunes LM, Pedroso DC, Badinelli PG.; Tavares LC, Rufino CA, Barros ACSA, Muniz MFB (2011) Envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina e saturada. **Ciência Rural** 41(1):33-37.

Tunes LM, Tavares LC, Barros ACSA (2012) Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Rev. de Ciências Agrárias** 35(1):120-127.

Vasconcelos ADM, Scardua FP, Martins RCC, Souza AM, Amorim FS (2019) Viabilidade germinativa e condutividade elétrica em sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C Smith (Fabaceae). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, 7(2):98-104.

Vasconcelos MC, Costa JC, Silva-Mann R, Ferreira RA (2018) **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* por diferentes metodologias**. Agropecuária Científica do Semiárido 14(4):311-317.

Vazquez GH, Cardoso RD, Peres AR (2014) Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal** 30(3):773–781.

Velasques NC (2016) **Seleção de árvores matrizes e indicação de áreas de coleta de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - UFSC, Florianópolis.

Viana AE (2017) **Análise da qualidade fisiológica de sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex Dc.) Mattos**. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - UnB, Brasília.

Vieira BGTL, Vieira RV, Krzyzanowski FC, França Neto JB (2010) Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Revista Scientia Agrícola**, v.67, n.5, p.540-545.

Vieira RD, Krzyzanowski FC (1999) Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski FCH, Vieira RD, Franca Neto JB (Eds) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.4-20.

Youssef K, Hussien A (2020) Electrolysed water and salt solutions can reduce green and blue molds while maintain the quality properties of ‘Valencia’ late oranges. **Postharvest Biology and Technology**, 159: e111025.