

**PRISCILA CORDEIRO SOUTO**

**TESTES RÁPIDOS DE VIGOR NA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL  
FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.**

GARANHUNS  
PERNAMBUCO – BRASIL  
JULHO – 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**TESTES RÁPIDOS DE VIGOR PARA DETERMINAR A QUALIDADE**  
**FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.**

**PRISCILA CORDEIRO SOUTO**

SOB ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA Dra.

**EDILMA PEREIRA GONÇALVES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção Agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS  
PERNAMBUCO - BRASIL  
JULHO – 2016

Ficha Catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

S728t Souto, Priscila Cordeiro  
Testes rápidos de vigor para determinar a qualidade fisiológica de sementes de *Caesalpinia ferrea* mart. Ex tul/ Priscila Cordeiro Souto.- Garanhuns, 2016.

101 f.

Orientador: Edilma Pereira Gonçalves  
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2016.

Inclui anexo e bibliografias

CDD: 631.521

1. Produção de Sementes
  2. Secagem - Germinação
  3. Lixiviação de potássio
  4. Estudos quantitativos
- I. Gonçalves, Edilma Pereira

II. Título

**TESTES RÁPIDOS DE VIGOR PARA DETERMINAR A QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.**

**PRISCILA CORDEIRO SOUTO**

APROVADO EM: 22 DE JULHO DE 2016

---

Dra. Luciana Rodrigues de Araújo.

Produção Vegetal/  
PRODOC UFPB/CCA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Kedma Maria Silva

Pinto. UFRPE/UAG

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Edilma Pereira Gonçalves

UFRPE/UAG

## Dedicatória

*A Deus, por ser meu bem mais precioso, meu protetor e refúgio.*

*A minha mãe Divanilda Cordeiro Souto e meu pai Paulo César Galindo Souto pelo  
apoio, dedicação, paciência e amor.*

*A minha irmã, Pollyanna Cordeiro Souto, pelos ensinamentos.*

*A meu esposo, Jorge Zeferino dos Santos, pelo companheirismo, apoio e paciência.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu Deus, por permitir que eu alcançasse mais uma etapa importante da minha vida. Pela proteção, amor, sabedoria e por nunca ter deixado eu desistir mesmo diante de momentos difíceis;

Aos meus pais, Paulo César Galindo Souto e Divanilda Cordeiro Souto, por sempre me apoiarem nas decisões da minha vida e acreditarem no meu potencial, pelos ensinamentos, compreensão, paciência e amor;

A minha irmã, Pollyanna Cordeiro Souto, pelo carinho e por sempre me incentivar a seguir em frente buscando o melhor para o meu futuro;

Ao meu esposo, Jorge Zeferino dos Santos, por sempre estar ao meu lado, me apoiando e ajudando a concluir os meus objetivos;

A minha orientadora, Edilma Pereira Gonçalves, por mais uma vez se mostrar disposta a me orientar mesmo diante de tantas dificuldades. Pelos ensinamentos, dedicação, amizade, paciência, enfim, por acreditar na minha capacidade;

Ao meu co-orientador, Jeandson Silva Viana, pela colaboração para que eu conseguisse concluir mais esta etapa da minha vida;

Ao Professor Mácio Moura pela amizade e disponibilidade em me ajudar nas análises estatísticas dos dados da Dissertação;

Aos meus amigos do Laboratório de Análise de Sementes, Lidiana, Júlio César e Fábio, pela amizade e por sempre estarem dispostos a me ajudar nas atividades do laboratório;

Ao meu amigo, Diego Cunha, pela amizade e por sempre me ajudar nas diversas dificuldades que encontrei ao longo do mestrado;

A Marthony, pela disponibilidade de me fornecer as sementes de pau ferro;

Ao órgão financiador CAPES pela concessão da bolsa ao longo do mestrado;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns pelo oferecimento do curso de mestrado;

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra me ajudaram a concretizar mais um sonho.

**Muito obrigada!**

## **BIOGRAFIA**

**PRISCILA CORDEIRO SOUTO**, filha de Paulo César Galindo Souto e Divanilda Cordeiro Souto, nasceu no dia 13 de agosto de 1991 em Garanhuns no estado de Pernambuco.

Em 2009, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), concluindo em julho de 2014.

Em agosto de 2014, iniciou o curso de mestrado na mesma Universidade, tendo sua área de concentração em Produção Agrícola, linha de pesquisa em Sistemas Agrícolas com ênfase em Produção e Tecnologia de Sementes, submetendo-se a defesa da dissertação em julho de 2016.

Durante o período em que foi aluna do Mestrado publicou 8 resumos simples, 2 resumos expandidos, 1 artigo e submeteu uma revisão bibliográfica em periódico especializado. Participou de 1 banca como examinadora em trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia, na UFRPE/UAG.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	1
GENERAL SUMMARY .....	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3

## CAPÍTULO I

### TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.

RESUMO.....	17
ABSTRACT .....	18
1. INTRODUÇÃO .....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
2.1 Local do experimento.....	23
2.2.Obtenção e beneficiamento dos frutos .....	23
2.3 Determinação do teor de umidade.....	23
2.4 Peso de mil sementes .....	24
2.5 Testes realizados .....	24
2.5.1 Teste de germinação .....	24
2.5.2 Teste de primeira contagem de germinação .....	25
2.5.3 Índice de velocidade de germinação.....	25
2.5.4 Comprimento da raiz e parte aérea de plântulas.....	25
2.5.5 Massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas.....	25
2.5.6 Teste de condutividade elétrica .....	26
2.5.7 Teste de lixiviação de potássio .....	26



2.6 Análise estatística.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1 Avaliação inicial da qualidade fisiológica das sementes de <i>C. ferrea</i> Mart. ex Tul. .....	28
3.2 Avaliação da condutividade elétrica em sementes de <i>C. ferrea</i> Mart. ex Tul. ....	32
3.3 Avaliação da lixiviação de potássio em sementes de <i>C. ferrea</i> Mart. ex Tul. ....	42
4. CONCLUSÕES .....	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## CAPÍTULO II

### TESTE DE pH DE EXSUDATO-FENOLFTALEÍNA EM SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.

RESUMO.....	55
ABSTRACT .....	56
1. INTRODUÇÃO.....	57
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	60
2.1 Local do experimento.....	60
2.2 Obtenção e beneficiamento dos frutos .....	60
2.3 Determinação do teor de umidade.....	60
2.4 Peso de mil sementes .....	61
2.5 Testes realizados .....	61
2.5.1 Teste de germinação .....	61
2.5.2 Teste de primeira contagem de germinação .....	62
2.5.3 Índice de velocidade de germinação.....	62
2.5.4 Comprimento da raiz e parte aérea de plântulas.....	62

2.5.5 Massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas.....	62
2.5.6 Teste do pH do exsudato – fenolftaleína .....	63
2.6 Análise estatística.....	64
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>65</b>
3.1 Avaliação inicial da qualidade fisiológica das sementes de <i>C. ferrea</i> Mart. ex Tul. .....	65
3.2 Avaliação do teste do pH do exsudato – fenolftaleína individual em sementes de <i>C. ferrea</i> Mart. ex Tul. ....	69
4. CONCLUSÕES .....	82
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

## RESUMO GERAL

A *Caesalpinia ferrea* é uma espécie nativa do Brasil que apesar de possuir grande importância econômica, medicinal, paisagismo e recomposição de áreas degradadas, atualmente encontra-se ameaçada de extinção. A demanda por sementes de alta qualidade vem aumentando continuamente e a tecnologia de sementes vem procurando aperfeiçoar os testes de vigor para garantir a obtenção de resultados que sejam consistentes e que expressem a real qualidade fisiológica de um lote de sementes. Dentre os testes de vigor, destacam-se o teste da condutividade elétrica, o teste de lixiviação de potássio e o teste do pH do exsudato – fenolftaleína. Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Análise de Sementes na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG) com o objetivo de verificar a eficiência dos testes rápidos de vigor visando avaliar o potencial fisiológico de dois lotes de sementes de *C. ferrea*. Os frutos foram colhidos nos estados da Paraíba (lote 1) e Pernambuco (lote 2) e após a colheita foram beneficiados para a extração das sementes, as quais foram escarificadas quimicamente com ácido sulfúrico e determinados: o teor de água, peso de mil sementes, teste de germinação, teste de primeira contagem; índice de velocidade de germinação; comprimento da parte aérea e raiz de plântulas; massa seca da parte aérea, raiz e cotilédones de plântulas, condutividade elétrica, teste de lixiviação de potássio e o teste do pH do exsudato – fenolftaleína pelo método individual. Para a condutividade elétrica foram testados volumes de água (50, 75 e 100 mL), quantidades de sementes (25, 50 e 100) e períodos de embebição (2, 4, 6, 8, 10 e 24 horas) na temperatura constante de 30°C. O teste de lixiviação de potássio foi conduzido com volumes de água (50, 75 e 100 mL) e números de sementes (25, 50 e 100 sementes) por 24 horas a temperatura de 30°C. No teste do pH do exsudato – fenolftaleína as sementes foram embebidas por 30, 60, 90, 120 e 150 minutos nas temperaturas de 25 e 30°C. Os testes rápidos de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e pH do exsudato – fenolftaleína mostram-se promissores e eficazes na determinação do potencial fisiológico das sementes de *C. ferrea*.

**Palavras-chave:** pau-ferro; sementes florestais; condutividade elétrica; pH do exsudato; lixiviação de potássio.

## GENERAL SUMMARY

The *Caesalpinia ferrea* is a native of Brazil that despite having great economic importance, medicinal, landscaping and restoration of degraded areas, currently is endangered. The demand for high quality seeds is increasing continuously and seed technology has been seeking to improve the existing tests to ensure the achievement of results that are consistent and that express the real physiological quality of a seed lot. Among the vigor tests, stand the test of electrical conductivity, potassium leaching test and exudate pH test - phenolphthalein. The experiments were carried out at the Seed Analysis Laboratory at the Federal Rural University of Pernambuco / Academic Unit of Garanhuns (UFRPE / UAG) in order to verify the efficiency of rapid vigour test to evaluate the physiological potential of two batches of *C. ferrea* seeds. The fruits were harvested in the states of Paraíba (lot 1) and Pernambuco (lot 2) and after harvest benefited for extracting the seeds, which were chemically scarified with sulfuric acid and determined: water content, weight of thousand seeds, germination test, first count test; germination speed index; shoot length and root seedlings; shoot dry mass, root and cotyledons of seedlings, electrical conductivity, potassium leaching test and exudate pH test - phenolphthalein by individual method. The electrical conductivity were tested volumes of water (50, 75, and 100 mL) quantities of seeds (25, 50 and 100) and soaking periods (2, 4, 6, 8, 10 and 24 hours) at constant temperature 30°C. Potassium leaching test was carried out with a water volume (50, 75, and 100 mL) and seed numbers (25, 50, and 100 seeds) for 24 hours at 30°C. In the pH test exudate - phenolphthalein, seeds were imbibed for 30, 60, 90, 120 and 150 minutes for the temperatures of 25 and 30°C. Rapid electrical conductivity, potassium leaching and pH of exudate - phenolphthalein show promise and effective in determining the physiological potential of the seeds of *C. ferrea*.

**Keywords:** iron-wood; forest seeds; electrical conductivity; pH exudates; potassium leaching.

## INTRODUÇÃO GERAL

A *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul., espécie nativa do Brasil, é conhecida como jucá ou pau-ferro, pertencente a família Fabaceae, subfamília Caesalpinioideae, que compreende cerca de 150 gêneros e 2200 espécies, estando disseminadas nas regiões tropicais e subtropicais (CRONQUIST, 1981).

Essa espécie ocorre com maior frequência nas regiões Norte e Nordeste, mas pode alcançar o Espírito Santo e o Rio de Janeiro, mais especificamente na Floresta Pluvial Atlântica (BRAGA, 1976). Encontra-se com grande abundância em quase todo o estado do Ceará, entretanto, é mais frequente na Serra do Araripe, Serra do Apodi, parte leste, oeste e sul do estado (MAIA, 2004).

O tronco do pau ferro é de coloração acinzentada contrastando com manchas esbranquiçadas e de cores mais escuras com diâmetro de 40 a 60 cm. Suas folhas são compostas, bipinadas e suas flores são brilhantes, de coloração amarelada, pequenas e encontram-se reunidas em panícula terminal de até 20 cm de comprimento. Possui frutos indeiscentes do tipo vagem achatada, que após a maturação adquirem cor negra, os quais encontram-se, geralmente, com 2 a 10 sementes elipsóides, amarelas ou marrons de consistência muito dura e dormentes (LORENZI, 2002).

Os frutos, as cascas e raízes são utilizados no tratamento de diversas afecções de saúde. Destaca-se como forrageira no Nordeste, pela sua adaptação natural à região, bem como, pela produção de forragem para alimentação dos animais em períodos de seca (NASCIMENTO et al., 2002).

A espécie possui inúmeras utilidades, podendo ser usada na medicina popular, paisagismo e recomposição de áreas degradadas. A utilização no paisagismo se dá através da presença de ótimas características ornamentais e ampla capacidade de proporcionar sombra. O crescimento rápido e a tolerância ao plantio em áreas abertas ganham importante destaque para que a espécie seja utilizada em reflorestamentos (LORENZI, 2008).

Na construção civil é usada como vigas, esteios, caibros, estacas, entre outros, pois a sua madeira possui densidade elevada ( $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ ) com cerne muito duro, de fibras reversas, daí a atribuição do nome vulgar da espécie. Devido a esta característica as espécies são capazes de sequestrar  $\text{CO}_2$  em concentrações elevadas, contribuindo

para a redução do efeito estufa. Segundo Oliveira et al. (2011) grandes quantidades de CO<sub>2</sub> atmosférico são capturadas para o desenvolvimento e crescimento das plantas, porém a maioria é retido na matéria lenhosa, ou seja, quanto mais lenhosa for à espécie maior será a quantidade de CO<sub>2</sub> capturado.

Várias espécies de plantas pertencentes ao gênero *Caesalpinia* possuem grande importância econômica, ecológica e medicinal (SANTOS et al., 2013), Agra et al. (2008) realizaram um estudo nos estados da região Nordeste, através do levantamento de espécies medicinais de acordo com o conhecimento popular, e verificaram que das 126 espécies citadas como medicinais, seis estão no gênero *Caesalpinia*, dentre elas a Catingueira (*C. pyramidalis*), o Pau-ferro (*C. ferrea*) e o Flamboyazinho (*C. pulcherrima*). Em concordância, Zanin et al. (2012) afirmam que esse gênero é constituído de uma fonte inesgotável de metabólitos bioativos em mais de 500 espécies difundidas mundialmente.

Na região Amazônica, principalmente, o pau ferro é muito utilizado no tratamento de algumas doenças. Estudos passados e atuais já comprovaram as mais diversas propriedades farmacológicas em sua composição. A casca do fruto e as folhas de *C. ferrea*, por exemplo, podem ser utilizados como complemento alimentar, suprimindo as deficiências de ferro, manganês e zinco (SILVA et al., 2010). Enquanto que o extrato da entrecasca no tratamento de feridas, contusões, combate à asma, à tosse crônica (BRAGA, 1976) e condições diabéticas (VASCONCELOS et al., 2011).

O extrato hidroalcoólico do caule e folhas de *C. ferrea* contém flavonóides, saponinas, taninos, cumarinas, esteróides e outros compostos fenólicos (GONZALEZ et al., 2004), sendo os taninos encontrados em maiores concentrações e os principais responsáveis pela ação antimicrobiana (SOUZA et al., 2006).

Os flavonóides, saponinas, taninos e esteróides também fazem parte da composição fitoquímica de sua vagem, o chá da vagem atua como antidiarreicas, anticatarrais, cicatrizantes e antitérmica (WYREPKOWSKI et al., 2014). Sua ação terapêutica no tratamento de úlceras gástricas, reumatismo foi confirmados por Bragança (1996) e Gomes (2003), assim como, a atividade cardiotônica, antimicrobiana, anti-histamínica, anticoagulante (CAVALHEIRO et al., 2009), antinociceptiva (LIMA et al., 2011), anti-inflamatória (DIAS et al., 2013) e analgésica (ARAÚJO et al., 2014).

A preocupação em conservar as florestais vem aumentando, bem como, o fortalecimento da política ambiental, que são responsáveis pelo aumento da demanda por pesquisas que envolvem as sementes de espécies nativas, insumo básico nos programas de recuperação e conservação de ecossistemas (CARVALHO et al., 2006). A conservação das florestas é sinônimo de qualidade de vida, visto que as formações florestais aumentam a biodiversidade tanto da flora como da fauna, preserva o equilíbrio climático, protege mananciais e previne solos declivosos contra os processos de erosão (GONÇALVES, 2008).

Os estudos sobre o potencial fisiológico das sementes de espécies nativas são indispensáveis, uma vez que fornecem informações que servem de subsídios para a formação de mudas direcionadas aos plantios comerciais, revegetação de áreas de extrativismo e preservação ambiental (GUEDES et al., 2011).

Para as espécies florestais as metodologias são limitadas e escassas, decorrentes da grande diversidade morfológica de suas sementes (MATOS, 2014). No Manual de Procedimentos de Análise de Sementes Florestais (LIMA JUNIOR, 2011) e nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) somente algumas espécies florestais possuem metodologias definidas, e nestes, não são citadas regras para análise das sementes de *C. ferrea*.

A qualidade de sementes florestais é realizada através de análises feitas em laboratórios (pureza, germinação e sanidade), tendo como finalidade principal definir o valor das sementes de um lote após terem sidas extraídas e beneficiadas (FOWLER e MARTINS, 2001). Dispondo de informações da qualidade física e fisiológica de um lote de sementes destinado à semeadura, armazenamento e comercialização. Além de permitir a comparação de distintos lotes e de estabelecer condições de armazenamento apropriadas para cada espécie (FIGLIOLIA et al., 1993).

O principal indicativo de qualidade é a capacidade germinativa detectada rotineiramente em condições de laboratório (GONÇALVES et al., 2008), no entanto, os resultados oriundos do teste de germinação não fornecem informações suficientes para estimar e estratificar o potencial fisiológico. Devido às condições ótimas de temperatura, umidade, luz e substrato que as sementes são submetidas, fatores, estes, não controlados nas condições adversas de campo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Os testes de vigor, diferentemente do teste de germinação, têm como finalidade avaliar e detectar possíveis diferenças nos níveis de deterioração dos lotes de sementes que dispõem de poder germinativo semelhantes, estimando, conseqüentemente, a sua capacidade de armazenamento e emergência de plântulas em campo (FRANZIN et al., 2004). Os parâmetros avaliados no teste de germinação não são capazes de prever o grau de deterioração das sementes, enquanto que nos testes de vigor é de fácil percepção à deterioração ainda que esteja em seu estágio inicial, o que auxilia na tomada de decisão, na produção de sementes de qualidade superior e reduz custos, tempo e prejuízos durante a produção (MARCOS FILHO, 1999).

Os testes rápidos de vigor surgiram da necessidade de suprir as informações não fornecidas pelo teste de germinação, conferindo resultados mais precisos e confiáveis na separação dos lotes (KIKUTI et al., 2008). Além disso, são considerados uma ferramenta crucial para os tecnólogos de sementes, por proporcionar facilidade de execução, custo reduzido, rapidez e simplicidade.

Geralmente, os testes rápidos de vigor fundamentam-se na coloração dos tecidos vivos das sementes ou na permeabilidade e integridade do sistema de membranas celulares, assim como, na redução da atividade respiratória e biossintética (CARVALHO et al., 2002; MIAMOTO et al., 2010).

O teste de condutividade elétrica, por exemplo, parte do princípio de que sementes menos vigorosas perdem a integridade das membranas e quando embebidas em água tendem a liberar maiores quantidades de metabólitos para o meio extracelular, logo, acarretará na maior condutividade elétrica da solução (VIEIRA, et al., 1994; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999; PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

Segundo a International Seed Testing Association (ISTA, 2006) e a Association of Official Seed Analysts (AOSA, 2009) o mesmo é considerado o teste que estima com maior precisão o vigor das sementes, porque possui embasamento teórico consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e possibilidade de ser padronizado devido a sua reprodutibilidade (VIEIRA et al., 1999; TORRES et al., 1998).

Para Gonzales et al. (2011) o teste de condutividade elétrica mostrou-se promissor na identificação da qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes



de eucalipto-limão (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson) e em sementes caroba (*Jacaranda micrantha* Cham.) (SOUZA et al., 2016).

O teste de lixiviação de potássio segue a mesma metodologia e fundamentação teórica da condutividade elétrica, no entanto, ao invés de quantificar o total de íons lixiviados, o mesmo determina apenas a concentração do íon K<sup>+</sup>, leva um tempo relativamente menor para a classificação dos lotes nos diferentes níveis de vigor do que a condutividade elétrica, sendo uma alternativa promissora para os programas de controle de qualidade de sementes (COSTA et al., 2007).

O teste de lixiviação de potássio mostrou-se propício na determinação das diferenças de vigor de *Schinopsis brasiliensis* Engler (baraúna) (SILVA, 2012) e *Dalbergia miscolobium* Benth. (caviúna-do-cerrado) (MATOS, 2014) e, não sendo indicado, porém, para sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá) (AVELINO, 2014).

O teste do pH do exsudato - fenolftaleína também é baseado na permeabilidade das membranas celulares, no qual os eletrólitos exsudados provocam alterações no pH da solução de embebição, tendo o vigor das sementes detectado pelo uso de soluções indicadoras. É um teste que mostra relação coerente com o teste padrão de germinação para sementes de diferentes espécies. Mesmo sendo um teste simples, rápido e que a avaliação é fundamentada pelo desenvolvimento da coloração, o teste pode adquirir uma conotação subjetiva que juntamente ao efeito de outros fatores, como a umidade da semente, temperatura e períodos de embebição, comprometam a confiabilidade do resultado e sua eficácia (SANTANA et al., 1998).

O teste do pH do exsudato foi utilizado pela primeira vez por Amaral e Peske (1984) para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de soja. Os mesmos autores adotaram como critério para detectar a viabilidade das sementes a coloração adquirida na solução de embebição após a adição das soluções indicadoras. Quando não houve a coloração ou quando o exsudato apresentava fraca cor-de-rosa, as sementes eram consideradas inviáveis. Por outro lado, as soluções que se mostravam com coloração rosa escuro, indicavam que as sementes estavam com elevado vigor.

O teste do pH do exsudato-fenolftaleína permitiu discriminar com rapidez a qualidade fisiológica de algumas sementes de espécies florestais, como é o caso de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols. (Ipê-amarelo), *Tabebuia ochracea* (Cham.)

Standl. (ipê-do-cerrado) (MELO e MARTINS, 2010), *Jatropha curcas* L. (pinhão-manso) (SANTANA et al., 2013), *Dalbergia miscolobium* Benth. (caviúna-do-cerrado) (MATOS, 2014) e *Anadananthera falcata* Benth. (angico-do-cerrado) (STALLBAUN et al., 2015).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo diferenciar a nível de vigor dois lotes de sementes de *C. ferrea* por meio dos testes de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e pH do exsudato-fenolftaleína.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, M. F.; SILVA, K. N.; BASÍLIO, I. J. L. D.; FRANÇA, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.8, n.3, p. 472-508, 2008.
- AMARAL, A. S.; PESKE, S. T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, n.3, p.85-92, 1984.
- ARAÚJO, A. A.; SOARES, L. A. L.; FERREIRA, M. R. A.; NETO, M. A. S.; SILVA, G.R.; ARAÚJO Jr., R. F.; GUERRA, G. C. B.; MELO, M. C. N. Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone–water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. **Journal Ethnopharmacol**, v.156, p.88-96, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2009. 334 p. (Contribution, 32).
- AVELINO, M. C. S. **Testes bioquímicos para avaliação do vigor em sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* BENTH.** 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias Campus Macaíba, Macaíba, RN, 2014.
- BRAGA, R. **Plantas do nordeste, especialmente do Ceará.** Fortaleza, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 540 p. 1976.
- BRAGANÇA, L. A. R. **Plantas Medicinais Antidiabéticas.** Niterói: EDUFF Press, 1996. p. 172.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

- CARVALHO, J. A.; PINHO, E. V. R. V.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R.M. BONOME, L. T. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Citromeloswingle. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p. 263-270, 2002.
- CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A.; DAVIDE, A. C. Comportamento no Armazenamento de Sementes Florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.15-25, 2006.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.
- CAVALHEIRO, M. G.; FARIAS, D. F.; FERNANDES, G. S.; NUNES, E. P.; CAVALCANTI, F. S.; VASCONCELOS, I. M.; CARVALHO, A. F. Atividades biológicas e enzimáticas do extrato aquoso de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart., Leguminosae. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v.19, n.1, p.586-591. 2009.
- COSTA, C. J.; VAHL, L. C.; VILLELA, F. A. Testes de lixiviação de íons inorgânicos e condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola. **Revista Brasileira Agrociência**, v.13, n.4, p.449-453, 2007.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press. 1981.
- DIAS, A. M. A.; REY-RICO, A.; OLIVEIRA, R. A.; MARCENEIRO, S.; ALVAREZ-LORENZO, C.; CONCHEIRO, A.; JÚNIOR, R. N. C.; BRAGA, M. E. M.; SOUSA, H. C. Wound dressings loaded with an anti-inflammatory jucá (*Libidibia ferrea*) extract using supercritical carbon dioxide technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.74, p.34-45, 2013.
- FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑARODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.(Ed.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Abrates, 1993. p.137-174.

- FOWLER, J. A. P.; MARTINS, E. G. **Manejo de sementes de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 76p. (Embrapa Florestas Documentos, 58).
- FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; ROVERSI, T. Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.2, p.114-118, 2004.
- GOMES, M. **As plantas da saúde – guia de tratamentos naturais**. 3. ed. São Paulo: Paulinas, 2003. p. 232.
- GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DESMATLÊ, M. E. S. P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.265-276, 2008.
- GONZALEZ, F. G.; BARROS, S. B. M.; BACCHI, E. M. Atividade Antioxidante e perfil fitoquímico de *Caesalpinia ferrea* Mart. In: SEMANA DA FARMACÊUTICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, 2004, v.40, p.79.
- GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V. E.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, v.39, n.90, p.171-181, 2011.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A.; GONÇALVES, E. P.; MELO, P. A. R. F. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.2, p.443-450, 2011.
- ISTA - International Seed Testing Association International rules for testing seeds. **Seed Science and Technology**, v.32, n.2, p.403, 2006.

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**, v.30, n.1, p.10-18, 2008.

LIMA, S. M. A.; ARAÚJO, L. C. C.; SITÔNIO, M. M.; FREITAS, A. C.; MOURA, S. L.; CORREIA, M. T. S.; MALTA, J. N.; GONÇALVES-SILVA, T. Potencial anti-inflamatório e analgésico da *Caesalpinia ferrea*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.22, n.1, p.169-175, 2011.

LIMA JUNIOR, M. J. V. (Ed.). **Manual de procedimentos de análise de sementes florestais**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Londrina: ABRATES, 83p. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1. 368p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1. 368p.

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

MARCOS FILHO, J. **Testes de vigor: importância e utilização**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-1.21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FE ALQ, 2005. 495 p.

MATOS, J. M. M. **Indicadores Bioquímicos Aplicados para Verificação da Qualidade Fisiológica de Sementes de *Dalbergia miscolobium* Benth**. 2014. 86f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2014.

- MELO, A. L. F.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da eficiência da técnica de pH de exsudato para verificação da viabilidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* e *Tabebuia ochracea*. **Anais...** 62ª Reunião Anual da SBPC - Ciências do Mar: Herança para o Futuro, 2010.
- MIAMOTO, R.; RIVAS, R.; POMPELLI, M. F.; SANTOS, M. G. Avaliação do vigor de dois lotes de sementes de *Moringa oleifera* L. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 859-863, 2010.
- NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; OLIVEIRA, M. E.; MIURA, C. L. Q.; REIS, J. C. B.; NASCIMENTO, H. T. S.; LEITE, J. M. B.; LOPES, J. B.; RIBEIRO, V. Q. **Potencial forrageiro do pau-ferro**. In: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41. Teresina: Embrapa, 2002. 16 p.
- OLIVEIRA, E. B. de.; NAKAJIMA, N. Y.; CHANG, M.; HALISHI, M. **Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal**. Embrapa Florestas (Documentos 220), 2011.
- PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, v.23, n.2, p.151-161, 2001.
- SANTOS, M. L. O.; SIQUEIRA, W. N.; SÁ, J. L. F.; SILVA, L. R. S.; CABRAL, D. L. V.; AMÂNCIO, F. F.; MELO, A. M. M. A. Estudo do efeito radioprotetor do extrato metanólico de *Caesalpinia pyramidalis* sobre células embrionárias de *Biomphalaria glabatra*. **Scientia Plena**, v.9, n.2, p.15-20, 2013.
- SANTANA, D. C.; VIEIRA, M. D. G. G. C.; CARVALHO, M. M. de.; OLIVEIRA, M. S. de. Teste do pH do exsudato-fenolftaleína para rápida definição sobre o destino de lotes de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.160-166, 1998.

- SANTANA, F. V.; SOARES, T. F. S. N.; VASCONCELOS, M. C.; COSTA, J. C.; SILVA-MANN, R. pH do exsudato para sementes de Pinhão-Manso. **Anais...** Vitória da Conquista, BA: IV CONEFLORE – III SEEFLORE, p.974-978, 2013.
- SILVA, C. S. da.; NUNES, P. de O.; MESCOUTO, C. S. T.; MÜLLER, R. C. S.; PALHETA, D. da C.; FERNANDES, K. das G. Avaliação do uso da casca do fruto e das folhas de *Caesalpinia ferrea* Martius como suplemento nutricional de Fe, Mn e Zn. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.751-754, 2010.
- SILVA, I. T. F. A. da. **Adequação da metodologia para testes bioquímicos em diásporos de *Schinopsis brasiliensis* Engler**. 2012. 31f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.
- SOUZA, A. B.; SOUZA, L. M. S.; CARVALHO, J. C. T.; MAISTRO, E. L. No clastogenic activity of *Caesalpinia ferrea* Mart. (Leguminosae) extract on bone marrow cells of Wistar rats. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, n.2, p.380–383, 2006.
- SOUZA, G. F.; GARLET, J.; DELAZERI, P. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Jacaranda micranta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.36, n.85, p.79-83, 2016.
- STALLBAUN, P. H.; SOUZA, P. A. de.; MARTINS, R. de C. C.; MATOS, J. M. de M.; MOURA, T. M. Testes rápidos de vigor para avaliação da viabilidade de sementes de *Anadenanthera falcata*. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.11 n.21, p.1834, 2015.
- TORRES, S. B. Comparação entre diferentes testes de vigor e a correlação com a emergência no campo de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.65-69, 1998.
- WYREPKOWSKI, C. C.; COSTA, D. L.; SINHORIN, A. P.; VILEGAS W.; DE GRANDIS, R. A.; RESENDE, F. A.; VARANDA, E. A.; SANTOS, L. C.



Characterization and quantification of the compounds of the ethanolic extract from *Caesalpinia ferrea* stem bark and evaluation of their mutagenic activity. **Molecules**, v.19, n.10, p.16039-16057, 2014.

VASCONCELOS, C. F. B.; MARANHÃO, H. M. L.; BATISTA, T. M.; CARNEIRO, E. M.; FERREIRA, F.; COSTA, J.; SOARES, L. A. L.; SÁ, M. D. C.; SOUZA, T. P.; WANDERLEY, A. G. Hypoglycaemic activity and molecular mechanisms of *Caesalpinia ferrea* Martius bark extract on streptozotocin-induced diabetes in Wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.137, n.11, p.1533-1541, 2011.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. **Teste de vigor e suas possibilidades de uso**. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

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.

ZANIN, J. B.; DE CARVALHO, B. A.; MARTINELLI, P. S.; SANTOS, M. H. dos.; LAGO, J. H. G.; SARTORELLI, P.; VIEGAS JR., C.; SOARES, M. G. The Genus *Caesalpinia* L. (Caesalpinaceae): Phytochemical and Pharmacological Characteristics. **Molecules**, v.17, n.7, p.7887-7902, 2012.

## **CAPÍTULO I**

### **TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM SEMENTES DE *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.**

## RESUMO

Muitas empresas buscam adequar os testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Dentre eles, destacam-se os testes de condutividade elétrica e o de lixiviação de potássio que veem se mostrando eficazes na discriminação da qualidade fisiológica de lotes de sementes florestais. O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG) e teve por objetivo verificar a eficiência do teste de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de *C. ferrea*. Utilizou-se dois lotes de sementes oriundas dos municípios de Areia-PB e São Bento do Una-PE. Para a caracterização do potencial fisiológico de ambos os lotes foram avaliados a determinação do teor de água; peso de mil sementes; teste de germinação; teste de primeira contagem; índice de velocidade de germinação; comprimento da parte aérea e raiz de plântulas; massa seca da parte aérea, raiz e cotilédones de plântulas; teste de condutividade elétrica realizado combinando volumes de água (50, 75 e 100 mL), quantidade de sementes (25, 50 e 100) e períodos de embebição (2, 4, 6, 8, 10 e 24 horas) a 30°C; teste de lixiviação de potássio conduzido combinando o número de sementes (25, 50 e 100 sementes) e o volume de água (50, 75 e 100 mL) por 24 horas a 30°C. Os testes de comprimento da raiz, a massa seca da parte aérea e dos cotilédones de plântulas e o índice de velocidade de germinação foram eficientes na determinação do vigor das sementes de pau ferro. O teste de condutividade elétrica pode ser conduzido em sementes de *C. ferrea* utilizando as combinações de 25 sementes embebidas por 8 horas ou 50 e 100 sementes por 4 horas no volume de 50 mL de água destilada e deionizada a 30°C; de 25 e 100 sementes embebidas no volume de 75 mL de água por pelo menos 4 horas ou 50 sementes em 75 mL por 6 horas de embebição a 30°C. Para o teste de lixiviação de potássio sugere-se que seja realizado testando outros períodos de embebição e que os lotes de sementes tenham vigor diferenciado.

**Palavras-chave:** vigor, pau ferro; sementes florestais; permeabilidade das membranas.

## ABSTRACT

Many companies seek to adjust the vigour of tests to evaluate the physiological seed quality. Among them, we highlight the electrical conductivity and potassium leaching test that proving effective in discrimination of the physiological quality of lots of forest seeds. The experiment was conducted at the Seed Analysis Laboratory at the Federal Rural University of Pernambuco / Academic Unit of Garanhuns (UFRPE / UAG) and aimed to verify the efficiency of the electrical conductivity and potassium leaching in the evaluation of the physiological potential of lots *C. ferrea* seeds. We used two lots of seeds originating from the municipalities of Areia-PB and São Bento-PE. In order to characterize the physiological potential of both lots were evaluated to determine the water content; thousand seed weight; Germination test; first count test; germination speed index; shoot length and root seedlings; dry mass of shoots, roots and cotyledons of seedlings; electrical conductivity test conducted by combining water volumes (50, 75, and 100 mL), amount of seed (25, 50 and 100) and soaking periods (2, 4, 6, 8, 10 and 24 hours) at 30°C; potassium leaching test conducted by combining the number of seeds (25, 50, and 100 seeds) and the volume of water (50, 75, and 100 mL) for 24 hours at 30°C. The root length tests, the dry weight of shoots and cotyledons of seedlings and the germination speed index were efficient in determining the vigour of iron-wood seeds. The electrical conductivity test can be conducted in *C. ferrea* seeds using combinations of 25 seeds soaked for 8 hours or 50 to 100 seeds per 4 hours in the volume of 50 mL distilled and deionized water at 30°C; 25 and 100 volume seeds soaked in 75 mL of water for at least 4 hours or 50 seeds in 75 mL of 6 hours of imbibition at 30°C. For the potassium leaching test is suggested to be realized by testing other periods of soaking and the seed lots have different effect.

**Keywords:** vigour; iron-wood; forest seeds; membrane permeability.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Caesalpinia ferrea* Mart., é uma leguminosa nativa da Mata Atlântica de crescimento arbóreo, conhecida vulgarmente como pau ferro, encontra-se distribuída no Nordeste brasileiro nos estados de Pernambuco e Ceará, sendo que sua predominância em Pernambuco, especificamente na Região do São Francisco e nos municípios de Floresta e Buíque (DI STASI e HIRUMA-LIMA, 2002; LORENZI, 2008).

A análise de sementes é crucial para determinar o real valor dos lotes, entretanto, para o pau ferro tais informações ainda são incipientes. O potencial fisiológico da semente é avaliado por dois parâmetros, a germinação e o vigor. A germinação de sementes em teste de laboratório consiste na emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal em condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

O vigor é expresso por meio de determinada condição de estresse ou do declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (NAKAGAWA, 1999), portanto, o vigor das sementes pode ser entendido como reflexo da combinação de várias características que determinam seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade que a semente tem de mostrar o desempenho adequado quando posta em condições adversas de campo (MARCOS FILHO, 2005).

Os parâmetros observados no teste de germinação, como a primeira contagem, percentual de plântulas normais, crescimento e desenvolvimento de plântulas ou partes das mesmas, são os mais comuns para verificar o vigor de sementes de espécies florestais. No entanto, geralmente, são adotados quando se tem por objetivo avaliar o potencial fisiológico de sementes de um mesmo lote. Se tratando de sementes de lotes distintos outros testes tornam-se mais interessantes para identificar com precisão a qualidade fisiológica intrínseca a cada um. O teste de germinação, isoladamente, não é ideal para caracterizar os lotes de sementes, pois ainda que possuam porcentagens de germinação semelhantes, devido às condições ideais de laboratório, os mesmos podem ter comportamento fisiológico distinto no campo e/ou armazenamento (BONNER et al., 1994).

Muitos dos testes rápidos de vigor se baseiam em processos fisiológicos decorrentes da deterioração como por exemplo as atividades enzimáticas e respiratórias

e a integridade das membranas celulares. Sendo assim, a condutividade elétrica parte do princípio de que à medida que a semente envelhece ocorre simultaneamente o aumento da deterioração, resultando na perda da impermeabilidade e integridade das membranas celulares, tornando-as mais permeáveis e sujeitas a lixiviação de eletrólitos (VIEIRA e KRZYZANOWSKY, 1999).

A condutividade elétrica tem sido relatada com um teste que envolve dois princípios básicos, o físico e o biológico. O físico consiste na avaliação da corrente elétrica, através de uma ponte de condutividade presente na solução de embebição das sementes. Enquanto que o biológico se refere à lixiviação de solutos presentes no interior da célula para o meio externo, no qual são envolvidos processos bioquímicos diretamente ligados ao sistema de membranas celulares (PAIVA AGUERO, 1995; VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

Neste teste as sementes menos vigorosas (mais deterioradas) requerem um tempo maior para reestruturar a integridade das membranas durante o período de embebição e, conseqüentemente, tendem a liberar mais componentes (açúcares, aminoácidos, ácidos gordos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos) para o ambiente externo (MACHADO et al., 2011; MARCOS FILHO, 2015).

Os resultados da condutividade elétrica podem ser influenciados por diversos fatores, como a quantidade de sementes, danos mecânicos, injúrias causadas por insetos, tratamento químico, o volume da água de imersão, o teor de umidade, tempo e temperatura de embebição, o genótipo, tamanho da semente, entre outros. Portanto, quando se utiliza a metodologia correta é possível estimar com coerência o vigor das sementes, para evitar ou reduzir perdas, auxiliando na escolha ou eliminação de lotes (ANES et al., 2007).

Dessa forma, muitos pesquisadores verificaram a eficácia do teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico das sementes florestais, Araújo et al. (2011) observaram que 15 sementes embebidas em um volume de 75 mL de água por 6 horas são considerados suficientes para avaliar e escolher lotes com maior vigor de sementes de *Jatropha curcas* L. (pinhão-mansão). Em sementes *Pterogyne nitens* Tul., (amendoim bravo) o teste de condutividade elétrica é recomendado quando conduzido com 50 sementes embebidas em 50 mL de água destilada durante o período de 24 horas (ATAIDE et al., 2012).

Segundo Dalanhol et al. (2014) o uso de 25, 50 ou 100 sementes embebidas em 50 mL de água por 24 horas à 25°C mostrou-se promissor para detectar a qualidade fisiológica de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. (sucupira-do-cerrado) Pereira et al. (2015) indicam que o teste de condutividade elétrica seja conduzido em sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (catanduva) utilizando o volume de 75 mL com 75 sementes por 2 horas e 50 sementes em 50 mL durante 6 horas a uma temperatura constante de 25°C.

Um outro teste que vem, atualmente, se tornando promissor na avaliação do vigor das sementes é o teste de lixiviação de potássio que baseia-se na integridade do sistema de membranas. O mesmo detecta especificamente o íon potássio ( $K^+$ ) que se encontra presente na solução de embebição das sementes (MIGUEL e MARCOS FILHO, 2002; MIRANDA et al., 2003; MARCOS FILHO, 2005; KIKUTI et al., 2008).

Ainda não foi possível identificar a associação da quantidade de potássio lixiviado com os teores deste elemento nas sementes, permitindo afirmar que a exsudação de  $K^+$  na solução de embebição possui relação direta com a permeabilidade das membranas celulares (CUSTÓDIO e MARCOS FILHO, 1997). Tendo em vista que este é o principal íon liberado pelas sementes durante tal processo, podendo ser utilizado como um indicativo da integridade das membranas (MIGUEL e MARCOS FILHO, 2002; MIRANDA et al., 2003; MARCOS FILHO, 2005; KIKUTI et al., 2008).

Alguns estudiosos avaliaram a aplicabilidade do teste de lixiviação de potássio na determinação da qualidade fisiológica de sementes de algumas espécies florestais. Gonzales et al. (2011) indicam o teste de lixiviação de potássio para as sementes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (eucalipto-limão) com embebição em 75 mL de água destilada a 25°C por 24 horas. Segundo Silva (2012) o período de 24 horas de embebição a 30°C foi suficiente para estratificar os diásporos de *Schinopsis brasiliensis* Engler (baraúna) pelo teste de lixiviação de potássio. O referido teste também foi utilizado na determinação do vigor de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá) (AVELINO, 2014) e *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin e Barneby (canafístula) (FLÁVIO, 2014).

Para as sementes das espécies florestais que possuem dormência necessitando de longos períodos para se conhecer a qualidade fisiológica dos lotes, os testes rápidos de vigor tornam-se uma alternativa viável e de extrema importância para a tomada de

decisão na produção das mudas. No entanto, muitos desses testes não estão definidos para *C. ferrea*, havendo a necessidade de estudos que visem estabelecer uma metodologia padronizada para avaliar o potencial fisiológico das sementes da referida espécie.

Diante do exposto, o trabalho teve por objetivo verificar a eficiência dos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de *Caesalpinia ferrea*.



## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), em Garanhuns - PE.

### **2.2.Obtenção e beneficiamento dos frutos**

Os frutos de pau ferro foram colhidos em duas localidades, sendo o lote 1 proveniente do município de Areia-PB e o 2 do município de São Bento do Una-PE, em 2015, os quais foram colocados em sacolas plásticas e levados para o Laboratório de Análise de Sementes para serem beneficiados. O beneficiamento consistiu na retirada das sementes por meio da abertura lateral dos frutos com o auxílio de um martelo.

Após o beneficiamento realizou-se a triagem manual, a fim de se obter lotes mais uniformes, sendo eliminadas sementes chochas, contaminadas por patógenos ou com injúrias causadas pelo ataque de pragas. Posteriormente, as sementes de ambos os lotes foram postas em sacolas plásticas e ficaram mantidas em câmara fria (10°C) até o início das instalações dos testes.

### **2.3 Determinação do teor de umidade**

Determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 24 horas, conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de 10 sementes para cada lote em estudo e os resultados obtidos foram expressos em porcentagem média por lote.

## 2.4 Peso de mil sementes

As sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g utilizando 8 subamostras de 100 sementes para cada lote, os resultados foram submetidos aos cálculos de variância, desvio padrão e coeficiente de variação. As médias obtidas das 8 repetições/lote foram multiplicadas por 10, resultando nos valores da análise estatística (BRASIL, 2009).

## 2.5 Testes realizados

Antes da instalação dos testes, as sementes foram escarificadas quimicamente com ácido sulfúrico durante 15 minutos (MEDEIROS FILHO et al., 2005) e em seguida, lavadas em água corrente por 20 minutos.

### 2.5.1 Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido no substrato de papel toalha do tipo germitest na forma de rolo, previamente esterilizado por 20 minutos em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  e umedecido com água destilada, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a distribuição das sementes no substrato, os rolos foram colocados em câmaras de germinação do tipo *Biochemical Demand Oxygen* (B.O.D), equipada com lâmpadas fluorescentes e regulada à temperatura constante de  $30^\circ\text{C}$ . Para cada lote foram utilizadas 200 sementes, consistindo de quatro repetições de 50 sementes.

As contagens iniciaram-se no 6º dia após a semeadura, e se estenderam até o 14º dia (BIRUEL et al., 2007) após a instalação do teste, utilizando-se como critério de germinação o surgimento de plântulas normais, sendo consideradas aquelas que desenvolveram todas as suas estruturas essenciais (BRASIL, 2009). Ao final do experimento, foram computadas o número de plântulas normais por repetição, no qual obteve-se os dados médios por lote, com os resultados expressos em porcentagem.

### **2.5.2 Teste de primeira contagem de germinação**

Este teste foi realizado em conjunto com o teste de germinação, considerando o número de plântulas normais observadas no sexto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais por lote (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

### **2.5.3 Índice de velocidade de germinação**

O índice foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, sendo feitas as contagens de plântulas normais diariamente ao mesmo horário, desde o sexto até décimo quarto dia após a semeadura. Para os cálculos utilizou a fórmula proposta por Maguire (1962),  $IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$ , onde IVG= índice de velocidade de germinação, G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

### **2.5.4 Comprimento da raiz e parte aérea de plântulas**

Ao término do teste de germinação, foram feitas as medições da raiz e parte aérea das plântulas normais de cada sub-amostra com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Os resultados foram expressos em centímetro por plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

### **2.5.5 Massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas**

As plântulas da avaliação anterior, foram separadas isoladamente, dos cotilédones, parte aérea e raiz das plântulas normais de cada repetição e acondicionadas em sacos de papel kraft previamente identificados e postos em estufa de ventilação forçada a 80°C, por um período de 24 horas. Transcorrido esse período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas rapidamente em dessecadores contendo sílica gel

ativada. Após o resfriamento, as mesmas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g e seus resultados expressos em gramas/plântula (NAKAGAWA, 1999).

### **2.5.6 Teste de condutividade elétrica**

Neste teste foram realizados ensaios e analisadas várias combinações, resultantes do uso de diferentes tempos de embebição (2, 4, 6, 8, 10 e 24 horas), quantidades de sementes por repetição (25, 50 e 100) e volumes de água deionizada (50, 75 e 100 mL) para a embebição das sementes. Foram utilizadas quatro repetições de sementes por lote, pesadas em balança eletrônica com precisão de 0,001g e, posteriormente, incubadas em câmara do tipo B.O.D, regulada à temperatura constante de 30°C. Após cada período de embebição, a condutividade elétrica foi mensurada utilizando o condutivímetro modelo TEC-4MP, e os resultados expressos em  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

### **2.5.7 Teste de lixiviação de potássio**

Inicialmente as sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g para a determinação da massa seca. Posteriormente foram realizados diferentes ensaios com quatro repetições por lote, no qual se utilizou dois lotes de sementes, três quantidades de sementes (25, 50 e 100) e três volumes de água (50,75 e 100 mL). As amostras foram incubadas em câmara do tipo B.O.D a temperatura constante de 30°C por 24 horas.

Transcorrido esse período, as sementes foram descartadas e a mensuração da quantidade do íon potássio foi feita pelo método de fotometria de chama. Os valores foram expressos em  $\mu\text{g}$  do íon potássio  $\text{g}^{-1}$  de semente, ou seja, ppm de potássio (EMBRAPA, 2009).

## 2.6 Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado para os resultados do teor de água, peso de mil sementes, teste de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento da raiz e parte aérea de plântulas e massa seca dos cotilédones, raiz e parte aérea de plântulas, foi o inteiramente casualizado, consistindo de dois tratamentos (dois lotes) com quatro repetições de 50 sementes e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados de condutividade elétrica foram analisados separadamente para cada combinação número de sementes/volume de água/tempo de condicionamento e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Para avaliar a evolução nos valores de condutividade elétrica com o aumento do tempo de embebição, procedeu-se o estudo de regressão polinomial, escolhendo-se a equação de maior grau com significância estatística a 5% pelo teste F.

Para a lixiviação de potássio foi utilizado um esquema fatorial de  $2 \times 3$ , correspondentes a dois lotes e três quantidades de sementes, respectivamente, sendo os volumes de água avaliados separadamente. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições por lote, tendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação inicial da qualidade fisiológica das sementes de *C. ferrea* Mart. ex Tul.

Nas Tabelas 1 e 2 observa-se os valores médios referentes à avaliação inicial da qualidade fisiológica das sementes de pau ferro obtidos através da determinação do teor de água (TA), peso médio de mil sementes, primeira contagem (PC), porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz e parte aérea de plântulas (CR, CPA), massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones (MSR, MSPA e MSC).

Para o teor de água das sementes de pau ferro (Tabela 1), percebe-se que houve diferença estatística entre os lotes, no qual, o lote 1, mostrou-se com umidade mais elevada (9,68%) em relação ao lote 2 (7,75%). Entretanto, esta diferença de 1,93 pontos percentuais é permitida para realização dos testes de germinação e vigor, uma vez que a variação entre os lotes de sementes, de uma mesma espécie, para a realização dos testes de qualidade fisiológica deve ser inferior à amplitude máxima aceita que é de 2 pontos percentuais (MARCOS FILHO, 1999).

O teor de água das sementes é considerado um dos fatores que mais influencia na padronização de uma metodologia nos testes da condutividade elétrica e na uniformidade dos resultados entre laboratórios ou dentro de um mesmo laboratório. A umidade pode variar em função de muitos fatores, como a espécie, região de produção, época de colheita, eficiência da secagem e do ambiente de armazenamento (HAMPTON et al., 1994).

Para sementes de soja, se faz necessária à uniformização dos teores de água numa faixa entre 10 e 17%, antes de se dar início aos testes de germinação e vigor (AOSA, 2009; HAMPTON et al., 1992), em contrapartida Tao (1978) e Loeffler et al. (1988) recomendaram a utilização de sementes com teor de umidade entre 13 e 18%. Embora o teor de água das sementes de *C. ferrea* estejam pouco abaixo do que a literatura recomenda para espécies agrícolas, ainda assim é possível realizar os testes de qualidade fisiológica, devido a pouca variação ocorrida nos referidos lotes. Tendo em vista que lotes de sementes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f.

(macambira-de-flecha) com teor de água de 7,89 e 9,19% foram considerados ideais para a realização do teste de condutividade elétrica por Araújo (2015).

Na Tabela 1 verifica-se que não houve diferença estatística entre os lotes para a primeira contagem e o percentual de sementes germinadas. O fato dos lotes mostrarem semelhança no percentual de germinação e vigor avaliado pela primeira contagem pode ser justificado pelas condições favoráveis do teste de germinação, que, por vezes, não permite observar as pequenas diferenças existentes na qualidade fisiológica das sementes.

Além disso, a presença de lotes com poder germinativo semelhante é de suma importância quando objetiva-se aferir metodologias de testes de vigor, porque os mesmos devem ser sensíveis para detectar diferenças muito pequenas no potencial fisiológico das sementes.

**Tabela 1.** Valores médios do teor de água (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e peso médio de mil sementes de *Caesalpinia ferrea*.

	LOTE		
	1	2	CV (%)
TA (%)	9,68a	7,75b	3,41
PC (%)	7,00a	4,00a	14,6
G (%)	94,00a	86,00a	6,48
IVG	6,030a	4,850b	6,40
Peso de mil sementes (g)	127,00b	194,20a	3,67

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1) indicou o lote 1 como o de maior potencial fisiológico (6,03), ao passo que o lote 2 mostrou-se com menor velocidade de germinação (4,85). As sementes com teor de água mais baixo, como é o caso das oriundas do lote 2 (7,75%), germinaram em maior tempo, enquanto que as do lote 1 obtiveram germinação mais precoce, provavelmente por estarem com o teor de umidade mais elevado (9,68%).

Isto pode ser compreendido pelo fato de que mesmo sem ocorrer diferenças significativas entre o teor de água as sementes mais secas, quando postas para germinar, absorverem água numa velocidade elevada, porque o sistema de membranas encontra-se

com ampla desorganização estrutural, levando a rupturas dos seus tecidos, com consequentes prejuízos à germinação e velocidade de germinação. Dessa forma, exigem um período maior de tempo para que possam se reestruturar metabolicamente (HOBBS e OBENDORF, 1972).

Entretanto, quando embebidas, as sementes mais úmidas ativam mais rapidamente os mecanismos de reparo das membranas e do sistema enzimático responsável pela degradação dos tecidos de reserva, promovendo a maior velocidade de germinação e maior número de plântulas germinadas (ZUCARELI et al., 2008).

Para o peso de mil sementes (Tabela 1) verifica-se diferença estatística entre os lotes, uma vez que as sementes do lote 2 foram significativamente mais pesadas (194,20g) do que as do lote 1 (127,0g). O peso das sementes interfere diretamente no desempenho e vigor das futuras plântulas, que segundo Popinigis (1985) as sementes de menor tamanho, mesmo pertencentes ao um mesmo lote, tendem a possuir baixa capacidade germinativa e vigor diante das sementes médias e grandes.

O tamanho das sementes pode ser considerado um indicativo de qualidade fisiológica, em que as sementes maiores, em sua maioria, são caracterizadas com elevadas fontes de energia, reservas mobilizáveis e nutrientes (HEWITT, 1998). Carvalho e Nakagawa (2012) afirmam que, geralmente, sementes maiores são formadas pela maior deposição de substâncias de reserva durante a fase de maturação, o que resulta em embriões bem formados e maior nível de hormônios, sendo, portanto, mais vigorosas potencialmente.

O acúmulo maior de tecidos de reserva promove o estabelecimento mais rápido das plântulas (HAIG e WESTOBY, 1991), uma vez que possibilita a sobrevivência por um período maior de tempo sob condições ambientais adversas, que, ainda não permitem a absorção dos nutrientes e da água do solo e a realização da fotossíntese. Todavia, em determinadas situações as sementes maiores podem não expressar o maior vigor. Além disso, segundo Henning et al. (2010) as sementes de maior tamanho possuem altos teores de proteína mitocondrial, conferindo maior atividade respiratória potencial e, conseqüentemente, maior produção de ATP em relação às sementes menores.



Conforme registrado na Tabela 2, as sementes do lote 1 originaram plântulas com baixo crescimento do sistema radicular (7,11 cm) diferindo estatisticamente do lote 2, tendo em vista que o desenvolvimento das raízes foi de 10,54 cm. Quanto ao crescimento da parte aérea e massa seca das raízes não foram observadas diferenças estatísticas entre as plântulas de ambos os lotes (Tabela 2).

As plântulas que são dotadas de crescimento radicular mais vigoroso adquirem maior capacidade de adaptação e sobrevivência da espécie nas fases iniciais do processo germinativo, ganhando, assim, certa vantagem sobre as de baixo vigor.

As plântulas oriundas de sementes vigorosas utilizam fortemente as reservas cotiledonares nos dias iniciais de desenvolvimento, enquanto que aquelas provenientes de sementes de baixo vigor, por possuírem pouco acúmulo no tecido de reserva, após a germinação capturam recursos do solo para garantir a sua sobrevivência (KHURANA e SINGH, 2004).

**Tabela 2.** Valores médios do comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas de *Caesalpinia ferrea*.

	LOTE		
	1	2	CV (%)
<b>CR (cm)</b>	7,11b	10,54a	8,14
<b>CPA (cm)</b>	9,77a	9,78a	2,09
<b>MSR (g)</b>	0,0100a	0,0100a	0,00
<b>MSPA (g)</b>	0,0200b	0,0300a	0,00
<b>MSC (g)</b>	0,0100b	0,0200a	28,87

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados da massa seca da raiz das plântulas (Tabela 2) não demonstraram diferença estatística entre as massas dos lotes de sementes estudados, contudo, os lotes diferiram estatisticamente no acúmulo de massa seca da parte aérea e dos cotilédones. A baixa deposição de massa seca da parte aérea (0,02g) e dos cotilédones (0,01g) exibida pelas plântulas do lote 1, evidenciou, mais uma vez, o elevado potencial fisiológico do lote 2, porque o mesmo conseguiu acumular, respectivamente, 0,03 e 0,02g atribuindo esse comportamento ao tamanho das sementes.

As sementes maiores originam plântulas mais nutridas, em virtude da elevada quantidade de substâncias acumuladas no tecido de reserva que são transferidas com mais eficiência para o eixo embrionário no processo germinativo, dando origem a plântulas mais pesadas, em consequência do maior acúmulo de massa seca (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), como foi verificado nas plântulas do lote 2 do presente estudo.

A capacidade da plântula em acumular massa seca varia em função do nível de vigor durante a emergência (ELLIS, 1992), assim, o vigor das sementes tem forte influência na fase reprodutiva da planta, refletindo nos processos fisiológicos que culminam com o acúmulo de massa seca nas sementes produzidas (TEKRONY e EGLI, 1991).

De acordo com as especificações estabelecidas pela AOSA (2009) são consideradas plântulas vigorosas aquelas que são originadas de sementes de alta qualidade, estas, conseqüentemente terão maior comprimento da parte aérea e massa verde ou seca, critérios também utilizados para a avaliação do vigor.

Vale ressaltar que o uso de apenas um único teste de vigor não é suficiente para determinar a qualidade fisiológica dos lotes, não havendo possibilidade de caracterizar todas as interações existentes entre as sementes e as condições ambientais antes, durante e após a colheita, além das detectadas por ocasião da semeadura. Nesse sentido, indica-se a utilização de mais de um teste de vigor para fornecer informações mais consistentes e precisas, propondo reduzir o máximo de erros associados à decisão de se aceitar ou rejeitar um lote de sementes destinado para o armazenamento ou semeadura (MENDONÇA et al., 2008).

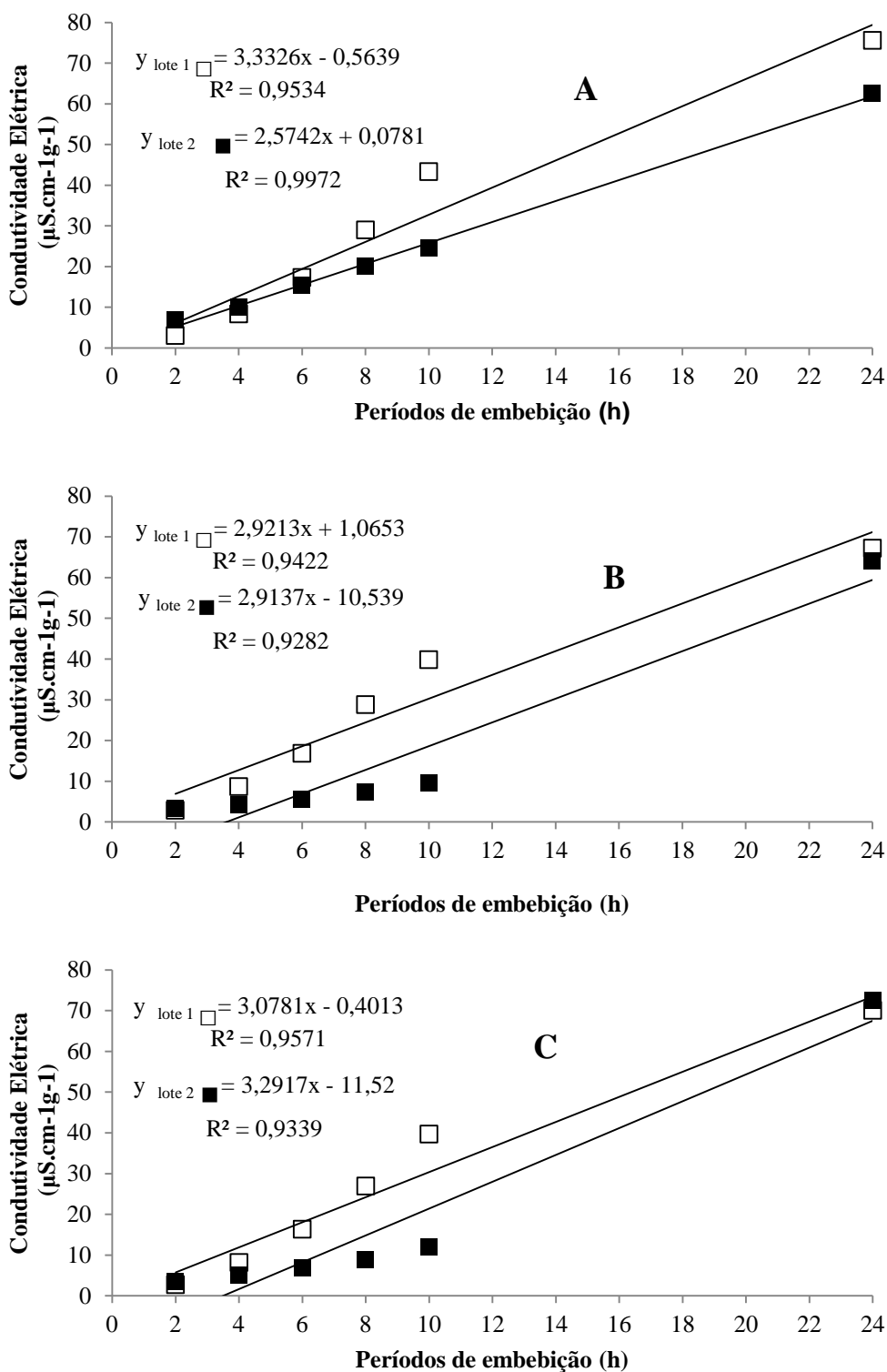
### **3.2 Avaliação da condutividade elétrica em sementes de *C. ferrea* Mart. ex Tul.**

Os resultados referentes aos volumes de água (50, 75 e 100 mL) e quantidades de sementes (25, 50 e 100) na temperatura de 30°C encontram-se nas Figuras 1, 2 e 3A, B e C. Verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear crescente, ou seja, a condutividade elétrica cresceu progressivamente com o passar dos períodos de embebição. Provavelmente, esse aumento na condutividade da solução de embebição

esteja relacionado à elevada liberação de lixiviados, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos.

Nas Figuras 1A, B e C, observa-se os dados da condutividade elétrica em função dos períodos de embebição e quantidade de sementes no volume de 50 mL de água destilada, onde constata-se que 8 horas de embebição já foi suficiente para separar os lotes em dois níveis de vigor quando foram utilizadas 25 sementes (Figura 1A e Tabela 3). Para essa combinação, o lote 2 mostrou-se com elevado vigor, tendo em vista que o mesmo lixiviou menor quantidade de metabólitos para solução em relação ao lote 1, diferindo estatisticamente entre si (Tabela 3).

Tais resultados divergem de alguns testes de vigor realizados conjuntamente com o teste de germinação (Tabelas 1 e 2), visto que o índice de velocidade de germinação (IVG) identificou o lote 1 com o de maior potencial fisiológico. Apesar disso, acredita-se que o IVG possui pouca sensibilidade em detectar os eventos iniciais do processo de deterioração de sementes (GONÇALVES et al., 2008).



**Figura 1.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 50 mL de água com 25 (A), 50 (B) e 100 (C) sementes. Garanhuns – PE, 2016.

Flávio e Paula (2010) verificaram eficiência no uso da metodologia de condutividade elétrica com 25 sementes embebidas em 50 mL de água deionizada por 48h a 25°C na avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (tingui-preto). Enquanto que Dalanhol et al. (2014) afirmam que o volume de 50 mL de água, na temperatura constante de 25°C utilizando 25, 50 e 100 sementes por um período de 24 horas é suficiente para determinar o vigor de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth.(sucupira-do-cerrado).

**Tabela 3.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 50 mL de água com 25, 50 e 100 sementes. Garanhuns-PE, 2016.

Períodos	25 sementes		50 sementes		100 sementes	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
2 HORAS	3,030000 a	6,927500 a	2,860000 a	3,190000 a	2,735000 a	3,582500 a
4 HORAS	8,310000 a	9,977500 a	8,615000 a	4,140000 b	8,115000 a	5,022500 b
6 HORAS	17,332500 a	15,445000 a	16,842500 a	5,650000 b	16,350000 a	6,802500 b
8 HORAS	29,015000 a	20,120000 b	28,785000 a	7,382500 b	26,952500 a	8,790000 b
10 HORAS	43,31750 a	24,447500 b	39,827500 a	9,685000 b	39,637500 a	11,905000 b
24 HORAS	75,570000 a	62,560000 b	67,212500 a	64,062500 a	70,020000 a	72,527500 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se utilizou 50 mL de água combinado com 50 e 100 sementes (Figuras 1B, C e Tabela 3) com 4 horas de embebição já foi possível visualizar a separação dos lotes, destacando-se as sementes do lote 2, indicando ser o de maior vigor. Observou-se que com o aumento do número de sementes (50 e 100) para mesma quantidade de água houve uma redução no tempo de separação dos lotes em níveis de vigor.

A concentração de lixiviados no período de 24 horas não diferiu estatisticamente entre os lotes, quando se utilizou 50 e 100 sementes em 50 mL de água (Tabela 3). Nessas condições pode ter havido a reabsorção de lixiviados pelas sementes à medida que se prolongava às horas de embebição, de forma tal, que as sementes podem ter alcançado o equilíbrio com a solução circundante, entretanto, esta explicação necessita ser objeto de estudo de futuras pesquisas como informam Flávio e Paula (2010).

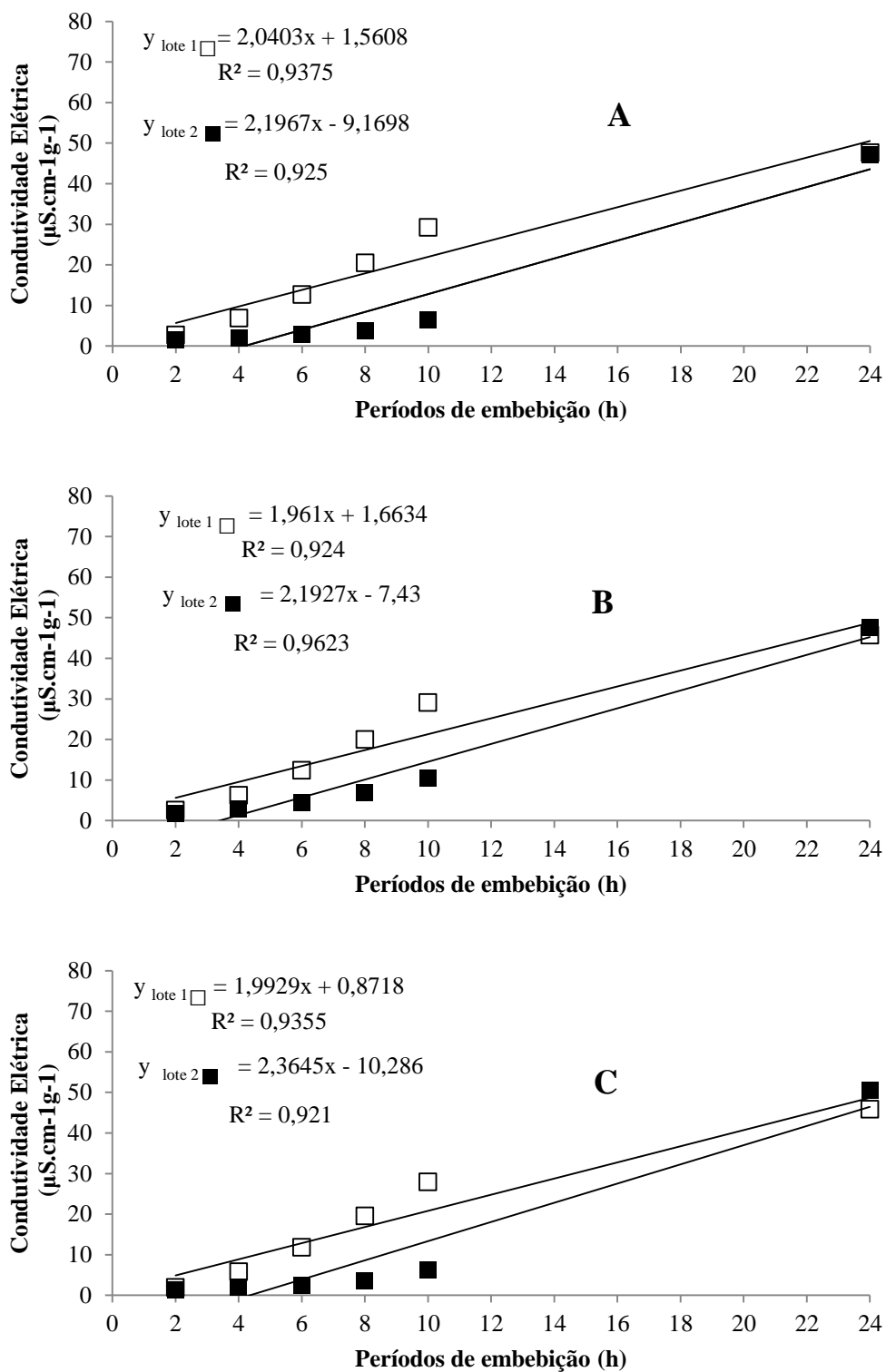
Esse fato também pode ser explicado pelos conhecimentos sobre os mecanismos que envolvem a hidratação das sementes e o efeito do tegumento no processo descrito, como afirma Marcos Filho (2005). O autor relata que a princípio o tegumento age

impedindo o fluxo de água, na medida em que as sementes são hidratadas seu papel se inverte, possibilitando a entrada de água para o interior destas, o qual uniformiza o umedecimento dos cotilédones. Dessa forma, a concentração de íons se eleva, em consequência da maior absorção de água por parte da semente.

Para o volume de 75 mL de água verifica-se que a estratificação dos lotes quando se utilizou 25 e 100 sementes (Figuras 2A, C e Tabela 4) a 30°C foi antecipada para 4 horas de embebição, evidenciando que o lote 2 encontrava-se com maior capacidade de organização do sistema de membranas celulares do que o lote 1, portanto, menos deteriorado. Corroborando com os resultados constatados em outros testes de vigor, a exemplo do comprimento radicular e massa seca da parte aérea e dos cotilédones das plântulas (Tabela 2).

Segundo Rosa et al. (2000) nos primeiros períodos de embebição a liberação de íons para solução é intensa, independentemente do nível de vigor das sementes, havendo dificuldade em separar lotes nas horas iniciais de embebição. Porém, as sementes mais vigorosas organizam mais rapidamente seu sistema de membranas do que as deterioradas, a tal ponto de estabilizar a liberação de eletrólitos para o meio, tendo como consequência a identificação do vigor.

No presente trabalho foi observado o contrário, porque não foi necessário obter a estabilização da condutividade elétrica para identificar o potencial das sementes de pau ferro, além, disso, as primeiras horas de imersão promoveram estratificação dos lotes com consistência e precisão. Portanto, que o teste de condutividade elétrica vem se mostrando interessante para os tecnólogos de sementes, principalmente no que diz respeito à precocidade na obtenção dos resultados e na tomada de decisão, além de proporcionar melhor uniformidade para a produção de mudas.



**Figura 2** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 75 mL de água com 25 (A), 50 (B) e 100 (C) sementes. Garanhuns – PE, 2016.

Quando foram utilizadas 50 sementes (Figura 2B e Tabela 4), os lotes puderam ser diferenciados às 6 horas de embebição, embora tenha sido eficiente o uso de 25, 50 e 100 sementes embebidas em 75 mL de água a 30°C, em 24 horas de embebição não houve diferenças estatísticas na quantidade de eletrólitos lixiviados dos dois lotes, exceto quando se utilizou 100 sementes.

Trabalhos com outras espécies florestais também comprovaram a eficiência na avaliação do potencial fisiológico das sementes embebidas em 75 mL de água com diferentes quantidades de sementes e períodos de embebição. Pereira et al. (2015) afirmam que o uso de 75 sementes embebidas em 75 ml de água por 2 horas à 25 °C é eficaz para identificar o vigor dos lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (catanduva).

Araújo et al. (2011) indicaram que para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Jatropha curcas* L. (pinhão-mansão), deve-se utilizar 15 sementes e 75 mL de água, com leitura após 6 horas de embebição a 25°C. Souza et al. (2016) verificaram que a condutividade elétrica das sementes de *Jacaranda micrantha* Cham. (caroba) deve ser conduzida utilizando a embebição de 50 sementes em 75 mL de água deionizada por 24h a 25°C.

**Tabela 4.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 75 mL de água com 25, 50 e 100 sementes. Garanhuns-PE, 2016.

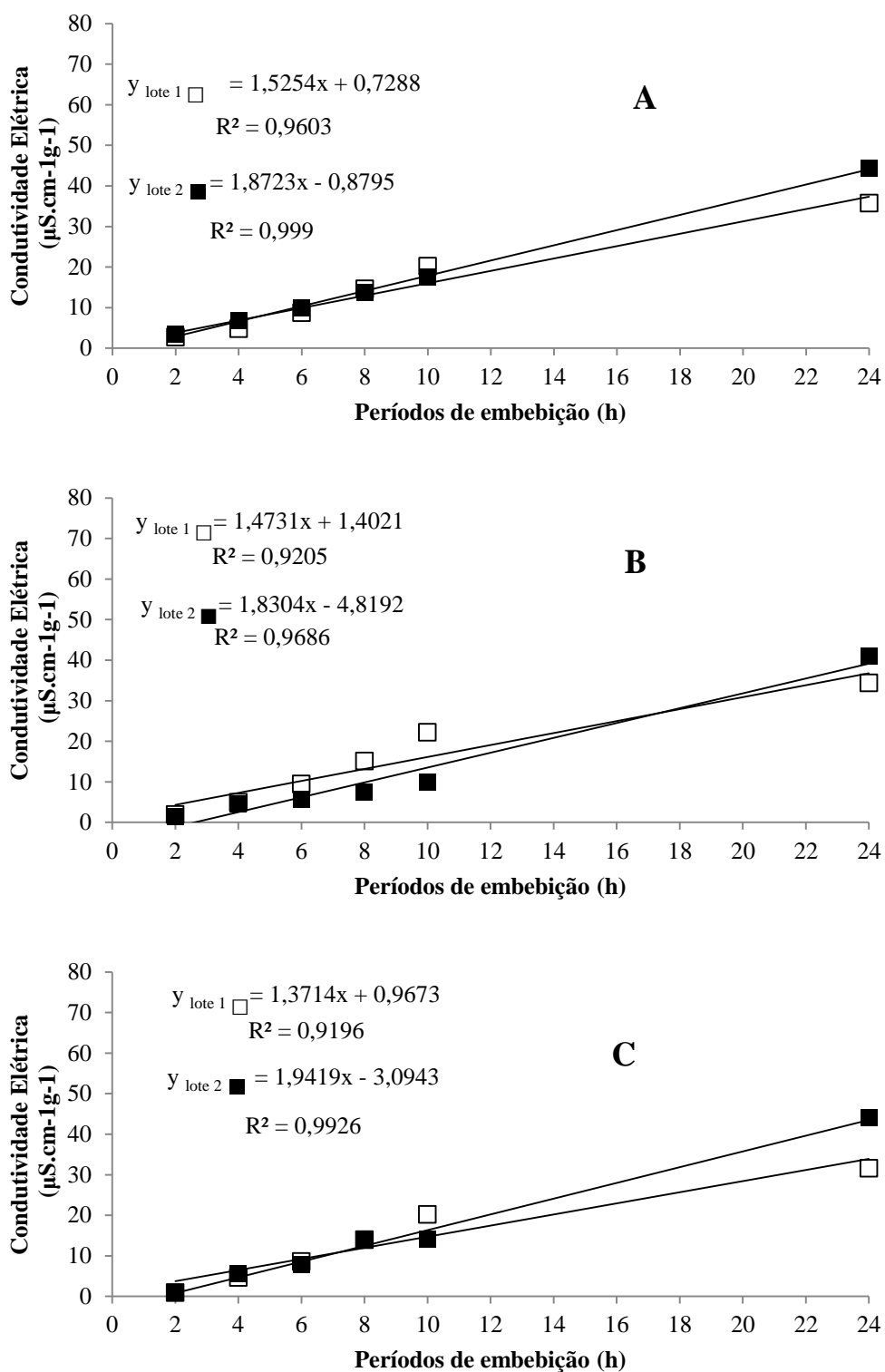
Períodos	25 sementes		50 sementes		100 sementes	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
2 HORAS	3,000000 a	1,750000 a	2,500000 a	1,500000 a	2,000000 a	1,250000 a
4 HORAS	6,750000 a	2,000000 b	6,250000 a	3,000000 a	6,000000 a	2,250000 b
6 HORAS	12,750000 a	3,000000 b	12,000000 a	4,250000 b	12,000000 a	2,500000 b
8 HORAS	20,750000 a	3,500000 b	19,750000 a	6,750000 b	19,750000 a	3,500000 b
10 HORAS	29,000000 a	6,500000 b	28,750000 a	10,500000 b	27,750000 a	6,250000 b
24 HORAS	47,750000 a	47,000000 a	46,000000 a	47,750000 a	46,000000 b	50,500000 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O volume de 100 mL de água combinado com 25, 50 e 100 sementes (Figuras 3A, B, C e Tabela 5) a 30°C não foi eficaz na diferenciação dos lotes de sementes de *C. ferrea*, não sendo significativo estatisticamente na maioria dos tempos de embebição. Provavelmente, isto se deve a maior diluição dos íons neste volume, tendo em vista que



a redução da condutividade elétrica está estreitamente ligada ao volume de água utilizado.



**Figura 3.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm-1g-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 100 mL de água com 25 (A), 50 (B) e 100 (C) sementes. Garanhuns – PE, 2016.

Verificou-se também resultados contraditórios do que tinha sido observado quando se utilizou os volumes de 50 e 75 mL de água e 25, 50 e 100 sementes (Figuras 1 e 2A, B e C; Tabelas 3 e 4). Nestas combinações, as sementes do lote 2 mostraram-se com qualidade fisiológica superior, porém, para o volume de 100 mL o mesmo demonstrou-se menos vigoroso, passando a lixiviar mais em 24 horas de imersão em todas as quantidades de sementes. Desse modo, o volume de 100 mL não é recomendado para determinar e classificar o vigor das sementes de pau ferro.

**Tabela 5.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em função dos períodos de embebição de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando 100 mL de água com 25, 50 e 100 sementes. Garanhuns-PE, 2016.

Períodos	25 sementes		50 sementes		100 sementes	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
2 HORAS	2,750000 a	3,500000 a	2,000000 a	1,250000 a	1,000000 a	1,000000 a
4 HORAS	5,000000 a	7,000000 a	5,000000 a	4,500000 a	4,750000 a	5,750000 a
6 HORAS	8,750000 a	9,750000 a	9,250000 a	5,750000 a	8,750000 a	8,000000 a
8 HORAS	14,500000 a	13,750000 a	15,250000 a	7,250000 b	14,250000 a	14,250000 a
10 HORAS	20,250000 a	17,500000 a	22,000000 a	9,750000 b	20,250000 a	14,000000 b
24 HORAS	35,750000 b	44,500000 a	34,250000 b	41,000000 a	31,750000 b	44,000000 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Flávio e Paula (2010) comprovaram que o volume de 100 mL de água, independente da quantidade de sementes utilizada (25, 50 e 75), pouco influenciou na estratificação dos lotes de sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (tingui-preto). Dessa maneira, recomendam utilizar menores quantidades de água para conduzir o teste de condutividade elétrica para esta espécie. A ineficiência do volume de 100 mL de água na separação dos lotes de sementes pelo teste de condutividade elétrica foi evidenciado da mesma forma por Ataíde et al. (2012) e Pereira e Martins Filho (2012) em sementes de amendoim bravo (*Pterogyne nitens*) e cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), respectivamente.

Percebe-se a ampla variabilidade de resultados existentes entre as espécies, uma vez que cada uma responde de maneira diferente para uma mesma metodologia utilizada. Por não serem modificadas geneticamente, as sementes florestais dificilmente terão o mesmo desempenho que as sementes agrícolas quando submetidas ao teste de condutividade elétrica. Contudo, a realização de outros testes de vigor, torna-o

ferramenta importante para auxiliar na identificação dos diferentes potenciais fisiológicos dos lotes.

A busca por técnicas de avaliação de vigor que atendam os critérios de rapidez, precisão e custos tem sido algo muito discutido pelos tecnologistas de sementes. Diante do exposto, verificou-se que o tempo de estratificação dos lotes de sementes de pau ferro foi variável em função da quantidade de sementes e volumes de água testados. Quando o mesmo foi conduzido com 25 sementes em 50 ml de água observa-se a separação dos lotes em 8 horas, enquanto que quando se utiliza 50 e 100 sementes, o tempo é reduzido para 4 horas. Para 25 e 100 sementes em 75 mL de água, constatou-se esse mesmo tempo para avaliação do vigor.

Verificou-se que em 24 horas de embebição utilizando o volume de 100 mL com 25, 50 e 100 sementes, bem como, o volume de 50 e 75 mL combinados, respectivamente, com 100 e 25 sementes, o lote 2 demonstrou maior lixiviação de exsudato durante a embebição, contrariando os resultados encontrados antes do período de 24 horas. Provavelmente as sementes dos dois lotes estavam com níveis de vigor muito próximos e nos períodos iniciais de embebição do teste é possível que a água tenha favorecido a reestruturação do sistema de membranas celulares, de forma que as sementes do lote 1 atingissem um estado de equilíbrio e com isso tenha reduzido a lixiviação de eletrólitos durante o teste de condutividade elétrica.

Entretanto, não se pode descartar a possibilidade de novos estudos que visem testar combinações que incluam maior número de lotes, bem como, a associação com outros testes de qualidade fisiológica para confirmar ainda mais a eficiência do teste de condutividade elétrica.

### **3.3 Avaliação da lixiviação de potássio em sementes de *C. ferrea* Mart. ex Tul.**

Na Tabela 6, encontram-se os valores médios da lixiviação de potássio dos dois lotes, combinados com quantidades de sementes (25, 50 e 100) e volumes de água destilada (50, 75 e 100 mL) num período de 24 horas de embebição a 30°C.

É possível verificar que para a maioria dos tratamentos, com exceção do tratamento de 25 sementes em 50 mL e 50 sementes em 100 mL de água para os quais

não foram verificadas diferenças estatísticas, o lote 2 lixiviou maiores teores de potássio para a solução de embebição do que as sementes do lote 1. O lote 2, portanto, mostrou-se com menor capacidade de recuperação das membranas celulares em consequência da maior quantidade de  $K^+$  lixiviado.

Os resultados foram coerentes com aqueles obtidos do índice de velocidade de germinação (Tabela 1) e a condutividade elétrica quando foram utilizadas 100 sementes em 75 mL e 25, 50 e 100 sementes embebidas no volume de 100 mL de água no período de 24 horas (Tabela 4 e 5), porém, divergem dos encontrados para o comprimento do sistema radicular e o acúmulo da massa seca da parte aérea e dos cotilédones de plântulas (Tabela 2). Mostrando, dessa forma, que a eficiência de um teste é comprovada pela coerência existente entre os resultados encontrados nos mesmos.

O teste de lixiviação de potássio parte do mesmo princípio teórico que o a condutividade elétrica, ou seja, da permeabilidade e integridade do sistema de membranas. Para tanto, o teste de lixiviação de potássio quantifica a exsudação de apenas um íon específico ( $K^+$ ), por outro lado, a condutividade elétrica determina, indiretamente, a concentração total de todos os íons liberados das sementes para o meio (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

Diferentes íons percolam simultaneamente as membranas celulares, dentre eles, o íon potássio é o mais abundante e permeável nas células vegetais, atua diretamente na regulação do potencial osmótico das células vegetais e desempenha papel importante na ativação de enzimas responsáveis pelo processo respiratório, fotossintético e na manutenção da eletroneutralidade celular (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Nas sementes, o potássio é o íon inorgânico encontrado em maiores proporções (LOTT et al., 1991), conseqüentemente o mais lixiviado durante a embebição. Alguns estudiosos consideram o teste de lixiviação de potássio como um indicador da integridade do sistema de membranas, devido à elevada concentração deste íon nas células, dando suporte a confiabilidade do nível de desestruturação das membranas celulares (GUEDES, 2012).

Portanto, acredita-se que a lixiviação de potássio esteja relacionada diretamente com a integridade e permeabilidade das membranas celulares, não havendo sido detectada a associação da concentração do íon potássio lixiviado com os teores deste elemento nas sementes (CUSTÓDIO e MARCOS FILHO, 1997).

Avaliando os efeitos do número de sementes no teste de lixiviação de potássio (Tabela 6), percebe-se que o  $K^+$  lixiviado se eleva concomitantemente com o aumento da quantidade de sementes, independente do volume utilizado.

**Tabela 6.** Valores médios da lixiviação de potássio (ppm de  $K^+$   $g^{-1}$  de sementes) de dois lotes de sementes de *C. ferrea* utilizando três quantidades de sementes embebidas em três volumes de água destilada por 24 horas.

Volumes de água				
Lotes	50 mL			Médias
	25 sementes	50 sementes	100 sementes	
1	0,23Ac	0,48Bb	1,03Ba	0,55B
2	0,32Ac	0,68Ab	1,63Aa	0,87A
Médias	0,27c	0,58b	1,33a	
Lotes	75 mL			Médias
	25 sementes	50 sementes	100 sementes	
1	0,22Bc	0,32Bb	0,65Ba	0,39B
2	0,37Ac	0,49Ab	1,08Aa	0,65A
Médias	0,29c	0,4b	0,86a	
Lotes	100 mL			Médias
	25 sementes	50 sementes	100 sementes	
1	0,24Bb	0,31Ab	0,48Ba	0,34B
2	0,44Ab	0,38Ab	0,91Aa	0,58A
Médias	0,34b	0,35b	0,70a	

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferirem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com a Tabela 6, a combinação de 25 sementes/50 mL não permitiu separar os lotes quanto ao vigor, ocorrendo diferença estatística, apenas, quando foram utilizadas 50 e 100 sementes/50 mL de água. Entretanto, quando as sementes foram embebidas em 75 mL de água destilada (Tabela 6) a 30°C, a estratificação dos lotes das sementes de pau ferro foi observada, claramente, em todas as quantidades de sementes testadas, sendo compatíveis com os valores do teste de condutividade elétrica em 24 horas de embebição (Tabela 4 e Figuras 1A, B e C).

Com relação à lixiviação de potássio no volume de 100 mL (Tabela 6) por 24 horas a 30°C, percebe-se que não houve diferença estatística, a nível de vigor, quando se utilizou a quantidade de 50 sementes. Em contrapartida, o uso de 25 e 100 sementes

embebidas no mesmo volume de água foram significativos estatisticamente na diferenciação do potencial fisiológico dos lotes das sementes de pau ferro.

Infere-se, portanto, que a lixiviação do íon potássio nas combinações utilizadas para o volume de 100 mL de água foram coerentes com os valores da condutividade elétrica quando utilizou a mesma quantidade de água e período de embebição, conforme consta na Tabela 5 e nas Figuras 3A, B e C.

Todavia, acredita-se que as sementes de ambos os lotes encontravam-se com níveis de vigor semelhantes e levando em consideração que o teste de lixiviação de potássio se baseia na reestruturação do sistema de membranas, é possível que a água tenha promovido a reorganização das membranas celulares das sementes do lote 1 nas primeiras horas de embebição. O que pode ter ocasionado o seu equilíbrio quanto a lixiviação do íon potássio no período de 24 horas, hipótese, esta, também evidenciada no teste de condutividade elétrica para o mesmo período de imersão.

O teste de lixiviação de potássio mostrou-se sensível na separação dos lotes de maior e menor vigor das sementes de pau ferro, sendo uma alternativa eficaz e promissora para as empresas de sementes, contudo, sugere-se realizar este teste com diferentes períodos de embebição e também com lotes de sementes com vigor diferenciado para que se possa confiar na sua eficiência.

Muitos pesquisadores verificaram a eficiência do teste de lixiviação de potássio para as sementes de espécies florestais, Guedes (2012) afirma o efeito promissor do teste de lixiviação de potássio na estratificação de nove lotes de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (amburana) após 4 horas de embebição em 75 mL de água destilada e deionizada a 25°C e Gonzales et al. (2011) recomendam que as sementes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (eucalipto-limão) sejam embebidas em 75 mL de água destilada a 25°C por 24 horas para avaliar a quantidade de potássio lixiviado. Além disso, os autores verificaram a confiabilidade dos dados pela compatibilidade entre o teste de condutividade elétrica e a lixiviação de potássio.

#### 4. CONCLUSÕES

Os testes de comprimento da raiz, massa seca da parte aérea e dos cotilédones de plântulas e o índice de velocidade de germinação são eficientes na determinação do vigor das sementes de pau ferro;

O teste de condutividade elétrica pode ser conduzido em sementes de *C. ferrea* utilizando as combinações de 25 sementes embebidas por 8 horas ou 50 e 100 sementes por 4 horas no volume de 50 mL de água destilada e deionizada a 30°C; a utilização de 25 e 100 sementes embebidas no volume de 75 mL de água por pelo menos 4 horas ou 50 sementes em 75 mL por 6 horas a 30°C.

Para o teste de lixiviação de potássio deve-se avaliar outros períodos de embebição e que os lotes de sementes tenham vigor diferenciado.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANES, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; MENDONÇA, E. A. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Padronização da metodologia do teste de tetrazólio para sementes de *Jatropha elliptica* M. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n.3, p.82-88, 2007.
- AOSA. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2009. 334 p. (Contribution, 32).
- ARAÚJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; DONZELES, S. M. L.; COSTA, G. M. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Idesia**, v.29, n.2, p.79-86, 2011.
- ARAÚJO, A. V. de. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae)**. 2015.83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2015.
- ATAIDE, G. M.; FLÔRES, A. V.; BORGES, E. E. L.; RESENDE, R. T. Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pterogyne nitens* Tull. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.4, p.635-640, 2012.
- AVELINO, M. C. S. **Testes bioquímicos para avaliação do vigor em sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* BENTH.** 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Macaíba, RN, 2014.
- BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B. de.; PAULA, R. C. de. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.151-159, 2007.

- BONNER, F. T.; VOZZO, J. A.; ELAN, W. W.; LAND-JR., 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).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.
- CUSTÓDIO, C. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leachate test for the evaluation of soybean seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, v.25, n.3, p.549-564, 1997.
- DALANHOL, S. J.; REZENDE, E. H.; ABREU, D. C. A. de.; NOGUEIRA, A. C. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Bowdichia virgilioides* kunth. *Floresta e Ambiente*, v.21, n.1, p.69-77, 2014.
- DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: II. Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.37-41, 1995.
- DI STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. São Paulo: Editora UNESP, p.323-330, 2002.
- ELLIS, R. H. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. **Plant Growth Regulation**, v.11, n.1, p.249-255, 1992.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, 370p. 2009.

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

FLÁVIO, J. J. P. **Qualidade fisiológica de sementes de *Senna multijuga* de diferentes procedências do Estado de São Paulo**. 2014. 50f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

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

GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V. E.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, v.39, n.90, p.171-181, 2011.

GUEDES, R. S. **Teste de vigor para a avaliação da qualidade fisiológica e sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith**. 2012. 97f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, v.5, n.2, p.231-247, 1991.

HAMPTON, J. G.; JOHNSTONE, K. A.; EUAUMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, v.20, n.3, p.677-686, 1992.

HAMPTON, J. G.; LUNGWANGWA, A. L.; HILL, K. A. The bulk conductivity test for Lotus seed lots. **Seed Science Technology**, v.22, n.1, p.177-180, 1994.

- HEWITT, N. Seed-size and shade tolerance: a comparative analysis of North American temperate trees. **Oecologia**, v.114, n.3, p.432-440, 1998.
- HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, n.3, p.727-734, 2010.
- HOBBS, P. R.; OBENDORF, R. L. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, v.12, n.5, p.664-667, 1972.
- KHURANA, E.; SINGH, J.S. Germination and seedling growth of five tree speciefrom tropical dry forest in relation to water stress - impact of seed size. **Journal of Tropical Ecology**, v.20, n.4, p.385-396, 2004.
- 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**, v.30, n.1, p.10-18, 2008.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999.
- LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53,1988.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1, 368p.
- 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**, v.1, n.4, p.229-233, 1991.

- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling na vigour. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; SANTANA, D. S.; CRUZ, C. S. S.; OLIVEIRA, S. S. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pisum sativum* subsp. **Ciência Rural**, v.41, n.6, p.988-995, 2011
- MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-24.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba-SP: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES 2015. 660 p.
- MEDEIROS FILHO, S.; SILVA, M. A. P.; SANTOS FILHO, M. E. C. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de plântulas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul var. *ferrea* em casa de vegetação e germinador. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p. 203-208, 2005.
- MENDONÇA, E. A. F. de.; AZEVEDO, S. C. de.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.1-9, 2008.
- MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.315-319, 2002.

- MIRANDA, D. M.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CHAMMA, H. M. C. P.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de pimentão pelo teste de lixiviação de potássio. **Informativo Abrates**, v.13, n.3, p.275, 2003.
- NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- PAIVA AGUERO, J. A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja no campo**. 1995. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.
- PEREIRA, M. D.; MARTINS FILHO, S. Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* DUNAL). **Revista Agrarian**, v.5, n.16, p.93-98, 2012.
- PEREIRA, K. T. O.; AQUINO, G. S. M.; ALVES, T. R. C.; BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B. Electrical conductivity test in *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. **Journal of Seed Science**, v.37, n.4, p.199-205, 2015.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: ABRATES. 298p. 1985.
- ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. V. R. V.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.54-63, 2000.
- SILVA, I. T. F. A. da. **Adequação da metodologia para testes bioquímicos em diásporos de *Schinopsis brasiliensis* Engler**. 2012. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2012.

SOUZA, G. F.; GARLET, J.; DELAZERI, P. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Jacaranda micranta* **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.36, n.85, p.79-83, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAO, J. K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v.3, n.1, p.10-18, 1978.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: A review. **Crop Science**, v.31, n.1, p.816- 822, 1991.

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.

ZUCARELI, C. CAVARIANI, C.; PORTUGAL, G.; NAKAGAWA, J. Potencial fisiológico de sementes de milho hidratadas pelo método do substrato de papel toalha. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.122-129, 2008.

## **CAPÍTULO II**

**TESTE DE pH DE EXSUDATO-FENOLFTALEÍNA EM SEMENTES DE  
*Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.**



## RESUMO

As empresas produtoras de sementes buscam alternativas promissoras, rápidas e eficazes para determinar a qualidade fisiológica das sementes. Assim, os testes rápidos de vigor são considerados uma ferramenta importante para auxiliar as tomadas de decisões para o armazenamento e comercialização das mesmas e produção das mudas. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), com o objetivo de estudar a eficiência do teste do pH do exsudato-fenolftaleína para avaliar as sementes de dois lotes de *C. ferrea*. As sementes foram colhidas no município de Areia-PB (lote 1) e Paranatama-PE (lote 2) e submetidas às seguintes determinações e testes: determinação do teor de água, peso de mil sementes, teste de germinação, teste de primeira contagem, índice de velocidade de germinação, teste de comprimento da parte aérea e raiz de plântulas, massa seca da parte aérea, raiz e cotilédones de plântulas e teste do pH do exsudato-fenolftaleína, sendo, este, conduzido em duas temperaturas (25 e 30°C) e cinco períodos de embebição em água destilada e deionizada (30, 60, 90, 120 e 150 minutos). Os testes de primeira contagem e comprimento da parte aérea de plântulas foram eficientes na avaliação do potencial fisiológico e estratificação dos lotes de sementes de *C. ferrea*; Não houve diferença estatística para a porcentagem de viabilidade e germinação das sementes nas temperaturas de 25 e 30°C e nos períodos de embebição pelo teste do pH do exsudato. Dessa forma, recomenda-se que o mesmo seja conduzido por pelo menos 30 minutos em água destilada e deionizada na temperatura constante de 25 ou 30°C para avaliar o vigor das sementes de pau ferro.

**Palavras - chave:** coloração; períodos de embebição; testes rápidos; ameaçada de extinção.

## ABSTRACT

The seed companies look promising, fast and effective alternatives to determine the physiological quality of seeds. Thus, rapid vigour tests are considered an important tool to assist decision making for the storage and sale of the same and production of seedlings. The experiment was conducted at the Seed Analysis Laboratory at the Federal Rural University of Pernambuco/Academic Unit of Garanhuns (UFRPE/UAG), in order to study the pH test of the efficiency of the exudate-phenolphthalein to evaluate the seeds of two batches of *C. ferrea*. The seeds were harvested in Areia-PB (lot 1) and Paranatama-PE (lot 2) and subject to the following determinations and tests: determination of water content, weight of a thousand seeds, germination test, first count test, germination speed index, shoot length test and root seedlings, shoot dry weight, root and cotyledons of seedlings and pH test exudate-phenolphthalein, and this, conducted at two temperatures (25 and 30°C) and five periods of soaking in deionized distilled water (30, 60, 90, 120 and 150 minutes). The first count tests and shoot length of seedlings were efficient in evaluating the physiological and stratification of lots of *C. ferrea* seeds; There was no statistical difference in the percentage of viability and germination at temperatures of 25 to 30°C and periods of soaking the exudate pH test. Therefore, it is recommended that it be conducted for at least 30 minutes in distilled and deionized water at a constant temperature of 25 to 30°C to evaluate the effect of seed stick iron.

**Key - words:** color; soaking periods; rapid tests; threat of extinction.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul, conhecida vulgarmente como pau-ferro, jucá, ibirá-obi, imirá-itá, muirá-obi e muiré-itá (PIO CORREA, 1984), é uma espécie arbórea pertencente a família Fabaceae e se encontra distribuída nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, destacando-se nos estados de Pernambuco e Ceará (ALZUGARAY, 1984).

Quando o objetivo é analisar o potencial fisiológico de lotes de sementes, a maneira mais segura é através da análise física e química, assim como a avaliação das características intrínsecas de cada espécie, para que os resultados adquiridos sejam interpretados corretamente, atribuindo confiabilidade e garantia da qualidade das sementes aos produtores, comerciantes e agricultores (LIMA JUNIOR et al., 2010).

Dessa forma, os parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade de um lote de sementes são a germinação e o vigor e, estes, servem de suporte para a tomada de decisão das empresas produtoras (REIS et al., 2010; BARBIERI et al., 2012; HILST et al., 2012).

Os tecnólogos de sementes pesquisam há vários anos, testes que determinem a real qualidade fisiológica das sementes por meio de testes de vigor. A aplicação desses testes em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar lotes para diferentes objetivos. A simplicidade, inerente a vários destes testes, aliada aos bons resultados, tornam-os de utilização promissora em vários campos de pesquisa (SANTOS et al., 2009).

Atualmente, os testes de vigor que partem do princípio da integridade das membranas celulares vêm ganhando especial atenção, uma vez que permitem a identificação do processo de deterioração ainda em sua fase inicial, conseqüentemente, auxilia na tomada de medidas preventivas e corretivas que visam reduzir ou minimizar os seus efeitos na qualidade fisiológica da semente. Dentre os métodos que se enquadram em tais parâmetros, destacam-se os testes de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e pH do exsudato (MENEZES, 2013).

Com base na redução da impermeabilidade das membranas celulares e, conseqüentemente, o aumento do fluxo de metabólitos, muitos pesquisadores têm analisado a composição do exsudato da solução de embebição das sementes e evidenciado possíveis correlações com a viabilidade de sementes. Segundo Powell

(1986) existe ocorrência de mudança bioquímica nas membranas, que reflete em um aumento de lixiviação de solutos já no início do processo de deterioração, quando as mesmas ainda se encontram viáveis.

A quantidade de lixiviados pode ser influenciada pela condição da semente, época de colheita, idade da semente, bem como, incidência de injúrias. Woodstock (1973) identificou que a lixiviação de eletrólitos das sementes está inversamente associada ao seu vigor, uma vez que resulta na perda da integridade do sistema de membranas e dos constituintes essenciais da célula.

A deterioração das sementes consiste em alterações bioquímicas que afeta e desestrutura o sistema de membranas celulares (KOOSTRA e HARRINGTON, 1973). As sementes que se encontram em nível elevado de deterioração, tendem a liberar maiores quantidades de íons  $H^+$  para o meio externo, tornando-o mais acidificado, podendo estar relacionado à baixa capacidade germinativa. A desorganização do sistema de membranas reflete na perda da capacidade seletiva de regular a entrada e saída de solutos, tanto na célula como na organela (RIBEIRO, 2000).

Nesse sentido, o teste de pH do exsudato baseia-se na permeabilidade das membranas e envolve tanto a lixiviação de metabólitos como a integridade do tegumento (SANTOS et al., 2011). Durante o processo de embebição das sementes, há lixiviação de açúcares, ácidos orgânicos e íons  $H^+$ , e estes reduzem o pH do exsudato das sementes, deixando-o mais ácido.

Dependendo do nível de deterioração, as sementes podem lixiviar mais ou menos íons  $H^+$ , logo, as sementes mais deterioradas tendem a lixiviar mais, conseqüentemente, seus exsudatos possuem maior poder tampão. Em contrapartida, aquelas mais vigorosas liberam menos solutos e proporcionam menor poder tampão da água de embebição (RECH et al., 1999; CARVALHO et al., 2002).

Estudos recentes vêm sendo desenvolvidos com o teste de pH do exsudato para determinar o vigor de sementes de várias espécies florestais, Silva (2015) afirmam que a aplicação do método individual de pH do exsudato para a avaliação do vigor em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (tamboril) forneceu resultados rápidos e confiáveis. Segundo Araldi e Coelho (2015) é possível separar rapidamente lotes de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (araucária)

com embriões excisados e embebidos por 30 minutos em água pelo teste do pH do exsudato.

Aplicando o mesmo teste, Gomes (2013) diferenciou em 30 minutos lotes de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (capitão-do-cerrado) quanto ao vigor. Sendo também promissor na avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Sthryphnodendron adstrigens* Mart. (barbatimão) desde que estejam escarificadas, porque a integridade do tegumento pode sub ou superestimar os resultados (BITTENCOURT, 2014).

A leitura dos resultados obtidos do teste do pH do exsudato é de aspecto qualitativo, tendo em vista que se é verificado a coloração da solução de embebição das sementes quando postas em contato com as soluções indicadoras. Assim, quanto mais intensa for à coloração rosa, mais viáveis encontram-se as sementes, enquanto que soluções incolores indicam a acidez do meio, decorrente da maior lixiviação de  $H^+$ , consequentemente, as sementes são detectadas como inviáveis. Refere-se como análise qualitativa, porque a cor produzida pela solução indicadora aponta se o meio está ácido ou básico, sem haver a mensuração direta do pH da solução analisada.

O presente trabalho objetivou estudar a eficiência do teste do pH do exsudato-fenolftaleína para avaliar as sementes de dois lotes de *C. ferrea*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), em Garanhuns - PE.

### **2.2 Obtenção e beneficiamento dos frutos**

Os frutos de pau ferro foram colhidos em duas localidades, sendo o lote 1 proveniente do município de Areia-PB e o 2 do município de Paranatama-PE, em 2015, os quais foram colocados em sacolas plásticas e levados para o Laboratório de Análise de Sementes para serem beneficiados. O beneficiamento consistiu na retirada das sementes por meio da abertura lateral dos frutos com o auxílio de um martelo.

Após o beneficiamento realizou-se a triagem manual, a fim de se obter lotes mais uniformes, sendo eliminadas sementes chochas, contaminadas por patógenos ou com injúrias causadas pelo ataque de pragas. Posteriormente, as sementes de ambos os lotes foram postas em sacolas plásticas e ficaram mantidas em câmara fria (10°C) até o início das instalações dos testes.

### **2.3 Determinação do teor de umidade**

Determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 24 horas, conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de 10 sementes para cada lote em estudo e os resultados obtidos foram expressos em porcentagem média por lote.

## 2.4 Peso de mil sementes

As sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g utilizando 8 subamostras de 100 sementes para cada lote, os resultados foram submetidos aos cálculos de variância, desvio padrão e coeficiente de variação. As médias obtidas das 8 repetições/lote foram multiplicadas por 10, resultando nos valores da análise estatística (BRASIL, 2009).

## 2.5 Testes realizados

Antes da instalação dos testes, as sementes foram escarificadas quimicamente com ácido sulfúrico durante 15 minutos (MEDEIROS FILHO et al., 2005) e em seguida, lavadas em água corrente por 20 minutos.

### 2.5.1 Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido no substrato de papel toalha do tipo germitest na forma de rolo, previamente esterilizado por 20 minutos em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  e umedecido com água destilada, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a distribuição das sementes no substrato, os rolos foram colocados em câmaras de germinação do tipo *Biochemical Demand Oxygen* (B.O.D), equipada com lâmpadas fluorescentes e regulada à temperatura constante de  $30^\circ\text{C}$ . Para cada lote foram utilizadas 200 sementes, consistindo de quatro repetições de 50 sementes.

As contagens iniciaram-se no 6º dia após a semeadura, e se estenderam até o 14º dia (BIRUEL et al., 2007) após a instalação do teste, utilizando-se como critério de germinação o surgimento de plântulas normais, sendo consideradas aquelas que desenvolveram todas as suas estruturas essenciais (BRASIL, 2009). Ao final do experimento, foram computadas o número de plântulas normais por repetição, no qual obteve-se os dados médios por lote, com os resultados expressos em porcentagem.

### **2.5.2 Teste de primeira contagem de germinação**

Este teste foi realizado em conjunto com o teste de germinação, considerando o número de plântulas normais observadas no sexto dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais por lote (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

### **2.5.3 Índice de velocidade de germinação**

O índice foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, sendo feitas as contagens de plântulas normais diariamente ao mesmo horário, desde o sexto até décimo quarto dia após a semeadura. Para os cálculos utilizou a fórmula proposta por Maguire (1962),  $IVG = G1/N1 + G2/N2 + Gn/Nn$ , onde IVG= índice de velocidade de germinação, G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, segunda e última contagem, respectivamente; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

### **2.5.4 Comprimento da raiz e parte aérea de plântulas**

Ao término do teste de germinação, foram feitas as medições da raiz e parte aérea das plântulas normais de cada sub-amostra com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Os resultados foram expressos em centímetro por plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

### **2.5.5 Massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas**

As plântulas da avaliação anterior, foram separadas isoladamente, dos cotilédones, parte aérea e raiz das plântulas normais de cada repetição e acondicionadas em sacos de papel kraft previamente identificados e postos em estufa de ventilação forçada a 80°C, por um período de 24 horas. Transcorrido esse período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas rapidamente em dessecadores contendo sílica gel



ativada. Após o resfriamento, as mesmas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g e seus resultados expressos em gramas/plântula (NAKAGAWA, 1999).

### **2.5.6 Teste do pH do exsudato – fenolftaleína**

O teste do pH do exsudato – fenolftaleína pelo método individual foi conduzido em dois experimentos, sendo um deles realizado na temperatura constante de 25°C e o outro a 30°C. Para ambos utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes por tratamento e cinco períodos de embebição (30, 60, 90, 120 e 150 minutos).

Na preparação das soluções indicadoras, para ambos os experimentos, utilizou-se 1 g de fenolftaleína dissolvido em 100 mL de álcool etílico absoluto, após a diluição foram acrescentadas 100 mL de água destilada e fervida. A solução de carbonato de sódio foi feita misturando 0,8 g de carbonato de sódio em 1000 mL de água destilada e fervida. As sementes foram distribuídas individualmente em copos descartáveis (50 mL) e imersas em 8 mL de água destilada, posteriormente foram submetidas as respectivas temperaturas e períodos de imersão.

Após os períodos de embebição, adicionou-se uma gota das soluções de fenolftaleína e carbonato de sódio nos copos contendo cada semente individualizada, em seguida esses copos foram agitados levemente para homogeneizar as duas soluções conforme a metodologia descrita por Amaral e Peske (1984) e a leitura realizada imediatamente.

As avaliações foram feitas baseadas através da coloração do meio de embebição, sendo consideradas sementes viáveis, com capacidade de formar plântulas normais, aquelas no qual a solução de embebição apresentava-se com cor rosa escuro e claro, enquanto que a solução incolor identificaria sementes inviáveis (mortas), tendo os resultados expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Para efeito de comparação com o referido teste, instalou-se o teste de germinação com as mesmas sementes oriundas do teste do pH do exsudato-fenolftaleína. O teste de germinação seguiu a metodologia descrita anteriormente no item 2.5.1.

## 2.6 Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado para os resultados referentes ao teor de água, peso de mil sementes, teste de germinação, teste de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da raiz e parte aérea de plântulas e massa seca dos cotilédones, raiz e parte aérea de plântulas, foi o inteiramente casualizado, consistindo de dois tratamentos (dois lotes) com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

O delineamento experimental do teste de pH do exsudato foi o inteiramente ao acaso em esquema fatorial (2 x 5), sendo dois lotes de sementes e cinco períodos de embebição, respectivamente. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade e à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, considerando, para explicar os dados, aquele significativo e com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Os valores do teste do pH do exsudato foram correlacionados com os testes de caracterização inicial dos lotes pela análise de correlação simples de Pearson com a aplicação do teste t a 1 e 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Avaliação inicial da qualidade fisiológica das sementes de *C. ferrea* Mart. ex Tul.

O teor de água das sementes de pau ferro, de ambos os lotes diferiram estatisticamente, como pode ser verificado na Tabela 1. As sementes do lote 1 estavam com o teor de água mais elevado, em torno de 9,68%, comparando-se com as sementes oriundas do lote 2 que encontravam-se com 8,60% de umidade.

Não obstante, a variação do teor de água existente entre os lotes de 1,08% é considerada aceitável para a execução dos testes, estando dentro dos padrões permitidos, menor que 2%, garantindo a confiabilidade dos resultados (MARCOS FILHO, 1999) e segundo Torres e Marcos Filho (2001) a variação ocorrida dentro de certos limites promove segurança na condução dos testes.

A uniformidade desse parâmetro é essencial na padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (KRZYZANOWSKI et al., 1991; MARCOS FILHO, 1999). Visto que, lotes de sementes com teor de água muito abaixo do recomendado ou com diferenças elevadas em relação aos demais lotes podem sub ou superestimar os resultados dos testes (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999), reduzindo, conseqüentemente, sua precisão.

**Tabela 1.** Valores médios do teor de água (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e peso médio de mil sementes de *Caesalpinia ferrea*.

	LOTE		
	1	2	CV (%)
TA (%)	9,68a	8,60b	3,43
PC (%)	7,00b	26,00a	25,75
G (%)	94,00a	95,00a	3,21
IVG	6,030a	6,360a	4,10
Peso de mil sementes (g)	127,00b	144,54a	4,31

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme os dados da Tabela 1 observam-se diferenças estatísticas entre os lotes para a primeira contagem de germinação, mostrando o lote 2 com maior quantidade de sementes germinadas (26%), caracterizando-o como o de maior potencial fisiológico. Ao passo que o lote 1 obteve, apenas, 7% de plântulas normais no sexto dia após a semeadura.

Nas sementes de alto vigor há maior velocidade nas atividades metabólicas, promovendo a emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação, elevadas taxas de crescimento e produção de plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH et al., 1999). Além disso, as sementes que demandam menor período de tempo para germinar ficam menos expostas às condições impostas no campo (NAKAGAWA, 1999).

A vantagem de se utilizar o teste de primeira contagem é de que se avalia o vigor conjuntamente com o teste de germinação, além de ser fácil e rápido, não necessitando de equipamentos adicionais para ser executado. Entretanto, alguns pesquisadores informam que o teste possui pouca sensibilidade às pequenas diferenças ocorridas no comportamento fisiológico das sementes (MARCOS FILHO, 1999), sendo necessária a comparação dos resultados com os mais diversos testes de vigor, visando se obter informações consistentes e precisas.

As sementes de pau ferro não se distinguiram significativamente, quando avaliada a percentagem de germinação (Tabela 1). Isto não significa que em condições adversas de campo os dois lotes adquiram comportamento semelhante aos observados no teste de germinação, uma vez que, este, é realizado em condições controladas de temperatura, substrato e umidade, os quais contribuem para expressão máxima de vigor e germinação (BRASIL, 2009).

Além disso, a germinação é a última característica afetada pelo processo de deterioração de sementes, assim, por vezes não é possível detectar qualquer diferença no vigor entre lotes (MARCOS FILHO, 2015), confirmando, dessa forma, a necessidade de complementação dos resultados pelos testes de vigor.

Pereira et al. (2015) afirmam que o teste de germinação também não detectou diferenças no potencial fisiológico em lotes de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (catanduva). Entretanto, de acordo com Gomes (2013) a qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (capitão-do-cerrado) foi imediatamente

identificada pelo teste de germinação, que indicou com clareza os lotes de baixo e alto vigor.

Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) também não foram identificadas diferenças significativas para as sementes de ambos os lotes, conforme os dados da Tabela 1. Esse índice tem sido bastante utilizado por proporcionar resultados coerentes com o potencial fisiológico das sementes. Muitos pesquisadores relacionam os dados do IVG como critério para selecionar os melhores tratamentos e/ou lotes de sementes, pressupondo que quanto maior o valor do IVG, maior é a germinação diária e o vigor (GOMES, 2013).

No entanto, para o presente estudo este teste não foi sensível na estratificação dos lotes, pois o mesmo não é capaz de detectar a deterioração inicial das sementes (GONÇALVES et al., 2008). Os resultados podem ser explicados pelo fato das sementes possuírem valores de porcentagens de germinação muito próximos, que tendem a reduzir a sensibilidade dos testes de vigor avaliados em conjunto com o teste de germinação.

Os maiores valores de peso de mil sementes foram constatados nas sementes do lote 2 (144,54g) mostrando-se estatisticamente diferentes das sementes do lote 1, que obteve peso médio de 127,00g (Tabela 1). São várias as características inerentes às sementes que causam forte influência no processo germinativo e desenvolvimento das plântulas, dentre elas, o peso das sementes, porque sementes leves, mesmo pertencendo a um mesmo lote, expressam menor desempenho diante das pesadas que são potencialmente mais vigorosas e com capacidade de originar plântulas mais desenvolvidas. As sementes classificadas de maior peso são estrategicamente utilizadas para uniformizar a emergência das plântulas e a obtenção de mudas de tamanho semelhante ou de maior vigor (MARTINS et al., 2000).

Portanto, acredita-se que a germinação rápida das sementes de pau ferro advindas do lote 2 tenha relação direta com o seu peso e provém da hipótese de que sementes maiores possuam embriões bem mais desenvolvidos e uma elevada quantidade de tecidos de reservas (BEZERRA et al., 2002), assegurando-lhes uma maior qualidade fisiológica (WHITE e GONZÁLEZ, 1990; BEZERRA et al., 2004).

Pereira et al. (2011) comprovaram que as sementes médias e grandes de *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne (jatobá do cerrado)

demandaram menor tempo para germinar do que as sementes pequenas. Do mesmo modo, Ribeiro et al. (2012) estudando sementes de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) (ipê-roxo) verificaram maiores porcentagens de germinação, bem como, rápida velocidade de germinação. Entretanto, Reis et al. (2015) relataram que sementes menores de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. (paricá) propiciam maior velocidade de germinação e potencial germinativo ao serem comparadas às sementes grandes.

Na Tabela 2 se verifica os resultados de vigor baseados no desempenho das plântulas de *C. ferrea*, onde verifica-se que não houve diferença significativa para o comprimento do sistema radicular (CR), massa seca da raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e cotilédones (MSC) de plântulas.

**Tabela 2.** Valores médios do comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas de *Caesalpinia ferrea*.

	LOTE		
	1	2	CV (%)
<b>CR (cm)</b>	7,11a	8,34a	9,41
<b>CPA (cm)</b>	9,77b	10,92a	1,83
<b>MSR (g)</b>	0,0100a	0,0100a	0,00
<b>MSPA (g)</b>	0,0200a	0,0200a	0,00
<b>MSC (g)</b>	0,0100a	0,0100a	39,28

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todavia, as sementes advindas do lote 2 proporcionaram maior taxa de crescimento da parte aérea de plântulas (10,92cm) em relação ao lote 1 (9,77cm), diferindo estatisticamente (Tabela 2), podendo, portanto, ser caracterizado, segundo este parâmetro, como lote de maior vigor. Visto que as plântulas, ou partes destas, de maiores comprimentos médios são as mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999) em virtude da maior habilidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destes pelo eixo embrionário (DAN et al., 1987).

Observou-se que as sementes de pau ferro com maior peso originaram plântulas com maior comprimento de parte aérea, maior porcentagem de germinação na primeira

contagem mesmo com o menor teor água (Tabelas 1 e 2). Dessa forma, fica clara a importância de levar em consideração as diferenças mínimas entre os teores de água das sementes, mostrando que não houve influência do mesmo nos resultados dos testes.

Analisando das plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (amburana) Guedes et al. (2015) mencionaram que as sementes mais vigorosas propiciaram maiores taxas de crescimento das plântulas. No entanto, Bento et al. (2010) não evidenciaram diferenças para o crescimento de plântulas *Erythrina velutina* Wild. (mulungu) originadas de sementes com diferentes níveis de vigor.

### **3.2 Avaliação do teste do pH do exsudato – fenolftaleína individual em sementes de *C. ferrea* Mart. ex Tul.**

Os dados obtidos pelo teste do pH do exsudato – fenolftaleína (porcentagem de viabilidade e germinação) não se ajustaram a nenhum dos modelos usuais de regressão (linear e quadrático).

Na Tabela 3, encontram-se os valores referentes à porcentagem de viabilidade e germinação dos dois lotes de sementes de *C. ferrea* em função dos períodos de embebição a 25°C, percebe-se que não foram observadas diferenças estatísticas entre as interações, não havendo possibilidade de estratificar os lotes quanto ao nível de vigor. Concordando, dessa maneira, com a maioria dos resultados obtidos da caracterização inicial avaliada pelo teste de germinação, como o índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação, comprimento da raiz de plântulas, massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas (Tabelas 1 e 2). Dessa forma, o período de 30 minutos de embebição pode ser utilizado para a espécie.

**Tabela 3.** Resultados médios do percentual de viabilidade e germinação pelo teste do pH do exsudato individual de dois lotes de sementes de *C. ferrea* a 25°C em função dos períodos de embebição. Garanhuns-PE, 2016.

Períodos de embebição	% Viabilidade			% Germinação		
	Lote 1	Lote 2	Médias	Lote 1	Lote 2	Médias
30 min	100,00Aa	98,00Aa	99,00A	95,00Aa	99,00Aa	97,00A
60 min	100,00Aa	99,00Aa	99,00A	91,00Aa	94,00Aa	93,00A
90 min	100,00Aa	96,00Aa	97,00A	94,00Aa	90,00Aa	92,00A
120 min	98,00Aa	100,00Aa	99,00A	92,00Aa	94,00Aa	93,00A
150 min	100,00Aa	97,00Aa	99,00A	95,00Aa	95,00Aa	95,00A
Médias	99,00a	98,00a		93,00a	94,00a	

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferirem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Garcia et al. (2014) perceberam que para a avaliação da viabilidade de sementes de *Mimosa heringeri* Barneby é ideal que se utilize o menor tempo de embebição (30 minutos) a 25°C pelo teste do pH do exsudato, porque comprovou-se que não houve diferença significativa entre as médias da quantidade de sementes viáveis nos demais períodos de embebição (60 e 90 minutos), corroborando com os resultados aqui verificados.

Para Araújo (2015) o teste do pH do exsudato não foi capaz de diferenciar a viabilidade dos dois lotes de sementes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. (macambira-de-flecha) nos períodos de embebição (15, 30, 45 e 60 minutos). No presente estudo, essas não significâncias no vigor só confirmam a hipótese de que realmente os lotes não a possuem.

É importante salientar que apesar de não ter sido significativo, os valores do teste do pH do exsudato-fenolftaleína a 25°C (Tabela 3) superestimaram um pouco o potencial fisiológico das sementes de pau ferro (lote 1 - 99% e lote 2 - 98%), visto que pelo teste de germinação somente 93 e 94% das sementes do lote 1 e 2, respectivamente, foram capazes de originar plântulas normais. Entretanto, a porcentagem de germinação após o teste de fenolftaleína (lote 1 - 93%; lote 2 - 94%) mostrou-se similar com aquela obtida pelo teste inicial de germinação (lote 1 - 94%; lote 2 - 95%).



Pressupõe-se, desse modo, que as sementes avaliadas possuíam semelhança quanto ao potencial fisiológico, e desta forma, o teste de fenolftaleína não teria como fazer a diferenciação dos lotes. Daí, sugere-se a importância de se analisar sementes de estreito e amplo potencial fisiológico, visando detectar a eficiência, sensibilidade e confiabilidade dos testes utilizados.

A viabilidade das sementes se manteve elevada (Tabela 3) não diferindo mesmo nos períodos mais prolongados de embebição, comprovando o elevado potencial fisiológico dos dois lotes de sementes. Estudos afirmam que as sementes mais deterioradas tendem a lixiviar maiores quantidades de solutos durante os períodos de embebição e, portanto, exsudatos com maior poder tamponante, resultando em soluções incolores que indicam, conseqüentemente, menor quantidade de sementes viáveis (AMARAL e PESKE, 1984; RECH et al., 1999), fato não verificado no presente estudo.

Silva (2015) trabalhando com diásporos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (tamboril) verificou que 24 horas de embebição provocou uma leve acidez do meio, considerada comum, em virtude do maior tempo de imersão. Entretanto, a redução observada no pH da solução não caracterizou as sementes como deterioradas, visto que o percentual de sementes viáveis foi mantido. Todavia, segundo Barboza (2014) nos períodos maiores de embebição, 60 e 90 minutos, os diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão) com níveis elevados de deterioração lixiviaram mais metabólitos para o meio, deixando-o mais acidificado e demonstrando menor percentual de sementes viáveis pelo teste de fenolftaleína.

No referido trabalho mesmo as sementes imersas na solução com períodos mais prolongados não houve alteração dos resultados anteriormente no mesmo teste e em outros testes de vigor realizados, tais como, índice de velocidade de germinação (IVG), teste de comprimento do sistema radicular de plântulas e acúmulo de massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas (Tabelas 1 e 2).

Quando se realizou o teste do pH do exsudato-fenolftaleína na temperatura de 30°C (Tabela 4), observou-se o mesmo comportamento das sementes, uma vez que a porcentagem de sementes viáveis e a germinação não diferiram estatisticamente entre as interações e os fatores isolados. Estando coerentes, portanto, com a maioria dos resultados decorrentes dos testes preliminares de vigor e germinação e o mesmo teste conduzido na temperatura de 25°C (Tabelas 1, 2 e 3).

Apenas aos 90 minutos de imersão das sementes, os lotes distinguiram significativamente quanto a porcentagem de plântulas normais, constatando 90% para o lote 1 e 98% no lote 2. Tais valores divergem da porcentagem real de germinação obtida pelo teste padrão de germinação (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 4.** Resultados médios do percentual de viabilidade e germinação pelo teste do pH do exsudato de dois lotes de sementes de *C. ferrea* a 30°C em função dos períodos de embebição. Garanhuns-PE, 2016.

Períodos de embebição	% Viabilidade			% Germinação		
	Lote 1	Lote 2	Médias	Lote 1	Lote 2	Médias
30 min	98,00Aa	99,00Aa	99,00A	99,00Aa	94,00Aa	97,00A
60 min	100,00Aa	99,00Aa	99,00A	94,00Aa	94,00Aa	94,00A
90 min	98,00Aa	98,00Aa	98,00A	90,00Ab	98,00Aa	94,00A
120 min	100,00Aa	97,00Aa	98,00A	94,00Aa	97,00Aa	96,00A
150 min	100,00Aa	100,00Aa	100,00A	95,00Aa	96,00Aa	96,00A
Médias	99,00a	99,00a		94,00a	96,00a	

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferirem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A viabilidade pelo teste do pH do exsudato superestimou, novamente, o potencial germinativo das sementes de *C. ferrea* na temperatura de 30°C, tendo resultados superiores àqueles obtidos por intermédio do teste de germinação, conforme mostra a Tabela 4, estimando, em determinados períodos, a presença de até 100% de sementes viáveis, valores, estes, que não condiziam com os dados da avaliação inicial dos lotes (Tabela 1 e 2).

Os resultados corroboram com aqueles verificados por Barboza (2014) para os diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão), em que o teste de fenolftaleína superestimou, nos períodos de 60 e 90 minutos de embebição, a capacidade dos diásporos em originar plântulas normais ao se comparar com a porcentagem de emergência.

De acordo com os resultados das Tabelas 3 e 4 percebe-se que as sementes de pau ferro mostraram comportamento similar quanto à viabilidade e germinação após o teste de fenolftaleína independente da temperatura utilizada. No entanto, segundo Murphy e Noland (1982) a temperatura durante a embebição das sementes exerce efeito

direto na velocidade de absorção de água e na lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio externo.

Normalmente, temperaturas mais elevadas aumentam a fluidez da membrana citoplasmática, propiciando que a água atravesse a membrana com maior facilidade. Elevando, dessa forma, a quantidade e velocidade de liberação dos lixiviados, o que resulta na obtenção precoce dos resultados, enquanto que temperaturas mais amenas tendem a diminuir a mobilidade dos íons (LOEFFLER, 1981).

Portanto, pode-se afirmar que o teste do pH do exsudato-fenolftaleína individual utilizando o tempo de 30 minutos foi eficaz para estimar a viabilidade das sementes de *C. ferrea*, nas temperaturas de 25 ou 30°C. O fato de não ter ocorrido diferenças estatísticas entre os lotes de sementes, não implica dizer que a metodologia utilizada seja ineficaz, uma vez que o evento inicial do processo de deterioração refere-se à desestabilização do sistema de membranas celulares e que os testes que avaliam essa condição, como o teste do pH do exsudato, podem ser considerados mais sensíveis a diferenças de vigor entre lotes de sementes (SANTOS et al., 2011). Constata-se que os lotes de sementes 1 e 2 realmente possuem potencial fisiológico semelhantes conforme pode ser constatado nas tabelas (Tabelas 3 e 4).

Os testes de vigor devem disponibilizar resultados rápidos, precisos, de baixo custo e prejuízos, dessa forma, o teste do pH do exsudato-fenolftaleína em sementes de *C. ferrea* embebidas por pelo menos 30 minutos em água destilada e deionizada na temperatura constante de 25 ou 30°C proporcionaram uma estimativa da viabilidade, sendo de fundamental importância para a comercialização das sementes.

As sementes das espécies florestais respondem de maneira diferenciadas aos testes de vigor, em função de inúmeros fatores, Barboza (2014) analisando a qualidade fisiológica de lotes de sementes de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engler) observou que o teste do pH – fenolftaleína individual a 25°C não foi adequado na monitoração do potencial fisiológico dos diásporos de ambas as espécies.

Outros estudiosos averiguaram que o teste do pH do exsudato no período de embebição de 30 min. a 25°C foi eficiente na identificação de sementes viáveis e inviáveis de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (angico do cerrado) (MATOS, 2009) e *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (capitão-do-cerrado) (GOMES, 2013). Araldi e

Coelho (2015) relataram que o mesmo permitiu estimar rapidamente a viabilidade de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (araucária), utilizando embriões excisados e embebidos em água destilada por 30 minutos a 25°C.

Os resultados confirmam a importância de avaliar a qualidade fisiológica das sementes utilizando vários testes de vigor com intuito de escolher o teste de maior segurança e confiabilidade. De acordo com Santana et al. (1998) apesar de ser um teste de fácil e rápido, a avaliação fundamentada na coloração pode induzir ao teste uma conotação subjetiva, que quando relacionada a efeito de outros fatores como teor de umidade da semente, temperatura e período de embebição, reduz sua eficácia e levam a interpretações errôneas dos resultados.

Conforme registrado na Tabela 5 verifica-se que o teor de água obteve coeficiente de correlação negativo ( $r=-0,63$ ) ( $p<0,05$ ) e o teste de comprimento da parte aérea de plântulas positivo ( $r=0,67$ ) ( $p<0,05$ ) com a porcentagem de germinação pelo teste do pH do exsudato a 25°C. Ao se correlacionarem evidenciaram ser afetados por um fator extrínseco em comum, certamente a qualidade dos lotes analisados. Contudo, não foi possível averiguar correlações significativas entre os demais testes iniciais de qualidade fisiológica com pH do exsudato.

**Tabela 5.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teor de água (TA), peso de mil sementes (PMS), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas e a porcentagem de viabilidade (Viab.) e germinação (GpH) do teste do pH do exsudato em sementes de *C. ferrea* a 25°C. Garanhuns-PE, 2016.

	Viab	GpH	PMS	TA	PC	IVG	G	CR	CPA	MSR	MSPA	MSC
	(%)	(%)	(g)	(%)	(%)		(%)	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)
<b>Viab</b>	-	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,61 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
<b>GpH</b>		-	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,64 <sup>*</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>*</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>
<b>PMS</b>			-	0,57 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	-0,56 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>
<b>TA</b>				-	-0,85 <sup>**</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,53 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
<b>PC</b>					-	0,49 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>*</sup>	0,92 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>
<b>IVG</b>						-	0,87 <sup>**</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>*</sup>
<b>G</b>							-	0,33 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,83 <sup>**</sup>
<b>CR</b>								-	0,79 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>ns</sup>
<b>CPA</b>									-	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>
<b>MSR</b>										-	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
<b>MSPA</b>											-	0,00 <sup>ns</sup>
<b>MSC</b>												-

\*r significativo a 5 % de probabilidade; \*\* r significativo a 1 % de probabilidade; <sup>ns</sup>r não significativo pelo teste t.

A correlação negativa entre o teor de água das sementes e a porcentagem de germinação pelo teste do pH do exsudato mostra que uma variável depende da outra e que as mesmas são inversamente proporcionais. Todavia, esperava-se que a significância da correlação entre estas variáveis fosse positiva, uma vez que quanto maior o teor de umidade, dentro de certos limites, maior será o percentual de germinação das sementes.

Acredita-se que as sementes com baixo conteúdo de água, quando postas para germinar, absorvem água rapidamente, devido à transição imediata da fase gel para líquido-cristalino dos fosfolipídios do sistema de membranas (CORRÊA e JUNIOR, 1999). Isso pode causar danos irreparáveis às sementes, conduzindo ao aparecimento de plântulas anormais e até ausência total de germinação (LIN, 1990). Por outro lado, sementes com teor de água inicial mais elevado tendem a sofrer menores danos provocados pela embebição, pois as membranas celulares se encontram no estado

cristalino líquido e, assim, permitem tolerar o influxo rápido de água (ROSA et al., 2000).

A correlação positiva entre o comprimento da parte aérea de plântulas e o percentual de germinação das sementes submetidas ao teste de fenolftaleína é coerente e indica o aumento proporcional de ambas as variáveis. Logo, o maior número de plântulas normais originadas, obviamente, de sementes mais vigorosas, irá refletir no surgimento de plântulas de maior taxa de crescimento, e isto se deve a maior translocação das reservas armazenadas para o crescimento do eixo embrionário (DAN et al., 1987).

Apesar de serem significativas essas correlações, porém, demonstraram pouca importância prática, devido a sua baixa magnitude, pois segundo Martins e Domingues (2011) apenas valores superiores a 0,7 são aceitáveis para associação entre as variáveis.

De acordo com a Tabela 6, verifica-se que os coeficientes de correlação simples de Pearson não foram significativos para a maior parte das características analisadas nos testes padrões de qualidade fisiológica e o teste do pH do exsudato-fenolftaleína a 30°C, exceto para o índice de velocidade de germinação (IVG) e a porcentagem de sementes viáveis, no qual a correlação mostrou-se significativa negativamente ( $r=-0,63$ ) ( $p<0,05$ ), sendo uma correlação de baixa importância prática. O coeficiente negativo revela que maiores porcentagens de viabilidade inferem em menor velocidade de germinação, não sendo condizentes com os resultados esperados.

Tendo em vista que, hipoteticamente, as sementes viáveis estão associadas a sementes de elevado potencial fisiológico e, por conseguinte, possuem rápida velocidade de germinação. Podendo, isto, estar relacionado à habilidade das mesmas em obter um sistema de reparo de membranas mais eficiente do que as menos vigorosas, que por vezes, reflete na intensificação das atividades metabólicas envolvidas no processo germinativo.

**Tabela 6.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre o teor de água (TA), peso de mil sementes (PMS), primeira contagem de germinação (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas e a porcentagem de viabilidade (Viab.) e germinação (GpH) do teste do pH do exsudato em sementes de *C. ferrea* a 30°C. Garanhuns-PE, 2016.

	Viab (%)	GpH (%)	PMS (g)	TA (%)	PC (%)	IVG	G (%)	CR (cm)	CPA (cm)	MSR (g)	MSPA (g)	MSC (g)
<b>Viab</b>	-	0,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>*</sup>	-0,59 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
<b>GpH</b>		-	-0,31 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>
<b>PMS</b>			-	0,57 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	-0,56 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>
<b>TA</b>				-	-0,85 <sup>**</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,53 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
<b>PC</b>					-	0,49 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>*</sup>	0,92 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>
<b>IVG</b>						-	0,87 <sup>**</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>*</sup>
<b>G</b>							-	0,33 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,83 <sup>**</sup>
<b>CR</b>								-	0,79 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>ns</sup>
<b>CPA</b>									-	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>
<b>MSR</b>										-	0,00 <sup>**</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
<b>MSPA</b>											-	0,00 <sup>ns</sup>
<b>MSC</b>												-

\*r significativo a 5 % de probabilidade; \*\* r significativo a 1 % de probabilidade; <sup>ns</sup>r não significativo pelo teste t.

As membranas celulares são consideradas locais responsáveis por inúmeras reações bioquímicas, logo, quando danificadas, exercem efeitos negativos sobre a germinação e o vigor, como é o caso das sementes de baixa viabilidade, ocasionando a perda de eletrólitos, açúcares, aminoácidos, e muitas outras substâncias químicas e a redução da taxa respiratória e da atividade e síntese de várias enzimas. A diminuição na produção de energia e na biossíntese influencia diretamente sobre a velocidade das respostas germinativas, reduzindo a velocidade de germinação, bem como, o crescimento e desenvolvimento de plântulas (McDONALD e NELSON, 1986).

Vale ressaltar que os resultados do teste do pH do exsudato-fenolftaleína individual e os demais testes avaliados que obtiveram correlações significativas, porém, controversas, ou ainda, aqueles que não se correlacionaram, podem ser justificados pelo fato dos testes utilizados avaliarem diferentes aspectos da qualidade fisiológica das sementes, podendo haver respostas distintas em função do método utilizado. Uma vez que os testes preliminares são baseados em características fisiológicas das sementes,

enquanto que o teste de fenolftaleína se fundamenta em fatores bioquímicos (AOSA, 2009).

Resultados controversos foram verificados igualmente por outros pesquisadores ao utilizar a análise de correlação simples de Pearson entre diferentes testes de vigor em sementes florestais.

Estudando a qualidade fisiológica de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão) Barboza (2014) evidenciou correlação significativa para o teste individual do pH do exsudato e o percentual de emergência de plântulas. Entretanto, estes coeficientes foram considerados de baixa magnitude, portanto, de pouca importância prática, mostrando inconsistência dos resultados. O autor relata também que, de forma geral, foi observada correlação não significativa entre o teste de emergência e o teste de pH do exsudato individual para os diásporos de *Schinopsis brasiliensis* Engler (baraúna).

Afirmando as constatações observadas por Gomes (2013) de que o teste de pH do exsudato individual não mostrou uma tendência de correlação linear com a germinação de sementes de *Terminalia argentea* (capitão-do-cerrado). No entanto, para sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (araucária) Araldi e Coelho (2015) verificaram correlação significativa entre os testes do pH do exsudato-fenolftaleína individual, de germinação e de tetrazólio.

Dessa forma, fica evidente que o desenvolvimento de uma metodologia adequada para o teste do pH do exsudato em sementes deve ser realizado com amplo embasamento científico por parte dos pesquisadores, visando ajustá-la às condições intrínsecas à espécie. O que assegura a escolha correta e imediata dos lotes, evitando prejuízos e perdas para as empresas produtoras de sementes.

Ainda nas Tabelas 5 e 6, observa-se que grande parte dos resultados provenientes da qualidade fisiológica inicial dos lotes não mostraram correlações significativas ou forte dependência com os testes de vigor realizados em conjunto com teste padrão de germinação (Tabelas 1 e 2).

Verificou-se, entretanto, correlações negativas de magnitude forte, segundo os critérios de classificação de Martins e Domingues (2011), entre teor de água das sementes com a primeira contagem ( $r=-0,85$ ) e o comprimento da parte aérea de plântulas ( $r=-0,90$ ), entre o percentual de sementes germinadas e a massa seca dos



cotilédones de plântulas ( $r=-0,83$ ) a 1% de significância, bem como, a correlação entre o índice de velocidade de germinação e o acúmulo de massa seca dos cotilédones de plântulas ( $r=-0,71$ ) ( $p<0,05$ ).

Os resultados corroboraram com os valores observados para as sementes do lote 2 que se encontravam com baixo teor de água (Tabela1) e que mesmo assim foram capazes de promover maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação. No entanto, esperava-se a correlação positiva tanto entre o comprimento de plântulas e o teor de umidade das sementes, tendo em vista que as mesmas sementes citadas anteriormente também originaram plântulas de maior taxa de crescimento, como o índice de velocidade de germinação e a porcentagem de germinação com a deposição de massa seca dos cotilédones.

Partindo do princípio de que o maior acúmulo de massa seca dos cotilédones tem relação direta com elevados teores de lipídios, amido, proteínas e de carboidratos, e que estes são utilizados na formação de componentes estruturais durante o crescimento da plântula. Assim, durante a germinação essas substâncias são mobilizadas, e no transcorrer do desenvolvimento das plântulas seus produtos de degradação são utilizados como substrato para diversos fins, a exemplo da geração de energia e a produção de matéria-prima para a construção de novas células e tecidos (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1975), implicando em porcentagens elevadas de sementes germinadas e rápida velocidade de germinação (CORTE et al., 2006).

Pelos dados das Tabelas 5 e 6 é possível verificar que o teste de primeira contagem de germinação obteve correlação positiva de moderada e forte magnitude com o comprimento da raiz ( $r=0,65$ ) ( $p<0,05$ ) e parte aérea de plântulas ( $r=0,92$ ) ( $p<0,01$ ), respectivamente. Demonstrando semelhança com os valores resultantes das Tabelas 1 e 2, no qual as sementes do lote 2 germinaram mais rapidamente na primeira contagem sendo, portanto, mais vigorosas, e, em consequência, originaram plântulas de maior crescimento. Dessa forma, a rápida germinação e estabelecimento de plântulas favorecem o desenvolvimento de estruturas vegetativas, uma vez que segundo Vieira e Carvalho (1994) as sementes que possuem alto vigor mobilizam com rapidez suas reservas energéticas, proporcionando maior crescimento inicial com desenvolvimento vigoroso do sistema radicular e parte aérea das plântulas.

Os dados revelam também que o índice de velocidade de germinação proveniente da qualidade inicial dos lotes se correlacionou alta e positivamente com o percentual de germinação ( $r=0,87$ ) ( $p<0,01$ ), assim como, o comprimento da raiz com a parte aérea de plântulas ( $r=0,79$ ) ( $p<0,01$ ). Tais resultados foram de acordo com o que se esperava, uma vez que sementes vigorosas, em virtude da quantidade elevada de tecido de reserva, induzem a porcentagens elevadas de germinação, rápida velocidade de germinação e maior taxa de crescimento de plântulas.

Mesmo havendo uma correlação significativa entre a massa seca do sistema radicular e parte aérea das plântulas ( $r=0,00$ ) a 1% de probabilidade conforme mostram as Tabelas 5 e 6, este coeficiente de baixíssima magnitude é desprezível e não possui importância prática, logo existe pouca dependência entre as variáveis, evidenciando a baixa precisão dos resultados (MARTINS e DOMINGUES, 2011).

Segundo Santos et al. (2009) as características avaliadas no teste de germinação das sementes de *Tabebuia chrysotricha* Mart. ex. A. DC. (ipê-amarelo) evidenciaram correlações fortes e significativas entre o IVG e a porcentagem de germinação ( $0,947^{**}$ ), o mesmo também se correlacionou com a porcentagem de plântulas normais ( $0,943^{**}$ ). Os autores ainda afirmam que a germinação obteve correlação significativa com o teor de água das sementes ( $-0,802$ ) e o comprimento de plântulas ( $0,640$ ) a 1% de significância.

De acordo com Abbade e Takaki (2014) o índice de velocidade de germinação das sementes de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) (ipê branco) se correlaciona positivamente com o percentual de sementes germinadas, atribuindo coeficiente de magnitude forte ( $r=0,94$ ) a 5% de confiabilidade. Os mesmos autores constataram também correlação significativa entre o comprimento da raiz e parte aérea de plântulas ( $r=0,94^*$ ), conforme observado para as sementes de pau ferro do presente estudo. Gonzales et al. (2011) averiguaram que existe uma forte correlação positiva entre o índice de velocidade de germinação e porcentagem de germinação de sementes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (eucalipto-limão) em função de diversos testes de vigor.

Os resultados que mostram a tendência de variação comparáveis entre si, servem para fornecer informações que visem à tomada de decisões quanto à seleção dos lotes. Além disso, os mesmos devem ser analisados e interpretados conjuntamente com os obtidos dos diversos testes de vigor. De acordo com Marcos Filho et al. (1984), a

utilização exclusiva da análise de correlação na avaliação da eficiência comparativa dos testes de vigor pode desencadear a obtenção de informações pouco consistentes e equivocadas. Podendo levar a interpretações incorretas ou incompletas, pois os dados podem se correlacionar positiva ou negativamente somente pelo fato de possuírem tendências de variação comparáveis entre si.

A capacidade de classificação dos lotes, baseada em testes de comparação de médias, tem se ajustado melhor em estudos sobre a eficiência dos testes de vigor, estando de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho. Conforme enfatizaram Tekrony e Egli (1977) a correlação significativa indica simplesmente uma tendência de variação semelhante entre duas características, contudo, não significa dizer que existe uma correspondente precisão de estimativa da qualidade fisiológica do lote avaliado.

#### 4. CONCLUSÕES

Os testes de primeira contagem e comprimento da parte aérea de plântulas são eficientes para avaliar o potencial fisiológico das sementes de *Caesalpinia ferrea*;

O teste de pH do exsudato-fenolftaleína pelo método individual pode ser conduzido por pelo menos 30 minutos em água destilada e deionizada na temperatura constante de 25 ou 30°C para determinação do vigor das sementes de pau ferro.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (ridl.) Sandwith - bignoniaceae, submetidas ao armazenamento. **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.233-240, 2014.
- ALZUGARAY, D. **Plantas que Curam**. São Paulo: Hemus Press, 1984.
- AMARAL, A. S.; PESKE, S. T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v.6, n.3, p.85-92, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigour testing handbook**. East Lansing: AOSA, 2009. 334 p. (Contribution, 32).
- ARALDI, C. G.; COELHO, C. M. M. pH do Exsudato na avaliação da viabilidade de sementes de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.3, p. 426-433, 2015.
- ARAÚJO, A. V. de. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae)**. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2015.
- 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**, v.34, n.1, p.117-124, 2012.
- BARBOZA, V. R. de S. **Avaliação do potencial fisiológico de diásporos de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* alemão) e baraúna (*Schinopsis brasiliensis engler*) durante o armazenamento**. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

- BENTO, S. R. S. de O.; SANTOS, A. E. O. dos.; MELO, D. R. M. de.; TORRES, S. B. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* WILLD.) **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.111-117, 2010.
- BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S.; MOREIRA, M. G.; MOREIRA, F. J. C.; ALVES, T. T. L. Germinação e desenvolvimento de plântulas de copaíba em função do tamanho e da imersão da semente em ácido sulfúrico. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, n.2, p.5-12, 2002.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.295-299, 2004.
- BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B. de.; PAULA, R. C. de. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.151-159, 2007.
- BITTENCOURT, G, V. **Tecnologia de sementes de *Sthryphnodendron adstrigens*– Leg. – Mimosoidae: Análise do vigor e da viabilidade pelo teste de pH de exsudato e teste de tetrazólio**. 2014. 24f. Monografia (Bacharel). Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CARVALHO, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; BONOME, L. T. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Citromelo swingle*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.263-270, 2002.

- CORRÊA, P. C.; JÚNIOR, P. C. A. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, n.1, p.21-26, 1999.
- CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosa Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.941-949, 2006.
- DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação de vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n.2, p.45-55, 1987.
- GARCIA, J. P.; MARTINS, R. de C. C.; FERREIRA, J. C. B.; SILVA, I. M. de A. Viabilidade e biometria de sementes de *Mimosa heringeri* Barneby. **Anais...** In: XVIII CBAU - Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2014, Rio de Janeiro. XVIII CBAU - Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2014.
- GOMES, K. B. P. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelos teste de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação.** 2013. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DESMATLÊ, M. E. S. P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.265-276, 2008.
- GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V. E.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, v.39, n.90, p.171-181, 2011.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. da S.; GALINDO, E. A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.4, p.2373-2382, 2015.

HILST, P. C.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; SOUZA, B. L. Test of exudates color hues for evaluating the physiological potential of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p.212-217, 2012.

KOOSTRA, P.; HARRINGTON, J. Biochemical effects of age on membranal lipids of *Cucumis sativus* L. seed. **Proceedings International Seed Testin Association**, v.34, p.329-340, 1973.

KRZYZANOWSKI, F. C. **Teste de comprimento de raiz de plântulas de soja**. Informativo ABRATES, Londrina, v.2, n.1, p.11-14, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999.

LIMA JUNIOR, M. J. V.; FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; GENTIL, D. F. O.; SOUZA, M. M.; SILVA, V. S. **Análise de sementes**. In: LIMA JUNIOR, M. .V. ed. Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais. 146p, UFAM - Manaus-Amazonas, Brasil. 2010.

LIN, S. S. Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, n.2, p.1-6, 1990.

LOEFFLER, T. M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. 1981. 181f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - University of Kentucky, Leington, 1981.



- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1, 368p.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling na vigour. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H. M. C.; KOMATSU, Y. H.; DEMÊTRIO, C. G. B.; FANCELLI, A. L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.5, p.605-613, 1984.
- MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-24.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.
- MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A.; STANGUERLIM, H. Influência do peso das sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espiroto santensis* Fernandes) na percentagem e na velocidade de germinação. **Revista Brasileira de Semente**, v.22, n.1, p.147-153, 2000.
- MARTINS, G. A.; DOMINGUES, O. **Estatística geral e aplicada**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 662 p.
- MATOS, J. M. M. **Avaliação da eficiência do teste de pH de exsudato na verificação de viabilidade de sementes florestais**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- MAYER A. M.; POLJAKOFF-MAYBER A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon Press, McMillan, 1975. 236 p.

- McDONALD, M. B.; NELSON, C. J. **Physiology of seed deterioration**. Spec. Pub. 11. Crop Science Society of America, Madison, 1986.
- MEDEIROS FILHO, S.; SILVA, M. A. P.; SANTOS FILHO, M. E. C. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul var. *ferrea* em casa de vegetação e germinador. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p. 203-208, 2005.
- MENEZES, L. M. On line. 2013. **Testes rápidos para avaliação da qualidade das sementes**. Sementes. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, UFSM.
- MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, v.69, n.2, p.428-431,1982.
- NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 2, p.1-2.
- PIO CORREA, M. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. 3ed, v.1. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, p.49-50, 1984.
- PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. de. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, LEGUMINOSAE – CAESALPINOIDEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.141-148, 2011.
- PEREIRA, K. T. O.; AQUINO, G. S. M.; ALVES, T. R. C.; BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B. Electrical conductivity test in *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. **Journal of Seed Science**, v.37, n.4, p.199-205, 2015.

- POWELL, A. A. Cell membranes and seeds leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v.10, n.2, p.81-100, 1986.
- RECH, E. G.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. Avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de ervilha. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.1-9, 1999.
- REIS, L. S.; ARAÚJO, E. F.; DIAS, D. C. F.S.; SEDIYAMA, C. S.; MEIRELES, R. C. LERCAFÉ: novo teste para estimar o potencial germinativo de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.1, p.9-16, 2010.
- REIS, M. C. dos.; SANTOS, A. P. A. dos.; CAMPOS, S. C.; FÉLIX JÚNIOR, A. R. R.; TORRES, V. C.; SILVA, C. A. Influência do tamanho da semente na germinação de *Schizolobium amazonicum*. **Revista Farociência**, v.2, n.2, p.155- 157, 2015.
- RIBEIRO, U. P. **Condicionamento Fisiológico de Sementes de Algodão: Efeitos sobre a Germinação, Vigor, Atividade Enzimática e Armazenabilidade**. 2000. 79f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2000.
- RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. do P.; SENNA, D. S. de.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Floresta**, v.42, n.1, p.161 - 168, 2012.
- ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. V. R. V.; VIEIRA, M. G. G. C.; VIEIRA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.54-63, 2000.
- SANTANA, D. C.; VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, M. S. Teste do pH do exsudato-feolftaleína para rápida definição sobre o destino de lotes de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.160-166, 1998.

- SANTOS, F. S. dos.; PAULA, R. C. de.; SABONARO, D. Z.; VALADARES, J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. **Scientia Forestalis**, v.37, n.82, p.163-173, 2009.
- SANTOS, J. F.; ALVARENGA, R. O.; TIMÓTEO, T. S.; CONFORTO, E. C.; MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.743-751, 2011.
- SILVA, R. A. **Análise da reativação metabólica através do teste de ph de exsudato em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**. 2015. 40f. Monografia. Faculdade de Tecnologia Monografia. Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.229-234, 1999.
- TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**, v.17, n.4, p.573-577, 1977.
- TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.108-112, 2001.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 218p.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Teste de condutividade elétrica**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-26.

WHITE, J. W.; GONZÁLEZ, A. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. **Field Crops Research**, v.23, n.3, p.159-175, 1990.

WOODSTOCK, L. W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. **Seed Science and Technology**, v.1, p.127-157, 1973.