



**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE
AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)**

LEANDRO DIAS DE LIMA

GARANHUNS

FEVEREIRO/2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE
AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Agrícola.

LEANDRO DIAS DE LIMA.
Orientadora: Dr.^a Edilma Pereira Gonçalves.

GARANHUNS

FEVEREIRO/2018

Ficha Catalográfica

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE
AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)**

LEANDRO DIAS DE LIMA

Data de defesa: 26/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dr.^a Edilma Pereira Gonçalves (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns

Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo
Universidade Federal de Alagoas

Dr.^a Kedma Maria Silva Pinto
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns

*Aos meus pais Maria Aparecida de Lima e Severino Dias de Lima.
Aos meus irmãos Lucineide Dias e Luciano Dias
Aos meus familiares e amigos.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me amparar, por me conceder força para vencer as dificuldades, acalentando meu coração, por me dar coragem para as mudanças e novas escolhas e sempre me suprir em todas as minhas necessidades.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG), em especial ao Departamento de Produção Agrícola, pela oportunidade de realização da pós-graduação.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa durante o mestrado.

À minha orientadora, Dr^a. Edilma Pereira Gonçalves, pela orientação e amizade.

A professora Dr^a. Keila Aparecida Moreira, por todos os ensinamentos e ajuda durante o desenvolvimento do experimento.

Aos amigos Ivonaldo, Jorge, Caroline e Lidiana por sempre estarem ao meu lado, compartilhando todos os anseios e descobertas e servindo de apoio um ao outro para juntos vencermos todas as dificuldades.

Aos meus amigos, Klenna, Elzanir, Anderson, Adriano, Jéssica, Daniela, Raquel e Camila que contribuíram para minha formação durante a experiência enriquecedora que foi o Mestrado.

Aos amigos Yasmin, Alberto e Cairane, por estarem sempre ao meu lado, mesmo estando distante foram meu porto seguro em meio a todos os desafios enfrentados.

Ao grupo 6 CREA, 1 OAB e 1 CRMV/Z por compartilharem de tantos momentos de alegria, em meio as tribulações do mestrado.

A toda a equipe de trabalho do Laboratório Análises de Sementes: Edila, Lilian e Júlio.

À minha família, por toda confiança, incentivo, amor e por acreditarem em minha capacidade em todos os momentos.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para o encerramento desta etapa importante da minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meus profundos agradecimentos, com todo o carinho.

RESUMO GERAL

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta oleaginosa de relevante importância econômica, muito utilizada para o consumo in natura, nas indústrias alimentícias e em sistemas de plantio, podendo ser cultivada em todas as regiões do Brasil. No Nordeste se destaca por se adaptar as condições climáticas que favorecem a redução do seu ciclo, por ser de fácil manejo e uma fonte de renda para os pequenos produtores. No entanto, existem escassas informações sobre as características das cultivares existentes na região quanto ao seu vigor e o seu comportamento durante o envelhecimento acelerado. O objetivo do trabalho foi estudar as alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes envelhecidas de amendoim. Para os experimentos foram utilizadas sementes de duas cultivares: IAC Tatu ST e Caiana, ambas envelhecida artificialmente a 42 °C e 100% de umidade relativa até 96 horas. Inicialmente foi avaliado o teor de água, peso de mil sementes e o teor de óleo. Antes e após a cada 24 horas de envelhecimento foram coletadas sementes para a realização dos testes fisiológicos (germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem, comprimento e massa seca da parte aérea e raízes das plântulas, e dos cotilédones) os bioquímicos (condutividade elétrica, lixiviação de potássio, catalase (CAT) e Ascorbato Peroxidase (APX)). As sementes das cultivares Tatu e Caiana apresentam diferenças significativas inicialmente quanto ao peso de mil sementes, teor de água e óleo. Com envelhecimento acelerado ocorreu uma redução na primeira contagem, o índice de velocidade de germinação, na germinação, nos comprimentos e a massa seca das partes das plântulas, enquanto que aumentou significativamente a quantidade de eletrólitos lixiviados. A atividade total da APX não foi alterada durante o tratamento de sementes da cultivar Caiana. Ocorreram alterações significativas no conteúdo de CAT em ambas as cultivares durante a indução do envelhecimento, as sementes da cultivar Tatu são mais resistentes aos danos induzidos por envelhecimento quando comparadas com as Caiana.

Palavras-chave: deterioração; oleaginosas; vigor.

ABSTRACT

Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) is an oleaginous plant of significant economic importance, much used for in natura consumption, in the food industries and in planting systems, and can be cultivated in all regions of Brazil. In the Northeast it is notable for adapting the climatic conditions that favor the reduction of its cycle, being easy to handle and a source of income for small producers. However, there is scarce information on the characteristics of cultivars in the region regarding their vigor and behavior during accelerated aging. The objective of this work was to study the physiological and biochemical changes in aged peanut seeds. Seeds of two cultivars were used for the experiments: IAC Tatu ST and Caiana, both aged artificially at 42 °C and 100% relative humidity up to 96 hours. The water content, the weight of one thousand seeds and the oil content were initially evaluated. Before and after each 24 hours of aging, seeds were collected for physiological tests (germination, germination rate index, first count, seedlings and cotyledons) and biochemistry (conductivity (TC) and Ascorbate Peroxidase (APX)). The seeds of the cultivars Tatu and Caiana present significant differences initially in the weight of a thousand seeds, water content and oil. With accelerated aging, a reduction in the first count occurred, the rate of germination, germination, lengths and dry mass of the seedlings, while significantly increasing the amount of leached electrolytes, the total activity of the APX was not altered during the treatment of seeds of the Caiana cultivar. Significant changes in CAT content in both cultivars during the aging, the seeds of the cultivar Tatu are more resistant to the damages induced by aging when compared to the Caiana.

Key-words: deterioration; force; oilseeds.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.**Primeira contagem (A), índice de velocidade de germinação (B), Germinação (C) de sementes de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função de períodos de envelhecimento celerado (UFRPE/UAG, 2018)..... **36**
- Figura 2.**Primeira contagem de emergência(A), índice de velocidade de emergência (B) e emergência (C) em plântulas de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função de períodos de envelhecimento celerado (UFRPE/UAG, 2018).....**39**
- Figura 3.** Massa seca da raiz (A), parte aérea (B) e dos cotilédones (C) em plântulas de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função de períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).....**40**
- Figura 4.** Comprimento da parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de amendoim após períodos de envelhecimento celerado (UFRPE/UAG, 2018)..... **41**
- Figura 5.** Condutividade Elétrica ($\mu\text{mhos/cm/g}$) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento celerado (UFRPE/UAG, 2018)..... **43**
- Figura 6.** Lixiviação de Potássio (ppm g^{-1}) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado(UFRPE/UAG, 2018)..... **44**
- Figura 7.** Taxa Respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ g sementes}^{-1}$) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018)..... **45**

Figura 8. Teor de óleo em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).....	46
Figura 9. Atividade da enzima Catalase (CAT) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).....	47
Figura 10. Atividade da enzima Ascorbato Peroxidase (APX) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).....	48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Qualidade física e fisiológica das sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em laboratório e campo: peso de mil sementes, teor de água, germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação (IVG), emergência, primeira contagem de emergência e índice de velocidade de emergência (IVE). (UFRPE/UAG, 2018).....**32**
- Tabela 2.** Qualidade física e fisiológica das sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em laboratório e campo :massa seca de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca dos cotilédones, comprimento das raízes, comprimento da parte aérea, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, respiração e teor de óleo (UFRPE/UAG, 2018)..... **33**
- Tabela 3.** Teor de água (%) de sementes de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) após cinco períodos de envelhecimento acelerado a 42° C (UFRPE/UAG, 2018)..... **34**
- Tabela 4.** Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para a germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), teor de água (TA), condutividade elétrica (COND), lixiviação de potássio (LIX), primeira contagem de germinação (PC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas, comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), teor de óleo (ÓLE), taxa respiratória (RESPI), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) em sementes de amendoim submetidas a envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018)..... **50**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Aspectos gerais da Cultura do Amendoim.....	16
2.2 Testes de Vigor.....	18
2.2.1 Envelhecimento acelerado	20
2.2.2 Condutividade Elétrica e Lixiviação de Potássio.....	22
2.2.3 Respiração	23
2.2.4 Atividade enzimática.....	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1. Local do Experimento.....	27
3.2. Teor de água.....	27
3.3. Peso de mil sementes	27
3.4. Teste de Envelhecimento Acelerado	28
3.5. Teste de Germinação	28
3.6. Teste de emergência	28
3.7. Primeira Contagem de Germinação.....	29
3.8. Primeira contagem de emergência.....	29
3.9. Índice de Velocidade de Germinação	29
3.10. Índice de velocidade de emergência (IVE).....	29
3.11. Massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones de plântulas	29
3.12. Comprimento da raiz e parte aérea de plântulas.....	30
3.13. Teste de Condutividade elétrica de sementes.....	30
3.14. Teste de Lixiviação de Potássio	30
3.15. Teste de Respiração pelo Método da Titulação.....	31
3.16. Teor de Lipídios	31
3.17. Extração das enzimas do estresse oxidativo.....	32
3.17.1. Dosagem de Proteínas	32
3.17.2. Atividade total da Catalase (CAT).....	32
3.17.3. Atividade Total da Ascorbato Peroxidase (APX)	32
3.18. Análises Estatísticas.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5. CONCLUSÕES	51
6. REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca entre os principais produtores mundiais de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), sendo a região Sudeste responsável pela maior parte da produção nacional. Essa cultura tem despertado grande interesse econômico, pois sua exploração comercial é uma opção para agricultura irrigada e apresenta grande potencial de expansão, a recomendação para plantio do amendoim atende a diversos mercados, seja para o consumo in natura, para a indústria, para renovação de canaviais, recuperação de pastagens degradadas e na integração lavoura pecuária, constituindo como uma espécie, de alto valor nutricional e grande potencial no mercado, (COSCOLIN,2016).

A produção total de amendoim no Brasil foi de 466,2 mil toneladas, cultivada em uma área de 129,3 mil hectares, com produtividade média de 3.606 kg/ha. A produção na região Nordeste ainda se mostra pouco expressiva, como podemos ver o Estado da Paraíba, neste mesmo período, foi plantado uma área de 400 hectares, com a estimativa de produtividade na ordem de 985 kg/ha (CONAB, 2017).

Esta oleaginosa tem se destacado como uma cultura adaptada para a região nordeste por ser de fácil manejo, ciclo curto e preço atraente de mercado, além de se constituir em fonte adicional e agregadora de renda em razão das varias formas de produtos que podem ser processados, e que incentivam a agroindústria regional, disponibilizando ao setor produtivo cultivares comerciais destinados ao mercado brasileiro (SANTOS et al., 2006).

Esta cultura mostra-se totalmente passível de mecanização, produz um farelo de excelente qualidade nutricional para rações e para alimentos, e ainda possui, em sua casca, as calorias para a produção de vapor, seus grãos possuem alto teor de óleo e tem grande potencial para produção de biodiesel. (HOLANDA, 2004).

Buscando produzir sementes de melhor qualidade, a Embrapa vem desenvolvendo cruzamentos entre cultivares divergentes que possuem alto potencial agrônomico e nutricional, objetivando ofertar aos agricultores novas cultivares que atenda suas demandas nos aspectos agroindustriais, com alta produtividade e alto vigor (MELO et al., 2010).

O vigor de sementes surgiu como critério de excelência, sendo utilizado nas últimas décadas pelas empresas de sementes para o controle de qualidade, após o reconhecimento e compreensão dos seus efeitos sobre o comportamento da semente e

emergência da plântula no campo (FRANCO e PETRINI, 2002; SILVA; GAMEIRO, 2006; MARCOS FILHO, 2015). Muitas vezes, o desempenho de lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes é diferenciado em condições adversas de campo. Por isso, os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas para a comercialização (MARCOS FILHO, 2015).

Para análise mais precisa da qualidade das sementes, faz-se necessário complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, possibilitando assim, selecionar os melhores lotes para comercialização e semeadura (ARAUJO et al., 2011). Dentro deste contexto, a utilização de métodos rápidos, confiáveis e de fácil execução tornam-se fundamentais para avaliação do potencial fisiológico das sementes, agilizando as tomadas de decisões referentes ao manejo dos lotes (MERTZ et al., 2012).

Os testes bioquímicos avaliam alterações no metabolismo relacionadas com o vigor de sementes, entre estes estão os testes de tetrazólio e condutividade elétrica, enquanto os testes de resistência ao estresse analisam o comportamento de sementes quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, com destaque para os testes de frio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, germinação a baixa temperatura e submersão em água (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

A perda de integridade das membranas das sementes é um dos primeiros eventos da deterioração que ocorre afetando a permeabilidade, a compartimentalização e a separação dos sistemas metabólicos. Diversas enzimas atuam no sistema de membranas e mudanças acentuadas na estrutura da semente acarretam em desordem fisiológica e bioquímica dos processos, além disso, ocorrem reduções na produção de energia, na síntese de proteínas, ácidos nucleicos e degeneração cromossômica (BASU, 1995; BEWLEY e BLACK, 1994; VIEIRA, 2009).

Tendo em vista as necessidades de se obter sementes com alto vigor, foram desenvolvidos vários métodos para avaliar as sementes por meio de testes rápidos, que produzem informações consistentes, são aqueles relacionados com os processos fisiológicos da deterioração, bem como: as atividades enzimáticas e respiratórias e a integridade das membranas celulares, e os testes rápidos de vigor como os testes de

condutividade elétrica e de lixiviação de potássio (MIRANDA et al., 2003; KIKUTI et al., 2008; ALVES; SÁ, 2010; STEINER et al., 2011; SOUZA et al., 2014).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo estudar as alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes envelhecidas de *A. hypogaea* L..

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aspectos gerais da Cultura do Amendoim

O amendoim pertence à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae, sub-família Faboideae, gênero *Arachis* e espécie *Arachis hypogaea* (CRONQUIST, 1981). A sua morfologia é caracterizada como uma planta anual, dicotiledônea, autógama, herbácea, com caule ereto central, ramificações que podem variar de prostradas a eretas e altura de 15 a 50 cm, dependendo do hábito de crescimento (VIEIRA et al., 2001).

As plantas apresentam um processo especial de frutificação, denominado geocarpia, em que uma flor aérea, após ser fecundada, produz um fruto subterrâneo. Da flor fecundada, forma-se um bastão (ginóforo) de estrutura mais ou menos rígida, que se alonga em direção ao solo, levando o ovário fecundado na sua extremidade, e penetrando no solo até cerca de 5 a 10 cm de profundidade, iniciando-se a formação do fruto, que é uma vagem indeiscente (GODOY; MINOTTI; RESENDE, 2005).

A cultura subdivide-se em três grupos; Virgínia, Valência e Spanish, de acordo com a morfologia da planta. No Brasil, os tipos botânicos Valência e Virgínia são os mais cultivados com fins comerciais. Cerca de 60% do mercado interno de amendoim é voltado para os materiais do grupo Valência, cujas plantas apresentam porte ereto, ciclo curto e sementes de tamanho médio. As plantas do grupo Virgínia podem apresentar porte ereto ou rasteiro, ciclo longo, vagens geralmente com duas sementes grandes, de coloração bege. O terceiro grupo, menos expressivo no Brasil, é o Spanish (GODOY et al., 2005).

A produção na safra 2015/16 foi de 408,8 a 421 mil toneladas, incrementada pelo ganho de área e produtividade. Na safra anterior 2015/15, a produção foi 406,1 mil toneladas. Parte da produção é exportada ou destinada à indústria de alimentos

(CONAB, 2017). O óleo de amendoim ocupa o sétimo lugar dos óleos mais consumidos no mundo (CONAB, 2015).

A cultivar Tatu, tipo mais tradicional de amendoim no Brasil tem predominância em diversas regiões e em São Paulo, ocupa 10-15% da área de plantio, com importante nicho de mercado, onde predominam os amendoins tipo *Runner* pertencente ao grupo comercial Valência (plantas de porte ereto). A cultivar Tatu é precoce, com ciclo em torno de 90 a 100 dias do plantio à colheita, nas condições de São Paulo com produtividade média de 3.000 Kg ha⁻¹; com potencial de até 4.000 Kg ha⁻¹ (COSCOLIN, 2016).

A cultivar Caiana possui uma larga adaptação ao ambiente semiárido, possui ciclo abaixo de 90 dias e recomendadas para o semiárido nordestino (SANTOS et al., 2000; SANTOS et al., 2006; GOMES et al., 2007; SANTOS et al., 2013). Suas vagens são levemente estranguladas, de retículos pouco pronunciados, contendo três a quatro sementes bem unidas, com película de coloração vermelha, com teor de óleo de 46%. A renda média, isto é, a relação percentual de sementes para frutos é de 68%, ou seja, de cada 25 kg de amendoim em vagem obtém-se 17 kg de grãos beneficiados (CÂMARA, 2016).

Cultivares rasteiras apresentam vantagens em relação às eretas, como adequação ao arranquio e ao enleiramento mecanizado, alto potencial produtivo, grãos tipo exportação, sementes dormentes no momento da colheita e reduzida porcentagem de brotação indesejável (TASSO JUNIOR; MARQUES; NOGUEIRA, 2004). Para plantas rasteiras, os espaçamentos mais usados são 80 ou 90 cm entre linhas e 5 a 10 cm entre plantas, atingindo densidade de semeadura entre 12 a 15 sementes por metro; o consumo com sementes situam-se entre 70 a 140 Kg ha⁻¹ (GODOY; MINOTTI; RESENDE, 2005).

O cultivo do amendoim pode ser utilizado para consumo como alimento in natura ou industrializado, na produção de óleo e como semente. Quando o material a ser colhido destina-se para sementes, a qualidade fisiológica pode ser perdida progressivamente por processo de deterioração tanto nas fases de maturação e colheita (BARROZO et al., 2012), como na pós-colheita, nas fases de secagem (KRZYZANOWSKI et al., 2006), beneficiamento (FIGUEIREDO NETO et al., 2011) e armazenamento (ARAÚJO e ROSSETO, 2005).

A cultura se adapta em quase todos os tipos de solo, atingindo melhores rendimentos naqueles com fertilidade razoável, bem drenado e de textura arenosa, favorecendo a penetração dos ginóforos e o desenvolvimento das vagens. Solos mais argilosos podem aumentar as perdas na colheita e geram problemas com a aderência de terra nas vagens, depreciando o aspecto visual do produto (BOLONHEZI; GODOY; SANTOS, 2013).

É uma planta de baixa exigência nutricional e apresenta a seguinte ordem de absorção de elementos químicos: nitrogênio (N) > potássio (K⁺) > cálcio (Ca²⁺) (MALAVOLTA, 1980). Segundo Godoy et al. (2014), a planta de amendoim é relativamente tolerante à acidez porém, preferencialmente requer a aplicação de calcário dolomítico, até dois meses antes da semeadura, a fim de elevar o índice de saturação por bases a 60% e garantir o fornecimento de cálcio e magnésio, nutrientes nos quais o amendoim é particularmente exigente.

O potencial de produção do amendoim é determinado geneticamente e pode ser potencializado com o manejo adequado no momento da semeadura, quanto ao espaçamento e épocas de semeadura, o que proporciona maior aproveitamento dos fatores climáticos como chuva e radiação, atuando no desenvolvimento da cultura. No aspecto fenológico, as fases de crescimento e desenvolvimento entre as cultivares IAC Runner 886 e IAC Tatu ST, são particularmente definidas, mas podem variar dependendo do local e das condições climáticas principalmente temperatura e umidade (SANTOS et al., 1997).

Devido a sua capacidade de se desenvolver em ambientes edafoclimáticos adversos por meio de modificações na morfologia e na produção da planta, o produtor deve avaliar a época de semeadura que é definida por um conjunto de fatores ambientais que, além de afetar a produtividade, afeta também a arquitetura e o desenvolvimento da planta. Semeaduras em épocas inadequadas podem causar reduções drásticas na produtividade de vagens e grãos, devido a alterações na altura da planta, no número de ramificações, no diâmetro do caule e no acamamento (NOGUEIRA et al., 1998; PEIXOTO et al., 2008).

2.2 Testes de Vigor

A utilização de sementes de boa qualidade é fundamental para o estabelecimento adequado de uma lavoura. O vigor das sementes não pode ser caracterizado como um

único processo fisiológico definido como germinação ou deterioração, sua definição é tão complexa que apenas pode ser razoavelmente compreendida no âmbito de um conceito (McDONALD, 1993). A primeira tentativa de enunciar uma definição foi a de considerar o vigor das sementes como uma soma total dos atributos, que possibilitam o estabelecimento de plântulas em condições desfavoráveis (ISELY, 1957).

À medida que as condições ambientais se desviam das mais adequadas para o estabelecimento das plântulas ou para o armazenamento das sementes, é provável que a porcentagem de emergência de plântulas seja inferior à da germinação determinada em laboratório (MARCOS FILHO, 1999). Diante disso, surgiram os testes de vigor, como forma de complementação às informações obtidas no teste de germinação (AOSA, 1983), uma vez que são considerados importantes por revelarem variações estreitas no estágio de deterioração de lotes de sementes.

O vigor de sementes surgiu como critério de qualidade, sendo utilizado nas últimas décadas pelas empresas de sementes para o controle de qualidade, após o reconhecimento e compreensão dos seus efeitos sobre o comportamento da semente e emergência da plântula no campo (FRANCO; PETRINI, 2002; SILVA; GAMEIRO, 2006; MARCOS FILHO, 2015).

Muitas vezes, o desempenho de lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes é diferenciado em condições adversas de campo. Por isso, os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas para a comercialização (MARCOS FILHO, 2015).

Apesar da grande utilidade dos testes de vigor, um único teste de vigor não é capaz de caracterizar todas as interações possíveis entre as sementes e as condições ambientais antes, durante e após a colheita, bem com as verificadas por ocasião da semeadura (BENTO et al. 2010).

A qualidade física das sementes é caracterizada pela presença ou não de outros componentes físicos presentes no lote de sementes. São constituintes de um lote, sementes puras, sementes de outras espécies, silvestres ou cultivadas, palha, partes da planta e outros materiais inertes (DALCIN, 2015). A condição física também é caracterizada pelo grau de umidade, tamanho, cor, densidade, aparência, danos mecânicos e danos causados por insetos e infecções por doenças. A qualidade

fisiológica das sementes compreende sua capacidade para desenvolver funções vitais, como germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985).

Os testes germinação em laboratórios fornecem informações relevantes sobre a qualidade da semente, entretanto, apresenta limitações quanto à capacidade de diferenciação dos lotes e a estratificação em níveis de vigor, além da demora na obtenção dos resultados. Tal fato tem impulsionado o desenvolvimento de testes rápidos de vigor que sejam principalmente, confiáveis, rápidos e agilizem a tomada de decisões (MCDONALD, 1975; HAMPTON; COOLBEAR, 1990; KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; MCDONALD, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

2.2.1 Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado avalia o grau de tolerância de sementes expostas a condições adversas de temperatura (entre 40 °C e 45 °C) e umidade relativa do ar (próxima de 100%), aumentando a intensidade e a taxa de deterioração (DUCATTI et al. 2016). As sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, respondem de diferentes formas ao teste de germinação, no qual sementes mais vigorosas são menos afetadas em sua capacidade de produzir plântulas normais e as sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente, separando diferentes lotes de sementes pelo seu vigor (MARCOS FILHO, 2015).

O teste de envelhecimento acelerado, utilizando temperatura e umidade relativa elevadas, procura avaliar o que ocorre no envelhecimento natural, de maneira mais rápida, baseado na simulação de fatores ambientais adversos, como temperatura e umidade relativa do ar elevadas, que são as principais causas de deterioração das sementes (DELOUCHE; BASKIN, 1973; MARCOS FILHO, 1994).

A eficiência desse teste é avaliada pela diferença de sensibilidade apresentada pelas sementes ao envelhecimento. Sementes mais vigorosas retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao envelhecimento acelerado, enquanto as de baixo vigor apresentam maior redução de sua viabilidade (MARCOS FILHO, 1994; VIEIRA; CARVALHO, 1994).

O teste de envelhecimento acelerado pode ser utilizado como ferramenta importante para auxiliar a tomada de decisões em diferentes etapas da produção e do uso das sementes, sendo considerado como um dos métodos mais empregados para a determinação do potencial fisiológico das sementes, em razão da possibilidade de padronização de métodos, reprodutibilidade de resultados e da eficiência para estimar o

potencial de armazenamento de lotes de sementes, além de proporcionar relação com a emergência de plântulas em campo de várias espécies (VIEIRA et al., 2005).

O teste tem sido utilizado para avaliar o vigor de sementes de diversas espécies e incluído em programas de controle de qualidade conduzidos por empresas produtoras de sementes, pois, em poucos dias, são obtidas informações relativamente seguras sobre o potencial de armazenamento dos lotes processados e, dependendo do histórico do lote, do potencial de emergência das plântulas em campo (FRIGERI, 2007).

Os efeitos causados pelo envelhecimento podem ser diversos, porém, a deterioração é um dos fatores que mais afeta a capacidade de armazenamento das sementes diminuindo seu poder germinativo e vigor. O envelhecimento acelerado como um teste de vigor representa ser muito sensível e, se mostra muito semelhante às condições que podem ocorrer no campo. Entretanto, na literatura, o fato da semente se recuperar desses danos e conseguir gerar uma plântula saudável, ainda é bastante discutido e resultados promissores demonstram que tais efeitos podem ser parcialmente revertidos pelo condicionamento osmótico, sendo que essa técnica não influencia a germinação, mas promove benefícios no vigor das sementes de baixo e alto potencial fisiológico (OLIVEIRA; GOMES FILHO, 2010).

Em todas as espécies cultivadas, a temperatura e o período de permanência das sementes na câmara não estão estabelecidos e, em amendoim, têm sido indicadas as combinações de 42°C por 72 horas (VANZOLINI e NAKAGAWA, 1998; ROSSETTO et al., 2003) ou 43°C por 48 horas (USBERTI e AMARAL, 1999).

Resultados obtidos por MENDES et al.(2010) para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), trabalhando com a temperatura de 41°C e 100% UR, indicaram que o período de 72 horas de envelhecimento possibilitou a separação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

Também em amendoim, o estudo do efeito do envelhecimento acelerado na germinabilidade em sementes de duas cultivares foi relatado por (SUNG e JENG, 1994), em que o envelhecimento acelerado foi promovido pela incubação das sementes a 45 °C e 79% de umidade em câmara fechada por 3, 6 e 9 dias.

Phyo et al. (2004), Promchote e Duangpatra (2002) e Siri et al. (2002) sugerem que a exposição das sementes a 42 °C e 100% de umidade relativa durante 264 horas foram suficientes para a caracterização dos lotes de amendoim. As diferenças

nos períodos de envelhecimento das sementes de amendoim dos estudos anteriores podem ter sido atribuídas a diferenças genotípicas (PHYO et al., 2004).

2.2.2 Condutividade Elétrica e Lixiviação de Potássio

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que com o processo de deterioração ocorre a lixiviação dos constituintes celulares das sementes embebidas em água devido à perda da integridade dos sistemas celulares. Assim, baixa condutividade significa alta qualidade da semente e alta condutividade, ou seja, maior saída de lixiviados da semente sugere o menor vigor desta (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

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 permeabilidade e integridade das membranas celulares, estando sujeitas a lixiviação de eletrólitos (VIEIRA e KRZYZANOWSKY, 1999).

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).

De acordo com Matos (2009), a medição da condutividade elétrica por meio da quantidade de eletrólitos liberados pela semente na água de embebição tem sido aplicada, de modo mais frequente, em uma amostra de sementes representativa de uma população (método massal). Souza et al. (2007) trabalhando com mamona verificaram que a condutividade elétrica, avaliada após 6 horas de embebição, mostrou-se eficiente para detectar diferenças de qualidade entre lotes de sementes.

Trabalhos realizados com sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (VANZOLINI e NAKAGAWA, 1999) e soja (*Glycine max* L. Merrill) (VIEIRA et al., 2004) apontaram que a determinação da condutividade elétrica da solução de embebição tem sido proposta como um teste bastante sensível para avaliar o vigor, uma vez que no processo de deterioração um dos eventos iniciais é a perda da integridade das membranas. Nas sementes com baixo vigor, há maior desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo aumento na lixiviação de solutos para o meio externo.

Os testes de lixiviação de K possibilitam rápida obtenção dos resultados, que é uma das principais necessidades das empresas de sementes. O teste de lixiviação de K requer apenas em torno de 1 a 2 horas para a obtenção dos resultados, comparado ao período superior a 24 horas necessárias para os demais testes, permite avaliar de forma rápida e eficiente o vigor das sementes. De modo a permitir agilidade nas tomadas de decisões, principalmente às operações de colheita, processamento e comercialização (MARCOS FILHO, 2005).

É baseado na integridade das membranas celulares das sementes, sendo considerado um procedimento rápido para a avaliação do vigor (KIKUTTI et al., 2008). Neste teste as sementes com menor vigor apresentam menor velocidade de estruturação das membranas quando embebidas em água, tendo como consequência maior liberação de exsudatos para o exterior da célula que aquelas mais vigorosas (HAMPTON; TEKRONY, 1995; MARCOS FILHO, 2005), resultando em maior liberação de potássio. 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).

O teste de lixiviação de potássio é capaz de identificar diferenças significativas no potencial fisiológico de sementes de amendoim (VANZOLINI e NAKAGAWA, 2003). Estes autores observaram que 30 horas de embebição foi suficiente para identificar as diferenças fisiológicas ocorridas nas sementes (KIKUTI, 2008).

Vieira et al. (2013) afirmaram que os resultados obtidos no teste de lixiviação de potássio pode ser usado para avaliar o potencial fisiológico de sementes, com confiabilidade e rapidez, apresentando resultados comparáveis aos obtidos no teste de condutividade elétrica.

Em sementes de *A. hypogaea*, a quantidade de potássio lixiviado permitiu a identificação de lotes com diferentes níveis de vigor (VANZOLINI e NAKAGAWA, 2003, KIKUTI et al., 2008).

2.2.3 Respiração

A atividade respiratória de sementes em condições de laboratório é uma técnica utilizada na determinação do vigor pela alta relação com a qualidade de semente. Esse procedimento não é comum, mas pode se tornar uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisões sobre a qualidade de um lote de sementes (MENDES et al., 2009).

Na respiração, a atividade de enzimas e de organelas e a síntese de proteínas são eventos fundamentais para o desenvolvimento normal do processo de germinação e preparo para o crescimento subsequente do embrião. Importantes macromoléculas, como DNA e RNA, proteínas, lipídios, clorofilas, carotenoides e fitormônios, são formadas por esqueletos carbonados desviados da via respiratória. Para a síntese desses novos materiais indispensáveis ao crescimento, são necessárias também substâncias de alto poder redutor (NADH, FADH₂) e elevado conteúdo energético (ATP). Portanto, nem todo carbono contido no substrato respiratório é liberado na forma de CO₂, e nem todos os elétrons contidos nos nucleotídeos reduzidos (NADH, FADH₂) se combinarão com O₂ para produzir H₂O (MARENCO e LOPES, 2007).

A respiração, segundo Taiz e Zeiger (2006), é a oxidação de substâncias orgânicas no sistema celular, com a liberação de energia. É a primeira atividade metabólica que acompanha a reidratação da semente, que de valores ínfimos, sobe a níveis bastante elevados poucas horas após o início da embebição, ocorrendo incremento no metabolismo e ativação de enzimas respiratórias e hidrolíticas (HÖFS et al., 2004; MARENCO E LOPES, 2005).

O oxigênio molecular é o acceptor final de elétrons. Dentre os substratos respiratórios os mais comuns são os carboidratos como amido, sacarose, frutose, glicose e outros açúcares; lipídios, principalmente os triglicerídeos, ácidos orgânicos e proteínas (MARENCO e LOPES, 2007).

Métodos para a medição da respiração estão relacionados com a perda de massa seca e/ou com trocas gasosas. No entanto, medir a variação de massa seca das sementes requer grande quantidade de material e implica na sua destruição (MARENCO e LOPES, 2007). A medição da atividade respiratória de sementes em condições de laboratório é uma técnica utilizada na determinação do vigor pela alta relação com a qualidade de semente. Esse procedimento não é comum, mas pode se tornar uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisões sobre a qualidade de um lote de sementes (MENDES et al., 2009).

Crispin et al. (1994), utilizando o método de titulação para a avaliação da respiração em sementes de soja observaram resultados compatíveis com outros testes de vigor como condutividade elétrica e lixiviação de potássio para determinação da qualidade fisiológica de sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Martins et al. (2014) avaliando a lotes de sementes de soja por sua atividade respiratória

e concluiu que era um método eficiente. Trabalhando com sementes de algodão (VENSKE et al., 2014) também encontraram resultados semelhantes, quanto a separação de lotes por meio do teste de respiração das sementes.

2.2.4 Atividade enzimática

Enzimas são em sua maioria, proteínas com atividade catalítica, capazes de acelerar a velocidade de uma reação, sem, no entanto participar dela como reagente ou produto (TAIZ e ZEIGER, 2006). As mudanças causadas pelo envelhecimento acelerado que afetam o potencial fisiológico das sementes têm sido atribuídas a vários processos bioquímicos, como desnaturação de biomoléculas e acumulação de substâncias tóxicas, em adição à queda da integridade das membranas, (BASAVARAJAPPA; SHETTY e PRAKASH, 1991).

Na área de tecnologia de sementes várias pesquisas envolvendo alterações enzimáticas em semente de soja têm sido realizadas (ANDRADE e SOBRINHO, 1980; BRACCINI et al.,2000; MAIA et al., 2000); visando evidenciar de modo claro e confiável o processo que levam as sementes de diferentes espécies à deteriorarem, bem como, a redução do potencial fisiológico das mesmas.

A susceptibilidade das sementes ao estresse durante o envelhecimento artificial pode ser correlacionada com a qualidade da semente. Foram observadas alterações nos lipídios e nas proteínas insolúveis em ácido em decorrência do envelhecimento artificial (FERGUSON et al., 1990). Diferentes mudanças na atividade enzimática, em consequência do envelhecimento artificial, foram observados por Bock (1999), em sementes de soja, indicando que o envelhecimento promove desorganização nos sistemas enzimáticos da semente.

Como excelentes catalisadores biológicos, as enzimas são ótimos indicadores de deterioração de sementes, visto que, aceleram a taxa das reações bioquímicas, contudo, as mesmas não se modificam com o processo, toda via, as enzimas podem ser chamadas também de agentes da vida, termo muito importante, uma vez que controla quase todo ciclo vital do seres vivos (TAIZ e ZEIGER, 2006).

As análises isoenzimáticas permitem uma avaliação dos eventos bioquímicos decorridos do processo de deterioração e durante a germinação (ALBUQUERQUE et al., 2009). O termo isoenzima foi relatado por Markert e Moller (1959) referindo-se às múltiplas formas moleculares de uma enzima, com afinidade para substratos idênticos ou similares, que ocorrem em um organismo.

Reduções na atividade enzimática durante a germinação de sementes envelhecidas pode ser resultante da diminuição da síntese proteica sendo que o início da deterioração das sementes geralmente está associado à redução na síntese de proteínas (ABDUL-BAKI e ANDERSON, 1972). O envelhecimento de sementes de trigo (*Triticum* spp.), segundo Dell'aquila (1994), foi acompanhado pelo atraso progressivo do início da germinação e pelo decréscimo de incorporação de metionina em proteínas solúveis de embriões hidratados.

Um dos mecanismos que a célula dispõe para dismutar radicais livres produzidos em condição de DH é a ativação de enzimas antioxidativas, dentre elas a superóxido dismutase (SOD, E.C. 1.15.1.1), a ascorbato peroxidase (APX, E.C. 1.11.1.11), a catalase (CAT, E.C. 1.11.1.6), peroxidase (POX E.C 1.11.1.7) (MITTLER, 2002).

Outra enzima importante no sistema de resposta antioxidativa em plantas é a catalase (CAT; EC 1.11.1.6), a qual decompõe o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gerado nos peroxissomos durante a fotorrespiração (GERBLING et al., 1984), bem como o produto de reação da SOD.

Entre as enzimas degradantes de H_2O_2 , é a única que não consome equivalentes redutores da célula e que possui um mecanismo muito eficiente para a remoção do peróxido formado em condição de estresse (SCANDALIOS, 2005). Essa enzima tem sido descrita como susceptível a fotoinibição e degradação, após sua inativação por luz, a atividade da catalase é fortemente dependente de uma nova síntese da enzima, como relatado por Hertwig et al. (1992).

As plantas possuem dois tipos de heme-peroxidases: as não específicas, secretadas no espaço extracelular (POX, EC 1.11.1.7) e as ascorbato peroxidases (FOYER e NOCTOR, 2000). Ascorbato peroxidases (APXs), que catalisa o primeiro passo do ciclo da ascorbato-glutationa (FOYER e NOCTOR, 2000), e são as mais importantes peroxidases que detoxifica H_2O_2 em plantas. Estas enzimas são heme-peroxidases cujo grupo prostético é a protoporfirina que foram imunolocalizadas nos cloroplastos (ASADA, 1992), no citosol, membranas de peroxissomos e glioxissomos e nos cloroplastos (FOYER e NOCTOR, 2000; FOYER e NOCTOR, 2003; MITTOVA et al., 2003). Elas possuem alta especificidade para o ascorbato como substrato redutor, sendo inibidas por cianeto e azida. As APXs catalisam a redução de H_2O_2 a água e, juntamente com as CATs, são responsáveis pela conversão de peróxido de hidrogênio em água.

Em sementes de algodão (*Gossypium Hirsutum* L.) envelhecidas artificialmente, a atividade da APX decresceu progressivamente durante o envelhecimento (GOEL et al., 2003). Os resultados indicaram que o envelhecimento acelerado inibiu a germinação e o estabelecimento de plântulas, ocorrendo um aumento na peroxidação de lipídios e decréscimo na atividade da APX (SUNG e JENG, 1994).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) e no Laboratório de Biotecnologia do CENLAG da, Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE/UAG, Pernambuco.

As sementes de amendoim foram colhidas na Fazenda Sobradinho nas coordenadas 09° 45' 09" S e 36° 39' 40" W, a uma altitude média de 264 m (Earth, 2018), no município de Arapiraca-AL, em 2017, sendo duas cultivares: Tatu e Caiana, as quais foram colocados em sacos de nylon e levados para o LAS.

3.2. Teor de água

Foi determinado a partir do método de estufa à $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, em que os recipientes foram pesados com suas respectivas tampas em balança analítica com precisão de 0,001g. Em seguida, as sementes foram distribuídas de maneira uniforme no fundo dos recipientes, de forma a cobrir por completo a parte inferior dos mesmos. As amostras foram pesadas com as respectivas tampas e com as sementes e colocados na estufa à $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após a secagem, foi realizada a pesagem para a determinação do teor de água (BRASIL, 2009).

3.3. Peso de mil sementes

As sementes foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g utilizando oito 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 oito repetições/lote foram multiplicadas por 10, resultando nos valores da análise estatística (BRASIL, 2009).

3.4. Teste de Envelhecimento Acelerado

Amostras de sementes de amendoim, previamente selecionadas, foram distribuídas e incubadas em caixas “gerbox” com tela de alumínio em câmara de envelhecimento acelerado à temperatura de 42 °C e 100% de umidade relativa por períodos de 24, 48, 72 e 96 h. O grupo controle (0 h) trata-se de sementes que não foram incubadas. Para a realização dos testes de vigor, foram feitas coletas de sementes em 0 h, 24 h, 48 h, 72 h e 96 h de envelhecimento, conforme (DELOUCHE e BASKIN, 1973).

3.5. Teste de Germinação

As sementes foram postas para germinar no substrato entre areia em bandejas plásticas perfuradas no fundo, com dimensões de 29 x 22 x 05 cm de comprimento, largura e profundidade, respectivamente. O substrato areia lavada foi esterilizado por 24 horas na estufa à 105° C ± 3° C, a umidade inicial do substrato foi ajustada para 60% da capacidade de campo, e após a sementeira, as bandejas, foram envolvidas devidamente com sacos plásticos transparentes, sendo mantidos em germinador, regulado à temperatura de 30°C até o término do teste, utilizando quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As contagens iniciaram-se no 5° dia após a sementeira, e se estenderam até o 10° dia 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.

3.6. Teste de emergência

O teste de emergência foi conduzido com 400 sementes (oito subamostras de 50 sementes), as quais foram semeadas em canteiros com dimensões 100 cm de largura e espaçamento de 0,40 cm, em uma profundidade de 2 cm. As contagens iniciaram-se no 5° dia após a sementeira, e se estenderam até o 10° dia após a instalação do teste foram avaliadas as plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme especificado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.7. Primeira Contagem de Germinação

Esse teste foi conduzido juntamente com o teste de germinação, consistindo no registro das porcentagens de plântulas normais no quinto dia após a instalação do experimento, conforme (BRASIL, 2009).

3.8. Primeira contagem de emergência

Foi realizada juntamente com o teste de emergência, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste, conforme (BRASIL, 2009).

3.9. 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 quinto até décimo 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.

3.10. Índice de velocidade de emergência (IVE)

Conduzido em conjunto com o teste de emergência de plântulas, anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam epicótilos visíveis. A última contagem foi feita 10 dias após a semeadura, e com os dados diários do número de plântulas normais, calculou-se o IVE empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.11. 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).

3.12. 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).

3.13. Teste de Condutividade elétrica de sementes

Foi realizado durante os períodos de (0, 24, 48, 72, e 96 h) de envelhecimento acelerado com quatro subamostras de 25 sementes por lote, pesadas em balança analítica com precisão de 0,01g e imersas em 75 mL de água deionizada em copos de plástico (200mL). As sementes foram mantidas a temperatura constante de 25°C durante 24 horas em câmaras de germinação tipo B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Após esse período, foi determinada a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes, em condutímetro Digimed CD-31 e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (MARCOS FILHO e VIEIRA, 2009).

3.14. Teste de Lixiviação de Potássio

Foi realizado durante os períodos de (0, 24, 48, 72, e 96 h) de envelhecimento acelerado, inicialmente, foi determinada a massa das sementes em balança de precisão de 0,001 g, em seguida as sementes foram colocadas imersas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e deionizada, sendo estes mantidos em germinador, a temperatura de 25°C, durante 24 horas. Foram utilizadas quatro subamostras de 25 sementes fisicamente puras para cada lote. Transcorrido o período de imersão, a solução contendo as sementes foi colocada em frascos de vidro, identificados e encaminhados para a determinação de íons. A determinação de potássio foi feita empregando-se o

método de fotometria de chama e os valores foram expressos em μg do íon potássio g^{-1} de semente, ou seja, ppm de potássio (EMBRAPA, 2009).

3.15. Teste de Respiração pelo Método da Titulação

Foram utilizadas caixas de plástico transparente tipo *gerbox*, contendo bandeja de tela fina, utilizada como suporte para as sementes. No fundo de cada caixa foram colocados 40 mL de solução de KOH a 0,1N. Para evitar trocas gasosas com o meio, foram vedadas com plástico tipo rolopac. Cada uma das quatro repetições de 50 sementes foram colocadas sobre a tela contendo uma folha de papel mata-borrão umedecido 2x o seu peso seco. Foram mantidos em câmara de germinação, tipo BOD, por um período de 12, 24, 36 e 48 h à temperatura constante de 25°C.

Após esse período, uma amostra de 25 mL da solução de KOH, por repetição, foi retirada e adicionas gotas do corante de cor fenolftaleína, e submetida à titulação com HCl 0,1N. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada uma das repetições testadas. O volume de HCl quantificado que está diretamente relacionado com a quantidade de CO₂ fixado pela solução de KOH, é proveniente da respiração. O resultado foi obtido pela formula $(B - L) \times C / MS$ e expresso em mg de CO₂ por grama de semente seca (CRISPIM et al., 1994).

Onde:

B: leitura da prova em branco

L: leitura do volume de HCl gasto para neutralizar o KOH submetido a respiração

C: fator de correção (3,52)

MS: matéria seca das sementes

3.16. Teor de Lipídios

A determinação do teor de lipídios foi realizada antes e após os períodos de envelhecimento. Foram utilizadas três repetições de 1,0 g. das sementes trituradas. A extração de lipídios foi realizada em aparelho Soxhlet em refluxo por seis lavagens, utilizando éter de petróleo como solvente, com amostras em triplicatas, conforme SILVA (1990).

3.17. Extração das enzimas do estresse oxidativo

Antes e após o envelhecimento as sementes das duas cultivares foram submetidas a análise de enzimas do estresse oxidativo. Estas foram maceradas em nitrogênio líquido, adicionando-se, a cada 1 g de massa fresca da semente, 2,5 mL de tampão fosfato de potássio, 100 mM pH 7,0 adicionado de 20 µL EDTA 1,0 mM, e 0,05 g de ácido ascórbico 1,0 mM (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971). Os extratos foram imediatamente centrifugados a 13000 x g, a 4 °C por 15 minutos. O precipitado foi descartado e o sobrenadante foi utilizado imediatamente para análises ou foi armazenado em freezer.

3.17.1. Dosagem de Proteínas

A quantificação de proteínas foi avaliada segundo o método de Bradford (1976). A concentração de proteínas foi estimada em relação a uma curva padrão de albumina sérica bovina.

3.17.2. Atividade total da Catalase (CAT)

A atividade da catalase foi determinada em extratos de sementes controle e tratadas pela adição de 100 µL do extrato enzimático a 2,9 mL de uma solução contendo H₂O₂ 12,5 mM e tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0, e pela medição da diminuição da absorbância a 240nm, a 30 °C (HAVIR e MCHALE, 1987). A atividade da enzima foi calculada usando o coeficiente de extinção molar de 36 M⁻¹cm⁻¹.

3.17.3. Atividade Total da Ascorbato Peroxidase (APX)

A atividade de APX foi determinada de acordo com o método de Nakano e Asada (1981), modificado por Koshiha (1993). O método consiste na diminuição da concentração de peróxido de hidrogênio do meio pela APX do extrato bruto, com a redução de ácido ascórbico fornecido. Alíquotas de 100 µL dos extratos diluídos foram transferidas para tubos de ensaio. Ao meio de reação, 2,7 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 6,0, contendo 0,8 mM de ácido Lascórbico P.A. foi adicionado. O experimento foi iniciado no momento da adição de H₂O₂ ao meio de reação, observando o decréscimo da leitura, no intervalo de 0-120 segundos (realizados a cada 30 segundos), na absorbância de 290 nm em espectrofotômetro. Adicionalmente, leituras de tubos controles, com e sem a amostra, na ausência de peróxido de hidrogênio, foram

realizadas. Para efeito de cálculo, foi considerado que o decréscimo de 1 unidade de absorvância equivale a 1 unidade de atividade (UA). As atividades do extrato total foram determinadas pelo cálculo da quantidade de extrato que reduzirá a leitura de absorvância em 1 UA e expressos em UA g⁻¹ MS min⁻¹.

3.18. Análises Estatísticas

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, teor de óleo, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e atividade enzimática foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o teste F e, as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Os dados quantitativos foram avaliados por meio da análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, considerando, para explicar os dados, aquele significativo e com maior coeficiente de determinação (R²). As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

Os valores do teste de envelhecimento acelerado 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.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização inicial das sementes de amendoim encontra-se na Tabela 1, verificou-se diferenças estatísticas entre as sementes das cultivares quanto ao peso de mil sementes, teor de óleo, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, emergência, primeira contagem de emergência e índice de velocidade de emergência das plântulas.

Tabela 1 - Qualidade física e fisiológica das sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em laboratório e campo: peso de mil sementes (PMS), teor de óleo (TO), teor de água (TA), germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), emergência (EME), primeira contagem de emergência (PME) e índice de velocidade de emergência (IVE) (UFRPE/UAG, 2018).

Laboratório	Campo
-------------	-------

CULTIVAR	PMS (g)	TO (%)	TA (%)	GER (%)	PCG (%)	IVG	EME (%)	PME (%)	IVE
CAIANA	412,3*	45,35*	6,49 ^{ns}	80 ^{ns}	22*	6,04*	51*	40*	4,44*
TATU	307,82	34,96	5,99	89	34	7,28	70	22	6,32

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ns – Não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As sementes da cultivar Caiana possuem peso de mil sementes superior as sementes da cultivar Tatu, com um quantitativo de 75 % de diferença entre as cultivares. Provavelmente isto se deve as características morfológicas da cultivar tatu, que se constitui de sementes de baixa granação e grãos de tamanho reduzido, e conseqüentemente menor peso, (IAC 2000).

O teor de água inicial das sementes das cultivares de amendoim (Caiana X Tatu), não apresentaram diferença estatística com valores de 6,49 e 5,99%, respectivamente, (Tabela 1). Estes valores se aproximam com os resultados citados por Nakagawa e Rosolem (2011) onde afirmam que os teores de água devem ser inferiores a 10%, diminuindo assim a atividade metabólica das sementes e a sua taxa respiratória. Coimbra et al. (2009) salientam que o teor de água inicial das sementes é um fator primordial para a padronização dos testes de avaliação de qualidade a serem realizados. Marcos Filho (1994) ressaltou a importância da obtenção de lotes com teor de água das sementes antes do envelhecimento artificial, para que as sementes mais úmidas não venham a sofrer com os impactos causados devido à elevação da temperatura e umidade relativa.

Ainda na Tabela 1, observam-se os dados da germinação inicial sendo de 80 e 89% para sementes das cultivares (caiana e tatu) que não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, em campo houve diferença significativa para a variável emergência de plântulas com valores médios de 51 e 70% respectivamente. Tais resultados mostram a influencia das condições desfavoráveis do campo somado ao baixo vigor acarretaram em baixa germinação e emergência de plântulas.

Verifica-se, na Tabela 1, que houve diferença significativa para todas as variáveis do campo: emergência (EME), primeira contagem de emergência (PCE) e o teste de índice de velocidade de emergência (IVE), em que os maiores valores de emergência e índice de velocidade de emergência foram observadas nas plântulas da cultivar Tatu.

Segundo Egli e Tekrony (1995) os testes realizados no laboratório têm um relevante uso para a distinção dos diferentes níveis de vigor entre lotes com mesmo

potencial germinativo e, neste caso, não teriam que predizer o desempenho de lotes semelhantes em condições de campo.

Os testes de vigor baseados no tamanho de plântulas são apresentados na Tabela 2. Tais como: comprimento e massa seca de plântulas, testes rápidos de vigor: condutividade elétrica, lixiviação de potássio e taxa respiratória.

Tabela 2 - Qualidade física e fisiológica das sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em laboratório: comprimento das raízes (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos cotilédones (MSC), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP) e respiração (RES). (UFRPE/UAG, 2018).

CULTIVAR	CR (cm)	CPA (cm)	MSR (g)	MSPA (g)	MSC (g)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	LP (ppm g^{-1})	RES ($\text{mg CO}_2\text{g semente}^{-1}$)
CAIANA	3,999*	12,249*	0,081*	0,313 ^{ns}	1,961 ^{ns}	36,28*	0,74*	0,40 ^{ns}
TATU	4,670	16,113	0,098	0,326	2,264	51,32	0,89	0,77

* Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ns – Não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As sementes da cultivar Tatu originaram plântulas com valores de comprimento de parte aérea, raiz e massa seca da raiz, no entanto, não diferiu das plântulas oriundas das sementes da cultivar Caiana para as variáveis massa seca da parte aérea e massa seca dos cotilédones (Tabela 2). Desta forma, é possível afirmar que as sementes da cultivar Tatu são mais vigorosas.

Segundo Marcos Filho (2005) uma das principais manifestações fisiológicas decorrente do baixo vigor é a redução quantitativa do crescimento das plântulas e o declínio da velocidade de crescimento.

Para os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio foi observado que as sementes da cultivar Caiana possui o maior vigor, pois as sementes desta cultivar lixivaram menor quantidade de íons, diferindo estatisticamente da cultivar Tatu (Tabela 2).

Para as variáveis condutividade elétrica e lixiviação de potássio, os maiores valores foram verificados nas sementes da cultivar Tatu, no entanto para a variável respiração as sementes das cultivares não diferiram entre si. Evidenciando que as características físicas das sementes influenciaram nos resultados.

Os resultados da determinação do teor de água durante os períodos de envelhecimento acelerado na temperatura de 42° C e cinco períodos de condicionamento estão relatados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de água (%) de sementes de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) após cinco períodos de envelhecimento acelerado a 42° C. (UFRPE/UAG, 2018).

Teor de água durante os períodos de envelhecimento acelerado		
Período (Horas)	TATU	CAIANA
0	5,99 a	6,49 a
24	12,40 a	14,61 a
48	12,87 a	16,32 a
72	12,58 a	16,25 a
96	16,74 a	17,01 a

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

O teor de água inicial das sementes da cultivar tatu e caiana variou de 5,99% a 6,49% (Tabela 3), sendo a diferença de apenas 0,5 pontos percentuais das sementes da cultivar de menor para a de maior teor de água, não apresentando diferenças estatísticas. Após o envelhecimento acelerado, a variação do teor de água final entre as duas cultivares foi de apenas 0,2 pontos percentuais. Este resultado mostra que esse parâmetro não afetou os resultados dos testes de vigor, pois de acordo com Marcos Filho (1999), diferenças inferiores a 2% não afetam os resultados destes testes de vigor. No envelhecimento acelerado, se as sementes apresentarem teor de água inicial muito distinto, há uma variação acentuada na velocidade de umedecimento e, certamente, diferenças na intensidade de deterioração (ROCHA et al., 2007).

No intervalo de tempo estabelecido de 0 a 96 horas ocorreu aumento gradativo do teor de água em ambas às sementes das cultivares, não diferindo estatisticamente,

demonstrando que as sementes absorveram água em proporções semelhantes, com o decorrer do período de estresse da alta umidade relativa e temperatura elevada.

Os resultados referentes ao teste de PC, IVG e GER encontram-se na Figura 1 A, B e C. Os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear decrescente, onde ocorreu uma redução do vigor e da germinação após o envelhecimento acelerado das mesmas.

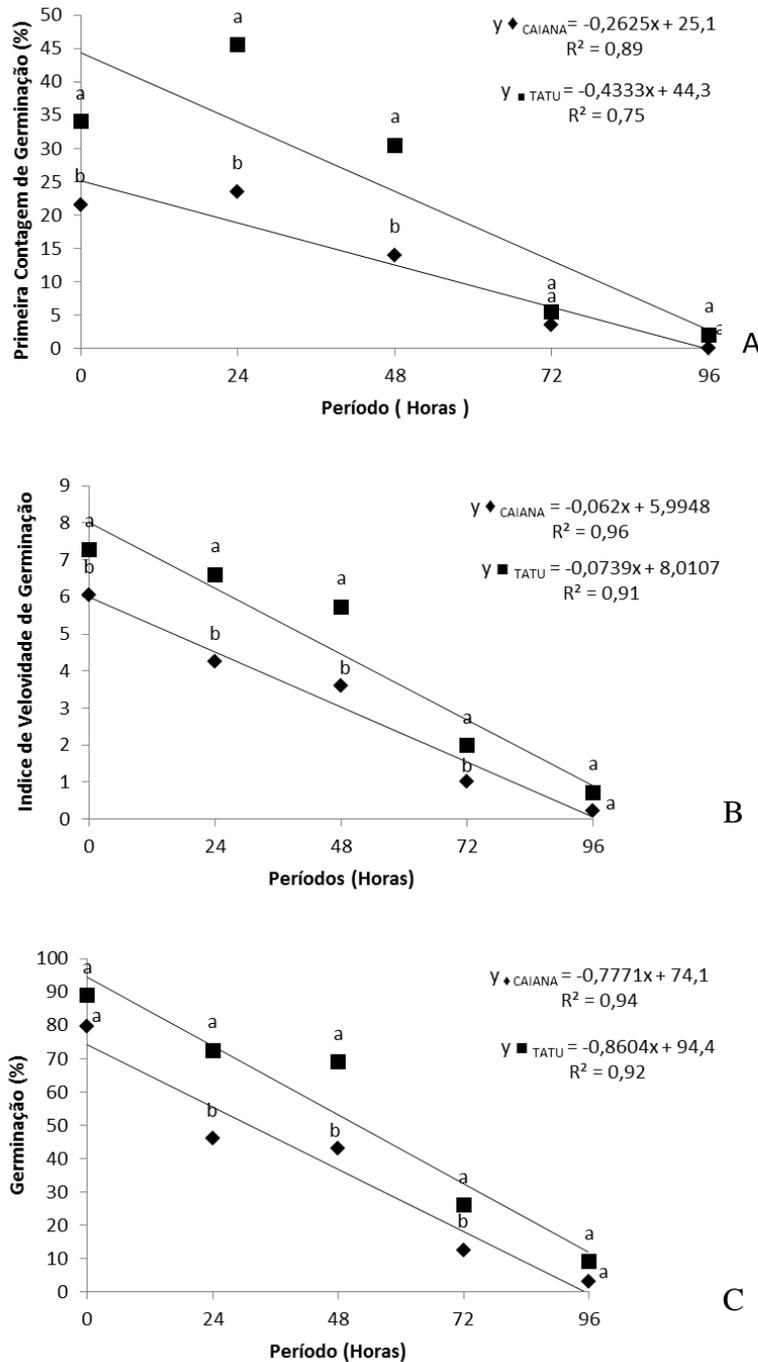


Figura 1. Primeira contagem (A), índice de velocidade de germinação (B), Germinação (C) em sementes de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função

de períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

Na primeira contagem de germinação as sementes da cultivar Tatu obteve o maior vigor, quando comparado a cultivar Caiana nos períodos de 0, 24 e 48 h (Figura 1 A), apresentando um decréscimo em torno de 32% e 86%, respectivamente, quando comparados os valores período 0 hora. Observa-se que o comportamento da variável primeira contagem de germinação em função do envelhecimento acelerado ocorreu um decréscimo, no entanto alguns períodos de envelhecimento as sementes não apresentaram diferenças estatísticas.

Esse teste baseia-se no princípio de que lotes com maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, serão os mais vigorosos. Os resultados do teste de primeira contagem foram semelhantes com o resultado do teste de germinação e o teste do índice de velocidade de germinação. Segundo Nakagawa (1999), o teste de primeira contagem de germinação, muitas vezes, expressa melhor as diferenças de velocidade de germinação entre lotes do que os índices de velocidade de germinação.

O teste de primeira contagem é considerado menos trabalhoso que o de velocidade de germinação. Todavia, Marcos Filho (1999) ressalta a importância da utilização de mais de um teste, para se determinar o vigor das sementes, em função da variação da eficiência dos procedimentos disponíveis.

O índice de velocidade de germinação (Figura 1 B) indicou que as sementes da cultivar Tatu possuem alto potencial fisiológico (7,28) no período de 0 h (Controle), já que a cultivar Caiana mostrou-se com menor velocidade de germinação (6,04). As sementes que possuem maior velocidade de germinação tornam-se menos sensíveis às condições adversas que ocorrem durante o desenvolvimento em campo (NAKAGAWA, 1999).

Segundo Marcos Filho (2005), estes testes são precisos na identificação da deterioração que antecede a perda da germinação e reduzem a qualidade fisiológica das mesmas, visto que tais testes são por princípios adequados para tal diagnóstico.

Verifica-se na Figura 1 C, que as cultivares diferiram estatisticamente entre si pelo teste de germinação. As cultivares apresentaram germinação inicial superior a 80%, estando dentro dos valores aceitáveis de vigor para as sementes. Analisando o valor de germinação após as sementes serem submetidas ao envelhecimento acelerado ocorreu uma redução na porcentagem de sementes germinadas.

Isso indica que as sementes, quando expostas ao tratamento de envelhecimento, perdem o vigor de suas sementes, tornam-se mais sensíveis ao estresse durante a germinação e, posteriormente, não conseguem promover a reparação de danos, perdendo a capacidade de germinar (RAJJOU e DEBEAUJON, 2008, SAMARAH e AL- KOFAHI, 2008).

Na Figura 2 encontram-se os resultados do teste de primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE) e emergência em campo (EC), em que todos se ajustaram ao modelo de regressão linear.

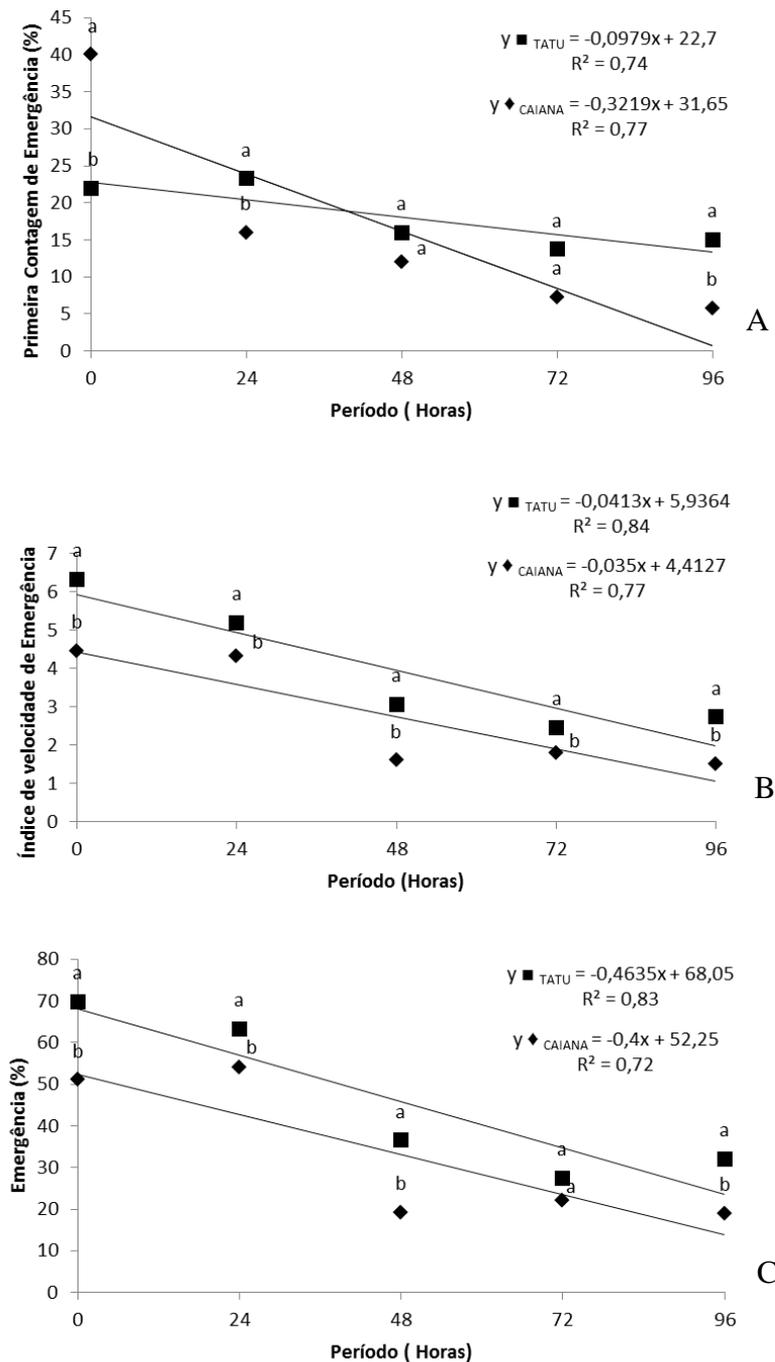


Figura 2. Primeira contagem de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e emergência (C) em plântulas de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função de períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

As sementes de amendoim mostraram resultados significativos para os testes realizados em campo, o teste de primeira contagem de emergência ocorreu uma redução do seu valor durante os períodos de envelhecimento, fato semelhante foi visto no teste de primeira contagem em laboratório. O envelhecimento acelerado provocou uma queda na primeira contagem de emergência das plântulas das duas cultivares, em que as sementes da cultivar Tatu diminuíram 45% durante o período de 0 a 96 h de envelhecimento.

O índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) permitiu diferenciar estatisticamente os lotes, indicando um maior vigor para o as sementes da cultivar Tatu e um menor para as sementes da cultivar Caiana. Pelo teste de primeira contagem de germinação (PCG), foi observada diferenças de vigor entre os lotes e, assim como no IVE, destacou a cultivar Tatu como de maior vigor (Figura 2 B).

Em relação ao teste de emergência em campo (Figura 2 C), a cultivar Tatu possui maior vigor em relação aos demais, diferenciando-se da cultivar Caiana para a maioria dos períodos, com exceção do período de 72 horas que não exibiu diferença significativa. Os resultados deste teste seguiu a mesma tendência dos de germinação em laboratório (Figura 2). Segundo Silva (2003), isto deve-se a fatores inerentes às condições edafoclimáticas que ocorreram no local de semeadura, os quais favoreceram o processo germinativo, em especial dos lotes de vigor inicialmente baixo.

Os resultados de massa seca da raiz, parte aérea e cotilédones se encontram na Figura 3. Os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear, onde observa-se uma redução no comprimento das partes das plântulas no decorrer dos períodos de envelhecimento acelerado, em que, a cultivar Tatu apresentou maiores valores para massa seca de raiz no período de 0 horas e a cultivar Caiana no período de 24 horas. Nos demais períodos, as cultivares não apresentaram diferença significativa entre si.

Aconteceu uma redução na massa seca da raiz, parte aérea e cotilédone das plântulas originadas de sementes das cultivares Tatu e Caiana durante todos os períodos de envelhecidas acelerado (24, 48, 72 e 96 horas).

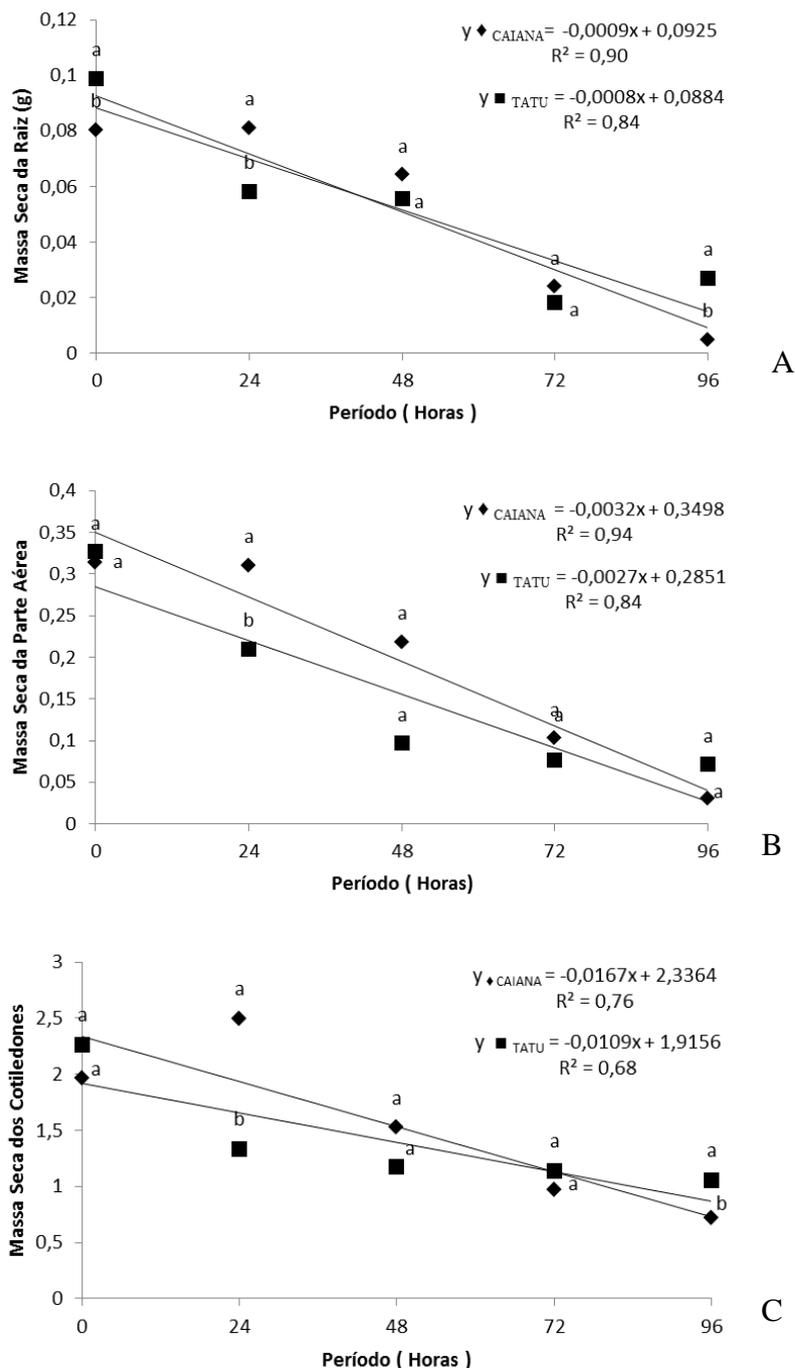


Figura 3. Massa seca da raiz (A), Massa seca da parte aérea (B) e Massa seca dos cotilédones (C) em sementes de amendoim pertencentes a duas cultivares, em função de períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

O envelhecimento provocou severa redução no desempenho das plântulas de amendoim, principalmente com o tempo de exposição de 96 horas. Pode-se observar que causou reduções drásticas no peso das plântulas, este fato pode ser justificado pelo menor vigor dos lotes. Com a determinação da massa seca da plântula e possível avaliar

o seu crescimento e, com certa precisão, determinar a transferência de massa seca dos tecidos de reserva para o eixo embrionário (NAKAGAWA, 1999).

As alterações verificadas nas características avaliadas nos lotes de sementes são atribuídas às mudanças fisiológicas determinadas pela redução ou perda do vigor, conforme constatado por Lopes (1990), Krzyzanowski et al. (1991), Marcos Filho (1999) e Santos et al. (2002).

Os resultados de comprimento de parte aérea e raiz estão presentes na Figura 4, onde se observa que os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear. Na avaliação do comprimento da parte aérea e das raízes das plântulas de amendoim, notou-se que os tratamentos de envelhecimento artificial reduziram seu comprimento durante o aumento do período de exposição, em ambas as cultivares. No entanto, a cultivar Caiana demonstrou maior sensibilidade aos tratamentos, exibindo acentuada diminuição nos comprimentos da parte aérea e raízes quando comparado a cultivar tatu. Este fato pode ser justificado pelo menor vigor da cultivar Caiana.

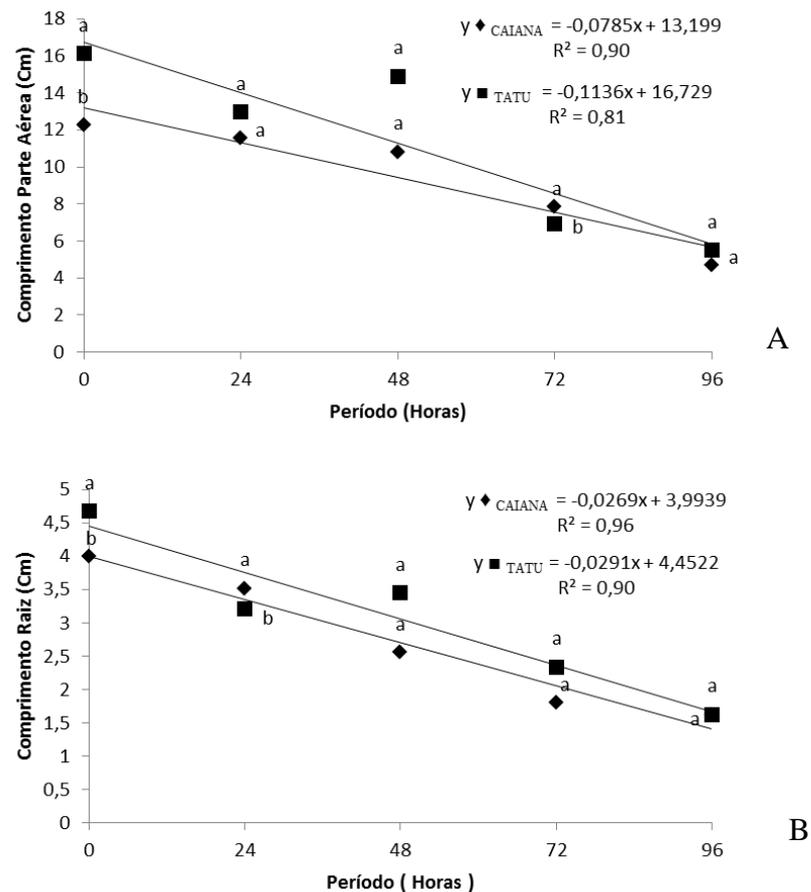


Figura 4. Comprimento da parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

As sementes da cultivar Tatu originaram plântulas com maior taxa de crescimento, provavelmente em função de sua maior capacidade de suprimento de reservas e transformação dos tecidos de armazenamento e maior incorporação destes pelo eixo embrionário, (DAN et al. 1987).

Os resultados de crescimento não evidenciaram diferenças significativas para as plântulas oriundas dos lotes dessas sementes, o que pode ser explicado devido, a essas variáveis levarem em consideração medidas de grandezas físicas, o que é justificado pelo fato de que nem sempre lotes de sementes com elevada porcentagem de germinação resultam em plântulas de maior crescimento, visto que estas características dependem do tamanho das sementes, do estágio inicial de divisão celular e da constituição dos tecidos de reserva das sementes (VANZOLINI et al. 2007, SOCOLOWSKI et al. 2011).

Pelo teste de condutividade elétrica (Figura 5), observou-se um decréscimo linear na quantidade de eletrólitos liberados à medida que se prolongou o período de envelhecimento acelerado. Os resultados do teste de condutividade elétrica permitiram classificar as cultivares em dois níveis de vigor.

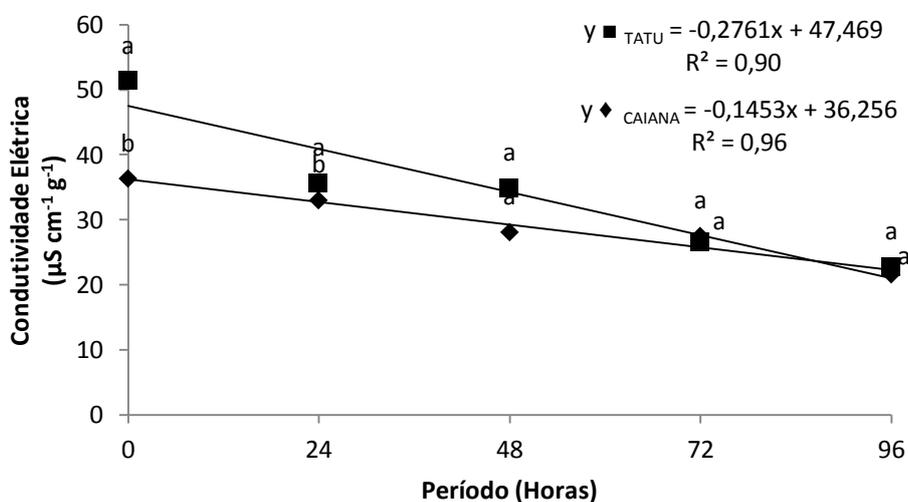


Figura 5. Condutividade Elétrica ($\mu\text{mhos}/\text{cm}/\text{g}$) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

A cultivar Caiana, por apresentar os menores valores de CE ($36,2 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) durante os períodos de 0 e 24 horas de envelhecimento acelerado, foi classificado como sendo de alto vigor em relação a cultivar Tatu ($51,3 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$). Acredita-se que

estas alterações ocorreram porque as sementes da cultivar Caiana lixiviaram menos eletrólitos devido a sua maior quantidade de óleo, o que impossibilitou a troca dos solutos da semente com a água. O envelhecimento acelerado nos períodos iniciais (0 e 24 horas) tiveram efeito danoso às membranas celulares, ocasionando alterações na integridade destas devido a maior exposição das sementes a condições adversas de umidade e temperatura (Figura 5). A condutividade elétrica reduziu a medida que o teor de água aumentou, constatando que a hidratação das sementes permitiu a reorganização das membranas celulares, reduzindo a quantidade de lixiviados.

O teste de condutividade elétrica visa avaliar os íons na água de embebição e o vigor das sementes, baseando-se no fato de que o vigor está relacionado à integridade dos sistemas de membranas celulares (MARCOS FILHO, 2015). Segundo Pádua e Vieira (2001), a exsudação de constituintes celulares está inversamente associada ao vigor, refletindo a perda da integridade das membranas com consequente perda de compartimentalização dos constituintes celulares constituindo um excelente substrato para o estabelecimento de micro-organismos patogênicos.

Os maiores valores de lixiviados no período de 0 horas (sem envelhecimento acelerado), mesmo com a germinação semelhante em todos os períodos, pode ter ocorrido devido ao fato de que algumas sementes com baixa qualidade fisiológica apresentam desorganização na estrutura das membranas celulares, e assim liberam grande quantidade de exsudato nas primeiras horas de embebição, logo, com a reorganização das membranas ocorre a diminuição da liberação de exsudato e por fim, podendo a semente dar início ao processo germinativo (MARCOS FILHO, 2005; RODRIGUES et al., 2006).

Trabalhando com sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), Silva e Martins (2009), concluíram que o teste de condutividade elétrica foi eficiente em diferenciar os lotes de sementes. Resultados semelhantes também foram encontrados por Vanzolini e Nakagawa (2005), que sugerem que este teste é eficiente em classificar as sementes de amendoim quanto ao seu nível de vigor.

Barbosa et al. (2012) trabalhando com sementes de amendoim observaram que a condutividade elétrica de sementes é influenciada pelo teor de água, havendo estabilização quando as sementes estão com o teor de umidade entre 10 e 14% .

Pelos resultados do teste de lixiviação de K^+ foi possível detectar diferenças significativas entre as sementes das cultivares e os dados se ajustaram ao modelo de

regressão linear crescente, em que, a cultivar Caiana lixiviou menos K^+ que a cultivar Tatu, durante o primeiro e último período de envelhecimento (Figura 6), no entanto, nos demais períodos não diferiram entre si.

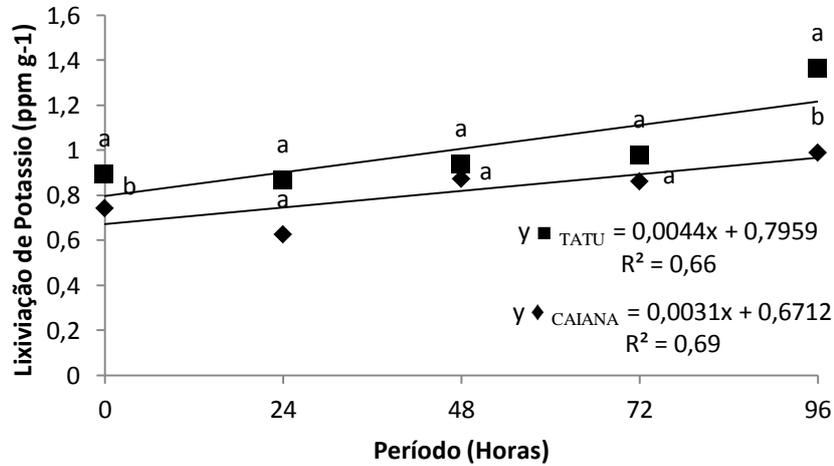


Figura 6. Lixiviação de Potássio (ppm g⁻¹) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

Acredita-se que as sementes envelhecidas artificialmente aumentaram a quantidade de íons potássio liberados no decorrer dos períodos, devido ao estresse causado pelo envelhecimento que pode ter causado a desestruturação do sistema de membranas, e conseqüentemente a desestruturação celular, aumentando assim a quantidade de íons liberados. Kikuti et al. (2008) verificaram que o teste de lixiviação de potássio, é uma opção eficiente para a diferenciação de lotes de sementes de *Arachis hypogaea* L. quanto ao vigor.

A taxa respiratória das sementes (Figura 7) de ambas as cultivares avaliadas ajustaram-se ao modelo de regressão polinomial.

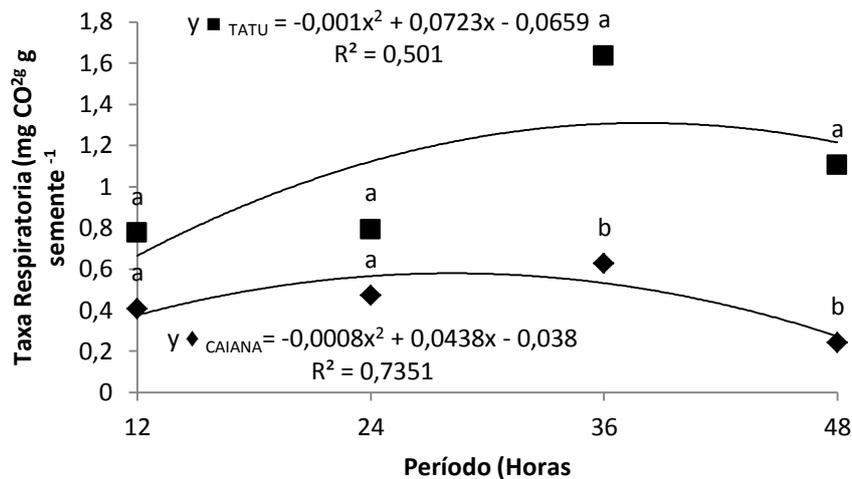


Figura 7. Taxa Respiratória (mg CO² g sementes⁻¹) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

Observou-se que a taxa respiratória das sementes de amendoim aumentaram com os períodos de exposição. As sementes das cultivares tatu e caiana atingiram o ponto de máxima respiração em 36 e 34 horas de exposição, respectivamente. A partir do ponto máximo de respiração nas sementes como podemos ver na figura 7, ocorreu inversão dos valores da taxa respiratória, o que indica que as reservas das sementes exauriram-se com maior rapidez.

As sementes da cultivar Tatu mostraram maior atividade respiratória, resultados semelhantes foram encontrados por Mendes et al. (2009), trabalhando com sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), onde observaram que os lotes com maior vigor apresentaram maior atividade respiratória que os lotes de menor vigor.

O desempenho do lote pode ser visualizado como consequência do período de tempo necessário para que os mitocôndrios fiquem mais eficientes e passem a executar funções respiratórias e o sistema de membranas se torne melhor organizado (MARCOS FILHO, 2005). Segundo Dode et al. (2012) trabalhando com sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), a atividade respiratória permite distinguir lotes de sementes de em níveis de vigor.

O teor de óleo das duas cultivares Tatu e Caiana, não houve diferenças significativas durante os períodos de envelhecimento acelerado (Figura 8).

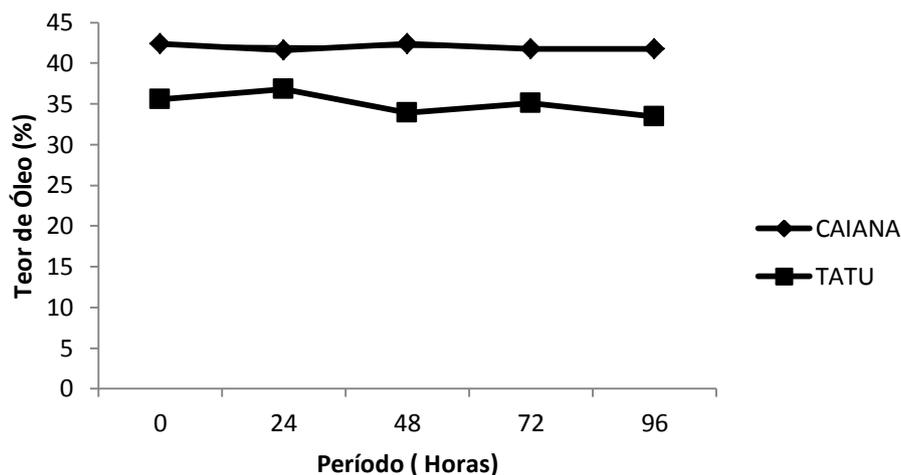


Figura 8. Teor de óleo em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

O teor de óleo da cultivar Caiana foi de (42%) sendo superior a cultivar Tatu (34,5%). As diferenças entre as cultivares traduz-se em uma superioridade de 8%, em termos de produtividade de óleo para a mesma quantidade de matéria-prima, este fato deve-se as características da semente da cultivar caiana, pois a mesma possui tamanho e o peso de mil sementes consideravelmente superior a cultivar tatu. As sementes da cultivar Caiana demonstrou resultados semelhantes com Ramos, 2015 que trabalhando com a cultivar caiana obteve o teor de óleo de 41%.

Andrianasolo et al. (2014) trabalhando com sementes de girassol identificaram diferenças significativas no teor de óleo em função da variedade, manejo da cultura e do meio ambiente, os autores concluíram que em uma escala hierárquica entre os fatores determinantes da concentração de óleo, em primeiro lugar seria o fator parietal.

O aumento significativo na atividade CAT foi observado nas sementes da cultivar Caiana nas primeiras 24 horas de envelhecimento, e diminuiu gradualmente até as 96 horas de envelhecimento, demonstrando uma redução na atividade enzimática, fato decorrente da deterioração da semente (Figura 9). Para as sementes da cultivar Tatu demonstraram-se mais sensíveis as alterações metabólicas decorrentes do estresse. Observa-se redução da sua atividade enzimática ocorreu após 24 horas de envelhecimento para a cultivar Caiana e 48 horas de envelhecimento para a cultivar Tatu, indicando que as sementes desta cultivar conseguem suportar maiores períodos de estresse e possuem maior vigor.

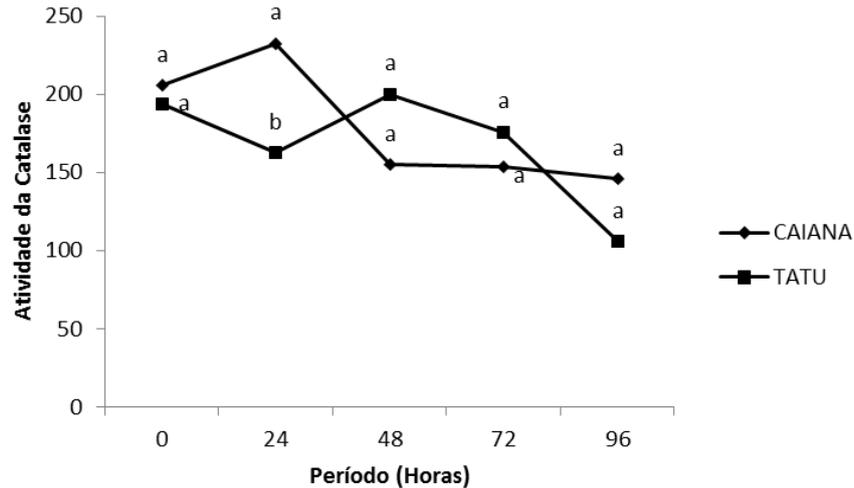


Figura 9. Atividade da enzima Catalase (CAT) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

Quanto à análise da atividade enzimática, os tempos escolhidos para a avaliação do comportamento das enzimas buscou abranger sementes em estádios de deterioração crescente, sendo considerada como semente de amendoim não deteriorada o tempo zero, sementes já em estádios de deterioração mediano o tempo de 48h e as sementes em estágio avançado de deterioração o tempo de 96h.

As enzimas catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) desempenham um papel importante na luta contra as espécies reativas de oxigênio (ERO), ajudando a proteger a célula do estresse oxidativo. Assim sendo, a atividade enzimática indica a defesa do estresse oxidativo no tecido (LIMMONGKON et al. 2018).

A Catalase é a enzima que possui alto potencial no processo de dismutação direta do H_2O_2 em H_2O e O_2 , sendo indispensável para a desintoxicação de ERO durante condições de alta produção de radicais tóxicos (GARG e MANCHANDA 2009). A atividade dessa enzima apresentou diferença significativa entre os lotes no período de 24 horas nas sementes de amendoim.

De acordo com PENG et al. (2011), o aumento da exposição das sementes ao envelhecimento artificial leva ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio que causam peroxidação lipídica e, portanto, menor integridade e seletividade das membranas, permitindo a entrada de água mais rapidamente nas células, diminuindo o vigor das sementes.

A atividade da enzima APX apresentou diferença significativa evidenciando maior atividade na cultivar Tatu (Figura 10).

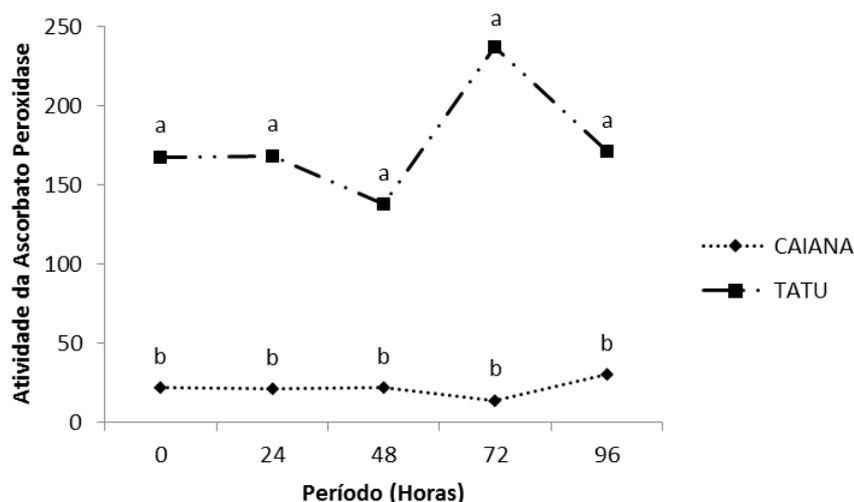


Figura 10. Atividade da enzima Ascorbato Peroxidase (APX) em sementes de amendoim após períodos de envelhecimento acelerado (UFRPE/UAG, 2018).

A atividade da enzima APX diminuiu a partir de 72 horas de envelhecimento acelerado, indicando o início da sua deterioração. Nas sementes da cultivar Caiana a atividade da enzima APX se manteve estável, com um pequeno aumento após 72 horas de envelhecimento. Portanto, suponha-se que o período de 96 horas de envelhecimento acelerado não foi suficiente para ocasionar alterações metabólicas da enzima APX.

Trabalhando com envelhecimento acelerado em sementes de amendoim (SUNG e JENG, 1994), encontraram resultados semelhantes, pois os resultados indicaram que o envelhecimento acelerado inibiu a germinação e o estabelecimento de plântulas, ocorrendo um aumento na peroxidação de lipídios e decréscimo na atividade da APX.

Pelo fato da enzima APX possuir alta afinidade pelo H_2O_2 ela é capaz de eliminar de maneira mais eficaz esse radical durante o estresse oxidativo (HASANUZZAMAN et al. 2012), por isso, é possível inferir que a maior atividade desta enzima pode ser representado por sementes que se encontravam no início do processo de deterioração, possivelmente devido a maior produção de H_2O_2 , o que caracterizaria a menor qualidade das sementes oriundas da cultivar Caiana.

Conforme registrado na (Tabela 4), foram observadas correlações altamente significativas entre as diferentes combinações dos testes de germinação, emergência e vigor.

Pelo teste de correlação linear de Pearson foram verificadas correlações positivas entre o teste de germinação e os testes de índice de velocidade de germinação

($r= 0,99^{**}$), condutividade elétrica ($r= 0,76^{**}$), primeira contagem ($r= 0,86^{**}$), massa seca do cotilédone ($r= 0,52^{**}$) e comprimento de parte aérea ($r= 0,74$), evidenciando que a cultivar que apresentou maior germinação também foi a que mostrou maiores valores para as variáveis de vigor mencionadas. Observa-se que a germinação correlacionou-se com vários testes avaliados, e ao se correlacionarem, evidenciaram ser afetados por um fator extrínseco em comum, certamente a qualidade das cultivares estudados.

Carvalho et al. (2009), trabalhando com sementes de soja conseguiram demonstrar correlação do teste de condutividade elétrica com outros testes de vigor. Estes resultados concordam com Santos (2004) que observou a existência de correlação significativa entre germinação e condutividade elétrica em sementes de soja.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Vieira et al. (2001) trabalhando com sementes de soja, em que, verificaram que a baixa qualidade das sementes, obtidas no teste de envelhecimento acelerado, correlacionou-se com mudança na integridade das membranas medida por meio de teste de condutividade elétrica.

Tabela 4 - Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) para a germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), teor de água (TA), condutividade elétrica (COND), lixiviação de potássio (LIX), primeira contagem de germinação (PC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos cotilédones (MSC) de plântulas, comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), teor de óleo (ÓLE), taxa respiratória (RESPI), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) em sementes de amendoim submetidas a envelhecimento acelerado. (UFRPE/UAG, 2018).

	GER (%)	TA (%)	COND	LIX	PC (%)	MSR (g)	MSPA (g)	MSCOT (g)	CR (Cm)	CPA (Cm)	ÓLE (%)	RESPI	CAT	APX
IVG	0,99**	-0,55**	0,72**	-0,08 ^{ns}	0,91**	0,45 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,51**	0,46 ^{ns}	0,75**	-0,34 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,32 ^{ns}
GER		-0,59**	0,76**	-0,07 ^{ns}	0,86**	0,44 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,52**	0,44 ^{ns}	0,74**	-0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,34 ^{ns}
TA			-0,56**	-0,05 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,61**	-0,18 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,26 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
COND				0,30 ^{ns}	0,53**	0,34 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,57**	-0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,51**
LIX					-0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}
PC						0,34 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,63**	-0,45 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,27 ^{ns}
MSR							0,81**	0,56**	0,75**	0,46 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}
MSPA								0,67**	0,61**	0,53**	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}
MSCOT									0,55**	0,68**	0,52**	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,25 ^{ns}
CR										0,60**	0,03 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
CPA											0,05 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,26 ^{ns}
% ÓLE												-0,58**	-0,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
RESPI													0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}
CAT														-0,18 ^{ns}

** r significativo a 5 % de probabilidade; ^{ns} r não significativo pelo teste t.

Para o teor de água nas sementes foi observada correlação negativa com o teste de condutividade elétrica ($r = -0,56^{**}$). Isto é, à medida que o teor de água aumentou, ocorreu uma reestruturação do sistema de membranas das sementes, alterando a quantidade de lixiviados liberados pela semente, indicando que uma depende da outra e que as mesmas são inversamente proporcionais.

Segundo Rosa et al. (2000) as sementes quando elevam seu teor de água podem 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.

Foram observadas correlações positivas significativas entre os valores da condutividade elétrica e a atividade da enzima APX, indicando que o comportamento da enzima pode ser associado às alterações ocorridas durante a deterioração das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado.

5. CONCLUSÕES

Os testes de índice de velocidade de germinação e germinação, comprimento da parte aérea, da raiz, massa seca da parte aérea, das raízes e dos cotilédones de plântulas podem ser indicados na determinação do vigor das sementes de amendoim.

Os testes rápidos de vigor: condutividade elétrica, lixiviação de potássio e atividade respiratória são eficientes para determinação do vigor das sementes de amendoim.

A atividade total da APX não foi alterada durante o envelhecimento das sementes da cultivar Caiana.

As sementes da cultivar Tatu são mais resistentes aos danos oxidativos induzidos por envelhecimento que as da cultivar Caiana.

6. REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. **Seed Biology**. New York, Academic Press, 1972. v2. p. 283-315.

ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M.; ALMEIDA, I.F.; CLEMENTE, A.C.S. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* KUNTH.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n.1, p. 12-19, 2009.

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

ANDRIANASOLO, F. N.; CASADEBAIG, P.; MAZA, E; CHAMPOLIVIER, L. MAURY, P.; DEBAEKE, P. Prediction of sunflower grain oil concentration as a function of variety, crop management and environment using statistical models. **Journal of Agronomy**, European, 54:84-96, 2014.

ANDRADE, R.N.B.; SOBRINHO, E.H. Caracterização de cultivares de soja através da técnica eletroforética. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 2, n. 3, p.97-104, 1980.

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.

ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; HEBERLE, H.; ZONTA, M.G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, n. 1 p. 123 - 130, 2011.

ARAÚJO, A. E. S, ROSSETO, C. A. V.; SILVA, O. F. Influência da calagem, da época de colheita e da secagem na incidência de fungos e aflatoxinas em grãos de amendoim armazenados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 309-315, 2005.

ASADA, K. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 85, n. 2, p. 235-241, 1992.

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

BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B.; MEDEIROS, A. A.; CENTURION, M. A. P. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.45-51, 2012.

BARROZO, L. M.; ALVES, E. U.; GOMES, D. P.; SILVA, K. B.; PAZ, D. S.; VIEIRA, D. L. Qualidade sanitária de sementes de amendoim *Arachis hypogaea* L. em função de velocidades de arranquio e recolhimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 573-579, 2012.

BASAVARAJAPPA, B. S.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated aging of maize seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 19, n. 2, p. 279-286, 1991.

BASU, R. N. Seed viability. In: BASRA, A. S. Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. New York: **The Haworth Press**, p.1-42, 1995.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v.44, n.1, p.276-287, 1971.

BENTO, S. R. S. O.; SANTOS, A. E. O.; MELO, D. R. M.; TORRES, S. B. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* WILLD.) **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 4, p. 111 - 117, 2010.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 455p., 1994.

BOCK, F. L. Resposta a nível molecular do envelhecimento artificial, natural e pré-condicionamento de sementes de soja. Pelotas. 1999. 27f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, 1999.

BOLONHEZI, D.; GODOY, I. J.; SANTOS, R. C. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. cap. 5, p. 181-237.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; MOREIRA, M.A.; SCAPIN, C.A. Biochemical changes associated to soybean seeds osmoconditioning during storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 433-447, 2000.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Anal Biochem**, v.72, p. 248–254, 1976.

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, L. F. de. Teste rápido de condutividade elétrica e correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, 239-248 p. 2009.

CAMARA G.M.S. **Estudo da planta de amendoim**. Piracicaba, 2016.

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce (*sh2*). **Ciência Rural**, v.39: p.2402-2408, 2009.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Nono levantamento Safra 2015/ 2016. Brasília, DF, v. 3, n 3 p. 152, 2015.

COSCOLIN, R. B. S. Plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* l.) submetidas à deficiência hídrica e a influência da associação com fungos micorrízicos arbusculares e extratos de algas marinhas. Botucatu. 2016. **Tese** (Doutorado em Agronomia- Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, 2016.

CRISPIN, J. E. et al. Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1517-1521, out. 1994.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981.

DALCIN, J. N. Condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e atividade enzimática em sementes de sorgo sacarino. Santa Maria. 2015. **Dissertação**. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; SOUZA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 3, p. 45-55, 1987.

DELL'AQUILA, A. Wheat seed ageing and embryo protein degradation. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 2, p.293-298, 1994.

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

DODE, J. S.; MENEGHELLO, G. E.; MORAES, D. M.; PESKE, S. T. Teste de respiracao para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. *Revista Brasileira de Sementes* v. 34, p.686-691, 2012.

DUCATTI, K. R.; SILVA, J.; COIMBRA, R. A. Metodologias de ajuste do teor de água em sementes de milho doce para o teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.1, p. 145-156, 2016.

EARTH, G. **Google Earth Version 6.2.2.6613 for Windows**. Google Inc.. 2018.

EGLI, D. B; TEKRONY, D. M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n.3, p.595-607, 1995.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, 370p. 2009.

FERGUSON, J. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Changes during early soybean seed and axes deterioration: II. Lipids. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 179-182, 1990.

FERREIRA, D. F. Estatística multivariada – SISVAR: A Computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO NETO, A.; LEAL, B. G.; ALMEIDA, F. A. C.; DANTAS, B. F.; SILVA, M. F. Qualidade fisiológica de sementes de amendoim durante a fase de beneficiamento na região do Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40, 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBEA, 2011.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v.119, p.355-364, 2003.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Oxygen processing in photosynthesis: Regulation and signaling. **New Phytologist**, v.146, p.359-388, 2000.

FRANCO, D. F.; PETRINI, J. A. Testes de vigor em sementes de arroz. Comunicado Técnico do Instituto Biológico: Pelotas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **EMBRAPA Clima Temperado 68**, n. 68, p.2, 2002.

FRIGERI, T. Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro. 2007. 77p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

GARG, N.; MANCHANDA, G. ROS generation in plants: Boon or bane? **Plant Biosystems**, v.143 n.1, p. 81-96, 2009.

GERBLING, K. P.; KELLY, G. J.; FISHER K. H.; LATZKO, E. Partial purification and properties of soluble ascorbate peroxidase from pea leaves. **Journal of Plant Physiology**. v. 115, p.59-67, 1984.

GOEL, A; AJAY GOEL, K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal Plant Physiology**, v.160, p. 1093–1100, 2003.

GODOY, I. J.; BOLONHEZI, D.; FINOTO, M. D. M. E.; KASAI, F. S.; FREITAS, R. S. Amendoim: *Arachis hypogaea* L. In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Revisão atual. Campinas: Instituto Agrônomo, (**Boletim IAC, n.º 200**), 452p., 2014.

GODOY, I.J.; MINOTTI, D. E.; RESENDE, P. L. **Produção de amendoim de qualidade**. Viçosa, Centro de Produções Técnicas. 168 p., 2005.

GOMES, L. R.; SANTOS, R. C.; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; MELO FILHO, P. A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária. Brasileira.**, v.42, n.7, p.985-989, 2007.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. (Eds.). **Handbook of vigour test methods**. International Seed Testing Association – ISTA. 3. ed. 117 p., 1995.

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

HASANUZZAMAN, M.; HOSSAIN, M. A.; DA SILVA, J. A. T.; e FUJITA, M. Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor. In: Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies. **Springer Netherlands**, v.15: p.261-315, 2012.

HAVIR, E.A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves, **Plant Physiology**, v.84, p. 450- 455, 1987.

HERTWIG, B.; STREB, P.; FEIERABEND, J.; Light dependence of catalase synthesis and degradation in leaves and the influence stress conditions. **Plant Physiology**. v. 100, p. 1547-53, 1992.

HÖFFS, A.; SCHUCH, LOB.; PESKE, S.T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira Sementes** v.26, p.55-62, 2004.

HOLANDA, A. **Biodiesel e Inclusão Social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO. **Cultivar de amendoim IAC-Tatu-ST**. Campinas: Instituto Agrônomo, 4p. (Folder), 2000.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of association of official seed analysts**. Virginia, v. 47, n. 1, p. 176-182, 1957.

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.

KOSHIBA, T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*). **Plant cell physiology**. Kyoto, v. 32, n.5, p.713-721, 1993.

KRZYZANOWSKI, F. C.; WEST, S. H.; FRANÇA NETO, J. B. Drying peanut seed using air ambient temperature at low relative humidity. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 1-5, 2006.

LIMMONGKON, A.; NOPPRANG, P.; CHAIKEANDEE, P.; SOMBOON,T.;WONGSHAYA, P.; PILAISANGSUREE, V. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the antiinflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. **Food Chemistry**. v. 239, p. 569–578, 2018.

LOPES, J. C. Germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. após diversos períodos e condições de armazenamento. **Tese Doutorado**. Campinas: UNICAMP, 1990. 254p.

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.

MAIA, F.C.; MORAES, D.M.; MORAES, R.C.P. Atividade total da fosfatase ácida e da α -amilase induzidas por ácido jasmônico em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n.1, p. 259-263, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R.D. **Seed vigor tests: Procedures - conductivity tests**. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; MCDONALD, M.B. (Org.). *Seed vigor tests handbook*. Ithaca: AOSA, p.186-200. 2009.

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

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.3, p.1-24, 1999.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral**. Universidade Federal de Viçosa. Brasil, 2005.

MARKET, C.L.; MOLLER, F. Multiple forms of enzymes; tissue; antogenetic, and species specific patters. **Proceedings of the national Academy Sciences USA**, Washinton, v. 45, p. 453-463, 1959.

MARTINS, A. B. N.; MARINI, P.; BANDEIRA, J. M.; VILLELA, F. A.; MORAES, D. M. Analysis of seed quality: a nonstop evolving activity. **African Journal of Agricultural Research**, Abuja, v. 9, n. 49, p. 3549-3554, 2014.

MATOS, J.M. de M. Avaliação da eficiência do teste de pH de exsudato na verificação de viabilidade de sementes florestais. **Dissertação**. Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPG EFL.DM-121/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 75 p., 2009.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.27, n.1, p.177-237, 1999.

McDONALD, M. B. The history of seed vigour testing. **Journal of Seed Technology**, Zürich, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.

MCDONALD, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the International Seed Testing Association**. Lansing, v.65, n. 1, p. 109-139, 1975.

MELO, R. M. C. A.; PEREIRA, J. W. L.; LUZ, L. N.; MELO FILHO, P. de A.; FREIRE, R. M. M.; SANTOS, R. C. dos descritores agronômicos e nutricionais de linhagens de elite de amendoim branco. in: Congresso Brasileiro de Mamona, 4.; simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 1., 2010, João Pessoa. Inclusão social e energia. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

MENDES, C. R. et al. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciênc. agrotec.** Lavras, v.34, n.1, 2010.

MENDES, C. R. et al. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelota, v. 31, n. 2, p. 171-176, 2009.

MERTZ, L. M.; SEGALIN, S. R.; HUTH, C.; ROSA, T. D. Condutividade elétrica individual para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo. **Informativo ABRATES**, v. 22, n. 1, p. 35-39, 2012.

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.; NOVEMBRE, 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.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 845–856, 2003.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, v.9, p.405-410, 2002.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. **O amendoim: tecnologia de produção**. Botucatu: FEPAF, 2011. 325p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das 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.1-24.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v.22, n.5, p.867-880, 1981.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 33, n. 12, p. 1963-1969, 1998.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.3, p.25-34, 2010.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p.255-262, 2001.

PEIXOTO, C. P. et al. Características agrônômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas semeadura no Recôncavo Baiano. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 563 - 568, 2008.

PHYO, A.K., DUANGPATRA, J., CHANPRASERT, W., KAVEETA, R. Storage potential of three different types of in – shell peanut seeds under ambient and cold room conditions. **J. Nat. Science**. v.38, p.21-30, 2004.

PENG, Q.; KONG, Z.; LIAO, X.; LIU, Y. Effects of accelerated aging on physiological and biochemical characteristics of waxy and non-waxy wheat seeds. **Journal of Northeast Agricultural University**, v.18, n.2, p.7-12, 2011.

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

PROMCHOTE P, DUANGPATRA J. Pod and seed maturation and deterioration of different maturity levels Kaset 1 peanut seeds, In Proc. **Of The Sixteenth Thailand**

National Peanut Meeting, held at the Krungsri River Hotel, Ayuthaya, Thailand, p.304-320, 2002.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.796-805, 2008.

ROCHA, M. S.; BRAGA JUNIOR, J. M.; BRUNO, R. L. A.; VIANA, J. S.; MOURA, M. F.; BELTRÃO, N. E. M.; GUEDES, R. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona cultivar BRS Energia. In: 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Varginha. **Anais...** Universidade Federal de Lavras. p. 1421-1431, 2007.

RODRIGUES, M. B. C.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A.; CARVALHO, R. Pré-hidratação em sementes de soja e eficiência do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.168-181, 2006.

ROSA, S. D. V. F.; VON-PINHO, E. V. R.; 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.

ROSSETTO, C. A. V.; ARAÚJO, A. E. S.; LIMA, T. M. Avaliação da aplicação de fungicida às sementes de amendoim antes do envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, p.101-107, 2003.

SAMARAH, N. H.; AL-KOFAHI, S. Relationship of seed quality tests to field emergence of artificial aged barley seeds in the Semiarid Mediterranean region. **Journal of Agricultural Sciences**, Jordan. v.4, n.3, p.217-230, 2008.

SANTOS, R. C. dos; GODOY, I. J. de; FÁVERO, A. P. Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais. In: SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão. p. 117-184, 2013.

SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F.; REGO, G. M. BRS Havana: nova cultivar de amendoim de pele clara. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1337-1339, 2006.

SANTOS, M.R. Qualidade fisiológica, sanidade e alterações bioquímicas em sementes de soja e suas relações com potencial de armazenamento e emergência no campo. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 104 f., 2004.

SANTOS, P. M.; GONDIM, T.C.O.; ARAÚJO, E.F.; DIAS, D.C.F.S. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.91-96, 2002.

SANTOS, R. C. dos; MOREIRA, J. de, A. N.; FARIAS, R. H. de; DUARTE, J. M. Classificação de genótipos de amendoim baseada nos descritores agromorfológicos e isoenzimáticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.55-59, 2000.

SANTOS, R. C. et al. Fenologia de genótipos de amendoim dos tipos botânicos Valência e Virgínia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 607 - 612, 1997.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.38, p.995-1014, 2005.

SILVA, L. B. da.; MARTINS, C. C. Teste de condutividade elétrica para sementes de mamoneira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1043-1050, 2009.

SILVA, T. L.; GAMEIRO, A. H. O comércio exterior brasileiro de sementes forrageiras. In: GAMEIRO, A. H. (Org.). **Competitividade do agronegócio brasileiro: textos selecionados**. 1ed. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, v. 1, p. 155-168, 2006.

SILVA, J.B. Avaliação do vigor de sementes de beterraba. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 42f., 2003.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Imprensa Universitária. 165 p., 1990.

SIMON, E.W.; RAJA-HARUN, R.M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, v.23, n.77, p.1076-1085, 1972.

SIRI, B.; TUTSAENEE, C.; KRIRK, P.; NILUBON, T. Accelerated ageing technique for evaluation of peanut seed storability. **The Sixteenth Thailand National Peanut Meeting**. p.276-291. 2002.

SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D. C. M.; TAKAKI, M. Massa das sementes de *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae): efeitos na emergência e desenvolvimento de suas plântulas no sol e na sombra. **Biota Neotropica**, Brasília. v.11, n.2, p.171-178, 2011.

SOUZA, G. E.; STEINER, F.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, S. S. C.; CRUZ, S. J. S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de sementes de algodão. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia-MS, v. 1, n. 2, p. 35-41, 2014.

SOUZA, L. A.; CARVALHO, M. L. M.; KATAOKA, V. Y.; COELHO, D. S.; SANTOS-NETO, A. L. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007.

STEINER, F.; OLIVEIRA, S. S. C.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. J. S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de triticale. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 41, n. 2, p. 200-204, 2011.

SUNG, J.M.; JENG, T.L. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. **Physiologia Plantarum**, v. 91, p. 51-55, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Energy and Enzymes. In:(Ed.) **Plant physiology**. 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates, cap. 2, p.1-22, 2006.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. **A cultura do amendoim**. Jaboticabal: FUNEP, 220 p., 2004.

USBERTI, R.; AMARAL, H. M. Fungicide dressing timing, seed size, seed origin and fungal incidence effects on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) storability. **Seed Science and Technology**, Zurich. v.27, p.699-706, 1999.

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

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 151-158, 2005.

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

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de teor de água inicial e de período de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina. v.21, n.1, p.46-52, 1999.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. v.20, p.178-183, 1998.

VENSKE, E.; ABREU JÚNIOR, J. de S.; SOUSA, A. de M. de; MARTINS, L. F.; MORAES, D. M. de. Atividade respiratória como teste de vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 174-179, 2014.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Avaliação do potencial fisiológico de sementes. In: **SEDIYAMA, T.** (Ed.). Tecnologias de produção de sementes de soja. Londrina: Editora Mecnas.109-134 p. 2013.

VIEIRA, B. G. T. L. Alterações histológicas e potencial fisiológico de sementes de soja. **Tese** (Doutorado em Agronomia). Produção e Tecnologia de Sementes, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 67p. 2009.

VIEIRA, R.D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M.; VOLPE, C. A. Envelhecimento acelerado em sementes de milho: teor de água da semente e variações na temperatura e umidade relativa do ar em função do tipo de câmara. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 7-11, 2005.

VIEIRA, R.D. et al. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agricola**, Jaboticabal. v.61, n.2, p.164-168, 2004.

VIEIRA, R.D. et al. Condutividade elétrica e o teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília.v.37, n.19, p.1333-1338, 2002.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zurich. v.29, p.599-6008, 2001.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. Leguminosas graníferas. Viçosa, MG: UFV. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 178 f. 2001.

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, cap. 4, p. 1-26, 1999.

VIEIRA, R. D. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

WOODSTOCK, L.W.; FURMAN, K.; LEFFLER, H.R. Relationship between weathering deterioration and germination, respiratory metabolism, and mineral leaching from cottonseeds. **Crop Science**, v.25, n.3, p.459-466,1985.