



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Campus II - Areia - PB



**Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de
sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

Roberta Sales Guedes

Areia - PB
2012

Roberta Sales Guedes

**Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de
sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

**Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de
sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia, na área de concentração Sementes.

Dra. Edna Ursulino Alves

Dr. Leonaldo Alves de Andrade

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

D541d Dias, Antonio Solon.

**Distribuição espacial de atributos físicos e químicos de um argissolo
vermelho amarelo sob condições de mata e de cultivo. / Antonio Solon
Dias. - Areia: UFPB/CCA, 2011.**

107 f. ; il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

Bibliografia.

Orientador(a): Ivandro de França da Silva.

Co-orientador(a): Alberício Pereira de Andrade, Walter
Esfrain Pereira.

1 Solo – variabilidade espacial 2. Solo - Atributos 3. Solo –
manejo I. Silva, Ivandro de França da (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4(043.2)

Roberta Sales Guedes

**Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de
Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith**

Tese aprovada pela Comissão Examinadora em: 30/04/2012

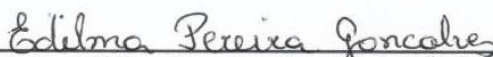
Comissão Examinadora



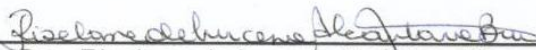
Profa. Dra. Edna Ursulino Alves
Orientadora - UFPB



Profa. Dra. Valdeez Pontes Matos
Examinadora - UFRPE



Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves
Examinadora - UFRPE



Profa. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Examinadora - UFPB



Dra. Katiane da Rosa Gomes da Silva
Examinadora - UFPB

O meu Senhor e Salvador Jesus Cristo

Todo Louvor, toda Honra e toda Glória seja dada ao meu Senhor que com intenso amor me fez chegar ao fim de mais uma etapa vitoriosa da minha vida.

É maravilhoso ter a certeza que o meu Senhor dirigiu os meus passos ao longo desta caminhada, realmente estive abrigada à sombra de suas asas e, claramente tenho que considerar que “Com efeito, *grandes coisas fez o Senhor por mim, por isso estou alegre*”. Salmo 126:3.

Hoje, com convicção, faço minhas as palavras do apóstolo Paulo: “**Combati o bom combate, acabei a carreira, guardei a fé**” (II Timóteo 4:7).

*“As coisas que o olho não viu e,
o ouvido não ouviu e, não
subiram ao coração do homem
são as que Deus preparou para
os que o amam.”*

(1º Coríntios 2:9)

Ao meu amado esposo

Emerson Pereira de Araújo Guedes

Dedico

Aos meus pais

Roberto Felizardo Guedes e M^a Goreth Sales Guedes

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho a todos que possibilitaram direta ou indiretamente a sua concretização.

Aos meus familiares, especialmente meus pais Roberto e Goreth, que fizeram da minha conquista a sua própria realização, fazendo disso um orgulho para suas vidas.

A professora, Dra. Edna Ursulino Alves, a quem eu tive o privilégio de ter como orientadora. Sou grata por todo incentivo, ensinamentos adquiridos e confiança em mim depositadas. A convivência permitiu que pudéssemos ser amigas e eu só tenho a agradecer, pois você realmente tem feito por mim o que poucos fariam, sinto-me como uma filha sua e por isto serei eternamente grata.

Aos doutores Francisco Carlos Krzyzanowski, Júlio Marcos Filho e Francisco Guilhien Gomes Junior pelo apoio e suporte na realização dos experimentos desta tese.

Agradeço a professora Dra. Riselane Lucena de Alcântara Bruno por ter me encaminhado e recebido no Laboratório de Análise de Sementes, dando-me apoio para realização das pesquisas.

Ao professor Dr. Leonaldo Alves de Andrade, pelos conhecimentos transmitidos, pelas oportunidades e pela preciosa ajuda durante todo o período de doutoramento.

Aos professores Dra. Edilma Pereira Gonçalves e Dr. Jeandson Silva Viana por todo apoio científico que foi dado ao longo da vida acadêmica.

A professora Dra. Valderéz Pontes Matos por sua disponibilidade e presteza nas atividades de correção desta tese.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela formação e por ofertar a oportunidade de obtenção do título do doutorado, bem como ao professor Dr. Ademair Pereira de Oliveira, pelo apoio e auxílio concedido nos eventos.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização desta tese.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Análise de Sementes.

Aos amigos por todo empenho e colaboração, pois vocês seguirão guardados em meu coração, aonde quer que eu vá.

BIOGRAFIA

Roberta Sales Guedes, filha de Roberto Felizardo Guedes e Maria Goreth Sales Guedes, nasceu em Campina Grande, em 09 de março de 1983.

Em 2006 graduou-se em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas, pela Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campina Grande - PB.

De 2002 a 2010 foi professora na Escola Municipal Padre Galvão, em Pocinhos - PB; Escola Cenecista São José, Colégio Monte Sião; Escola Estadual João Miguel Leão, em Campina Grande - PB; Colégio Menino Jesus de Praga, em Queimadas - PB e Colégio Genniu's - Areia.

Em 2009 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, em Areia - PB, sob a orientação da Prof. Dra. Edna Ursulino Alves e co-orientação do Prof. Dr. Leonaldo Alves de Andrade, defendendo a tese em 30 de abril de 2012.

Durante o período de 2009 a 2012 publicou vinte e quatro artigos completos em periódicos, quatro estão aceitos para publicação e dez foram enviados. Também publicou trinta e nove resumos expandidos e sete resumos simples. Participou de nove bancas examinadoras de trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia.

Obteve aprovação em alguns concursos: segundo lugar para professor Adjunto Botânica (UNIFAP); primeiro lugar para professor substituto (Assistente) Botânica (UFAL) e atualmente foi aprovada em primeiro lugar para professor Adjunto da Fitotecnia (Produção e Tecnologia de Sementes), na UFSC.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução Geral.....	2
2. Revisão de Literatura.....	4
2.1. Descrição da espécie.....	4
2.2. Testes de vigor.....	5
2.2.1. Teste de raios X.....	7
2.2.2. Teste de envelhecimento acelerado.....	8
2.2.3. Condutividade elétrica.....	10
2.2.4. Lixiviação de potássio.....	12
3. Referências Bibliográficas.....	14

ARTIGO I - ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

Resumo.....	24
Abstract.....	25
1. Introdução.....	26
2. Material e Métodos.....	28
3. Resultados e Discussão.....	31
4. Conclusão.....	39
5. Referências Bibliográficas.....	39

ARTIGO II - AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith PELOS TESTES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO

Resumo.....	43
Abstract.....	44
1. Introdução.....	45
2. Material e Métodos.....	47
3. Resultados e Discussão.....	50
4. Conclusões.....	61
5. Referências Bibliográficas.....	61

ARTIGO III - UTILIZAÇÃO DO TESTE DE RAIOS X NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

Resumo.....	66
Abstract.....	67
1. Introdução.....	68
2. Material e Métodos.....	70
3. Resultados e Discussão.....	71
4. Conclusões.....	77
5. Referências Bibliográficas.....	77

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1.	Lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> oriundas de diferentes procedências.....	28
Tabela 2.	Teor de água (%), germinação (%) de sementes e comprimento de plântulas (cm) oriundas de sementes de <i>A. cearensis</i> antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos.....	32

ARTIGO II

Tabela 1.	Lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> oriundas de diferentes procedências.....	47
Tabela 2.	Caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> pelo teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e emergência em campo (EC).....	51
Tabela 3.	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> embebidas em 75 e 100 mL de água.....	53
Tabela 4.	Lixiviação de potássio (ppm g^{-1}) de diferentes lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> submetidas a diferentes períodos de embebição.....	58

ARTIGO III

Tabela 1.	Lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> oriundas de diferentes procedências.....	70
------------------	---	----

Tabela 2.	Porcentagem total (T) de sementes de <i>A. cearensis</i> em cada categoria avaliadas por meio do teste de raios X e porcentagens das plântulas normais (PN), anormais (PA) e sementes mortas (SM) no teste de germinação.....	73
------------------	---	----

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1.** Teor de água de lotes de sementes de *A. cearensis* antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB) - C: L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB)..... 33
- Figura 2.** Germinação (%) de lotes de sementes de *A. cearensis* antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB)..... 35
- Figura 3.** Emergência de plântulas oriundas de nove lotes de sementes de *A. cearensis*..... 36
- Figura 4.** Comprimento de plântulas de *A. cearensis* oriundas de lotes de sementes antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB)..... 38

ARTIGO I

- Figura 1.** Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de *A. cearensis* embebidas em 75 mL de água deionizada. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB)..... 54

Figura 2.	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> embebidas em 100 mL de água deionizada. A - L ₁ , L ₂ e L ₃ (Serra Negra - RN); B - L ₄ , L ₅ e L ₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L ₇ , L ₈ e L ₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).....	56
Figura 3.	Lixiviação de potássio (ppm g^{-1}) de diferentes lotes de sementes de <i>A. cearensis</i> submetidas a diferentes períodos de embebição. A - L ₁ , L ₂ e L ₃ (Serra Negra - RN); B - L ₄ , L ₅ e L ₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L ₇ , L ₈ e L ₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).....	59

ARTIGO III

Figura 1.	Imagens radiográficas das sementes de <i>A. cearensis</i> classificadas como cheias (A), atacadas por insetos (B) e mal formadas (C).....	72
Figura 2.	Imagens radiográficas de sementes de <i>A. cearensis</i> . Semente cheia e sem danos originando plântula normal (A) e anormal (B).....	74
Figura 3.	Imagens radiográficas das sementes de <i>A. cearensis</i> obtidas pelo teste de raios X, constando dano por ataque de insetos e originando plântulas normais com danos apenas nos cotilédones (A) e sementes mortas (B).....	76
Figura 4.	Imagens radiográficas das sementes de <i>A. cearensis</i> obtidas pelo teste de raios X, constando má formação da semente e originando sementes mortas (A) e plântulas anormais (B).....	76

RESUMO GERAL

GUEDES, Roberta Sales. **Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith.** 2012. 79f. Universidade Federal da Paraíba, Abril de 2012. Orientadores: Dra. Edna Ursulino Alves e Dr. Leonaldo Alves de Andrade.

A *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith é uma espécie nativa da região Nordeste, que vem sendo progressivamente explorada na movelaria fina, perfumaria e medicina. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em Areia - PB e nos Laboratórios de Análise de Imagens e de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP, objetivando obter informações sobre o vigor de sementes de *A. cearensis*. O trabalho foi dividido em três experimentos: no primeiro as sementes foram submetidas ao envelhecimento acelerado e expostas a temperatura de 42 °C durante 0, 24, 48, 72 e 96 h, no segundo realizou-se os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, cujos fatores considerados para o teste de condutividade elétrica foram os períodos de embebição das sementes (4, 8, 12, 16, 20 e 24 h) e volumes de água deionizada (75 e 100 mL) a 25 °C. O teste de lixiviação de potássio foi realizado com amostras de 50 sementes colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada a 25 °C, cujas leituras foram efetuadas em intervalos de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 h. No terceiro experimento as sementes foram submetidas ao teste de raios X para avaliação dos danos internos. O período de 48 h de envelhecimento é adequado para avaliação de vigor de sementes de *A. cearensis*; os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio possibilitam discriminação dos lotes de sementes, recomendando-se para a condutividade as combinações de 75 mL/12 h e 100 mL/8 h e para a lixiviação a embebição por 4 h. A análise radiográfica é eficiente como um instrumento para selecionar sementes de *A. cearensis* de alta qualidade e prever o desempenho de plântulas.

Palavras-chave: cumaru; sementes florestais; potencial fisiológico; análise de sementes.

GERAL ABSTRACT

GUEDES, Roberta Sales. **Test of vigor in the evaluation of the physiological quality of *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. seeds.** 2012. 79f. Universidad Federal of Paraiba, April of 2012. Committee of orientation: Edna Ursulino Alves e Leonaldo Alves de Andrade.

Amburana cearensis (Allemão) B.C. Smith is a species native to the Northeast region of Brazil. It has been increasingly exploited for fine woodworking, perfumery and medicine. The experiments were conducted in Laboratory of Analysis of Seeds in the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Paraiba, Areia - PB and Laboratory of Image Analysis and Seed Analysis, Department of Plant Production, College of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of São Paulo in Piracicaba - SP, aimed to obtain information about of vigor of seed *A. cearensis*. In the first experiment were tested the accelerated aging test and the seed were exposed at 42 °C during 0, 24, 48, 72 and 96 h. For the second experiment were tested the electrical conductivity test and potassium leachate test. The factors considered for the electrical conductivity test were: soaking time (4, 8, 12, 16, 20 e 24 h) and volume of deionized water (75 and 100 mL) at a constant temperature of 25 °C. The potassium leachate test was carried out with samples of 50 seeds placed in plastic cups containing 75 mL of distilled water at 25 °C and the evaluations were performed at intervals 4, 8, 12, 16, 20 e 24 h. In the third experiment, seeds were subjected to X-rays test for evaluation of internal damage in seeds. A period of 48 h of aging was suitable for use in future studies to evaluate seed vigor *A. cearensis*, it is possible to detect significant differences between lots. The electrical conductivity test and potassium leachate test possible the discrimination of lots os seeds, it is recommended combinations for electrical conductivity of 75 mL/12 h and 100 mL/8 h and the leaching soaking for 4 h. Radiographic analysis is an effective instrument for monitoring *A. cearensis* seeds lots quality, because it is non-destructive and allows the prediction of seedling performance and enables the maintenance of high-quality seed.

Key words: cumaru; forest seeds; physiological potential; seed analysis.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

A *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, conhecida popularmente no Brasil por amburana, amburana-de-cheiro, cerejeira-rajada, cumarú, cumaru-das-caatingas, imburana e imburana-de-cheiro é uma essência florestal pertencente à família Fabaceae, de porte arbóreo, caule ereto, que chega a atingir entre 10 a 12 metros de altura (LORENZI, 2002), com ampla distribuição geográfica na América do Sul, sendo característica de floresta estacional.

A espécie tem propriedades medicinais, sendo a casca da árvore e as sementes utilizadas na produção de medicamentos populares destinadas ao tratamento de afecções pulmonares, tosses, asma, bronquite e coqueluche (LORENZI e MATOS, 2002). Além disso, suas sementes são utilizadas comercialmente na perfumaria (CANUTO et al., 2010) e, devido as suas qualidades madeiras a *A. cearensis* tem sido explorada nos locais de ocorrência até a exaustão, em movelaria fina, esculturas e marcenaria em geral, estando listada como espécie ameaçada de extinção (TAYLOR, 2000).

Embora a metodologia do teste de germinação tenha sido aperfeiçoada, nos últimos 30 anos observa-se uma crescente insatisfação por parte dos produtores de sementes com o teste de germinação como o único critério de avaliação do potencial de desempenho das mesmas (McDONALD, 2002). Para amenizar esta situação emblemática do setor de sementes, novas técnicas de testes em sementes foram formuladas, as quais são conhecidas como testes de vigor de sementes, cuja finalidade é fornecer informações complementares às obtidas no teste de germinação e que possibilitem estimar o potencial de emergência de plântulas em campo, em ampla faixa de condições ambientais (GUEDES et al., 2009a).

Atualmente são poucas as empresas de sementes que têm avaliado lotes de sementes florestais quanto ao vigor, especialmente por haver uma tendência de vários testes não serem reproduzíveis e por se obter resultados, muitas vezes não confiáveis em relação à previsão da emergência no campo. Devido a esta situação há uma grande demanda por testes rápidos e baratos, que possam ser padronizados e utilizados no

processo de avaliação da qualidade fisiológica das sementes para melhor comercialização.

Além disso, muitos testes têm sido utilizados com a finalidade de avaliar a qualidade fisiológica das sementes, porém nestes as metodologias são padronizadas apenas para grandes culturas, sendo necessário avançar em termos de padronização de procedimentos sensíveis e precisos para as sementes de outras espécies, a exemplo das olerícolas, florestais, medicinais, ornamentais, condimentares, forrageiras e invasoras. Além da necessidade de padronização da metodologia e da interpretação adequada dos resultados, os testes de vigor devem preencher outras características como: fornecer resultados reproduzíveis, indicar o potencial de emergência, relação com a emergência de plântulas em campo, rapidez e baixo custo na sua execução, objetividade para eliminar interpretações subjetivas, simplicidade e viabilidade econômica (AOSA, 1983; PÁDUA, 1998; MARCOS FILHO, 2001).

Levando em consideração à potencialidade econômica e medicinal de *A. cearensis* para região da caatinga, no presente trabalho teve-se como objetivo adequar e/ou avaliar a eficiência de diferentes testes de vigor para determinação do potencial fisiológico de diferentes lotes de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Descrição da espécie

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith., pertencente à família Fabaceae é uma árvore nativa, própria da caatinga nordestina e também conhecida popularmente no Brasil como cumaru, amburana, amburana-de-cheiro, cerejeira, cerejeira-rajada, cumaru-do-ceará, imburana, imburana-de-cheiro e umburana, a qual tem porte regular, que chega a atingir entre 10 a 12 metros de altura (LORENZI, 2002). A espécie tem como sinônimas botânicas *Amburana acreana* Ducke (A.C. Sm.), *A. claudii* Schwacke & Taub., *Torresea acreana* Ducke, *T. cearensis* Allemão (SALIS e CRISPIM, 2006). Ocorre naturalmente na caatinga Nordestina, na floresta pluvial do vale do Rio Doce, nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais e, nos afloramentos calcários e matas decíduas dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo (BRAGA, 1976; CORRÊA, 1978; LORENZI, 2002).

A árvore é muito ornamental, principalmente pelos ramos e tronco de cor vinho ou marron-avermelhado (LORENZI, 2002); as folhas são alternadas, com 11-15 folíolos ovados, flores brancacentas, miúdas e muito aromáticas (LIMA, 1989), cujos frutos são vagens aladas e quase pretas. A semente da espécie *A. cearensis* é estenospérmica (BELTRATI, 1992), com forma variando entre elíptica, oblonga e ovóide e, de acordo com Gunn (1981) é levemente comprimida, com comprimento variando entre 12,55 a 17,55 mm e largura de 8,35 a 11,50 mm, hilo bem visível, homócromo (sem a camada pulverulenta do endocarpo), localizado lateralmente próximo à base da semente, numa região mais escura e proeminente (CUNHA e FERREIRA, 2003).

Quando maduros os frutos contêm uma semente achatada, manchada de marrom e branca, oleaginosa, de cheiro forte cumarínico e agradável (LEAL, 1995), as quais fornecem cerca de 23% de um óleo fixo constituído principalmente dos glicerídeos dos ácidos: palmítico (18,6%), linoléico (7,1%), oléico (53,1%) e esteárico (8,0%) (MATOS et al., 1992). Contêm ainda uma proteína inibidora que é capaz de inativar a tripsina e o fator de coagulação XII (TANAKA et al., 1989). A referida proteína constitui-se, por isso, numa ferramenta útil para o estudo da fase de contato da

coagulação sanguínea (SAMPAIO et al., 1992); nas sementes são encontrados também cumarina e 6-hidroxycumarina (LEAL, 1995).

As sementes e as cascas são utilizadas na medicina popular como emenagogas, antiespasmódicas, para o tratamento de doenças reumáticas, nas afecções do aparelho respiratório, indicadas no tratamento de bronquites, asma, gripes e resfriados (TIGRE, 1968; BRAGA, 1976; MATOS et al., 1992; LORENZI e MATOS, 2002). Das cascas do caule foram isoladas várias substâncias, incluindo cumarina, isocampferídio, fisetina, alfalona e amburosídio A (CANUTO e SILVEIRA, 2006). A madeira é empregada para mobiliário fino, lambris, balcões, folhas fraqueadas decorativas, tanoaria, esculturas e marcenaria em geral (LORENZI, 2002).

Os extratos aquosos e metanólicos de sementes de *A. cearensis* em altas concentrações exerceram poder alelopático na germinação de sementes e desenvolvimento das plântulas, além de terem reduzido o teor de proteínas em sementes de rabanete e alface ao longo do período germinativo (FELIX, 2007). Ainda há outros estudos referentes a seus efeitos alelopáticos (SILVA et al., 2006) e as suas propriedades medicinais (MARINHO et al., 2004; NEGRI et al., 2004; CANUTO e SILVEIRA, 2006; LEAL et al., 2006; OMENA, 2007).

Por outro lado, a crescente demanda na exploração econômica de *A. cearensis*, causada pelo seu uso madeireiro e medicinal tem provocado uma séria ameaça à sua sobrevivência, uma vez que segundo a International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN, 2011) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2011) esta espécie encontra-se listada como ameaçada de extinção.

2.2. Testes de vigor

Os testes de vigor constituem ferramentas de uso cada vez mais rotineiro para a determinação do potencial fisiológico de lotes de sementes (ABDO et al., 2005), sendo um componente fundamental de programas de controle de qualidade, pois constitui referência para adoção de práticas de manejo destinadas à garantia de nível satisfatório de desempenho (TORRES et al., 2009). As prioridades da pesquisa sobre testes de

vigor estão sendo reavaliadas, uma vez que um único teste (fisiológico, bioquímico ou de resistência a estresses) não tem sido suficiente, mesmo que para uma única espécie, para avaliar o potencial de desempenho das sementes em todas as condições ambientais (HAMPTON e COOLBEAR, 1990).

A qualidade fisiológica das sementes tem sido um dos aspectos mais pesquisados nos últimos anos, pelo fato de estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física após a sua maturidade, as quais estão associadas com a redução do vigor (ABDUL-BAKI e ANDERSON, 1972). Os testes de vigor, portanto, são utilizados para diferenciar os níveis de vigor entre as sementes, distinguindo-as também entre seus lotes, pois os mesmos são importantes para a caracterização da sua qualidade fisiológica e foram desenvolvidos para fornecer informações adicionais aquelas do teste padrão de germinação e não para substituí-lo, pois tanto durante o armazenamento quanto em campo, o histórico dos lotes e as condições ambientais nas quais as sementes ficam expostas interferem no seu desempenho, sendo indispensável que os métodos sejam adequadamente escolhidos e os resultados corretamente interpretados (MARCOS FILHO, 1999).

Rotineiramente, a qualidade fisiológica das sementes é analisada pelo teste de germinação; contudo, o mesmo é realizado em condições favoráveis de umidade, temperatura e substrato, permitindo que as sementes do lote expressem sua máxima germinação. Entretanto, esse teste pode ter pouca eficiência para estimar o desempenho no campo, onde as condições nem sempre são favoráveis. Desta forma, os resultados de emergência das plântulas em campo podem ser consideravelmente inferiores aos obtidos no teste de germinação (GUEDES et al., 2009b). Portanto, testes adicionais são necessários a fim de se obter uma melhor previsão da emergência das plântulas dentro de amplas condições de campo.

Neste contexto, a aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é mais uma prática que permite estimar e comparar lotes de sementes para diferentes objetivos, tais como vigor de sementes entre matrizes, progênie e procedências, bem como oferecer aos pesquisadores dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética (PIÑA-RODRIGUES e VALENTINI, 1995).

2.2.1. Teste de raios X

O teste de raios X tem sido utilizado em pesquisas de sementes desde que Simak e Gustafsson na década de 50 demonstraram sua possibilidade de uso para avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L. (SIMAK, 1991). Atualmente, a análise de raios X tem sido considerada útil para definir critérios mais objetivos, padronizados e, conseqüentemente, mais precisos do que aqueles baseados exclusivamente na observação humana (CARVALHO et al., 1999; ISTA, 2004), permitindo o estabelecimento de relações entre os danos internos e perda de qualidade (DELL' AQUILA, 2009).

O uso da radiografia por meio de raios X de baixa energia para determinar a qualidade física das sementes é recomendado pela ISTA (1996), que o considera um método rápido e não destrutivo, prescrevendo-o com a finalidade básica de detectar sementes cheias, vazias, com danos mecânicos ou ataque de insetos (OLVEIRA et al., 2003). As análises feitas por raios X são consideradas vantajosas, pois não danificam as sementes, sendo possível examinar sua estrutura e, em seguida usá-las para testes posteriores (MARCOS FILHO et al., 2010).

O princípio da técnica consiste na absorção de raios X em diferentes quantidades pelos diferentes tecidos das sementes, o que depende da espessura, densidade e composição desses tecidos, além do comprimento de onda da radiação (SIMAK, 1991; BINO et al., 1993; ISTA, 2004). As sementes são colocadas entre uma fonte de baixa energia de raios X e um filme fotossensível; quando os raios X atravessam a semente e atingem o filme é criada uma imagem latente (BRASIL, 2009), que após o processamento do filme, uma imagem de sombras claras e escuras é formada, criando uma imagem permanente no filme radiográfico (SIMAK, 1991; ISTA, 2004). Nas radiografias, as áreas escuras correspondem aos tecidos da semente em que há penetração dos raios X, enquanto que as áreas claras representam as partes mais densas da semente (BINO et al., 1993).

Nas sementes pode haver variações no grau de desenvolvimento do embrião e quando forem identificadas por meio de radiografias há uma preocupação que é a automatização desta determinação no sentido de estabelecer maior precisão,

eliminando interpretações subjetivas (GOMES JUNIOR, 2010). Os critérios estabelecidos para as avaliações do teste tem sido uma dificuldade, tendo em vista a sua elaboração não consistente, o que não anula os seus méritos científicos, mas aponta para a necessidade do aprimoramento das avaliações para a maior consistência das informações.

A pesquisa sobre este tema tem priorizado o desenvolvimento de metodologias para a análise de sementes por meio de radiografias, em especial para espécies florestais, principalmente com o objetivo de aprimorar a qualidade dos lotes de sementes no que diz respeito aos seus atributos físico e fisiológico, cujo benefício mais significativo deste teste pode ser obtido pelo descarte de sementes com danos internos, melhorando a qualidade do lote (GOMES JUNIOR, 2010).

Com a percepção da utilização potencial do teste de raios X para diversas finalidades acentuam-se os estudos para determinar as melhores condições de exposição das sementes, de diversas espécies, à radiação, tais como: *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. (OLIVEIRA et al., 2003), *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius Ex A.P. de Candolle) Standley (OLIVEIRA et al., 2004), *Cecropia pachystachya* Trec. (PUPIM et al., 2008), *Lychnophora pinaster* Mart. (MELO et al., 2009), cinco espécies de Lauraceae (CARVALHO et al., 2009a), *Ricinus communis* L. (CARVALHO et al., 2010), *Glycine max* (L.) Merrill (FORTI et al., 2010), *Gossypium hirsutum* L. e algumas Cucurbitaceae (MARCOS FILHO et al., 2010) e *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (AMARAL et al., 2011).

2.2.2. Teste de envelhecimento acelerado

Os testes empregados para a determinação da qualidade fisiológica das sementes são os de germinação e vigor, dentre estes se destaca o teste de envelhecimento acelerado, que foi desenvolvido para avaliar o vigor de sementes, tentando estimar o potencial de armazenamento (SOUZA et al., 2009a), sendo enfatizado por sua capacidade de proporcionar informações com alto grau de consistência (MARCOS FILHO, 1999).

Dentre os testes de vigor, Delouche (2002) destacou o teste de envelhecimento acelerado, que tem como princípio o fato da taxa de deterioração da semente ser aumentada consideravelmente pela exposição em níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração. Dessa maneira, os lotes de sementes mais vigorosos geralmente são menos afetados na capacidade de produzir plântulas normais e expressam germinação mais elevada após serem submetidos ao envelhecimento (DELOUCHE e BASKIN, 1973).

O envelhecimento acelerado é um teste de vigor baseado na simulação de fatores ambientais adversos, temperatura e umidade relativa do ar elevadas, que são relacionadas como principais causadoras da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Desta forma, o teste consiste em submeter as sementes a condições adversas de temperatura (40-45 °C) e umidade relativa do ar (100%), durante certo período e, em seguida observar a resposta através do teste padrão de germinação (MARCOS FILHO, 1999). Nessa situação, sementes com menor qualidade deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento artificial (MIRANDA et al., 2001).

Com ampla utilidade prática na rotina dos laboratórios de análise, para o teste de envelhecimento acelerado há ainda dificuldades na uniformização da sua metodologia (IRIGON e ROSSINI, 1992), pois vários são os fatores que cooperam para a desuniformidade dos resultados, dentre eles, o teor de água inicial das sementes, pois os efeitos do envelhecimento são atenuados em sementes com baixo percentual de umidade, tempo e temperatura de exposição, tratamento fungicida, dificuldade de manutenção da umidade relativa dentro da câmara de envelhecimento, espécie e cultivar utilizados (MELLO e TILLMANN, 1987; MARCOS FILHO, 2005). Portanto, a atenção para que sejam evitados desvios acentuados das recomendações básicas para a condução do teste de envelhecimento acelerado é fundamental para a obtenção de resultados consistentes e comparáveis (TEKRONY, 2003).

Esta é uma metodologia auxiliar, cujo emprego está sendo bastante promissor em sementes florestais, não apenas na área de tecnologia e análise, como também em

outras (PIÑA-RODRIGUES, 1984), como por exemplo, na silvicultura e no melhoramento.

Para sementes de algumas espécies florestais há metodologias do teste de envelhecimento acelerado padronizadas, ou seja, indicando a temperatura e o período ideal à sua realização, de modo a classificar as sementes quanto ao vigor, tais como: sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan 40 °C/24 h (GARCIA et al., 2004), *Chorisia speciosa* St. Hil. 45 °C/72 h (FANTI e PEREZ, 2005), *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs 45 °C/96 h (SANTOS e PAULA, 2007), *Zinnia elegans* Jacq. 40 °C/72 e 96 h, *Erythrina velutina* Willd. 41 °C/72 h ou 45 °C/24 h (GUEDES et al., 2009b), *Hovenia dulcis* Thunb. 45 °C/120 h (PEREIRA et al., 2010), *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. 41 e 45 °C/72 h (GUEDES et al., 2011), *Ocimum gratissimum* L. (LIMA et al., 2011) e *Schinus terebinthifolius* Raddi 41°C/72 h (PACHECO et al., 2011).

2.2.3. Condutividade Elétrica

A redução na germinação é um dos últimos eventos que caracterizam o declínio na qualidade fisiológica de sementes e o teste de germinação, isoladamente, não é adequado para discriminar corretamente os lotes de sementes, pois, quando a porcentagem de germinação é semelhante pode haver qualidade fisiológica distinta (BONNER et al., 1994).

Neste contexto é relevante avaliar o vigor das sementes como complemento às informações fornecidas pelo teste de germinação e, para isso vários procedimentos têm sido usados na avaliação do vigor em sementes e, os testes rápidos de vigor mais estudados estão relacionados com eventos iniciais da sequência de deterioração das sementes, tais como degradação das membranas celulares e redução das atividades respiratórias e biossintéticas (DIAS e MARCOS FILHO, 1996).

A condutividade elétrica tem demonstrado boa relação com a emergência das plântulas em campo e separação de lotes em diferentes níveis de qualidade (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999), tanto que estes motivos têm sido a maior razão para o seu emprego em pesquisa com diferentes espécies, nas quais se tem observado que o

decréscimo na germinação e no vigor é diretamente proporcional ao aumento da liberação de solutos, indicando que a avaliação da condutividade elétrica é um método rápido, promissor e interessante em termos de padronização (DIAS e MARCOS FILHO, 1996).

O teste é baseado na menor velocidade de reorganização das membranas por sementes menos vigorosas, quando embebidas em água, tendo como consequência maior liberação de exsudatos para o exterior da célula e, portanto, maior condutividade elétrica que aquelas mais vigorosas (MARCOS FILHO, 2005). Assim, considera-se o vigor das sementes inversamente proporcional à leitura da condutividade elétrica (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

As membranas celulares sofrem um processo de desorganização estrutural em função do desenvolvimento das sementes até atingir a maturidade fisiológica, especialmente durante a secagem natural, estando tanto mais desorganizadas quanto menor o teor de água na semente (BEWLEY, 1986; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999), perdendo, temporariamente, a sua integridade organizacional (SIMON e RAJA-HARUM, 1972).

Na fase inicial do processo de embebição, a capacidade de a semente reorganizar o sistema de membranas celulares e reparar danos físicos e/ou biológicos, que podem ter ocorrido durante o processo de produção irá influenciar a quantidade e a natureza de lixiviados liberados para o meio externo (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999). Assim, quanto maior a velocidade de restabelecimento da integridade das membranas, menor será a quantidade de lixiviados liberados para o meio externo e, conseqüentemente, maior o vigor da semente (CARVALHO et al., 2009b). O valor da condutividade elétrica da solução de embebição das sementes varia em quantidade e tipo de lixiviados, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos, como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ (VIEIRA, 1994).

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida pelo método de massa, mais utilizado e, pela avaliação da condutividade de cada semente individualmente (SOUZA et al., 2009b), entretanto no método de massa há a desvantagem dos resultados expressarem a condutividade média de uma porção de sementes. E segundo Marcos Filho (2005) a presença eventual de sementes mortas pode afetar a

condutividade de um lote com muitas sementes de alta qualidade, de forma que para minimizar esse problema recomenda-se escolher as sementes, excluindo-se aquelas danificadas.

O teste é simples de conduzir e avaliar, podendo ser aplicado como referência para avaliar o vigor de sementes, entretanto também há fontes de variação que podem influenciar no resultado final e na confiabilidade do teste de condutividade e, portanto necessitam de monitoramento cuidadoso para assegurar a consistência dos resultados. Dentre eles destacam-se o genótipo, o grau de umidade, o tamanho e a condição física da semente, volume e qualidade da água, tamanho da amostra, precisão do condutivímetro, entre outros (MARCOS FILHO, 2005).

Mais recentemente, alguns estudos com sementes florestais, enfocando o teste de condutividade elétrica vêm sendo realizados, podendo-se citar os trabalhos com sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. (MARQUES et al., 2002), *Chorisia speciosa* St. Hil. (FANTI e PEREZ, 2005), *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby (DUTRA et al., 2007), *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (CALDEIRA e PEREZ, 2008), *Cedrela fissilis* L. (CHEROBINI et al., 2008), *Guazuma ulmifolia* Lam. (GONÇALVES et al., 2008), *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (SANTOS e PAULA, 2009), *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart (GONZALES et al., 2009) e *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (FLAVIO e PAULA, 2010).

2.2.4. Lixiviação de Potássio

O potássio é o íon inorgânico acumulado em maiores quantidades pelas sementes (LOTT et al., 1991), por isso é indicado como o principal íon lixiviado pelas sementes durante a embebição, seguido de sódio e cálcio, de forma que pode ser usado como um indicador da integridade da membrana celular (HALLOIN, 1975). Essa característica e a possibilidade de se avaliar a liberação de um íon específico durante a embebição, em período mais curto que o recomendado para o teste de condutividade elétrica determinaram o desenvolvimento do teste de lixiviação de potássio para avaliar o vigor de sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Este teste tem princípio semelhante ao descrito para o teste de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes (KIKUTI et al., 2008), com a vantagem adicional de produzir resultados em um período considerável de tempo mais curto. A diferença entre os testes de condutividade e lixiviação de potássio é que, no de condutividade elétrica determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição e, no teste lixiviação de potássio é realizada a determinação da liberação de um íon específico, neste caso o potássio, visto que este é o principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes durante a embebição (LOOMIS e SMITH, 1980; POWELL, 1986; PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001).

De forma semelhante ao que ocorre no teste de condutividade elétrica, em sementes menos vigorosas há menor velocidade de estruturação das membranas quando embebidas em água, tendo como consequência maior liberação de exsudatos para o exterior da célula que aquelas mais vigorosas (HAMPTON e TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 2005), conseqüentemente ocorre maior liberação de potássio.

Trata-se de um teste de desenvolvimento relativamente recente e que necessita de ajustes de metodologia, com a continuidade das pesquisas para otimização do protocolo para sementes de várias espécies. A calibração do fotômetro de chama, a proporção entre número de sementes e volume de água, a temperatura, o período de embebição e o possível genótipo são variáveis que merecem verificação cuidadosa, rumo a padronização da metodologia (MARCOS FILHO, 2005).

Embora o desenvolvimento do teste de lixiviação de potássio seja relativamente recente, a aplicação deste teste tem sido promissor para avaliação rápida do vigor das sementes de algumas espécies agrícolas (MARCOS FILHO, 2005), entretanto sem registros significativos para espécies florestais, justificando, portanto a sua aplicação para analisar o vigor de lotes de sementes de tais espécies. Alguns resultados referentes a este teste foram obtidos em sementes de soja (DIAS et al., 1997), girassol (ALBUQUERQUE et al., 2001), amendoim (VANZOLINI e NAKAGAWA, 2003; KIKUTI et al., 2008), rúcula (ALVES e SÁ, 2010) e arroz (BARBIERI et al., 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.T.V.N.; PIMENTA, R.S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.1, p.195-198, 2005.

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.238-315.

ALBUQUERQUE, M.C.F.; MORO, F.V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M.C. Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.1-8, 2001.

ALVES, C.Z.; SÁ, M.E.; Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.2, p.108-116, 2010.

AMARAL, J.B.; MARTINS, L.; FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J. Teste de raios X para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.33, n.4, p.601-607, 2011.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, (Contribution, 32), 1983. 88p.

BARBIERI, A.P.P.; MENEZES, N.L.; CONCEIÇÃO, G.M.; TUNES, L.M. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.34, n.1, p.117-124, 2012.

BELTRATI, C.M. **Morfologia e anatomia de sementes**. Rio Claro: UNESP, Departamento de Botânica/Instituto de Biociências, 1992. 108p. (Apostila do Curso de Pós-Graduação).

BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: McDONALD JUNIOR., M.B.; NELSON, C.J. (Ed.). **Physiology of seed deterioration**. Madison: CSSA, 1986. p.27-45.

BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; VAN DER BURG, W.J. Non destructive X-ray of *Arabidopsis* embryo mutants. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, n.3, p.167-170, 1993.

BONNER, F.T.; VOZZO, J.A.; ELAN, W.W.; LAND-JUNIOR, S.B. **Tree seed technology training course**: student outline. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1994. 81p. (General Technical Report, SO-107).

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3.ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 510p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

CALDEIRA, S.F.; PEREZ, S.C.J.G.A. Qualidade de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. armazenados sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.3, p.185-194, 2008.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* A.C. Smith. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.6, p.1241-1243, 2006.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R.; BEZERRA, A.M.E. Estudo fitoquímico de espécimes cultivados de cumaru (*Amburana cearensis* A.C. Smith). **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.3, p.662-666, 2010.

CARVALHO, M.L.M.; AELST, A.C.V.; ECK, J.W.V.; HOEKSTRA, F.A. Pre-harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, Wallingford, v.9, n.3, p.227-236, 1999.

CARVALHO, L.R.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de espécies florestais de Lauraceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.4, p.57-66, 2009a.

CARVALHO, L.F.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S.; DIAS, D.C.F.S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.1, p.9-17, 2009b.

CARVALHO, M.L.M.; ALVES, R.A.; OLIVEIRA, L.M. Radiographic analysis in castor bean seeds (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.1, p.170-175, 2010.

CHEROBINI, E.A.I.; MUNIZ, M.F.B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.1, p.65-73, 2008.

CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1978. v.5, 687p.

CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith - cumaru - Leguminosae - Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.2, p.89-96, 2003.

DELL' AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.37, n.3, p.608-624, 2009.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. **Seed News**. Pelotas: Ed. Becker e Peske Ltda. v.6, n.6, p.24-31, 2002.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELLO, Q.A.C. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.7-18, 1997.

DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F.O. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.280-285, 2007.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.345-352, 2005.

FELIX, R.A.Z. **Efeitos da *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith em aspectos fisiológicos da germinação de sementes**. 2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

FLAVIO, J.J.P.; PAULA, R.C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.87, p.391-399, 2010.

FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.3, p.123-133, 2010.

GARCIA, L.C.; NOGUEIRA, A.C.; ABREU, D.C.A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan - Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.85-90, 2004.

GOMES JUNIOR, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.20, n.3, p.33-39, 2010.

GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DESMATLÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.265-276, 2008.

GONZALES, J.L.S.; PAULA, R.C.; VALERI, S.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae - Mimosoideae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p.625-634, 2009.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MEDEIROS, M.S.; LIMA, C.R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.4, p.793-802, 2009a.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; BRUNO, R.L.A.; COLARES, P.N.Q. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.2, p.323-330, 2009b.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.A.; OLIVEIRA, L.S.B.; ANDRADE, L.A.; GONÇALVES, E.P.; MELO, P.A.F.R. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.2, p.443-450, 2011.

GUNN, C.R. Seed topography in the Fabaceae. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.3, p.737-757, 1981.

HALLOIN, J.M. Solute loss from deteriorated cotton seed: relationship between deterioration, seed moisture, and solute loss. **Crop Science**, Madson, v.15, n.1, p.11-15, 1975.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.18, n.2, p.215-228, 1990.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.N. Controlled deterioration test. In: **Handbook of vigour test methods**. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p.70-78.

IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção**. Portaria nº.37-N de 3 de abril de 1992. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: dezembro 2011.

IRIGON, D.L., ROSSINI, M.C. Aferição de testes de vigor para sementes de trigo. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.3, n.1, p.7-23, 1992.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Seed Testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, 1996. 336p. Supplement.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.32, 2004. 403p.

IUCN. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. **Red List**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: dezembro 2011.

KIKUTI, H.; MEDINA, P.F.; KIKUTI, A.L.P.; RAMOS, N.P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.1, p.10-18, 2008.

LEAL, L.K.A.M. **Estudos farmacológicos do extrato hidroalcoólico e constituintes químicos de *Torresea cearensis* Fr. All. (cumaru)**. 1995. 128f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LEAL, L.K.A.M.; COSTA, M.F.; PITOMBEIRA, M.; BARROSO, V.M.; SILVEIRA, E.R.; CANUTO, K.M.; VIANA, G.S.B. Mechanisms underlying the relaxation induced by isokaempferide from *Amburana cearensis* in the guinea-pig isolated trachea. **Life Sciences**, Estocolmo, v.79, n.1, p.98-104, 2006.

LIMA, C.B.; COSSA, C.A.; NEGRELLE, R.R.B.; BUENO, J.T.; LOURENÇO, C.C.; BATISTA, N.A.; JANANI, J.K. Germinação e envelhecimento acelerado na análise da qualidade fisiológica de sementes de alfavaca-cravo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.3, p.865-874, 2011.

LIMA, D.A. **Plantas da caatinga**. Academia Brasileira de Ciências: Rio de Janeiro, 1989. p.106-107.

LOOMIS, E.L.; SMITH, O.E. The effect of artificial ageing on the concentration of Ca, Mg, Mn, K, and Cl in imbibing cabbage seed. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.5, p.647-650, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Plantarum. 2002. 512p.

LOTT, J.N.A.; CAVDEK, V.; CARSON, J. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds grains and isolated seed parts. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.4, p.229-33, 1991.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANCA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J. Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.3, p.63-75, 2001.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 1.ed. 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F.G.; BENNETT, M.A.; WELLS, A.A.; STIEVE, S. Using tomato analyzer software to determine embryo size in X-rayed seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.2, p.146-153, 2010.

MARINHO, M.G.V.; BRITO, A.G.; CARVALHO, K.D.A.; BEZERRA-SANTOS C.R.; ANDRADE, L.H.C.; BARBOSA FILHO, J.M.; PIUVEZAM, M.R. *Amburana cearensis* e cumarina imunomodulam os níveis de anticorpos antígeno-específico em camundongos BALB/c sensibilizados com ovalbumina. **American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v.23, n.1, p.47-52, 2004.

MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.271-278, 2002.

MATOS, F.J.A.; ALENCAR, J.W.; CRAVEIRO, A.A.; MACHADO, M.I.L. Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v.15, n.3, p.181-185, 1992.

McDONALD, M.B. Standardization of seed vigour tests. In. International Seed Seminar: Trade Production and Technology. **Proceedings...** Santiago, Chile, 2002. 200-208p.

MELLO, V.D.C.; TILLMANN, M.A.A. O teste de vigor em câmara de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.2, p.93-102, 1987.

MELO, P.R.B.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B.O. Aplicação do teste de raios X no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.146-154, 2009.

MIRANDA, D.M.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de sorgo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.226-231, 2001.

NEGRI, G.; OLIVEIRA, A.F.M.; SALATINO, M.L.F.; SALATINO, A. Chemistry of the stem bark *Amburana cearensis* (Allemão) (A.C.SM.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.6, n.3, p.1-4, 2004.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.1, p.116-120, 2003.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; MASETTO, T.E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius

Ex A.P. de Candolle) Standley - (Bignoniaceae) pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.138-143, 2004.

OMENA, M.L.R.A. Ensaio etnofarmacológico de espécies vegetais com ação no sistema nervoso central, originárias do bioma caatinga. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v.2, n.2, p.92-107, 2007.

PACHECO, M.V.; SILVA, C.S.; SILVEIRA, T.M.T.; HÖLBIG, L.S.; HARTER, F.S.; VILLELA, F.A. Physiological quality evaluation of the radii *Schinus terebinthifolius* seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.33, n.4, p.762-767, 2011.

PÁDUA, G.P. Vigor de sementes e seus possíveis efeitos sobre a emergência em campo e a produtividade. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.8, n.1/2/3, p.46-48, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, Lansing, v.23, n.1, p.149-159, 2001.

PEREIRA, G.P.; CARVALHO, R.I.N.; BIASI, L.A. Qualidade fisiológica de sementes de uva-do-japão após envelhecimento acelerado e armazenamento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.3, p.527-532, 2010.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Perspectivas da utilização do teste de envelhecimento precoce em sementes de essências florestais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/IUFRO, 1984. p.291-313.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; VALENTINI, S.R.T. Aplicação do teste de vigor em sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal. 1995. p.74-84.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios X para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.2, p.28-32, 2008.

SALIS, S.M.; CRISPIM, S.M.A. **Densidades de árvores listadas como ameaçadas de extinção na Bacia do Alto Paraguai**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 6p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 54).

SAMPAIO, C.A.M.; MOTTA, G.; SAMPAIO, M.U.; OLIVA, M.L.V.; ARAUJO, M.S.; STELLA, R.C.R.; TANAKA, A.S.; BATISTA, I.F.C. Action of plant proteinase inhibitors

on enzymes of the kallikrein kinin system. **Agents and Actions Supplements**, Basel, v.36, n.1, p.191-199, 1992.

SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de envelhecimento acelerado para a avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill. Smith & Downs (branquilho) - Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.1, p.1-12, 2007.

SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.81, p.7-16, 2009.

SILVA, W.A.; NOBRE, A.P.; LEITES, A.P.; SILVA, M.S.C.; LUCAS, R.C.; RODRIGUES, O.G. Efeito alelopático de extrato aquoso de *Amburana cearensis* A. Smith na germinação e crescimento de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). **Agropecuária Científica no Semi-árido**, Patos, v.2, n.1, p.48-54, 2006.

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: GORDON, A.G.; GOSLING, P.; WANG, B.S.P. **Tree and shrub seed handbook**. Zürich: ISTA, 1991. p.1-28.

SIMON, E.W.; RAJA HARUM, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.23, n.77, p.1076-85, 1972.

SOUZA, S.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C.G. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.155-163, 2009a.

SOUZA, L.A.; CARVALHO, M.L.M.; KATAOKA, V.Y.; OLIVEIRA, J.M. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.1, p.060-067, 2009b.

TANAKA, A.S.; SAMPAIO, M.U.; SAMPAIO, M.V. Purification and preliminary characterization of *Torresea cearensis* trypsin inhibitor. **Brazilian Journal Medical and Biological Research**, Bethesda, v.22, n.9, p.1069-71, 1989.

TAYLOR, C. **2000 IUCN Red List of Threatned Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2000.

TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.31, n.2, p.435-447, 2003.

TIGRE, C.B. **Silvicultura para as matas xerófilas**. Fortaleza: DNOCS, 1968. 175p.

TORRES, S.B.; OLIVEIRA, F.N.; OLIVEIRA A.K.; BENEDITO, C.P.; MARINHO, J.C. Envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.70-75, 2009.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.2, p.7-12, 2003.

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; SADER, R. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-32.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.4, p.1-26.

**ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES
DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

**ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES
DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estabelecer uma metodologia para a condução do teste de envelhecimento acelerado para lotes de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. Para tanto nove lotes de sementes foram expostos a temperatura de 42 °C durante 0, 24, 48, 72 e 96 h. O teor de água, a porcentagem de germinação, o comprimento de plântulas foram avaliados antes e após o envelhecimento acelerado e o teste de emergência em campo para fins comparativos. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 9 x 5 (lotes e períodos de envelhecimento), com quatro repetições de 25 sementes cada. As médias entre os lotes foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade e, o comportamento de cada lote foi analisado por regressão polinomial. Os lotes diferem entre si quanto à sensibilidade ao teste de envelhecimento acelerado e todos são sensíveis ao aumento do tempo de exposição. O período de 48 h de envelhecimento é adequado para avaliação de vigor de sementes de *A. cearensis*, pois é possível detectar diferenças significativas entre os lotes.

Palavras-chave: cumaru; vigor; sementes florestais; análise de sementes.

ACCELERATED AGEING TEST TO EVALUATE THE VIGOR OF *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith SEEDS

ABSTRACT

The objective of this work was to establish a specific methodology for the accelerated aging (AA) test in *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith seeds. In the AA test nine seed lots were exposed at 42 °C during 0, 24, 48, 72 and 96 h. The AA test was conducted by the gerbox method. The water content, germination percentage and seedling length were measured before and after AA. The field emergence was performed for comparative purposes. The adopted experimental line was the whole fortuitous in the factorial scheme 9 x 5 (lots and aging periods), with 4 repetitions of 25 seeds. The mean among seed lots were compared by Scott-Knott test at 5% of probability. The behavior of each seed lots was analyzed by polynomial regression. The lots differ in their sensitivity to accelerated aging and all are sensitive to increased period of exposure. A period of 48 h of aging was suitable for use in future studies to evaluate seed vigor *A. cearensis*, it is possible to detect significant differences between lots.

Key words: Cumaru; vigour; forestalis seeds; seeds analysis.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith é uma árvore frondosa, típica da caatinga, pertencente à família Fabaceae, a qual é denominada popularmente de cumaru, amburana-de-cheiro ou cerejeira, que mesmo sendo nativa do sertão nordestino brasileiro pode ser encontrada em praticamente toda a América do Sul (do Peru à Argentina) (CANUTO et al., 2008). A árvore de *A. cearensis* pode atingir até 10 a 12 m de altura, caracterizando-se por possuir flores brancas, vagem achatada e escura, além da casca aromática com odor peculiar de cumarina (MAIA, 2004).

Do ponto de vista econômico, *A. cearensis* é de valiosa importância comercial, dada as suas várias aplicações, sendo largamente empregada na perfumaria (CANUTO et al., 2010), na carpintaria em geral (CANUTO et al., 2008) devido à sua reconhecida durabilidade. Além disso, é empregada na medicina popular, sendo a casca da árvore e as sementes utilizadas na produção de medicamentos populares destinados ao tratamento de afecções pulmonares, tosses, asma, bronquite e coqueluche (LORENZI e MATOS, 2002).

A aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar os lotes de sementes para diferentes objetivos, a exemplo das comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, tendo em vista que estes estudos oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética (SANTOS e PAULA, 2007). A divulgação de sua metodologia tornará, com certeza, mais difundida a sua aplicação em ciências florestais (VALENTINI e PIÑA-RODRIGUES, 1995).

Inicialmente este teste foi desenvolvido com a finalidade de estimar o potencial de armazenamento de sementes (DELOUCHE e BASKIN, 1973), entretanto tem sido eficiente também na comparação do vigor entre lotes de sementes, na estimativa do potencial de desempenho em condições de campo (POPINIGIS, 1985) e, atualmente tem se enfatizado o seu uso por sua capacidade de proporcionar informações com alto grau de consistência sobre o vigor, sendo considerado como um dos mais sensíveis, quando comparado a outros disponíveis (MARCOS FILHO, 1999).

O envelhecimento acelerado é um teste de vigor baseado na simulação de fatores ambientais adversos, temperatura e umidade relativa elevadas, que são relacionados como causadores da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Desta forma, o teste consiste em submeter às sementes a condições adversas de temperatura (40-45 °C) e umidade relativa do ar (100%), durante certo período e, em seguida observar a resposta através do teste padrão de germinação (MARCOS FILHO, 1999). Nessa situação, sementes com baixo vigor deterioram-se mais rapidamente do que as mais vigorosas, com reflexos na germinação após o período de envelhecimento artificial (MIRANDA et al., 2001).

Para sementes de algumas espécies florestais há metodologias do teste de envelhecimento acelerado padronizadas, ou seja, indicam a temperatura e o período ideal à realização do mesmo, de modo a classificar as sementes quanto ao vigor, tais como: sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan 40 °C/24 h (GARCIA et al., 2004), *Chorisia speciosa* St. Hil. 45 °C/72 h (FANTI e PEREZ, 2005), *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs 45 °C/96 h (SANTOS e PAULA, 2007), *Zinnia elegans* Jacq. 40 °C/72 e 96 h e *Erythrina velutina* Willd. 41 °C/72 h ou 45 °C/24 h (GUEDES et al., 2009a).

Em função da diversidade das espécies florestais nativas e das condições ambientais de produção das sementes, poucos são os testes de vigor com metodologia padronizada e, diante do exposto pode-se considerar que atualmente ainda é pequeno o número de trabalhos com o teste de envelhecimento acelerado com espécies arbóreas nativas (VALENTINI e PIÑA-RODRIGUES, 1995).

Mediante a relevância de tais estudos e da escassez de informações, com espécies florestais, este trabalho teve como objetivo determinar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de *Amburana cearensis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento e coleta de sementes

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (CCA - UFPB), com sementes de *Amburana cearensis* obtidas diretamente de dez árvores matrizes fenotipicamente superiores, em plena maturidade, sadias, vigorosas e com boa produção, distantes entre si 20 m no mínimo, segundo recomendações de Figliolia e Piña-Rodrigues (1995). As coletas foram realizadas em setembro de 2010, sendo provenientes de localidades distintas nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, as quais correspondem aos lotes descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Lotes de sementes de *A. cearensis* oriundas de diferentes procedências.

Lotes	Municípios de procedência	Localização geográfica
L ₁	Serra Negra - RN	S 06°40'13,9"/W 37°25' 55.8"
L ₂	Serra Negra - RN	S 06° 39' 08.2"/W 37° 29' 2.2"
L ₃	Serra Negra - RN	S 06°39'28.5"/W 37°26'45.8"
L ₄	Santa Gertrudes - PB	S 06°56'34.8"/W 37°24'01.5"
L ₅	São Bentinho - PB	S 06°51'48.2"/W 37°44'07.6"
L ₆	Patos - PB	S 06°58'55.9"/W 37°19'50.4"
L ₇	Malta - PB	S 06°55'00.1"/W 37°28'46.7"
L ₈	Aparecida - PB	S 06°54'40.9"/W 37°49'77.6"
L ₉	Souza - PB	S 06°53'58.2"/W 37°24'17.5"

Após a colheita as sementes foram levadas ao Laboratório de Análise de Sementes, onde foram beneficiadas manualmente para retirada das alas e mantidas em laboratório, à sombra, por cerca de 15 dias até a montagem do experimento. Para a obtenção de amostras homogêneas e representativas dos lotes foi empregado um homogeneizador manual tipo solo e, em seguida foram realizados os seguintes testes e determinações.

2.3. Características avaliadas

2.3.1. Teor de água

O teor de água das sementes foi determinado antes e após cada período de envelhecimento, pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 h (BRASIL, 2009), com adaptação no número de sementes e de repetições, que foram quatro subamostras de 25 sementes para cada tratamento, cujos resultados foram expressos em porcentagem.

2.3.2. Teste de germinação

Ao término de cada período de envelhecimento, quatro repetições de 25 sementes previamente tratadas com fungicida Captan[®], na proporção de 240 g para 10.000 g de sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, cobertas com uma terceira e organizadas em forma de rolo e umedecido com água destilada, na quantidade equivalente a 3,5 vezes a sua massa seca, sem adição posterior de água conforme metodologia de Guedes et al. (2010a).

Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico, transparentes, de 0,04 mm de espessura, com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação, em seguida foram colocados em germinador tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulado para o regime de temperatura constante de 30 °C (GUEDES et al., 2010a), com fotoperíodo de oito horas, utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W). A avaliação da porcentagem final de germinação foi efetuada aos 18 dias considerando-se como sementes germinadas aquelas que emitiram a raiz primária e o epicótilo (plântulas normais), conforme critério estabelecido por Guedes et al. (2010b).

2.3.3. Envelhecimento acelerado

Para avaliação do efeito do envelhecimento precoce sobre o processo germinativo adotou-se o “método do gerbox”, utilizando-se caixas plásticas como compartimento individual para acomodação das amostras (MARCOS FILHO, 1999). Para cada "gerbox" foi adaptada uma tela de alumínio sobre a qual foram distribuídas as sementes de *A. cearensis* em camada uniforme (cerca de 220 sementes). Na parte interior do gerbox, sob a tela foram adicionados 40 mL de água destilada. Em seguida,

as caixas foram levadas a uma câmara de envelhecimento, previamente regulada para a temperatura de 42 °C, umidade relativa de 100% e, mantidas durante os períodos de 24, 48, 72 e 96 h. Como controle utilizou-se sementes de *A. cearensis* sem serem submetidas ao envelhecimento.

2.3.4. Teste de emergência

Para efeito de comparação foi conduzido o teste de emergência de plântulas em campo, com sementes não envelhecidas, para se obter as recomendações adequadas para comparar a eficiência do teste. Para a emergência em campo utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes de cada lote, as quais foram semeadas em sulcos de 1,0 m de comprimento e distanciadas 20 cm entre si, a uma profundidade de 3,5 cm conforme recomendação de Guedes et al. (2010c).

Durante o período de condução do teste, a temperatura e umidade relativa do ar foram de 35 °C e 67%, respectivamente. Os canteiros foram umedecidos uma vez por dia com regadores manuais e, as contagens do número de plântulas emergidas efetuadas diariamente dos 12 até aos 18 dias após a semeadura, considerando-se como emergidas as plântulas que emitiram o epicótilo acima do solo, com os resultados expressos em porcentagem (GUEDES et al., 2010c).

2.3.5. Comprimento de plântulas

Após a contagem final do teste de germinação, as plântulas normais de cada tratamento e repetição foram medidas, da raiz até a parte aérea, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm plântula⁻¹.

2.4. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com exceção do teste de emergência em campo, que foi em blocos ao acaso, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 9 x 5 (lotes e períodos de envelhecimento), em quatro repetições. Os dados, não transformados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F para comparação dos quadrados médios e, as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Para

os efeitos quantitativos foi realizada análise de regressão polinomial, cujo programa estatístico SISVAR foi adotado (FERREIRA, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água dos nove lotes de sementes de *Amburana cearensis*, antes da exposição aos diferentes períodos de envelhecimento variaram de 10,25 a 12,02% (Tabela 1 e Figura 1), de forma que houve pequena variação entre as amostras. Marcos Filho (1999) relatou que amostras com diferenças do teor de água entre 1 e 2% não são comprometedoras e Torres e Marcos Filho (2001) mencionaram que a variação dentro destes limites proporciona segurança na execução dos testes, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes. O teor de água variou em função do período de exposição, com valores superiores a 30% no período de 96 h, na maioria dos lotes avaliados (Figura 1). Segundo Marcos Filho (2005) o teor de água das sementes envelhecidas deve ser superior a 20% e isso ocorreu em todos os lotes testados.

As respostas dos lotes ao estresse imposto pelas combinações de temperatura e período de exposição das sementes de *Amburana cearensis* no envelhecimento acelerado foram diferenciadas (Tabela 2 e Figura 2). Cabe ressaltar que o teste de germinação (período zero) não conseguiu classificar os lotes quanto ao nível de vigor, pois a germinação é a última característica fisiológica afetada pelo processo de deterioração, não sendo eficiente para detectar diferenças entre lotes de sementes (MARCOS FILHO, 2005). A porcentagem de germinação no período de 24 h de envelhecimento também não permitiu uma diferenciação dos lotes de sementes quando comparados com o tratamento controle, com exceção do lote de Santa Gertudres (L₄), que reduziu o seu potencial germinativo de 87 para 46% neste período; porém, nos demais períodos de envelhecimento (48, 72 e 96 h) constataram-se valores estatisticamente inferiores de porcentagem de germinação em relação ao tratamento controle (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de água (%), germinação (%) de sementes e comprimento de plântulas (cm) oriundas de sementes de *A. cearensis* antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos.

Lotes	Teor de água (%)				
	Períodos de envelhecimento (horas)				
	0	24	48	72	96
L ₁	11,00 b	20,71 a	22,28 b	30,52 a	34,03 a
L ₂	11,50 b	17,87 b	17,94 e	26,19 d	31,69 c
L ₃	10,75 c	18,21 b	24,11 a	27,28 c	32,22 b
L ₄	11,25 b	13,86 e	21,07 d	24,94 e	29,19 e
L ₅	10,00 d	17,10 c	23,55 a	28,95 b	30,20 d
L ₆	10,25 d	14,57 d	20,52 d	28,33 b	31,42 c
L ₇	10,64 c	13,88 e	16,57 f	22,14 f	25,69 f
L ₈	12,02 a	17,66 b	21,63 c	28,53 b	31,23 c
L ₉	11,00 b	14,33 d	21,12 d	26,92 c	29,38 e

CV (%) = 2,01

Lotes	Germinação (%)				
	Períodos de envelhecimento (horas)				
	0	24	48	72	96
L ₁	97,00 a	93,00 a	91,00 a	71,00 a	37,00 a
L ₂	96,00 a	89,00 a	71,00 c	51,00 c	24,00 b
L ₃	95,00 a	83,00 b	75,00 b	55,00 b	30,00 b
L ₄	87,00 b	46,00 e	24,00 f	07,00 g	02,00 f
L ₅	88,00 b	80,00 c	70,00 c	50,00 c	15,00 d
L ₆	82,00 c	78,00 c	74,00 b	41,00 d	18,00 d
L ₇	77,00 d	67,00 d	54,00 d	34,00 e	09,00 e
L ₈	59,00 e	42,00 e	39,00 e	18,00 f	01,00 f
L ₉	58,00 e	38,00 f	20,00 f	07,00 g	05,00 e

CV (%) = 5,86

Lotes	Comprimento de plântulas (cm)				
	Períodos de envelhecimento (horas)				
	0	24	48	72	96
L ₁	15,3 a	15,2 a	14,6 a	12,5 a	09,2 a
L ₂	12,8 b	12,1 c	11,7 c	09,7 c	06,1 c
L ₃	15,0 a	14,2 b	12,7 b	10,5 b	07,5 b
L ₄	10,0 f	09,6 f	08,1 h	06,1 g	04,5 e
L ₅	11,6 c	11,2 d	10,8 d	08,6 d	05,0 d
L ₆	11,1 d	10,6 e	10,1 e	08,3 d	05,0 d
L ₇	10,3 e	09,8 f	09,2 f	07,5 e	04,2 e
L ₈	09,4 g	08,3 h	08,0 h	06,0 g	03,2 g
L ₉	09,9 f	09,0 g	08,6 g	06,8 f	03,9 f

CV (%) = 2,51

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

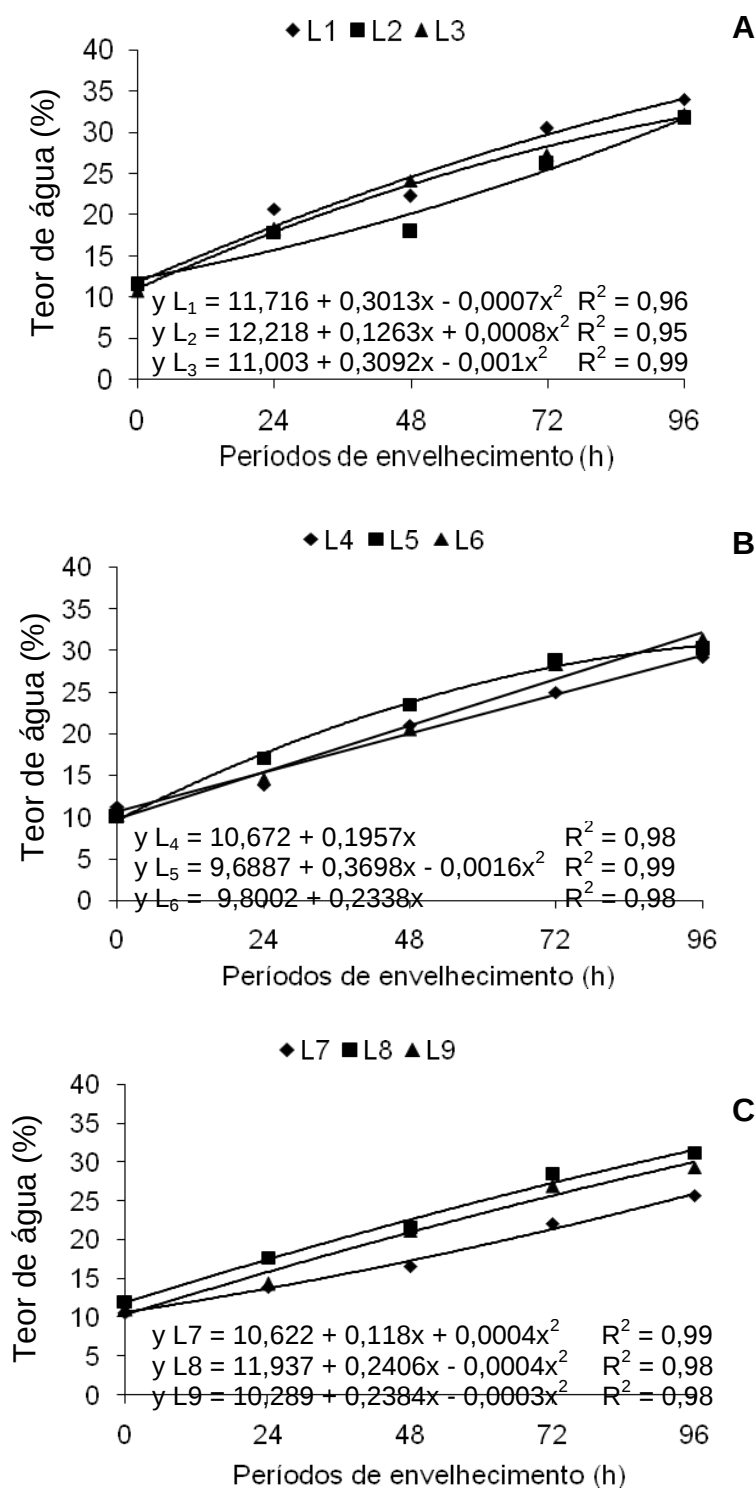


Figura 1. Teor de água de lotes de sementes de *A. cearensis* antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

As reduções mais acentuadas na porcentagem de germinação foram verificadas a partir de 48 h de envelhecimento e pode-se verificar, também, comportamento semelhante dos lotes L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN) ao longo dos períodos de envelhecimento, sendo que o lote L₁ manteve 37% de germinação após 96 h (Tabela 2 e Figura 2A). Resultados semelhantes aos constatados neste trabalho foram obtidos em sementes de *Erythrina velutina* Willd., as quais sofreram uma redução drástica na qualidade fisiológica a partir de 72 h de envelhecimento, permitindo assim a diferenciação dos lotes em níveis de vigor (GUEDES et al., 2009a).

Os lotes L₄ (Figura 2B), L₇, L₈ e L₉ (Figura 2C) (Santa Gertudres, Malta, Aparecida e Souza - PB, respectivamente) podem ser considerados como de baixo vigor, uma vez que a permanência das sementes às condições de envelhecimento reduziu a germinação das sementes a partir de 48 h chegando a percentuais próximos de zero, com 96 h de exposição ao envelhecimento. A redução gradativa da viabilidade e do vigor das sementes, promovida pelas condições estressantes durante o envelhecimento acelerado deve-se, possivelmente, a um maior consumo das reservas nutritivas do embrião, decorrente da acelerada atividade metabólica nestas condições (FERREIRA et al., 2004). Os autores ainda afirmaram que as sementes envelhecidas ficam com menor atividade das enzimas hidrolíticas, as quais são responsáveis pela mobilização das reservas para o crescimento do embrião, do que as sementes não envelhecidas.

O teste de envelhecimento acelerado foi eficiente na separação de lotes de sementes de *Solanum sessiliflorum* Dunal, em diferentes níveis de vigor, empregando-se a temperatura de 41 °C por 72 ou 96 h, havendo uma correlação com os dados do teste de emergência em campo (PEREIRA e MARTINS FILHO, 2010), reforçando as informações obtidas para as sementes de *Amburana cearensis* no presente trabalho.

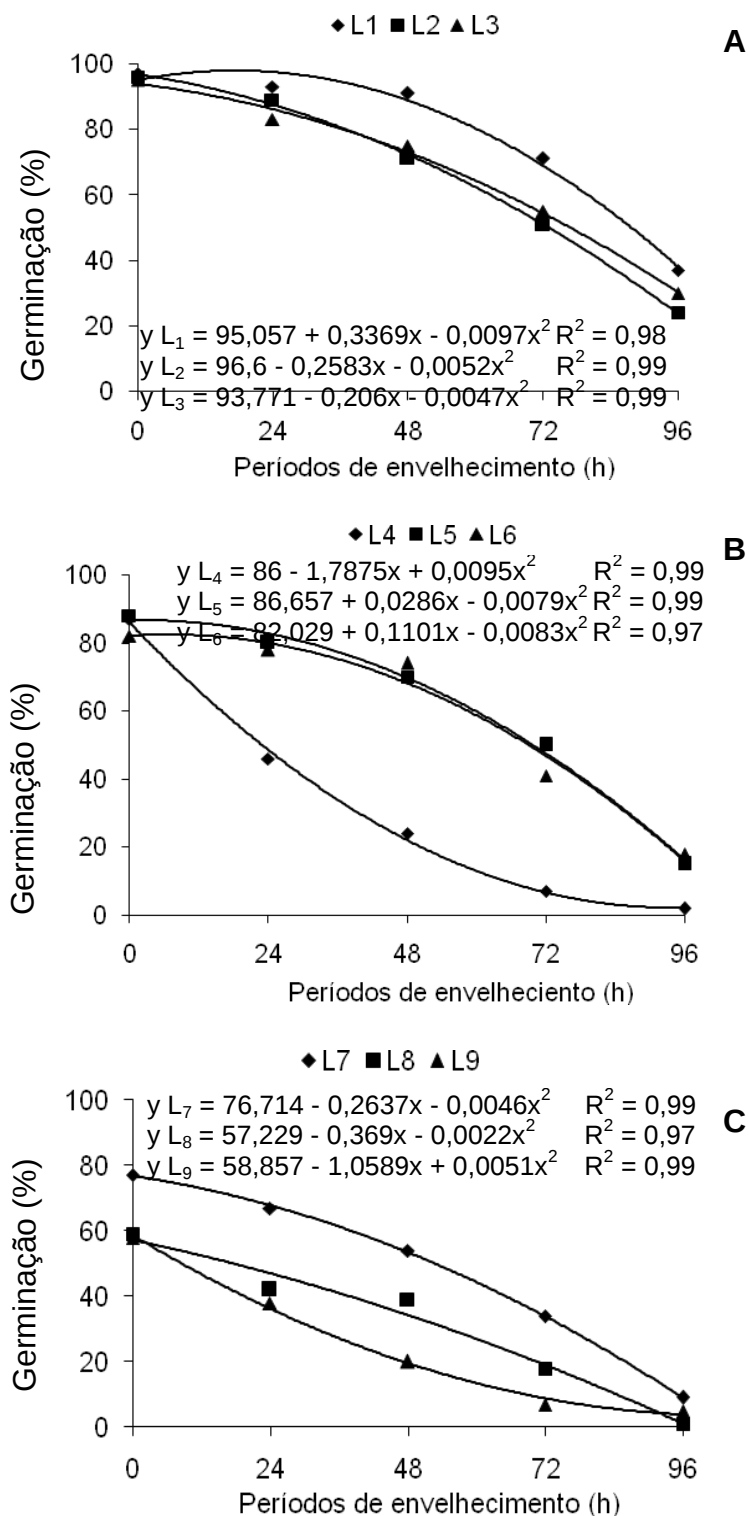


Figura 2. Germinação (%) de lotes de sementes de *A. cearensis* antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

A emergência de plântulas em campo (Figura 3) foi eficiente na separação de lotes, além de concordar com os resultados do teste de envelhecimento acelerado, indicando a superioridade do vigor do lote L₁, seguido dos lotes L₂ e L₃ (Serra Negra - RN), bem como a identificação dos lotes L₄, L₈ e L₉ (Santa Gertudres, Aparecida, e Souza - PB) como sendo de vigor inferior e os lotes L₅, L₆ e L₇ (São Bentinho, Patos e Malta - PB) de vigor intermediário.

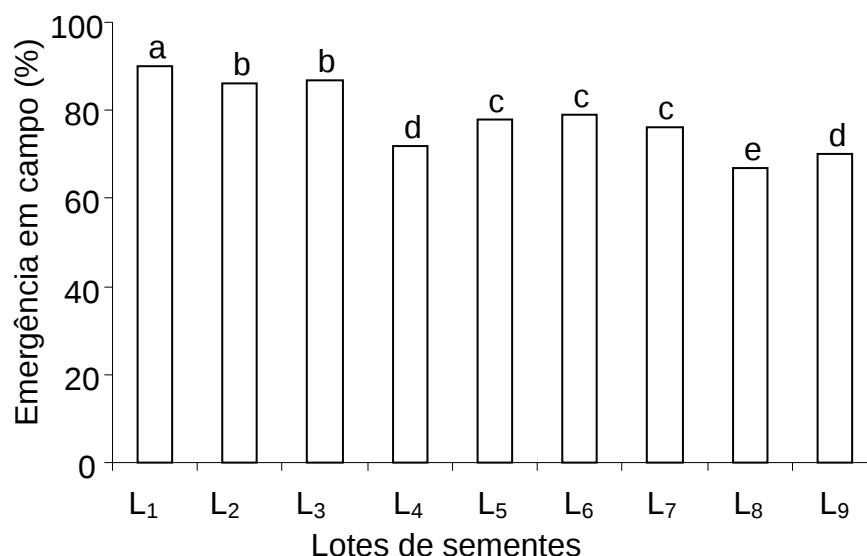


Figura 3. Emergência de plântulas oriundas de nove lotes de sementes de *A. cearensis*.

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas barras não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

Dentre os critérios de avaliação da confiabilidade de um determinado teste para avaliação da qualidade de sementes de diferentes lotes, a correlação dos resultados desse teste com os de emergência em campo é um dos mais adotados (MARCOS FILHO, 1999). Esse teste é considerado o melhor indicativo para inferir sobre o vigor de lotes de sementes, pois na sua execução devem ser utilizadas condições que simulem aquelas que as sementes estarão sujeitas por ocasião da semeadura em campo (SILVEIRA et al., 2002). Para as sementes de *Calendula officinalis* L. (SILVEIRA et al., 2002) e *Erythrina velutina* Willd (GUEDES et al., 2009b) o teste de emergência em campo foi eficiente para a separação dos lotes em níveis de vigor.

A avaliação do comprimento das plântulas de *A. cearensis* tornou mais evidente o comprometimento do vigor das sementes quando submetidas às condições do estresse impostas pelo teste de envelhecimento, havendo decréscimo do comprimento das plântulas à medida que se elevou o período de condicionamento (Figura 4). Esses resultados indicam que a exposição das sementes de *A. cearensis* às condições adversas de temperatura e umidade por períodos superiores a 48 h, além de provocar redução drástica na viabilidade das sementes estudadas, compromete a formação de mudas de boa qualidade.

Os dados obtidos para os lotes de sementes de *A. cearensis* concordam com aqueles observados por Matthews (1985) quando relatou que, sob o aspecto do comportamento fisiológico da semente, a manifestação inicial do processo de envelhecimento é o declínio da velocidade de germinação seguido pela redução do tamanho das plântulas. O autor ainda afirmou que a ocorrência de anormalidades nas plântulas, nos estádios finais da deterioração é determinada pela morte parcial ou total de tecidos importantes, em diferentes regiões da semente.

A aplicação dos testes de emergência e comprimento de plântulas consolidou os dados obtidos com o envelhecimento. Portanto ressalta-se a importância do uso de mais um teste para determinar o vigor dos lotes de sementes, devido à influência dos métodos adotados e uso de situações específicas de estresse para estimar o comportamento relativo dos lotes em campo.

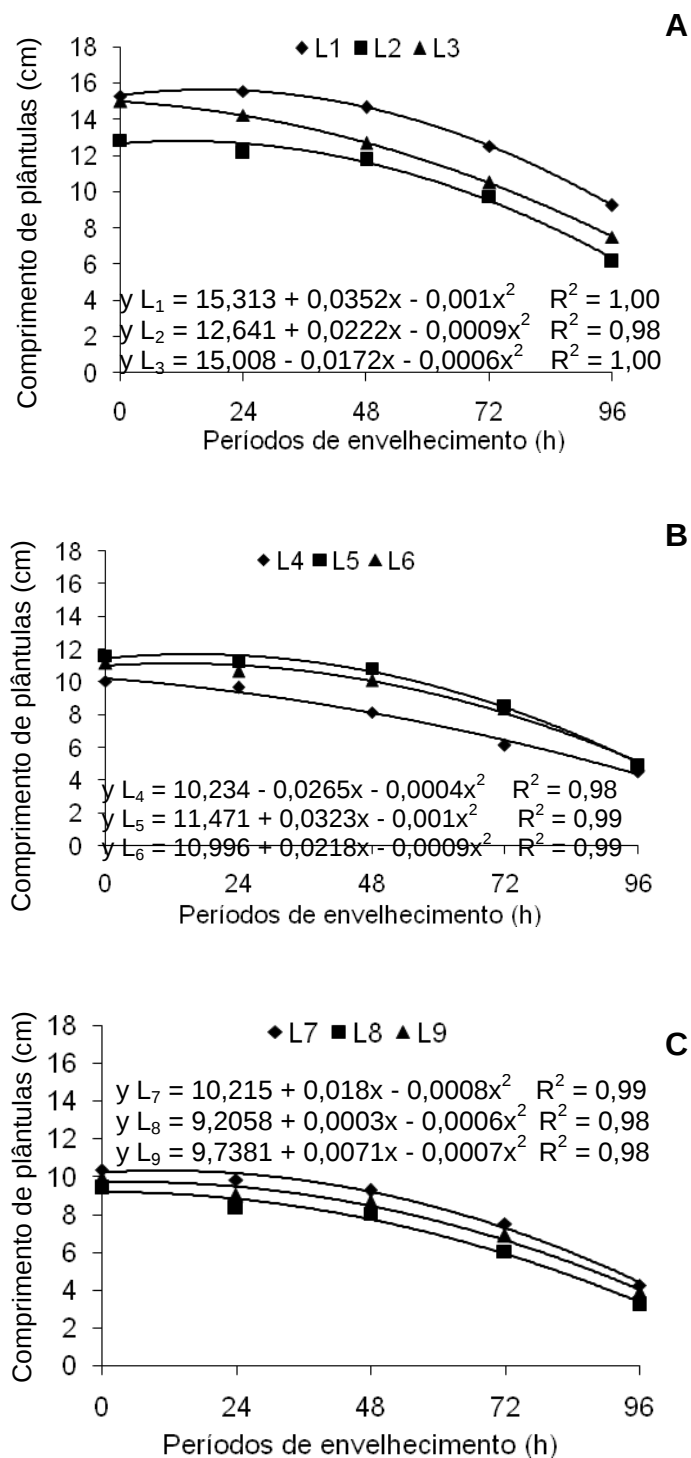


Figura 4. Comprimento de plântulas de *A. cearensis* oriundas de lotes de sementes antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado por diferentes períodos. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

4. CONCLUSÃO

O período de exposição de 48 h é adequado para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de *A. cearensis*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R.; BEZERRA, A.M.E.; LEAL, L.K.A.M.; VIANA, G.S.B. **Uso de plantas jovens de *Amburana cearensis* A.C. Smith: alternativa para preservação e exploração econômica da espécie**. Petrolina, 2008. 24p. (EMBRAPA Semi-Árido. Documentos, 208).

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R.; BEZERRA, A.M.E. Estudo fitoquímico de espécimens cultivados de cumaru (*Amburana cearensis* A. C. Smith). **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.3, p.662-666, 2010.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.345-352, 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** (Sistema para análise de variância para dados balanceados). Lavras, UFLA, 1992. 79p.

FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, D.; OLIVEIRA, A.F.; GEMAQUE, R.C.R. Qualidade fisiológica de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinoideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, n.1, p.82-86, 2004.

FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. **Manejo de sementes de espécies arbóreas**. Instituto Florestal, São Paulo, 1995. 59p. (IF Série Registros, 15).

GARCIA, L.C.; NOGUEIRA, A.C.; ABREU, D.C.A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan - Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.85-90, 2004.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; BRUNO, R.L.A.; COLARES, P.N.Q. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao

envelhecimento acelerado. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.2, p.323-330, 2009a.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MEDEIROS, M.S.; LIMA, C.R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.4, p.793-802, 2009b.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; FRANÇA, P.R.C.; LIMA, C.R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.3, p.116-122, 2010a.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; BRAGA JÚNIOR, J.M.; VIANA, J.S.; COLARES, P.N.Q. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.1, p.57-64, 2010b.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MOURA, M.F. COSTA, E.G. Emergência e vigor de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função da posição e da profundidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.4, p.843-850, 2010c.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512p.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. D & Z Ed.: São Paulo. 2004. 413p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 1.ed. 2005. 495p.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook of Agriculture**, Wallingford, v.14, n.2, p.89-94, 1985.

MIRANDA, D.M.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de sorgo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.226-231, 2001.

PEREIRA, M.D.; MARTINS FILHO, S. Envelhecimento acelerado em sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p.251-256, 2010.

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

SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de envelhecimento acelerado para a avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (branquilho) - Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.1, p.1-12, 2007.

SILVEIRA, M.A.M.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.Â.A. Comparação de métodos para avaliação da qualidade fisiológica em sementes de calêndula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.24-30, 2002.

TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.2, p.108-112, 2001.

VALENTINI, S.R.T.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Aplicação do teste de vigor em sementes. **IF Série Registros**, São Paulo, n.14, p.75-84, 1995.

ARTIGO II

**AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.
Smith PELOS TESTES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE
POTÁSSIO**

AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith PELOS TESTES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO

RESUMO

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio têm sido excelente ferramenta para avaliar a qualidade de sementes de diversas espécies e, mais recentemente, estudos têm sido conduzidos visando verificar sua aplicabilidade em sementes florestais. Assim este trabalho objetivou estabelecer metodologia específica do teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio para sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. Para a caracterização do potencial fisiológico dos nove lotes foram realizados os testes de germinação, índice de velocidade, comprimento de plântulas e emergência de plântulas em campo, sendo também determinado o teor de água das sementes. Os fatores considerados para o teste de condutividade elétrica foram: períodos de embebição das sementes (4, 8, 12, 16, 20 e 24 h) e volumes de água deionizada (75 e 100 mL) a 25 °C. O teste de lixiviação de potássio foi realizado com amostras de 50 sementes colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada a 25 °C, cujas leituras foram efetuadas em intervalos de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 h. Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio possibilitaram discriminação dos lotes de sementes, recomendando-se para a condutividade as combinações de 75 mL/20 h e 100 mL/16 e 20 h e para a lixiviação a embebição por 16 h.

Palavras-chave: cumaru; sementes florestais; lotes de sementes; potencial fisiológico.

EVALUATION OF *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith SEED VIGOR BY THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND POTASSIUM LEACHING TEST

ABSTRACT

The electrical conductivity test and potassium leachate test are an excellent means to evaluate seeds physiological quality and more recently studies have been conducted to verify its applicability to tree seeds. This study aimed establish a specific electrical conductivity and potassium leachate methodology for *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. seeds. To characterize the physiological potential the nine seed lots were submitted to the germination test, speed of germination, emergence and length of seedlings, is also determined water content of the seeds. The factors considered for the electrical conductivity test were: soaking time (4, 8, 12, 16, 20 e 24 h) and volume of deionized water (75 and 100 mL) at a constant temperature of 25 °C. The potassium leachate test was carried out with samples of 50 seeds in nine lots, placed in plastic cups containing 75 mL of distilled water at 25 °C. The evaluations were performed at intervals 4, 8, 12, 16, 20 e 24 h. The electrical conductivity test and potassium leachate test possible the discrimination of lots os seeds, it is recommended combinations for electrical conductivity of 75 mL/12 h and 100 mL/8 h and the leaching soaking for 4 h.

Key words: cumaru; forest seeds; lots of seeds; physiological potential.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith é uma essencial florestal de porte arbóreo que chega a atingir entre 10 e 12 metros de altura nas regiões da caatinga (LORENZI, 2002). Nos locais de ocorrência a espécie é bastante utilizada na medicina popular e, os principais órgãos vegetais coletados são as sementes e as cascas, que agem especialmente como emenagogas, antiespasmódicas, para o tratamento de doenças reumáticas, nas afecções do aparelho respiratório, indicadas no tratamento de bronquites, asma, gripes e resfriados (BRAGA, 1976; MATOS et al., 1992; LORENZI e MATOS, 2002). A madeira, popularmente conhecida como cerejeira, também se destaca pela alta durabilidade, sendo empregada para mobiliário fino, lambris, balcões, folhas fraqueadas decorativas, tanoaria, esculturas e marcenaria em geral (LORENZI, 2002).

As pesquisas com a *A. cearensis*, especialmente quando se trata do controle de qualidade de sementes são escassos, entretanto efetivos para promover o estabelecimento da espécie, bem como a propagação com a formação de mudas de alta qualidade. A realização destas pesquisas, portanto, justifica-se pela potencialidade da espécie e pela escassez de informações referentes à produção e análise de sementes. Dessa maneira, torna-se necessário adequar tecnologias que permitam avaliar com rapidez e eficiência lotes de sementes, auxiliando nas tomadas de decisão em relação ao destino dos lotes (SOUZA et al., 2009).

Dentre os testes rápidos utilizados para avaliação do potencial fisiológico de sementes, os mais estudados estão relacionados aos eventos iniciais do seu processo de deterioração propostos por Delouche e Baskin (1973), como a perda da integridade das membranas celulares e redução das atividades respiratórias e de biossíntese, destacando-se, para isso, os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

O teste de condutividade elétrica se baseia na avaliação indireta do estado de organização das membranas celulares, por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999). Marcos Filho (2005) mencionou que a menor velocidade de estruturação das membranas das sementes menos vigorosas, quando embebidas em água tem como

consequência uma maior liberação de exsudatos para o exterior da célula e, portanto, maior condutividade elétrica que aquelas mais vigorosas.

O potássio é o íon inorgânico acumulado em maiores quantidades nas sementes (LOTT et al., 1991) e, por conseguinte o mais lixiviado. Alguns pesquisadores têm sugerido a utilização do teste de lixiviação de potássio como indicador da integridade do sistema de membranas celulares, em virtude da abundância deste íon nas células, dando suporte a confiabilidade do grau de desestruturação das membranas celulares.

O teste de lixiviação de potássio tem princípio semelhante ao descrito para o teste de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes (KIKUTI et al., 2008), com a vantagem adicional de produzir resultados em um período considerável de tempo mais curto. A diferença entre os testes de condutividade e lixiviação de potássio é que, no de condutividade elétrica determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição e, no teste de lixiviação de potássio é realizada a determinação da liberação de um íon específico, neste caso o potássio, visto que este é o principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes durante a embebição (POWELL, 1986; PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

No teste de lixiviação de potássio verifica-se que há menor velocidade de organização das membranas nas sementes menos vigorosas, com maior liberação de exsudatos do exterior das células quando comparadas àquelas mais vigorosas (HAMPTON e TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 2005), consequentemente ocorre maior liberação de potássio.

Poucos são os relatos do uso do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes florestais, havendo registros da aplicação do teste nas sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth. (MARQUES et al., 2002), *Chorisia speciosa* St. Hil. (FANTI e PEREZ, 2005), *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (CALDEIRA e PEREZ, 2008), *Cedrela fissilis* L. (CHEROBINI et al., 2008), *Guazuma ulmifolia* Lam. (GONÇALVES et al., 2008), *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart (GONZALES et al., 2009) e *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (FLAVIO e PAULA, 2010).

Embora alguns resultados demonstrem a potencialidade destes testes, torna-se necessário o ajuste de suas metodologias para sementes de várias espécies florestais

(MARQUES et al., 2002). Ainda conforme os autores, este ajuste além de propiciar resultados mais confiáveis poderá reduzir consideravelmente o tempo de avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes destas espécies, as quais têm como fator complicador, para algumas delas, o longo tempo para completar a germinação.

Com relação às sementes de *Amburana cearensis* verifica-se que são escassas as pesquisas relacionadas à avaliação da sua qualidade fisiológica, neste sentido objetivou-se verificar a eficiência e adequar as metodologias dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação do vigor das mesmas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento e colheita de sementes

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (CCA - UFPB), com sementes de *Amburana cearensis* obtidas diretamente de dez árvores matrizes (cada lote) fenotipicamente superiores, em plena maturidade, sadias, vigorosas e com boa produção, distantes, no mínimo, 20 m entre si, segundo recomendações de Figliolia e Piña-Rodrigues (1995). As sementes foram colhidas, em setembro de 2010, em localidades distintas nos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, as quais correspondem aos lotes descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Lotes de sementes de *A. cearensis* oriundas de diferentes procedências.

Lotes	Municípios de procedência	Coordenada geográfica
L ₁	Serra Negra - RN	S 06°40'13,9"/W 37°25' 55.8"
L ₂	Serra Negra - RN	S 06° 39' 08.2"/W 37° 29' 2.2"
L ₃	Serra Negra - RN	S 06°39'28.5"/W 37°26'45.8"
L ₄	Santa Gertrudes - PB	S 06°56'34.8"/W 37°24'01.5"
L ₅	São Bentinho - PB	S 06°51'48.2"/W 37°44'07.6"
L ₆	Patos - PB	S 06°58'55.9"/W 37°19'50.4"
L ₇	Malta - PB	S 06°55'00.1"/W 37°28'46.7"
L ₈	Aparecida - PB	S 06°54'40.9"/W 37°49'77.6"
L ₉	Souza - PB	S 06°53'58.2"/W 37°24'17.5"

Após a colheita as sementes foram beneficiadas manualmente no LAS, mediante retirada das alas e mantidas em laboratório, à sombra, até a montagem do experimento (cerca de 15 dias). Para a obtenção de amostras homogêneas e representativas dos lotes foi empregado um homogeneizador manual tipo solo e, em seguida foram realizados os seguintes testes e determinações.

2.2. Características avaliadas

2.2.1. Teor de água

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24h (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes, cujos resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.2. Teste de germinação

Quatro repetições de 25 sementes de cada lote foram previamente tratadas com fungicida Captan[®], na proporção de 240 g para 10.000 g de sementes. Para condução do teste utilizou-se o substrato vermiculita e a temperatura de 35 °C conforme metodologia de Guedes et al. (2010a), sendo o substrato umedecido com água destilada a 60% de sua capacidade de retenção e, as sementes foram semeadas a uma profundidade de 3,5 cm em bandejas plásticas com dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,11 m de acordo com Guedes et al. (2010b). A avaliação da porcentagem final de germinação foi efetuada aos 12 dias considerando-se como sementes germinadas aquelas que haviam emitido o epicótilo acima do substrato (plântulas normais), conforme determinações de Guedes et al. (2010a).

2.2.3. Primeira contagem de geminação

A primeira contagem de geminação foi conduzida conjuntamente com o de germinação, computando-se o número de sementes germinadas aos oito dias após a instalação do teste (GUEDES et al., 2010a), sendo os dados expressos em porcentagem.

2.2.4. Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação foi avaliado conjuntamente com o teste de germinação, com a realização de contagens diárias das sementes germinadas, do 8^o até o 12^o dia após a semeadura (GUEDES et al., 2010a) e, o índice de velocidade de germinação foi calculado empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

2.2.5. Comprimento de plântulas

Após a contagem final do teste de germinação, as plântulas normais de cada tratamento e repetição foram medidas, da raiz até a parte aérea, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm plântula⁻¹.

2.2.6. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio

Ambos os testes foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote, previamente selecionadas para remoção daquelas com tegumento danificado e pesadas com precisão de 0,001 g. No teste de condutividade elétrica as sementes foram colocadas em copos plásticos contendo 75 e 100 mL de água deionizada e mantidas à temperatura de 25 °C por 4, 8, 12, 16, 20 e 24 h. Após cada período de embebição, a condutividade elétrica da solução de embebição foi determinada por meio de leituras em condutivímetro DIGIMED, modelo 21, com os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de semente. À exceção dos fatores estudados, o teste foi conduzido conforme descrito por Vieira e Krzyzanowski (1999).

Para o teste de lixiviação de potássio utilizou-se 75 mL de água deionizada e a mesma temperatura e períodos da condutividade elétrica. Após cada período de embebição foram retiradas alíquotas de 5 mL de cada exsudato para a determinação da quantidade de potássio lixiviado mediante leitura em fotômetro de chama (DIGIMED, modelo DM 62). O cálculo da lixiviação de potássio foi através da multiplicação da leitura obtida no fotômetro de chama (K mL^{-1}) pelo volume de água destilada (mL) e dividido pelo peso da amostra (g). Os resultados obtidos foram expressos em ppm de $\text{K}^+ \text{ g}^{-1}$ de semente, correspondendo a valores médios por lote.

2.2.7. Teste de emergência

Para a emergência em campo utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes de cada lote, as quais foram semeadas em sulcos de 1,0 m de comprimento e distanciadas 20 cm entre si, a uma profundidade de 3,5 cm conforme recomendação de Guedes et al. (2010b). Durante o período de condução do teste a temperatura do ambiente foi de 35 °C e umidade relativa do ar de 67%. O umedecimento dos canteiros foi diário e, as contagens do número de plântulas emergidas efetuadas diariamente dos 12 até aos 18 dias após a semeadura (GUEDES et al., 2010b), considerando-se como emergidas as plântulas que haviam emitido o epicótilo acima do substrato, sendo os resultados expressos em porcentagem.

2.3. Delineamento experimental e análise estatística

Os dados de porcentagem, primeira contagem e índice de velocidade de germinação foram analisados segundo o delineamento inteiramente ao acaso, enquanto os de emergência em campo foram em blocos ao acaso, em quatro repetições por tratamento (lote) e, as médias comparadas entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, sem transformação de dados.

Os dados de condutividade elétrica foram analisados separadamente para cada combinação lotes/volume de água/tempo de condicionamento e, as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente ao caso, com quatro repetições por tratamento.

Para avaliar a evolução nos valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, com o aumento do tempo de embebição procedeu-se o estudo de regressão polinomial, selecionando-se a equação de maior grau com significância estatística a 5% pelo teste F. Na realização das análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os dados referentes à avaliação inicial da qualidade fisiológica dos nove lotes de sementes de *Amburana cearensis*. Quanto ao teor de

água verifica-se que ocorreram pequenas variações entre as sementes dos diferentes lotes (10,25 a 12,02%), estando, de acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999) dentro da faixa que não influenciaria no teste de condutividade.

Apesar de ter ocorrido diferenças estatísticas entre os teores de água dos lotes de sementes pode-se considerar que as mesmas foram pequenas e, portanto não devem ter interferido nas avaliações. Este fato é importante para a execução dos testes, considerando-se que a uniformização do teor de água das sementes é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (AOSA, 1983; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999), sendo recomendado para a condução do teste de condutividade elétrica o teor de água das sementes entre 10 a 17% (AOSA, 1983).

Tabela 2. Caracterização da qualidade fisiológica inicial dos lotes de sementes de *A. cearensis* pelo teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP) e emergência em campo (EC).

Lotes	TA (%)	G (%)	PCG (%)	IVG	CP (cm)	EC
L ₁	11,00 b	98,00 a	66,00 a	2,941 a	17,442 a	90,00 a
L ₂	11,50 b	88,00 b	33,00 b	2,332 b	14,656 b	86,00 b
L ₃	10,75 c	92,00 a	26,00 c	2,572 b	15,054 b	87,00 b
L ₄	11,25 b	79,00 c	14,00 e	2,171 b	11,453 e	72,00 d
L ₅	10,27 c	86,00 b	21,00 d	2,384 b	14,111 c	78,00 c
L ₆	10,25 c	82,00 c	16,00 e	2,276 b	12,638 d	79,00 c
L ₇	10,64 c	78,00 c	9,00 f	2,124 b	11,643 e	76,00 c
L ₈	12,02 a	66,00 d	2,00 g	1,449 c	9,776 g	67,00 e
L ₉	11,00 b	77,00 c	4,00 g	1,632 c	10,293 f	70,00 d
CV	2,01	3,07	14,54	8,49	2,53	2,39

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

Os lotes de sementes de *A. cearensis* diferiram entre si pelo teste de germinação, entretanto com estes dados não é possível emitir parecer da vigor das sementes, uma vez que não foi permitida maior separação dos lotes em níveis de vigor. Os resultados do teste de primeira contagem de germinação foram mais sensíveis que os de germinação, classificando o lote L₁ (Serra Negra - RN) como de qualidade superior e os

lotes procedentes de Aparecida e Souza - PB (L_8 e L_9) foram apontados como de baixa qualidade, quando comparados aos demais. Estes lotes também foram significativamente inferiores aos demais quando se considerou a velocidade de germinação. Com a avaliação do índice de velocidade de germinação registrou-se o lote L_1 , procedente de Serra Negra - RN como sendo um lote de alto vigor (Tabela 2).

Na Tabela 2 encontram-se os dados do teste de emergência em campo, observando-se que as sementes do lote L_1 (Serra Negra - RN) foram as que atingiram maior porcentagem de emergência (90%), possibilitando a sua classificação como um lote de alta qualidade fisiológica, seguido dos lotes L_2 e L_3 (Serra Negra - RN). Os resultados do teste de emergência de plântulas também indicaram a baixa qualidade dos lotes L_4 , L_8 e L_9 , cujas sementes foram coletadas em Santa Gertrudes, Aparecida e Souza, na Paraíba, respectivamente. Com a avaliação do comprimento total das plântulas foi possível estratificar os lotes em pelo menos três níveis de potencial fisiológico, ou seja, alto vigor (lotes L_1 , L_2 e L_3), vigor intermediário (lotes L_5 , L_6 e L_7) e baixo vigor (lotes L_4 , L_8 e L_9) (Tabela 2). Pode-se concluir que a separação mais ampla dos lotes em níveis de vigor foi obtida nos testes de emergência em campo, seguido do comprimento de plântulas.

A obtenção destes dados concorda com outros autores que propuseram ser o comprimento das plântulas mais sensível para diferenciar lotes de sementes de soja (VANZOLINI et al., 2007). Os testes de comprimento de plântulas e de emergência em campo também foram indicados por Guedes et al. (2009) como viáveis para separação de lotes de sementes.

O teste de condutividade elétrica (CE) confirmou diferenças entre as sementes em função dos locais de coleta, sendo possível diferenciar os lotes mais vigorosos (Tabela 3 e Figura 1) e, mais uma vez, as sementes coletadas em Serra Negra - RN foram as de maior vigor, consequentemente com menor condutividade elétrica. Para as sementes do lote L_1 foi possível a classificação como sementes de alto vigor, em razão da baixa liberação de lixiviados para a solução a partir das 4 h de embebição, corroborando com os resultados de porcentagem, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas e emergência das plântulas em campo (Tabela 2 e 3). Com a utilização do volume de 75 mL de água e 12 h ou 16 h de

embebição os valores da condutividade indicaram a possibilidade de ordenar os lotes em diferentes níveis de vigor, com significativa redução no período de condicionamento das sementes e com alta confiabilidade (Tabela 3 e Figura 1).

Tabela 3. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de *A. cearensis* embebidas em 75 e 100 mL de água.

Lotes	Volume de água 75 mL					
	Períodos de embebição (horas)					
	4	8	12	16	20	24
L ₁	1,979 a	2,097 a	2,216 a	2,293 a	2,393 a	2,509 a
L ₂	2,079 a	2,375 b	2,831 b	3,278 b	3,553 b	4,827 b
L ₃	2,698 b	3,096 c	3,518 c	3,961 c	4,058 c	5,241 c
L ₄	2,966 d	3,181 c	3,918 f	4,541 d	4,638 d	6,022 e
L ₅	2,849 c	3,167 c	3,667 d	3,980 c	4,520 d	5,821 d
L ₆	2,985 d	3,218 c	3,815 e	4,584 d	4,958 e	6,058 e
L ₇	2,994 d	3,317 d	3,957 f	4,849 e	4,974 e	6,174 f
L ₈	3,103 d	3,439 e	3,992 f	5,051 f	5,353 g	6,957 h
L ₉	3,058 d	3,320 d	3,959 f	4,925 e	5,137 f	6,530 g
CV = 1,78						
Lotes	Volume de água 100 mL					
	Períodos de embebição (horas)					
	4	8	12	16	20	24
L ₁	1,489 a	1,549 a	1,762 a	1,797 a	1,883 a	2,062 a
L ₂	1,501 a	1,866 b	2,304 b	2,743 b	3,051 b	4,370 b
L ₃	2,150 b	2,586 c	3,034 c	3,454 c	3,532 c	4,756 c
L ₄	2,449 d	2,646 d	3,426 f	4,074 d	4,137 e	5,517 e
L ₅	2,405 c	2,685 d	3,146 d	3,476 c	3,615 d	5,305 d
L ₆	2,481 d	2,749 e	3,355 e	4,043 d	4,142 e	5,505 e
L ₇	2,448 d	2,805 e	3,448 f	4,397 e	4,471 f	5,679 f
L ₈	2,625 e	2,903 f	3,492 f	4,517 f	4,807 h	6,455 h
L ₉	2,606 e	2,809 e	3,457 f	4,443 e	4,682 g	6,012 g
CV = 1,02						

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN), L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB) e L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

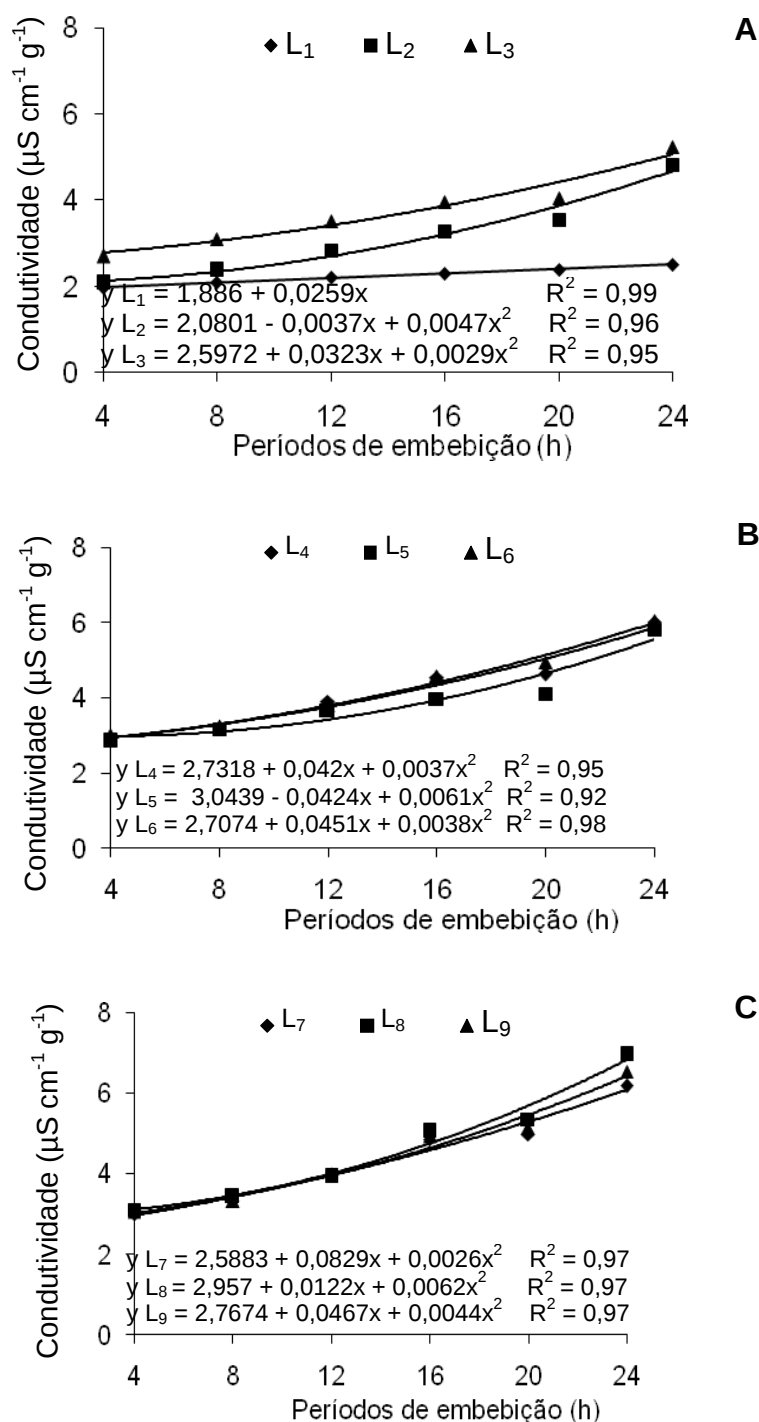


Figura 1. Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de *A. cearensis* embebidas em 75 mL de água deionizada. A - L_1 , L_2 e L_3 (Serra Negra - RN); B - L_4 , L_5 e L_6 (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L_7 , L_8 e L_9 (Malta, Aparecida e Souza - PB).

As várias combinações, lotes/período de embebição/volume de 75 mL indicaram aumento progressivo das leituras no intervalo de 4 a 16 h, entretanto foi possível a separação dos lotes em níveis de vigor a partir de 12 h de exposição a condição de envelhecimento (Figura 1 e Tabela 3). Quando se utilizou 100 mL de água na solução de embebição verificou-se que no período de 8h houve separação dos lotes de sementes (Figura 2 e Tabela 3).

Para explicar estes eventos é importante ressaltar que a embebição das sementes em água obedece a um padrão trifásico e que, principalmente, no início do processo de embebição ocorre uma rápida e intensa liberação de eletrólitos até atingir um ponto de equilíbrio (Fase II), quando as membranas celulares se reorganizam (BEWLEY e BLACK, 1994) e, isto pode justificar este comportamento das sementes de *A. cearensis* entre estes períodos de embebição. O autor acrescentou que o aumento da condutividade nos maiores períodos (24 h) deve ser decorrente da maior absorção da água ocorrida na Fase III do padrão trifásico de absorção, que caracteriza a germinação e o crescimento do eixo embrionário.

Outra explicação pode ser obtida a partir do conhecimento do mecanismo de hidratação da semente e da importância do tegumento neste processo mencionado por Marcos Filho (2005), o qual mencionou que o tegumento atua, inicialmente, como retardador do influxo de água e, posteriormente facilita a movimentação de água para o interior da semente, permitindo que os cotilédones se hidratem de maneira uniforme. Deste modo há um aumento da concentração dos lixiviados na solução de embebição, como consequência da maior absorção de água por parte da semente.

Trabalhando com lotes de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex. Benth., Marques et al. (2002) verificaram que a diferenciação dos lotes foi mais eficiente quando se usou 75 mL de água deionizada e amostras de 50 sementes por, pelo menos, 36h de embebição. O teste de condutividade elétrica foi indicado como promissor para a diferenciação de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana*, podendo ser conduzido a 25 °C, com o uso de 75 sementes embebidas em 75 mL de água por 24 h (SANTOS e PAULA, 2005).

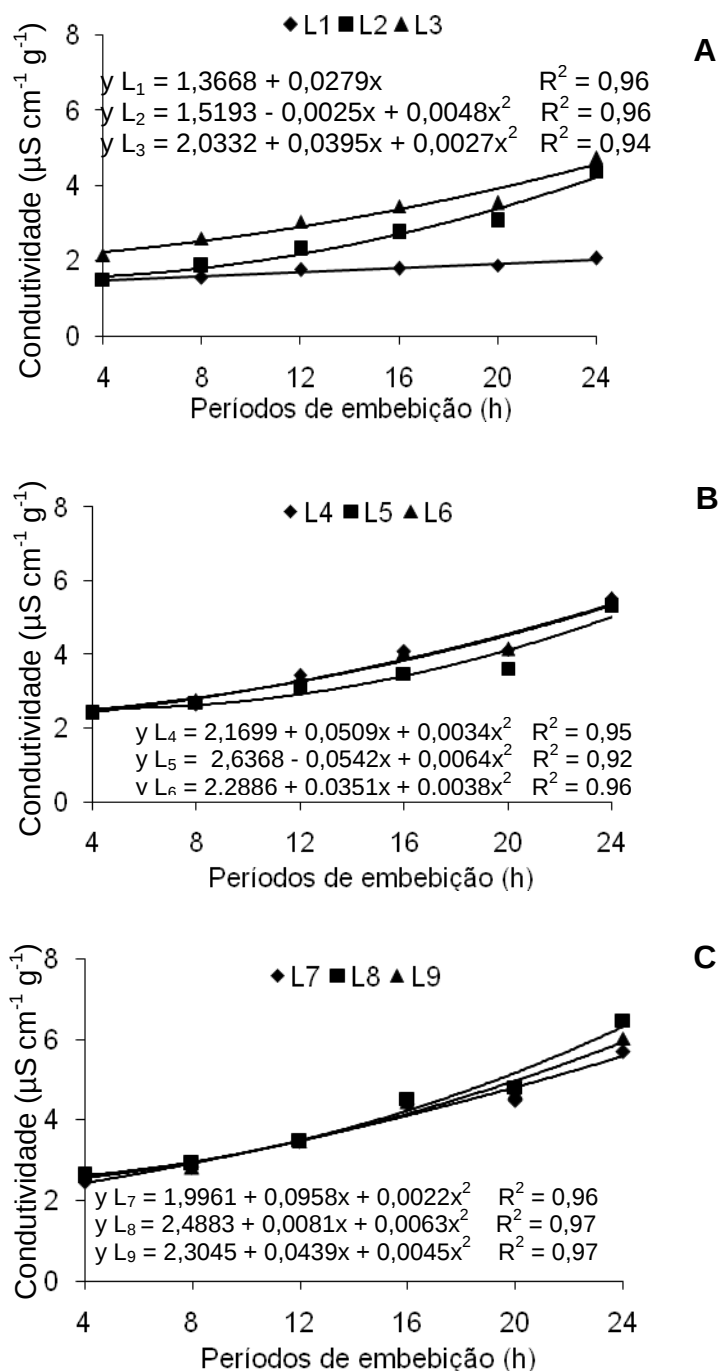


Figura 2: Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) de nove lotes de sementes de *A. cearensis* embebidas em 100 mL de água deionizada. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

Para determinar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, a condição mais adequada para o teste de condutividade elétrica foi a utilização de 50 sementes em 75 mL de água por seis horas a 30 °C (DUTRA et al., 2007). No teste de condutividade elétrica, com o uso de 75 sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam., com 50 ou 75 mL foi possível constatar que os períodos de embebição de seis e quatro horas ordenaram os lotes (GONÇALVES et al., 2008). Para avaliar o vigor de sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss., Flavio e Paula (2010) recomendaram o teste de condutividade elétrica com 25 sementes embebidas em 50 mL de água deionizada, por pelo menos 48h a 25 °C.

Com o aumento do volume de água para 100 mL constatou-se que, quando se mantiveram constantes os outros fatores (quantidade de sementes e período de embebição) estabeleceu-se, em geral, relação direta com a diminuição do valor da lixiviação (Tabela 2 e Figura 2). Maiores valores de condutividade elétrica em menores volumes de água podem ser atribuídos ao fato de que a embebição, em um volume maior de água, implica maior diluição dos lixiviados (LOEFFLER et al., 1988). O emprego de 100 mL para embebição das sementes permitiu comportamento similar aquelas embebidas a 75 mL, com separação dos lotes, de modo mais preciso e confiável no período de 12 e 16 h de embebição (Figura 2 e Tabela 3).

Através da comparação dos dados obtidos verificou-se que as combinações 75 mL/12 h (Figura 1) e 100 mL/8 h (Figura 2), no teste de condutividade elétrica proporcionaram resultados mais compatíveis identificando, os lotes L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN) como os de alto vigor; os lotes L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos, Paraíba) como de vigor intermediário e, os lotes L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza, Paraíba), como de menor desempenho. Portanto detectou-se significativa redução no período de condicionamento das sementes, em relação ao período de 24 h, adotado pela pesquisa como padrão para testes de condutividade elétrica proposto por Vieira e Krzyzanowski (1999). Estes resultados permitem a avaliação da qualidade fisiológica das sementes rapidamente, encurtando o período de tomada de decisão da indústria de sementes.

Um dos fatores que pode ter contribuído para obtenção de lotes com diferentes níveis de vigor deve-se a grande variabilidade genética entre os indivíduos, uma vez

que estes são constituídos de sementes de diferentes procedências. Conforme observação de Bonner (1998) a aplicação do teste de condutividade elétrica em sementes florestais dificilmente terá a mesmo desempenho do que em sementes de grandes culturas, mas constitui-se de uma ferramenta que pode auxiliar, em combinação com outros testes, na identificação de lotes de diferentes potenciais fisiológicos, assim como comprovado para sementes de *A. cearensis* no presente trabalho.

Com o teste de lixiviação evidencia-se que a maior expressão do vigor foi obtida pelas sementes dos lotes L₁ e L₃ (Serra Negra - RN), os quais foram identificados como tendo um desempenho melhor em todos os períodos de embebição do teste de lixiviação (Tabela 4 e Figura 3A). Este teste forneceu informação compatível ao de outros testes de vigor realizados no presente trabalho, com a vantagem significativa da rapidez com que se obteve a separação dos lotes em níveis de vigor (4 h de embebição).

Tabela 4. Lixiviação de potássio (ppm g⁻¹) de diferentes de lotes de sementes de *A. cearensis* submetidas a diferentes períodos de embebição.

Lotes	Períodos de embebição (horas)					
	4	8	12	16	20	24
L ₁	36,83 a	36,88 a	38,11 a	38,79 a	38,86 a	39,93 a
L ₂	37,82 b	38,72 b	38,92 b	39,50 b	39,97 b	40,43 b
L ₃	37,00 a	37,12 a	38,39 a	38,93 a	39,08 a	39,98 a
L ₄	41,58 e	42,95 e	44,09 f	44,87 f	45,74 f	46,68 f
L ₅	41,11 d	42,17 d	42,90 d	43,08 d	43,63 d	44,91 d
L ₆	40,17 c	40,90 c	41,26 c	41,73 c	42,24 c	42,89 c
L ₇	41,84 e	42,69 e	43,59 e	44,54 e	45,03 e	45,45 e
L ₈	43,93 f	44,25 f	44,85 g	45,34 h	46,25 h	48,21 h
L ₉	41,99 e	43,00 e	43,87 f	45,05 g	45,98 g	47,02 g
CV = 0,74						

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB) e L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

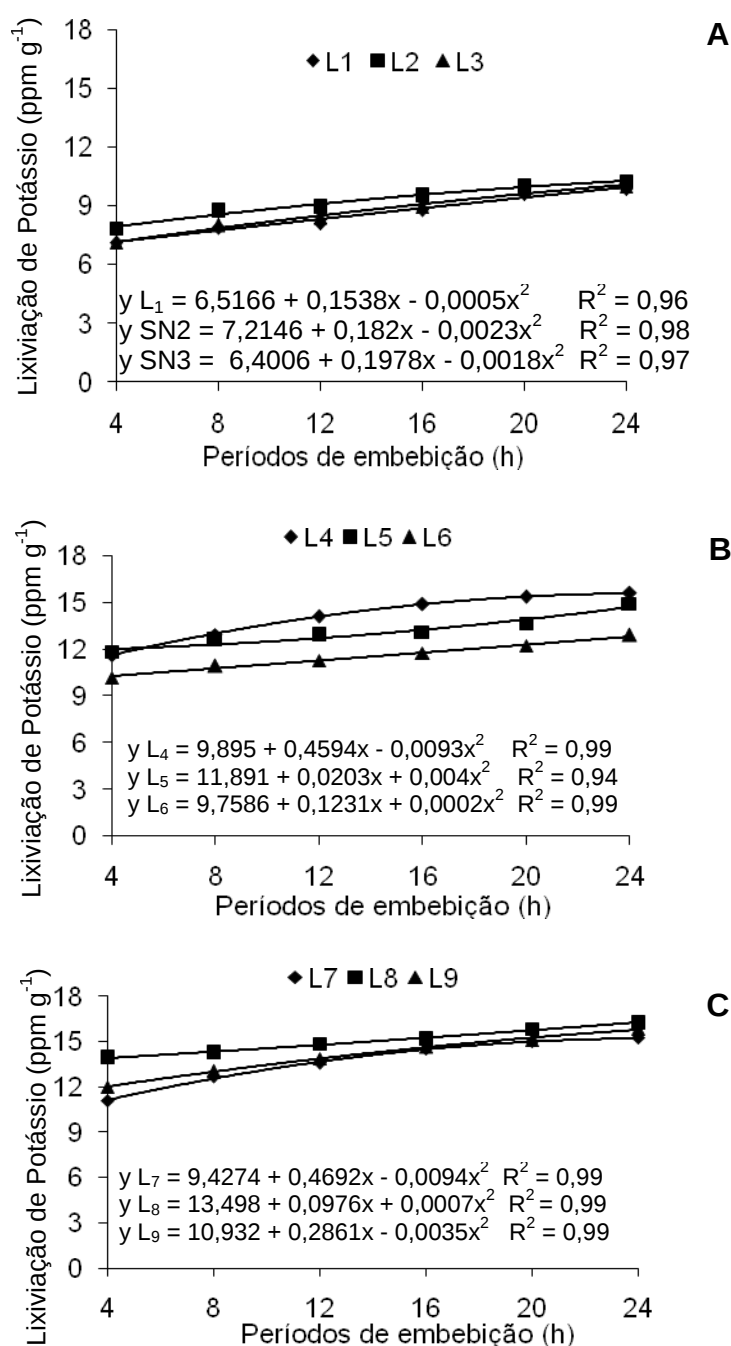


Figura 3: Lixiviação de potássio (ppm g⁻¹) de diferentes lotes de sementes de *A. cearensis* submetidas a diferentes períodos de embebição. A - L₁, L₂ e L₃ (Serra Negra - RN); B - L₄, L₅ e L₆ (Santa Gertrudes, São Bentinho e Patos - PB); C - L₇, L₈ e L₉ (Malta, Aparecida e Souza - PB).

Apesar da germinação e do vigor estar intimamente associados, o vigor das sementes é altamente complexo em relação a germinação e fornece informações adicionais para auxiliar na diferenciação do potencial fisiológico dos lotes de sementes, capacidade de armazenamento e potencial de desempenho em campo. Portanto é desejável que na aplicação dos testes de vigor sejam considerados a rapidez, simplicidade, objetividade, a reprodutibilidade dos resultados dos testes e relação com a emergência das plântulas em campo (MIGUEL e MARCOS FILHO, 2002).

O teste de lixiviação que segue o mesmo princípio do teste de condutividade elétrica só fornece resultados após um período de 24 h de embebição (AOSA, 1983). Neste sentido, a aplicação do teste de lixiviação torna-se importante para tomada de decisão rápida e eficiente, por parte da indústria de sementes, especialmente na análise do vigor das sementes de *A. cearensis*, em que se verifica a análise do vigor das sementes após 4 h de embebição.

O período de embebição de 4 h permitiu a identificação dos lotes L₁ e L₃ (Serra Negra - RN) como os de alto vigor (Tabela 4 e Figura 3A), enquanto que o lote L₈ (Aparecida - PB), como de menor desempenho (Figura 1). Estes resultados permitem a avaliação da qualidade fisiológica das sementes rapidamente, abreviando o período de tomada de decisão da indústria de sementes. A classificação dos lotes de sementes de *A. cearensis* em vigor intermediário consistiu em uma suposição ou sugestão baseada no comportamento das sementes quando submetidas aos demais testes de vigor, uma vez que a identificação dos lotes de sementes com vigor intermediário ainda é um desafio para a pesquisa de sementes, uma vez que os resultados muitas vezes se sobrepõem entre lotes de vigor superior e/ou menor vigor, dependendo do teste realizado. Esta é uma observação comum, especialmente quando os lotes de sementes possuem estreitas diferenças de qualidade (McDONALD e WILSON, 1979; MARCOS FILHO et al., 1984). Assim é aconselhável que os testes de vigor para serem eficientes na indústria de sementes devam expor as diferenças no desempenho entre alto e baixo potencial fisiológico de lotes de sementes (MIGUEL e MARCOS FILHO, 2002).

Os resultados desta pesquisa confirmam as observações de Custódio e Marcos Filho (1997), Barros et al. (1999) e Panobianco e Marcos Filho (2001), que consideram que a avaliação de um íon específico, como no teste de lixiviação de potássio produz

resultados mais consistente que o teste de condutividade elétrica, por exemplo. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho foi alcançado com a confirmação do uso potencial do teste de lixiviação de potássio para a separação dos lotes de sementes de *A. cearensis* em diferentes níveis de vigor.

4. CONCLUSÕES

Os testes de emergência em campo e comprimento de plântulas são adequados para avaliação do vigor das sementes;

O teste de condutividade elétrica para sementes de *Amburana cearensis* deve ser conduzido com amostras de 50 sementes, nas combinações de 75 mL/12 h e 100 mL/8 h;

O teste de lixiviação de potássio, com embebição de 4 h é uma alternativa eficiente para avaliar o vigor das sementes de *A. cearensis*;

O lote L₁ constituído de sementes procedentes de Serra Negra - RN é o mais vigoroso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).

BARROS, M.A.; OHSE, S.; MARCOS FILHO, J. Ion leakage as indicator of vigor in field bean seeds. **Seed Technology**, Lansing, v.21, n.1, p.44-48, 1999.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BONNER, F.T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, Lansing, v.20, n.1, p.5-17, 1998.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3.ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 510p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

CALDEIRA, S.F.; PEREZ, S.C.J.G.A. Qualidade de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. armazenados sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.3, p.185-194, 2008.

CHEROBINI, E.A.I.; MUNIZ, M.F.B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.1, p.65-73, 2008.

CUSTÓDIO, C.C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.3, p.549-564, 1997.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DUTRA, A.S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F.O. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.280-285, 2007.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.345-352, 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** (Sistema para análise de variância para dados balanceados). Lavras, UFLA, 1992. 79p.

FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Manejo de sementes de espécies arbóreas. Instituto Florestal, São Paulo, 1995. 59p. (IF Série Registros, 15).

FLAVIO, J.J.P.; PAULA, R.C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.87, p.391-399, 2010.

GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DESMATLÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.265-276, 2008.

GONZALES, J.L.S.; PAULA, R.C.; VALERI, S.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae - Mimosoideae. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p.625-634, 2009.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; BRAGA JÚNIOR, J.M.; VIANA, J.S.; COLARES, P.N.Q. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.1, p.57-64, 2010a.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MOURA, M.F. COSTA, E.G. Emergência e vigor de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em

função da posição e da profundidade de semeadura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.4, p.843-850, 2010b.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MEDEIROS, M.S.; LIMA, C.R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.4, p.793-802, 2009.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.N. Controlled deterioration test. In: **Handbook of vigour test methods**. Zürich: International Seed Testing Association, 1995. p.70-78.

KIKUTI, H.; MEDINA, P.F.; KIKUTI, A.L.P.; RAMOS, N.P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.1, p.10-18, 2008.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Plantarum. 2002. 512p.

LOTT, J.N.A.; CAVDEK, V.; CARSON, J. Leakage of K, Mg, Cl, Ca and Mn from imbibing seeds grains and isolated seed parts. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.4, p.229-33, 1991.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling in vigour. **Crop Science**, Madson, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 1.ed. 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H.M.C.; KOMATSU, Y.H.; DEMÉTRIO, C.G.B.; FANCELLI, A.L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e sua relação com emergência de plântulas em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.605-613, 1984.

MARQUES, M.A.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D. 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**, Londrina, v.24, n.1, p.254-262, 2002.

MATOS, F.J.A.; ALENCAR, J.W.; CRAVEIRO, A.A.; MACHADO, M.I.L. Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v.15, n.3, p.181-185, 1992.

McDONALD, M.B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v.4, n.2, p.1-11, 1979.

MIGUEL, M.V.C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.315-319, 2002.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, Lansing, v.23, n.2, p.149-159, 2001.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v.10, n.2, p.81-100, 1986.

SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs - Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.2, p.136-145, 2005.

SOUZA, L.A.; CARVALHO, M.L.M.; KATAOKA, V.Y.; OLIVEIRA, J.A. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras v.31, n.1, p.060-067, 2009.

VANZOLINI, S; ARAKI, C.A.S.; SILVA, A.C.T.M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.29, n.2, p.90-96, 2007.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.4, p.1-26.

ARTIGO III

**UTILIZAÇÃO DO TESTE DE RAIOS X NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith**

UTILIZAÇÃO DO TESTE DE RAIOS X NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

RESUMO

Sementes de leguminosas florestais, como as de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, muitas vezes são alvo de injúrias, além de terem problemas de má-formação do embrião. Estes danos não são comumente detectados, devido à presença de tegumento espesso e duro que impede a visualização das estruturas internas das sementes. O objetivo deste trabalho foi definir uma metodologia e verificar a possibilidade de utilização do teste de raios X, na avaliação dos danos internos em sementes de *A. cearensis*, bem como verificar o efeito desses danos na germinação. O tempo de exposição e a intensidade dos raios X foram previamente estabelecidos utilizando-se quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento (oito lotes). Após serem radiografadas, as sementes foram submetidas ao teste de germinação em papel toalha e colocadas em câmaras de germinação tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) com temperatura controlada a 30 °C e fotoperíodo de 12 h. Os diferentes tipos de tecidos internos, danos morfológicos e físicos nas sementes de *A. cearensis* foram identificados pelo teste de raios X. A análise radiográfica é eficiente como um instrumento para melhorar a qualidade de lotes de sementes de *A. cearensis*, pois não é destrutiva e permite prever o desempenho de plântulas e selecionar sementes de alta qualidade.

Palavras-chave: cumaru; vigor; sementes florestais; análise de sementes.

UTILIZING X-RAYS TO EVALUATE SEED QUALITY in *Amburana cearensis*
(Allemão) A.C. Smith

ABSTRACT

Legume seeds are commonly damaged by mechanical trauma that are invisible to the human eye, making other testing methods such as x-rays useful for injury evaluation. The present study employed X-ray and germination testing to detect alterations in the internal morphology of *A. cearensis* seeds and their effects on seed quality. The optimal methodology, exposure time, and intensity for X-ray testing had been previously established. Four replicates of 25 seeds were used for each treatment (nine lots). After radiographic analysis, the seeds were placed in moist paper towels and incubated for 12 days in a BOD chamber adjusted to a constant temperature (30 °C) and a 12-hour photoperiod. It was possible to use X-rays to identify the different types of internal tissues in *A. cearensis* seeds as well as the presence of any morphological or physical damage. Radiographic analysis is an effective instrument for monitoring *A. cearensis* seed lot quality. This non-destructive analysis allows the prediction of seedling performance and enables the maintenance of high-quality seed.

Key-word: cumaru; vigor; forest seed; seed analysis.

1. INTRODUÇÃO

A *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith é uma essência florestal de porte arbóreo que, no Brasil, chega a atingir 10 a 12 metros de altura (LORENZI, 2002). A espécie é bastante utilizada nos locais de ocorrência, sendo suas sementes e cascas comumente utilizadas na medicina popular, agindo especialmente como emenagogas, antiespasmódicas, para o tratamento de doenças reumáticas, nas afecções do aparelho respiratório, indicadas no tratamento de bronquites, asma, gripes e resfriados (BRAGA, 1976; MATOS et al., 1992; LORENZI e MATOS, 2002). A madeira de *A. cearensis*, popularmente conhecida como cerejeira também se destaca devido à alta durabilidade, sendo empregada para mobiliário fino, lambris, balcões, folhas fraqueadas decorativas, tanoaria, esculturas e marcenaria em geral (LORENZI, 2002).

As sementes de espécies florestais são, eventualmente, alvo de danos ocasionados por insetos, fungos, processos de colheita, dentre outros (BATTISTI et al., 2000; MACHADO e CICERO, 2002). Assim, a identificação dos problemas associados com a baixa germinação dessas sementes, de maneira rápida e precisa é um requisito permanente na pesquisa em Tecnologia de Sementes. Dentre as metodologias disponíveis, o teste de raios X tem sido recomendado como uma técnica promissora para atingir esses objetivos, sendo eficiente na avaliação da qualidade de sementes (BINO et al., 1993; CRAVIOTTO et al., 2002; MACHADO e CICERO, 2003; OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; NASSIF e CICERO, 2006; MASETTO et al., 2008; PUPIM et al., 2008; MELO et al., 2009; CARVALHO et al., 2009).

O teste de raios X é um método simples, rápido e não destrutivo (MACHADO e CICERO, 2003), que não compromete a viabilidade da semente devido às baixas doses de radiação utilizadas (BINO et al., 1993), de forma que possibilita a realização de testes adicionais com a mesma semente. Com base nestas peculiaridades, o teste de raios X é recomendado pela ISTA (1996) e consta em capítulo específico nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) para determinar a qualidade física das sementes.

A interpretação da análise de raios X e sua comparação com os resultados de testes paralelos de germinação permite associar a integridade de partes vitais da

semente ao seu potencial fisiológico (PINTO et al., 2009). No caso específico das espécies florestais, embriões morfológicamente anormais de aroeira-branca (*Lithraea molleoides*) resultaram em plântulas anormais ou sementes não germinadas (MACHADO e CICERO, 2003) e embriões de canafístula (*Peltophorum dubium*) com mais de 50% da sua área danificada ocorrerá a morte das sementes (OLIVEIRA et al., 2003). Outros trabalhos também demonstraram que sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya*) totalmente formadas originaram 67% de plântulas normais no teste de germinação, ao passo que 100% das sementes parcialmente formadas originaram plântulas anormais e sementes não germinadas (PUPIM et al., 2008) e que sementes de espécies florestais de Lauraceae com danos no embrião ou má formação do tecido cotiledonar resultaram em sementes mortas no teste de germinação (CARVALHO et al., 2009a).

Para algumas espécies, o conhecimento da morfologia interna das sementes pode proporcionar eficiente apoio aos programas de controle de qualidade, dando subsídios à aplicação de outros testes de vigor, como o teste de tetrazólio. Para espécies ainda pouco exploradas pela pesquisa, como as florestais, a caracterização da morfologia interna das sementes, por meio do teste de raios X, com a identificação das partes que as compõem são fundamentais para a elucidação de dúvidas sobre a anormalidade de plântulas ou a presença de sementes que não germinaram no teste de germinação (GOMES JUNIOR, 2010), podendo, além disso, estabelecer relações entre os danos internos e a perda de qualidade (DELL' AQUILA, 2009).

Para *Amburana cearensis*, a técnica de raios X pode ser útil na avaliação da morfologia interna das sementes, no entanto, há a necessidade de adequação desse teste para a sua utilização. Dessa forma, a pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a possibilidade da utilização do teste de raios X na identificação de danos e, ou anormalidades em sementes de *Amburana cearensis* e associar seus efeitos a germinação.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1. Local de experimento e procedimento de coleta

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Imagens e de Análise de Sementes, do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. As sementes de *Amburana cearensis* de oito lotes procedentes das localidades citadas na Tabela 1 foram colhidas em setembro de 2010 e o experimento conduzido em janeiro de 2011, período no qual as sementes permaneceram acondicionadas em geladeira, em embalagens de alumínio, conforme recomendações de Guedes et al. (2010)a.

O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se quatro subamostras de 25 sementes para cada lote, sendo colocadas em estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h, seguindo as recomendações de Brasil (2009).

Tabela 1. Lotes de sementes de *A. cearensis* oriundas de diferentes procedências.

Lotes	Município de procedência	Coordenadas geográficas
L ₁	Serra Negra - RN	S 06°40'13,9''/W 37°25' 55.8''
L ₂	Serra Negra - RN	S 06° 39' 08.2''/W 37° 29' 2.2''
L ₃	Serra Negra - RN	S 06°39'28.5''/W 37°26'45.8''
L ₄	Santa Gertrudes - PB	S 06°56'34.8''/W 37°24'01.5''
L ₅	São Bentinho - PB	S 06°51'48.2''/W 37°44'07.6''
L ₆	Patos - PB	S 06°58'55.9''/W 37°19'50.4''
L ₇	Malta - PB	S 06°55'00.1''/W 37°28'46.7''
L ₈	Aparecida - PB	S 06°54'40.9''/W 37°49'77.6''

2.2. Teste de raios X

O teste de raios X foi conduzido, com quatro repetições de 25 sementes para cada lote; para a obtenção da radiografia, as sementes foram dispostas sobre fita adesiva transparente de dupla face, aderida a uma placa de acrílico transparente, com dimensões de 24 x 18 cm e espessura de 2 mm. Em seguida, as sementes foram radiografadas a uma distância de 28,6 cm da fonte de radiação, em equipamento digital, Faxitron X-Ray, modelo MX-20DC12.

As radiografias foram realizadas para determinar o número de sementes bem formadas, danificadas e as causas dos danos. De acordo com a morfologia interna visualizada em cada semente houve a separação em três categorias: sementes cheias (estruturas internas formadas e preenchendo totalmente a cavidade da semente), sementes mal formadas (estrutura rudimentar no interior da semente) e sementes atacadas por insetos. Após serem radiografadas, as sementes, previamente identificadas por números foram avaliadas quanto à germinação. A semeadura foi realizada em substrato papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 3,5 vezes a sua massa não hidratada, sendo os rolos mantidos a 30 °C, sob 8 h diárias de luz, conforme recomendações de Guedes et al. (2010)b.

As avaliações foram realizadas aos 12 dias após a semeadura e os critérios considerados na avaliação foram os seguintes: plântula normal (com raiz primária e epicótilo desenvolvidos), plântula anormal (com raiz primária em desenvolvimento limitado), semente não germinada (sem nenhuma estrutura visível desenvolvida). A interpretação dos resultados foi realizada pela associação entre a análise da imagem radiográfica da semente e o resultado do teste de germinação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ocasião da realização dos testes de raios X e germinação, o teor de água das sementes de *Amburana cearensis* dos oito lotes variou de 7 a 8%, o que permitiu uma adequada visualização de suas estruturas internas, pois o teor de água das sementes exerce influência marcante sobre a qualidade das imagens obtidas. Conforme Simak (1991), o teor de água das sementes afeta a densidade óptica, o que significa que quanto menor a umidade das sementes, maior a sua densidade óptica, permitindo diferenciação adequada das estruturas das sementes visualizadas nas radiografias. Pesquisa realizada com *Cedrela fissilis* Vell também propiciou bons resultados quando as sementes foram submetidas ao teste de raios X com teor de água de 9% (MASETTO et al., 2008).

Com a aplicação deste teste foi possível visualizar de modo adequado as estruturas internas, bem como do tegumento da semente, com coloração, na maioria

das vezes clara e nítida (Figura 1A). Entretanto observam-se, em alguns pontos na semente, manchas escuras, as quais podem ser confundidas com danos, mas são enrugamentos do próprio tegumento que tornam esta região mais susceptível a penetração dos raios X. Autores como Simak (1991) e Bino et al. (1993) relataram que as áreas escuras nas imagens radiográficas correspondem às áreas de tecidos da semente em que há maior penetração dos raios X, enquanto que as claras representam as partes mais densas da semente.

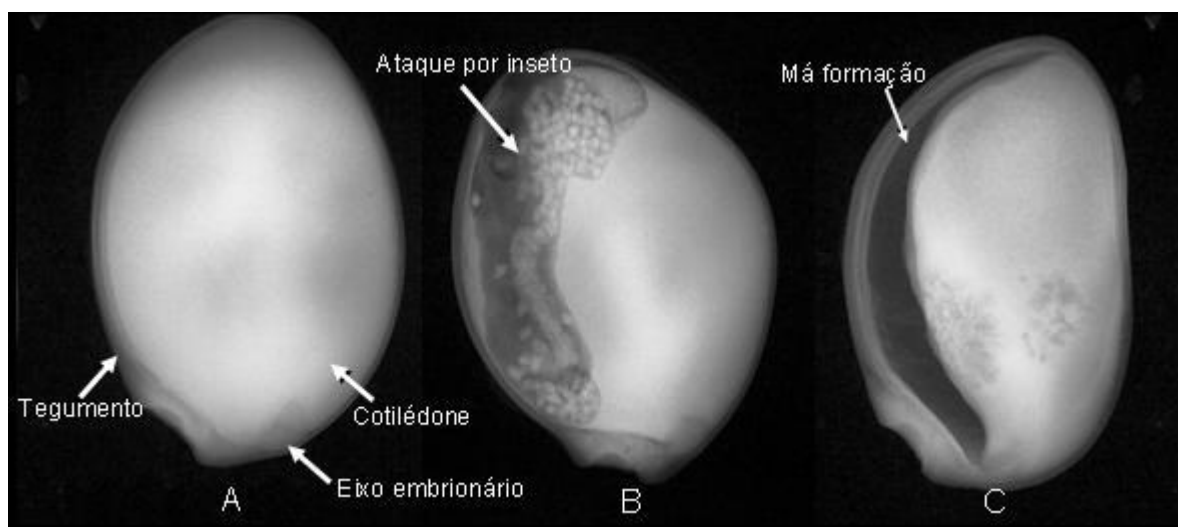


Figura 1. Imagens radiográficas das sementes de *A. cearensis* classificadas como cheias (A), atacadas por insetos (B) e mal formadas (C).

Pelo teste de raios X foi possível identificar as partes essenciais da semente de *A. cearensis* (Figura 1) e também a caracterização de danos internos, possivelmente associados com prejuízos ao potencial fisiológico, pois houve relação entre a ocorrência de sementes com danos e as porcentagens de plântulas anormais e de sementes mortas no teste de germinação (Tabela 2).

A associação entre as imagens radiográficas das sementes e as plântulas ou sementes, originadas no final do período de germinação indicou que o maior percentual das sementes classificadas como cheias, em todos os lotes, originaram plântulas normais (Figura 2A) e, em menor escala, plântulas anormais (Figura 2B) (Tabela 2). Entre as sementes dos oito lotes avaliados registraram-se os lotes L₁, L₂ e L₃ com alto

potencial fisiológico devido ao elevado número de plântulas normais formadas (98, 95 e 90%, respectivamente); ao passo que o lote L₈ foi identificado como sendo o de potencial fisiológico inferior, uma vez que foi detectado o mais alto percentual de plântulas anormais e sementes mortas no teste de germinação, o que se justifica pelo maior número de sementes atacadas por insetos e mal formadas (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem total (T) de sementes de *A. cearensis* em cada categoria avaliadas por meio do teste de raios X e porcentagens das plântulas normais (PN), anormais (PA) e sementes mortas (SM) no teste de germinação.

Categorias	L ₁				L ₂				L ₃				L ₄			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
Cheias	97	97	0	0	93	90	1	2	90	85	2	3	88	80	6	2
Atacadas por insetos	2	1	0	1	5	4	0	1	6	4	0	2	5	3	1	1
Mal formadas	1	0	1	0	2	1	0	1	4	1	0	3	7	2	1	4
Total	100	98	1	1	100	95	1	4	100	90	2	8	100	85	8	7

Categorias	L ₅				L ₆				L ₇				L ₈			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
Cheias	89	83	2	4	87	79	5	3	86	78	5	3	82	76	6	0
Atacadas por insetos	7	2	2	3	7	3	0	4	8	5	1	2	10	7	0	3
Mal formadas	4	2	0	2	6	2	0	4	6	0	2	4	8	0	2	6
Total	100	87	4	9	100	84	5	11	100	83	8	9	100	83	8	9

O teste de raios X também foi eficiente em detectar diferenças no potencial fisiológico de aquênios de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish de diferentes procedências, cujo baixo percentual germinativo foi atribuído ao grande número de aquênios vazios e/ou embrião malformado (FEITOSA et al., 2009). Os autores acrescentaram ainda que o uso da técnica de raios X é viável para auxiliar na avaliação da qualidade física de sementes.

De acordo com os resultados da Tabela verifica-se que a deformação do embrião, com má formação do tecido cotiledonar impossibilitou o desenvolvimento normal de plântulas. Para sementes de outras espécies florestais, a exemplo da

Lithraea molleoides (Vell.) Engl. (MACHADO e CICERO, 2003) e *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (OLIVEIRA et al., 2003), a má formação, visualizada por meio de teste de raios X resultou na morte das mesmas, de forma que o descarte dessas sementes pode melhorar a germinação do lote. Pela análise radiográfica de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. foi detectada a presença de 30% de sementes mal formadas, 13% de sementes vazias e 35,25% de sementes cheias, as quais em sua maioria originaram plântulas normais ao final do teste de germinação, embora também tenha se constatado sementes mortas, enquanto as sementes classificadas como mal formadas originaram plântulas anormais e em sua maioria sementes mortas (MASETTO et al., 2008).

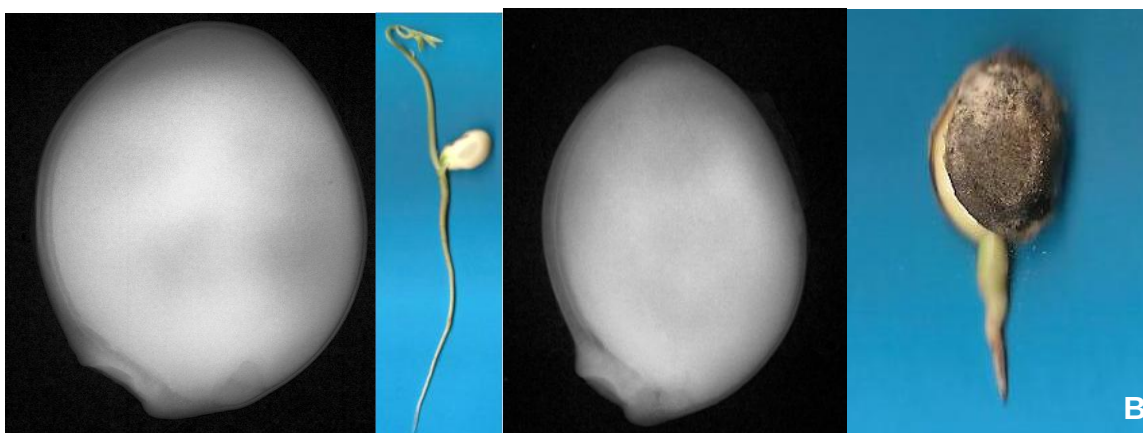


Figura 2. Imagens radiográficas de sementes de *A. cearensis*. Semente cheia e sem danos originando plântula normal (A) e anormal (B).

Contudo, deve-se considerar que, com exceção do L₁, em todos os lotes foram observadas sementes cheias, que resultaram em plântulas anormais e/ou sementes mortas no final do teste de germinação (Tabela 2). Esse tipo de resultado é esperado para esse teste, pois, as análises das imagens indicam se há ou não tecidos formados, mas não estabelecem, necessariamente, uma relação direta com os processos fisiológicos das sementes, uma vez que aquelas morfologicamente perfeitas, identificadas pelo teste de raios X podem originar plântulas normais ou anormais e, também as sementes podem estar dormentes ou mortas.

A variabilidade do tipo de plântula originada é decorrência de condições ambientais desfavoráveis à germinação, da presença de sementes com infecções latentes, de sementes mortas por causas naturais e em estádios avançados de deterioração ou submetidas ao armazenamento inadequado (BURG et al., 1994). Em *Malpighia emarginata* D.C., verificou-se que sementes com embriões morfologicamente normais, detectados pelos raios X, não resultaram em plântulas normais, sendo que tal fato pode ser explicado em decorrência de infecções latentes, sementes mortas por causas naturais, em estádios avançados de deterioração ou submetidas a armazenamento inadequado (SWAMINATHAN e KAMRA, 1961; BURG et al., 1994).

Quanto ao dano provocado pelo ataque de insetos, afetando cerca de 50% da área dos cotilédones, não pode ser considerado como um indicativo eficaz do potencial fisiológico das sementes, uma vez que estas têm originado, na maioria dos casos, plântulas normais com danos visíveis apenas nos cotilédones (Tabela 2 e Figura 3A).

Quando este ataque atinge área superior a 50% os prejuízos são evidentes, especialmente se os danos forem em áreas vitais, como o eixo embrionário e em geral as sementes encontram-se mortas no final do teste de germinação (Figura 3A). Desta forma, o descarte de lotes de sementes em que são identificados danos superiores a 50% do total do embrião, visualizados através das radiografias poderá proporcionar melhoria na qualidade física e, conseqüentemente, no potencial fisiológico de lotes de sementes de *A. cearensis*.

A presença de insetos no interior das sementes de algumas espécies florestais, não identificáveis a olho nu, também pode ser facilmente visualizada por meio de análise radiográfica como foi relatado para sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (OLIVEIRA et al., 2003), *Platypodium elegans* Vog. (SOUZA et al., 2008) e sementes do gênero *Nectandra* (CARVALHO et al., 2009), nas quais se evidenciou que o potencial germinativo foi diretamente afetado por esta condição (presença de insetos).

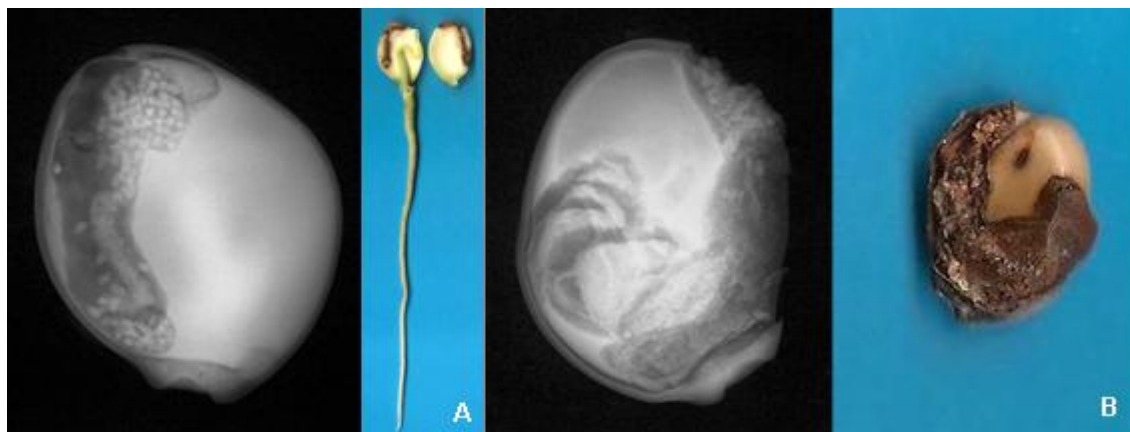


Figura 3. Imagens radiográficas das sementes de *A. cearensis* obtidas pelo teste de raios X, constando dano por ataque de insetos e originando plântulas normais com danos apenas nos cotilédones (A) e sementes mortas (B).

Para as sementes de *A. cearensis* que foram registradas como mal formadas constatou-se a presença, principalmente, de sementes mortas (Figura 4A), além da formação de plântulas anormais (Figura 4B). Esses dados concordam com as afirmativas de que a morfologia interna da semente pode ser um indicativo do seu potencial de viabilidade (OLIVEIRA et al., 2003).

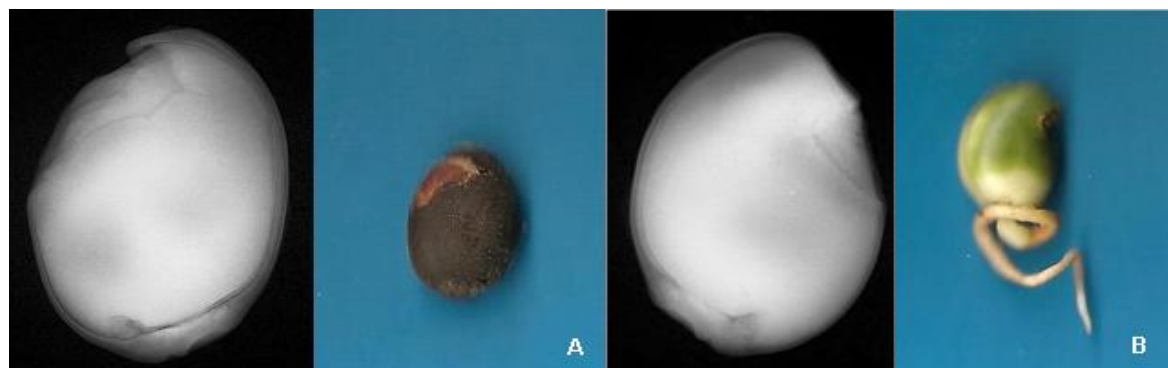


Figura 4. Imagens radiográficas das sementes de *A. cearensis* obtidas pelo teste de raios X, constando má formação da semente e originando sementes mortas (A) e plântulas anormais (B).

Embora o teste de raios X não seja específico de viabilidade, o mesmo pode detectar deficiências morfológicas que indicam o potencial estrutural de viabilidade (SIMAK et al., 1989). Marcos Filho (1994) relatou ainda que, testes envolvendo

aspectos morfológicos ou características físicas das sementes, possivelmente, estão relacionadas ao vigor. Desta forma, os resultados dessa pesquisa indicaram que a classificação das sementes de *A. cearensis*, com base nas radiografias foi eficiente para determinar a viabilidade, recomendando-se o beneficiamento de sementes a fim de eliminar as mal formadas e atacadas por insetos, contribuindo para estabelecer níveis superiores de germinação para essas sementes.

4. CONCLUSÕES

O teste de raios X é eficiente na avaliação da morfologia interna das sementes de *Amburana cearensis* e permite avaliar a extensão dos danos internos;

Os danos por insetos, que atinjam área superior a 50% do cotilédone, e a má formação das sementes, detectados nas radiografias, afetam a germinação, reduzindo o potencial fisiológico dos lotes de sementes de *A. cearensis*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECI, E.; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L., in Italy. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.28, n.3, p.729-738, 2000.

BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; VAN DER BURG, W.J. Non destructive X-ray of *Arabidopsis* embryo mutants. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, n.3, p.167-170, 1993.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3.ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 510p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BURG, W.J. van der; AARTESE, J.W.; ZWOL, R.A. van; JALINK, H.; BINO, R.J. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.2, p.258-263, 1994.

CARVALHO, L.R.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de espécies florestais de Lauraceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.4, p.57-66, 2009.

CRAVIOTTO, R.M.; YOLDJIAN, A.M.; SALINAS, A.R.; ARANGO, M.R.; BISARO, V.; MATURO, H. Description of pure seed fraction of oat through usual evaluations and

radiographic images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1183-1188, 2002.

DELL' AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.37, n.3, p.608-624, 2009.

FEITOSA, S.S.; DAVIDE, A.C.; TONETTI, O.A.O.; FABRICANTE, J.R.; LUI, J.J. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish por meio de testes de germinação e raios X. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.2, p.393-399, 2009.

GOMES JUNIOR, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.20, n.3, p.33-51, 2010.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; FRANÇA, P.R.C.; LIMA, C.R. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.32, n.3, p.116-122, 2010b.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; FRANÇA, P.R.C.; SANTOS, S.S. Qualidade fisiológica de sementes armazenadas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.2, p.331-342, 2010a.

ISTA. International Rules for Seed Testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24. 1996. 336p. Supplement.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Plantarum. 2002. 512p.

MACHADO, C.F.; CÍCERO, S.M. Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios X para a avaliação da qualidade de sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.). **Informativo ABRATES**, Londrina, v.12, n.123, p.28-34, 2002.

MACHADO, C.F.; CÍCERO, S.M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. - Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.393-397, 2003.

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.2, p.33-35, 1994.

MASETTO, T.E.; FARIA, J.M.R.; QUEIROZ, S.E.E. Avaliação da qualidade de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) pelo teste de raios X. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.708-1712, 2008.

MATOS, F.J.A.; ALENCAR, J.W.; CRAVEIRO, A.A.; MACHADO, M.I.L. Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v.15, n.3, p.181-185, 1992.

MELO, P.R.B.; OLIVEIRA, J.A.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, B.O. Aplicação do teste de raios X no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.146-154, 2009.

NASSIF, D.S.P.; CICERO, S.M. Avaliação de sementes de acerola por meio de raios X. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.42-545, 2006.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, A.C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.1, p.116-120, 2003.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; MASETTO, T.E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius Ex A.P. de Candolle) Standley - (Bignoniaceae) pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.2, p.138-143, 2004.

PINTO, T.L.F.; MARCOS FILHO, J.; FORTI, V.A.; CARVALHO, C.; GOMES JUNIOR, F.G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelo teste de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.195-201, 2009.

PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios X para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.2, p.28-32, 2008.

SIMAK, M.; BERGSTEN, U.; HENRIKSSON, G. Evaluation of ungerminated seeds at the end germination test by radiography. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.17, n.2, p.361-369, 1989.

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: Tree and shrub seed handbook. Chapter 14. **International Seed Testing Association**. (ISTA), Zurich, Switzerland. 1991.

SOUZA, L.A.; REIS, D.N.; SANTOS, J.P.; DAVIDE, A.C. Uso de raios X na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.39, n.2, p.343-347, 2008.

SWAMINATHAN, M.S.; KAMRA, S.K. X-ray analysis of the anatomy and viability of seeds of some economic plants. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, India, v.4, n.2, p.129-135, 1961.