



JULIANA JOICE PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA
DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*
Hochst)**

LAVRAS – MG

2012

JULIANA JOICE PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lima, Juliana Joice Pereira.

Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe
(*Crambe abyssinica* Hochst) / Juliana Joice Pereira Lima. – Lavras :
UFLA, 2012.

75 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Renato Mendes Guimarães.

Bibliografia.

1. Germinação. 2. Envelhecimento acelerado. 3. Condutividade
elétrica. 4. Vigor de sementes. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 631.521

JULIANA JOICE PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE
CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, com parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de julho de 2012.

Dr. Antônio Rodrigues Vieira

EPAMIG

Dra. Tanismare Tatiana de Almeida Silva

UFLA

Renato Mendes Guimarães
Orientador

LAVRAS – MG

2012

A Deus, pelas oportunidades de aprendizagem

OFEREÇO

*Aos meus pais, Socorro e Júlio (in memorian), pela formação pessoal;
A minha vó, Dona Quitéria (in memorian), que sempre foi um exemplo de
superação e vitória;*

*Aos meus irmãos, Felipe e Joana, pelo apoio e amor incondicional;
Ao meu namorado e companheiro Charliston, pelo amor, por estar sempre
presente.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades de aprendizado aqui concedidas;

A minha família, em especial as minhas tias, Edna, Silvana, Sandra e Eliane, aos meus tios, Edmilton, Júnior, Antônio e Jean, aos meus primos; Arthur, Amanda, Jeruza, Eveline e Aloízio, pela atenção e apoio de sempre ao longo dessa empreitada;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura, em especial ao Setor de Sementes, pela oportunidade e confiança na realização do mestrado;

Ao Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães, pela orientação, confiança, e apoio que possibilitaram a realização de todo o trabalho, além da paciência e compreensão diante das dificuldades encontradas e por todos os ensinamentos que muito contribuíram para minha formação pessoal e profissional;

Aos professores e pesquisadores do Setor de Sementes; Édila, João Almir, Laene, Antônio Rodrigues e Sttela, pelo exemplo de profissionais, pelas contribuições e pela oportunidade de convívio que foram únicas;

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes, por me auxiliarem e contruibirem para execução desse trabalho e aos estagiários, principalmente a Maria Alice e Kelly pela constante ajuda;

Aos amigos Wiara, Lidiane, Pedro, Juliana Victor, Ligia, Diego, Rodrigo, Nayara, Andrea, Cláudio, Crislaine, Giselle, Juliana Stracieri, Tl e especialmente à Marcella e Narjara, pelos ensinamentos de respeito e amizade e por compartilharem dessa jornada comigo. Tudo que vivemos será eternamente lembrado;

À Marli, secretária do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, por sempre estar disposta a esclarecer dúvidas, e pelo apoio;

A todos que de alguma forma contruibiram para conclusão de mais uma importante etapa da minha vida.

MUITO OBRIGADA!

*"Nada te perturbe, nada te amedronte
Tudo passa, só Deus não muda.
A paciência tudo alcança
A quem tem Deus, nada falta
Só Deus basta."*

Santa Tereza D'Ávila

RESUMO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence a família Brassicacea. Suas sementes possuem teor de óleo em torno de 40%, o que despertou o interesse da sua utilização como matéria prima para produção de biodiesel. Além do conteúdo de óleo, essa cultura possui adaptabilidade a climas frios e secos, sendo cultivada no inverno com possibilidade de utilização dos mesmos implementos disponíveis para as outras culturas na propriedade, o que reduz seu custo de produção. Apesar de sua potencialidade agrícola, as pesquisas destinadas a tecnologia de produção de obtenção de sementes ainda estão começando. Objetivou-se com esta pesquisa, estudar o comportamento germinativo de sementes de crambe sob diferentes condições de temperatura, luminosidade e substrato e a qualidade fisiológica através de testes de vigor, com a adequação dos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. O pesquisa foi conduzida no Laboratório Central de Análise de Sementes, da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizados sete lotes de sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante. Para avaliação da germinação, as sementes foram submetidas a três temperaturas (15, 25 e 30°C), duas condições de luminosidade (presença e ausência de luz) e dois substratos (areia e papel), que foram avaliados pelo teste de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, plântulas anormais e sementes não germinadas. Na avaliação das sementes pelos testes de vigor, foram observadas a germinação, primeira contagem de germinação, emergência, o índice de velocidade de emergência, o envelhecimento acelerado sob diferentes umidades no interior das câmaras (100, 87 e 76% de UR) e tempos de exposição (24, 48 e 72 horas), e o teste de condutividade elétrica com 4 pré tratamentos de embebição (0, 2, 4 e 8 horas) e tempos de embebição para realização das leituras (4, 8, 16 e 24 horas). Os dados foram submetidos à análise de variância sob análise conjunta (para avaliação da germinação, sendo cada temperatura um experimento) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. A temperatura de 25°C, substrato areia e ausência de luz quando utilizado substrato papel, proporcionou maiores valores de germinação. O teste de envelhecimento acelerado (tradicional com 72 horas) e condutividade elétrica (2 horas de pré embebição e leitura após 16 horas) foi eficiente para classificar os lotes em níveis de vigor.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Germinação. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) belongs to the family Brassicaceae. Its seeds have oil content of around 40%, which aroused the interest of its use as a raw material for biodiesel production. Besides the oil content, this culture has adaptability to cold climates and dry, being cultivated in the winter with the possibility of using the same implements available for other crops on the property, which reduces its cost of production. Despite its agricultural potential, the research to production technology of obtaining seeds are still starting. The objective of this research, studying the germinating seeds of crambe under different conditions of temperature, light and substrate and physiological quality through tests of strength, with the adequacy of electrical conductivity and accelerated aging. The research was conducted at the Central Laboratory of Seed Analysis, Federal University of Lavras - MG. We used seven lots of crambe seed cultivar Bright FMS. For germination, the seeds were subjected to three temperatures (15, 25 and 30 ° C), two light conditions (presence and absence of light) and two substrates (paper and sand), which were evaluated by germination test, first germination, speed of germination, abnormal seedlings and seeds do not germinate. In the evaluation of seed vigor tests for, were observed germination, first count of germination, emergence, speed of emergence index, accelerated aging under different humidity inside the chambers (100, 87 and 76% RH) and times exposure (24, 48 and 72 hours), and the electrical conductivity with four pre soaking treatments (0, 2, 4 and 8 hours) and soaking times to perform the readings (4, 8, 16 and 24 hours) . Data were subjected to analysis of variance under joint analysis (for germination, each temperature experiment) and means were compared by the Scott-Knott test at 5%. A temperature of 25 ° C, sand substratum and absence of light when used paper substrate resulted in higher germination rates. The accelerated aging test (tradiconal 72 hours) and electrical conductivity (2 hour pre soak and read after 16 hours) was efficient to sort the lots in force levels.

Keywords: *Crambe abyssinica*. Seed germination. Quality physiological.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução geral	11
1	INTRODUÇÃO		11
2	REFERENCIAL TEÓRICO		13
2.1	Aspectos gerais da cultura do crambe		13
2.2	Fatores que afetam a germinação de sementes		15
2.3	Testes de vigor		19
2.3.1	Teste de Condutividade elétrica		19
2.3.2	Teste de Envelhecimento acelerado		22
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS		25
	REFERÊNCIAS		26
	CAPÍTULO 2	Influência da temperatura, luz e substrato na germinação e vigor de sementes de crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst).....	32
1	INTRODUÇÃO		34
2	MATERIAL E MÉTODOS		36
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		38
4	CONCLUSÕES		51
	REFERÊNCIAS		52
	CAPÍTULO 3	Adequação da metodologia dos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst).....	54
1	INTRODUÇÃO		56
2	MATERIAL E MÉTODOS		60
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		62
4	CONCLUSÕES		71
	CONSIDERAÇÕES FINAIS		71
	REFERÊNCIAS		72

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes alternativas de combustíveis tem despertado o interesse de agricultores e empresas para o cultivo de plantas com características oleaginosas, dentre elas, destaca-se o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). Trata-se de uma planta que, até pouco tempo, era utilizada apenas como forrageira. Porém, tendo em vista seu elevado potencial para produzir cerca de 38 a 44% de óleo e sua rusticidade, tornou-se uma cultura com vistas também para a produção de óleo vegetal (SOUZA, A. et al., 2009).

A qualidade da semente na produção agrícola é um dos principais fatores a ser considerado na implantação da cultura, por isso se faz necessário a utilização de sementes com alta qualidade fisiológica. Atualmente a avaliação da qualidade de sementes de crambe é realizada pelo teste de germinação com base nas prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). No entanto, conhecer o comportamento da germinação e do vigor em função de alguns fatores que afetam a germinação são importantes.

Dentre estes fatores estão a temperatura, a luz e o substrato. A temperatura afeta os processos bioquímicos e fisiológicos e sua influência pode ser avaliada a partir de mudanças na porcentagem, velocidade e frequência de germinação. A luz promove o controle respiratório, a síntese de enzimas e de hormônios, exerce efeito sobre a permeabilidade do tegumento e o metabolismo de lipídios. O substrato está relacionado à capacidade de retenção de água, estrutura e aeração que influenciam na disponibilidade de água e oxigênio para as sementes (BEWLEY; BLACK, 1994; MARCOS FILHO, 2005).

Em complementação ao teste de germinação, são utilizados os testes de vigor a fim de identificar diferenças na qualidade fisiológica dos lotes, principalmente daqueles que apresentaram uma germinação com valores

semelhantes. Com estes testes é possível saber quais os lotes que terão probabilidade de ter um melhor desempenho em campo ou no armazenamento. Dentre os testes de vigor utilizados nos dias de hoje, o teste de condutividade elétrica e o teste de envelhecimento acelerado tem se destacado por sua facilidade de execução, baixo custo, reprodutibilidade e fácil interpretação de resultados. Apesar de suas vantagens, os testes necessitam de adequação da metodologia e estudos visando à utilização na rotina de avaliação de sementes de crambe.

O teste de condutividade elétrica baseia-se na determinação da quantidade de íons liberados pelas sementes na solução de embebição, baseando-se na avaliação indireta do estado de organização das membranas celulares. O teste de envelhecimento acelerado baseia-se no aumento da deterioração das sementes pela exposição às condições de elevada temperatura e umidade relativa.

A partir do exposto, o propósito com esta pesquisa é adequar metodologias para avaliar a germinação e vigor de sementes de crambe sob diferentes condições de temperatura, luminosidade e substrato, bem como avaliar o vigor com ênfase à adequação das metodologias do teste de condutividade elétrica e do teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade fisiológica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do crambe

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence a família *Brassicaceae*, tribo Brassicaceae, próximo a canola e mostarda. O gênero *Crambe* contém cerca de trinta espécies, a maioria plantas perenes, embora algumas sejam arbustos ou anuais, distribuídas principalmente na região do Mediterrâneo, Euro-Sibéria e na região Turco-Iraniana. A única espécie cultivado é o *Crambe abyssinica*, também conhecido como *Abyssinian kale* (DESAI, 2004).

É uma planta herbácea anual, com altura variando de 0,60 a 0,90 m de altura, podendo ser mais alta dependendo da época e densidade de plantio. A haste ramifica-se próxima ao solo para formar trinta ou mais galhos, que novamente se ramificam, formando galhos terciários (DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

As folhas são ovais e assimétricas. A lâmina foliar possui aproximadamente 10 cm de comprimento e 7,6 cm de largura, com superfície lisa. O pecíolo possui aproximadamente 20 cm de comprimento e é pubescente (OPLINGER et al., 2012).

As flores amarelas ou brancas, localizadas nos longos racemos, produzem um grande número de sementes pequenas, com conteúdo de óleo aproximado de 40%. O fruto é uma siliqua, inicialmente verde, mas que se torna amarelo com a maturidade. Cada fruto contém uma única semente esférica, de cor verde ou marrom esverdeado. O tamanho da semente varia consideravelmente no diâmetro (0,8 a 2,6 mm), sendo influenciado pelo número de sementes por planta, fertilidade do solo e chuva (DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

As sementes são do tipo cariopse, ortodoxas, albuminosas, têm o eixo embrionário curvo, e apresentam a plúmula protegida por uma fina cobertura

mucilaginosa (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1985). Possuem forma esférica e é envolvida por uma estrutura tegumentar denominada pericarpo. De modo geral, a função básica do pericarpo é proteger as sementes contra abrasões e choque, funcionando como barreira para a entrada de microorganismos, permitindo que as sementes possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo (PEREZ, 1998). O pericarpo, que permanece aderido às sementes após a colheita e representa de 25 a 30% do peso total dos frutos, apresentando ainda um conteúdo muito alto de lignina (40%) e também uma boa quantidade de celulose (41%) (GASTALDI et al., 1998; LAZZERI et al., 1994).

O crambe é uma cultura tolerante à seca, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar. Quanto à temperatura, é tolerante ao frio, exceto após a emergência, e no florescimento onde a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Nas condições climáticas brasileiras, comporta-se como cultura de outono/inverno (NEVES et al., 2007; RUAS et al., 2010).

A tolerância do crambe à estiagem está relacionada à sua capacidade de enraizamento profundo, e este por sua vez depende de um solo corrigido quanto à acidez e a presença de alumínio tóxico. Com um bom sistema radicular pivotante, o crambe melhora o aproveitamento das adubações num sistema de rotação de culturas (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2008).

Segundo trabalhos realizados pela Fundação MS (2010), a colheita ocorre cerca dos 90 dias após plantio com maturação uniforme, sendo o grão redondo revestido por uma casca cinza.

As pesquisas da cultura do crambe no Brasil iniciaram no ano de 1995 no estado de Mato Grosso do sul pela Fundação MS. O objetivo seria estudar a cultura como cobertura de solo para plantio direto, porém não despertou maiores

interesses, pois como cobertura seria inferior ao nabo forrageiro e como produção de grãos não havia comércio para a mesma.

Na década de 90 houve grande esforço de instituições norte americanas para buscar culturas alternativas não-alimentícias voltadas para a produção de óleo e, desta forma, desenvolveram-se pesquisas e parcerias com produtores, agroindústrias e cientistas para a introdução da cultura do crambe. No mesmo período foram introduzidos no Brasil materiais vindos do México, os quais foram selecionados por pesquisadores da Fundação Mato Grosso do Sul, originando a primeira cultivar de crambe (FMS Brilhante) no país, produtiva e adaptada às condições brasileiras (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010). O estímulo a produção de biodiesel no Brasil, ajudou a resgatar o interesse pelo crambe, em virtude da sua superioridade em relação à soja e a algumas outras espécies na produção de óleos vegetais e por adaptar-se com facilidade ao plantio direto.

Estudos relacionados à cultura e à produção de óleo do crambe iniciaram-se recentemente, quando os produtores e pesquisadores nacionais passaram a ter acesso a cultivar FMS Brilhante, comercializada pela Fundação Mato Grosso do Sul.

2.2 Fatores que afetam a germinação de sementes

A germinação é considerada um dos mais importantes estádios do biociclo vegetal, caracterizada por processos físicos e metabólicos de natureza complexa que leva a retomada do crescimento do eixo embrionário, culminando com a protusão da radícula através do tegumento da semente (BEWLEY; BLACK, 1994). O processo germinativo de sementes é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos, que podem atuar isolados ou em interação e que devem ser considerados. Dentre eles estão a temperatura, a luz, a composição de

gasesna atmosfera, a água e a dormência (BEWLEY; BLACK, 1994; FIGLIOLIA et al., 1993). Dentre esses fatores merecem destaque a temperatura e a luz.

A temperatura influencia todos os processos bioquímicos e fisiológicos. Segundo Bewley e Black (1994), a temperatura altera a velocidade de absorção de água e modifica a velocidade das reações bioquímicas que irão ocasionar o desdobramento e transporte das reservas e a ressíntese de substâncias no eixo embrionário.

As temperaturas de germinação não apresentam um valor específico, mas geralmente três pontos críticos podem ser identificados: mínimo (aquela abaixo da qual não há germinação); máxima (aquela acima da qual não há germinação) e ótima (aquela na qual o número máximo de sementes germina no período de tempo mínimo). Acima ou abaixo desses limites máximos e mínimos, pode ocorrer a morte das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

O efeito da temperatura sobre a germinação tem especial importância para a ecologia de populações. Para as sementes serem capazes de germinar, suas “temperaturas cardeais” devem corresponder às condições externas que assegurem desenvolvimento suficientemente rápido para as plantas jovens (LARCHER, 2000). Sendo assim quanto maior a faixa de temperatura para germinação, mais ampla é a distribuição geográfica da espécie que está em estudo. A influência da temperatura na germinação das sementes é essencial para entender os aspectos ecofisiológicos e bioquímicos desse processo (BEWLEY; BLACK, 1983), podendo ser avaliados a partir de mudanças ocasionadas na percentagem de germinação, velocidade e frequência relativa de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Além da temperatura, algumas espécies também necessitam de luz para germinar. A luz promove o controle respiratório, a síntese de enzimas e de hormônios, exerce efeito sobre a permeabilidade do tegumento e o metabolismo

de lipídios (TOLEDO;MARCOS FILHO, 1977). A presença de um sistema fotossensorial confere ao organismo vegetal a capacidade de reagir com uma resposta às alterações das condições de luminosidade local. A sensibilidade das sementes a luz é variável, de acordo com a espécie, havendo sementes cuja germinação é influenciada positivamente ou negativamente pela luz e sementes indiferentes a ela.

A ativação de sementes pela luz está relacionada ao pigmento denominado fitocromo, que absorve a luz num determinado comprimento de onda, a partir disso modifica sua estrutura bioquímica, permitindo ou não a resposta fotomorfogenética (BORGES;RENA, 1993). Em geral, a luz vermelha (600-700 nm) promove a germinação, já a luz vermelho-distante (720-760 nm) a inibe. A luz branca (que normalmente é utilizada nos germinadores) devido a sua composição espectral e às características de absorção do fitocromo tem efeito semelhante ao da luz vermelha (KENDRICK; FRANKLAND, 1981; KRAMER;KOZLOWSKI, 1979).

Muitas espécies cultivadas são indiferentes à luz para germinar chamadas de fotoblásticas neutras, entretanto, o estímulo luminoso é bastante variável em sementes de várias espécies selvagens (MAYER;POLJAKOFF-MAYBER, 1982). Existem sementes que germinam unicamente no escuro conhecidas como fotoblásticas negativas, enquanto outras denominadas fotoblásticas positivas germinam somente em luz contínua. No entanto, sabe-se que sementes não fotoblásticas podem exigir a presença de luz quando submetidas às condições desfavoráveis. A classificação das sementes quanto à sensibilidade a luz torna-se então necessária para a condução dos testes de germinação.

Galindo et al. (2012), avaliando o comportamento de *Crataevetapia*, uma oleaginosa florestal sob diferentes regimes de luz e temperatura, perceberam que houve um maior estímulo à germinação com luz branca ou

escuro na temperatura de 35°C, no entanto, foi na temperatura de 30°C que houve uma maior germinação na presença e na ausência de luz, verificando assim a indiferença dessa espécie a condição de luminosidade.

Sales et al. (2011) observaram comportamento semelhante quanto ao fator luz para sementes de hortelã-do-campo (*Hyptismarruboides*), no entanto, a medida que a temperatura era reduzida, a velocidade de germinação foi retardada, mas não influenciou na porcentagem final de germinação.

O substrato também é outro fator que influencia diretamente na germinação, uma vez que a capacidade de retenção de água, estrutura e aeração dele, afeta o fornecimento de água e de oxigênio para as sementes e oferece suporte físico para o desenvolvimento da plântula (FIGLIOLIA; AGUIAR, 1993). Nos estudos de germinação, a área de contato do substrato umedecido com a semente é muito importante, pode não ser crítica para a germinação total, mas pode afetar a velocidade. Quando a área de contato das sementes com o substrato é pequena, a velocidade de absorção de água pode ser menor do que a taxa de perda de água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

De acordo com as prescrições das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), a temperatura e o oxigênio têm fundamental importância na germinação e esses resultados devem refletir a capacidade das sementes em originar plântulas normais, sob condições e limites estabelecidos. Os substratos recomendados são papel e areia. O solo pode ser usado para avaliação de problemas de fitotoxidez. Ainda segundo Brasil (2009), na escolha do substrato deve-se levar em consideração a facilidade e eficiência do uso do mesmo e da espécie analisada, levando em consideração algumas características como o tamanho das sementes, a necessidade de luz e água, a facilidade de contagem e a avaliação das plântulas.

2.3 Testes de vigor

O teste de germinação é o consiste em fornecer condições ideais para que se possa avaliar a capacidade das sementes de produzirem plântulas normais, no entanto, nem sempre revela diferenças entre os lotes quanto ao potencial de armazenamento e desenvolvimento em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Por isso se torna necessário complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação, com o uso de testes de vigor, que permitem selecionar os melhores lotes para comercialização (DIAS et al., 2006).

Os testes de vigor têm por finalidade avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica de sementes de germinação semelhante; distinguir lotes de alto e baixo vigor; classificar lotes em diferentes níveis de vigor (MARCOS FILHO, 2005). Sendo os testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado considerados os mais importantes (SOARES et al., 2010).

2.3.1 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica se baseia na avaliação indireta do estado de organização das membranas celulares através da determinação da quantidade de íons liberados pelas sementes na solução de embebição (VIEIRA; KRZYZANOWSKY, 1999).

As membranas celulares das sementes são as últimas a se organizarem durante o processo de maturação, no entanto, são as primeiras a apresentarem sinais de deterioração após as sementes alcançarem o estágio de maturidade fisiológica (HEYDECKER, 1974). Quando as sementes secas entram em contato com a água durante o processo de embebição, ocorre uma rápida e intensa liberação de eletrólitos proporcional ao estado de desorganização das

membranas, seguida de uma redução na perda de solutos. À medida que os tecidos são reidratados, atingem um estado de equilíbrio (SIMON; RAJA-HARUN, 1972), que pode ser alcançado desde alguns minutos até 24 horas ou mais dependendo da espécie.

As membranas celulares, durante a embebição, se reestruturam e recuperam sua função de permeabilidade seletiva. Para Abdul-Baki (1980), a rapidez com que o sistema de membranas das sementes se reorganiza refleteo seu vigor, uma vez que influencia de forma direta na quantidade e na natureza dos solutos liberados para o meio externo (BEWLEY; BLACK, 1994; SIMON; RAJA-HARUN, 1972; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), entre eles açúcares, aminoácidos e íons inorgânicos, entre outros. A integridade das membranas celulares, determinada pelo grau de alterações bioquímicas deteriorativas e/ou danos físicos, pode ser considerada como causa fundamental de diferenças no vigor de sementes (POWELL, 1986).

O teste de condutividade elétrica é o teste mais conhecido e utilizado para a avaliação do vigor de sementes através da lixiviação de eletrólitos. Sendo sua principal vantagem o fato de ser um teste rápido em relação a outros testes de vigor.

O teste consiste na imersão de sementes previamente pesadas em balança de precisão em uma quantidade de água destilada e deionizada, ficando exposta a uma determinada temperatura por um tempo. Decorrido esse processo de embebição, é feita a leitura em aparelho condutivímetro. O resultado é expresso em $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Vieira e Krzyzanowski (1999) recomendam quatro amostras de 50 sementes, 75 mL de água deionizada, 25°C e leitura após 24 horas de embebição, de modo independente da espécie a ser avaliada, justificando o uso desta temperatura para acondicionamento devido a maior similaridade às condições brasileiras.

O período de embebição é um dos fatores que pode afetar os resultados do teste, pois influencia de forma direta, tendo efeito decisivo na capacidade do teste de distinguir diferenças de qualidade entre lotes, por isso é de grande importância para a padronização do teste de condutividade (DIAS et al., 2006).

Devido à necessidade de obtenção de respostas mais rápidas, tem-se tentando reduzir o tempo de embebição para leitura da condutividade elétrica, para espécies oleaginosas como amendoim (FERREIRA, 1995; VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999) e soja (DIAS; MARCOS FILHO, 1996), mamona (SOUZA, L. et al., 2009). Torres et al. (2009) afirmam que após 8 horas de embebição já é possível separar lotes de sementes de gergelim quanto ao vigor. Carvalho et al. (2009), avaliando o efeito da temperatura de embebição em diferentes tempos de embebição com sementes de soja concluíram que a 32 ou 40°C por até 120 minutos é eficiente na avaliação rápida da qualidade dessas sementes. Souza, L. et al. (2009) perceberam que é possível separar lotes de sementes de mamona em diferentes níveis de vigor após 6 horas de embebição, ao contrário de Mendes et al. (2010) que afirmam que o teste de condutividade elétrica para sementes de mamona em diferentes períodos de embebição não se mostrou adequado para avaliação do vigor de sementes de mamona. Soares et al. (2010), avaliando a o vigor de sementes de sorgo em função dos diferentes períodos de embebição, observaram que não foi eficiente para classificação dos lotes em níveis de vigor. Araújo et al. (2011) concluíram que para se avaliar o vigor de sementes de pinhão manso pelo teste de condutividade elétrica foi necessário apenas 6 horas em embebição.

2.3.2 Teste de envelhecimento acelerado

Este teste foi desenvolvido com o intuito de avaliar o vigor das sementes, tentando estimar o potencial de armazenamento (DELOUCHE;BASKIN, 1973), pois sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente que as mais vigorosas, apresentando assim menor germinação após o período de envelhecimento artificial (JIANHUA; MCDONALD, 1996). Este teste vem sendo adotado em programas de controle de qualidade por empresas produtoras de sementes e tem apresentado boas correlações com o armazenamento e a emergência de plântulas em campo para sementes de diversas espécies (MARTINS et al., 2002; TORRES, 2005).

Atualmente, o método mais utilizado para execução do teste de envelhecimento acelerado, é o método da caixa plástica ou “mini-câmara”, desenvolvido por McDonald e Phaneendranath (1978). Consiste em adicionar 40 mL de água no fundo de uma caixa plástica de 11 x 11 x 3,5cm, contendo uma tela inoxidável fixada em seu interior, e acima desta tela são colocadas as sementes de maneira uniforme, sem sobreposição das mesmas, proporcionando melhor uniformidade de exposição das sementes ao estresse. Em seguida, a caixa plástica fechada é levada a um germinador, incubadora ou estufa, previamente regulados à temperatura desejada, o qual é mantido durante um período de tempo recomendado para a espécie em estudo

O teste de envelhecimento acelerado baseia-se no princípio de que, quando as sementes são expostas, por determinado período, a alta temperatura e a alta umidade relativa do ar, o processo de deterioração é acelerado, de modo que sementes mais vigorosas deterioram-se mais lentamente (MARCOS FILHO, 1999). A combinação de períodos de exposição e temperatura durante o teste varia de acordo com a espécie, havendo indicações de sucesso com o uso de temperaturas entre 40 e 45°C e períodos de exposição de 48 a 96 horas.

Embora o teste de envelhecimento acelerado seja considerado pela International Seed Testing Association (ISTA), suficientemente padronizado para ser recomendado para avaliação do vigor de sementes de soja e sugerido para sementes de milho, tem sido alvo de estudo visando o aprimoramento da metodologia para diferentes espécies tais como lentilha (FREITAS; NASCIMENTO, 2006), milho-doce (SANTOS et al., 2002), melão (TORRES; MARCOS FILHO, 2003), *pimenta* (BHERING et al., 2006), rabanete (ÁVILA; VILLELA; ÁVILA, 2006), trigo (MODARRESI; RUCKER; TEKRONY, 2002), soja (MARCOS FILHO; NOVEMBRE; CHAMMA, 2001).

Marcos Filho (1999) comenta que alguns aspectos da metodologia deste teste para sementes de diferentes culturas merecem continuidade de estudo para esclarecimento de dúvidas, como por exemplo, o tempo de exposição.

Segundo Mello e Tillmann (1987), variações dos resultados podem existir na tentativa de padronização do uso do teste do envelhecimento acelerado, sendo as principais causas dessas variações o grau de umidade inicial das sementes, a espécie, o cultivar, o período de exposição e a temperatura utilizada. Dependendo do teor de água inicial das sementes a deterioração poderá ser maior ou menor, pois o processo de deterioração é mais drástico em sementes com maior teor de água (MARCOS FILHO; VINHA, 1980).

A fim de minimizar as variações na hidratação das sementes e nos resultados Jianhua e McDonald (1996) sugeriram a substituição da água destilada por soluções saturadas de sais promovendo uma redução na umidade relativa no interior das caixas plásticas, obtendo as seguintes umidades com os respectivos sais: 87% de UR (KCl), 76% de UR (NaCl) e 55% de umidade relativa (NaBr). O uso dessas soluções salinas reduz a velocidade de hidratação das sementes durante o envelhecimento acelerado e reduz o teor de água ao final do teste, com maior eficiência no vigor (TORRES, 2005).

Para Rocha et al. (2007), o envelhecimento acelerado a 40°C por 48 horas e 76% UR foi o procedimento mais eficiente para classificar lotes de sementes de mamona em diferentes níveis de vigor. Os autores constataram ainda que o período de 72 horas provocou a morte das sementes. Bhering et al. (2006) constataram que o teste de envelhecimento acelerado independente da umidade relativa do ar dentro das caixas plásticas foi eficiente na avaliação do vigor das sementes de pimenta, fornecendo informações semelhantes aos obtidos na primeira contagem e germinação a baixa temperatura. Santos et al. (2011), avaliando a qualidade de sementes de alface e almeirão a diferentes períodos de exposição no teste de envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina de NaCl perceberam que para ter resultados confiáveis é necessário um período de 48 horas no método tradicional e 72 horas com solução saturada para ambas espécies.

3 Considerações gerais

O crambe surge como uma nova alternativa para compor mais uma opção de matéria prima para a produção de biodiesel, que a cada dia é mais valorizado em virtude de novas buscas de energia alternativa.

Portanto, se faz necessário conhecer o comportamento de suas sementes em diferentes condições de germinação, permitindo uma possível indicação de regiões que tenham ou não aptidão para produção dessa oleaginosa.

Além do comportamento germinativo, o crambe necessita de mais pesquisas relacionadas à avaliação da qualidade fisiológica de suas sementes, possibilitando uma decisão mais rápida por parte das empresas produtoras de sementes, bem como predizer seu potencial produtivo em campo e no armazenamento, através da adequação de metodologias de testes de vigor, como o teste de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigor. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 5, n. 6, p. 765-770, 1980.
- ARAÚJO, R.F.et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas*L.). **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, p.79-86, 2011.
- ÁVILA, P.F.V.; VILLELA, F.A.; ÁVILA, M.S.V. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.52-58, 2006.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**: development, germination and growth. New York: Springer-Verlag, 1983. 306p.
- _____. **Seeds**: physiology of development and germination. 2nded. New York: Springer-Verlag, 1994. 445 p.
- BHERING, M.C.et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.64-71, 2006.
- BORGES, E.E. de; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PINARODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-127.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395p.
- CARVALHO, L.F.et al. Influencia da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p.9-17, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- DESAI, B. B. **Seeds handbook**: biology, production processing and storage. 2nded. New York: M. Dekker, 2004. 787 p.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook:** biology, production processing and storage. New York: M. Dekker, 1997. 627 p.

DIAS, D. C. F. S. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n.1, p.154-162, 2006.

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

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. **Handbook of seed technology forgenebanks:**compendium of specific germination information and test recommendations. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1985. 260 p.

FERREIRA, M. R. **Estudos de períodos de embebição no teste de condutividade elétrica e de exposição no envelhecimento acelerado para sementes de amendoim.** 1995. 38f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. de. Colheita de sementes. In: AGUIAR, I.B. de; PIÑARODRIGUES, F.C.M. (Ed.). **Sementes florestais tropicais.** Brasília: ABRATES, 1993. p.275-302.

FREITAS, R.A.; NASCIMENTO, W.M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.3, p.59-63, 2006.

FUNDAÇÃO MS. **Tecnologias e produção:** crambe 2010. Maracaju, 2010. 60 p.

GALINDO, E.A. et al. Germinação e vigor de sementes de *Crataeva tapia* L. em diferentes temperaturas e regimes de luz. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 138-145, 2012.

GASTALDI, G. et al. Characterization and properties of cellulose isolated from the *Crambe abyssinica* hull. **Industrial Crops and Products**, London, v. 8, n. 3, p. 205-218, Sept. 1998.

HEYDECKER, W. Vigor. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 209-252.

JIANHUA, Z.; MCDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small seeds crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.1, p.123-131, 1996.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1981. 76 p.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic, 1979. 530 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LAZZERI, L. et al. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 3, n. 12, p. 103-112, out. 1994.

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

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

MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Teste de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.421-426, 2001.

MARCOS FILHO, J.; VINHA, J.L. Teor de umidade da semente, condições de armazenamento e comportamento da soja no teste de envelhecimento rápido. **O Solo**, Piracicaba, v.72, n.1, p.21-26, 1980.

MARTINS, C.C. et al. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.96-101, 2002.

MAYER, A. C.; POLJAKOFF-MAYBER, T. **The germination of seed**. New York: Pergamon, 1982. 263 p.

MCDONALD, M.B.; PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated aging seed vigor test for soybeans. **Journal of Seed Technology**, Zürich, v.3, n.1, p. 27-37, 1978.

MELLO, V.D.C.; TILLMANN, M.A.A. O teste de vigor em câmara de envelhecimento precoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.9, n.2, p.93-101, 1987.

MENDES, R.C. et al. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 114-120, jan./fev. 2010.

MODARRESI, R.; RUCKER, M.; TEKRONY, D.M. Accelerating ageing test for comparing wheat seed vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.30, n. 3, p.683-687, 2002.

NEVES, M. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 1., 2007, Pelotas. **Anais...Pelotas: EMBRAPA**, 2007. p.97-98.

OPLINGER, E. S. et al. **Crambe: alternative field crops manual**. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

PEREZ, S. C. J. G. A. Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorium dubium*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n.1, p. 134-142, 1998.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe**. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60 p.

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

ROCHA, M.S. et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona cultivar BRS energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. p. 1421-1431.

RUAS, R.A.A. et al. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n. 1, p.61-65, 2010.

SALES, J.F. et al. The germination of bush mint (*Hyptis marruboides* EPL.) seeds as a function of harvest stage, light, temperature and duration of storage. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 709-713, 2011.

SANTOS, F. et al. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n. 2, p. 322-323, 2011.

SANTOS, P.M. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.91-96, 2002.

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

SOARES, M.M. et al. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo em ênfase a condutividade elétrica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 391-397, mar./abr. 2010.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

SOUZA, L.A. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p.60-67, 2009.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pepino com e sem solução salina saturada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.303-306, 2005.

TORRES, S. B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 3, p.70-77, 2009.

TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging of melon seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.77-82, 2003.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: efeitos de temperatura e períodos de embebição. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, n.1, p. 41-45, 1999.

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

CAPÍTULO 2

Influência da temperatura, luz e substrato na germinação e vigor de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

RESUMO

Com a busca por novas fontes de matéria prima vegetal para produção do biodiesel, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) surge como uma alternativa, devido ao seu alto teor de óleo, em torno de 40%, e outras vantagens como a rusticidade da cultura e o baixo custo de produção. Por isso se torna necessário conhecer o comportamento germinativo de suas sementes quando submetidas a diferentes condições de temperatura, luz, e substrato. Objetivou-se assim com essa pesquisa avaliar a influencia da temperatura, luz e substrato na germinação e vigor de sementes de crambe. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizados sete lotes de sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante, que foram submetidas a três temperaturas (15, 25 e 35°C), duas condições de luminosidade (com e sem luz) e dois substratos (areia e papel). Os seguintes testes foram realizados: germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas anormais e sementes não germinadas. Os dados foram submetidos a análise de variância conjunta, sendo cada temperatura um experimento. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. A germinação nos lotes de sementes de crambe foi favorecida na temperatura de 25°C, substrato areia e ausência de luz quando da utilização do substrato papel.

Palavras-chaves: *Crambe abyssinica* Hochst. Germinação. Vigor.

ABSTRACT

With the search for new sources of raw material for biodiesel production plant, the crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) emerges as an alternative due to its high oil content, around 40%, and other advantages such as hardiness and low culture production cost. Therefore it becomes necessary to know the germination behavior of seeds when subjected to different conditions of temperature, light, and substrate. The objective of this research is thus to evaluate the influence of temperature, light and substrate on germination and vigor of crambe. The experiment was conducted at the Central Laboratory of Seed Analysis, Federal University of Lavras - MG. We used seven lots of crambe seed cultivar FMS Bright, who underwent three temperatures (15, 25 and 35 ° C), two light conditions (with and without light) and two substrates (paper and sand). The following tests were performed: germination, first count of germination, speed of germination, percentage of abnormal seedlings and seeds do not germinate. Data were submitted to analysis of variance, with each temperature experiment. The means were compared by Scott-Knott test at 5%. The germination in crambe seed lots was favored at 25 ° C, sand substratum and absence of light when using the paper substrate.

Keywords: *Crambe abyssinica* Hochst, Germination, Vigor.

1 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma planta com potencialidade de produção de óleo, em torno de 44,1% e com uma quantidade expressiva de ácido erúico em sua composição (ácido graxo de cadeia longa), em torno de 37%. Devido as suas características não é adequado para alimentação humana, ficando disponível apenas para fins industriais. O cultivo do crambe é todo mecanizado, demanda poucos tratos culturais devido a sua rusticidade. É considerado uma cultura de outono/inverno com boa adaptabilidade ao frio e a seca, além de não competir com as culturas tradicionais de verão, a exemplo do milho e soja (CARLSSON, 2009; SOUZA et al., 2009).

Para avaliação da qualidade de sementes de é utilizado o teste de germinação, com temperaturas e substratos estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para a espécie *Crambe abyssinica* é recomendada as temperaturas constantes de 20 e 25°C ou alternada de 20-30°C sob luz constante e substrato areia ou papel.

A germinação é uma sequência de eventos fisiológicos influenciada por alguns fatores, que podem atuar por si ou em interação com outros. Dentre os fatores que afetam diretamente a germinação das sementes e são considerados essenciais estão a temperatura e a luz (MARCOS FILHO, 2005). A resposta à temperatura depende da espécie, variedade, região de origem e tempo de armazenamento, porém seu efeito na germinação pode ser expresso em temperaturas mínimas, ótimas e máximas, nas quais a germinação pode ocorrer. A temperatura modifica a velocidade das reações químicas que irão acionar o desdobramento e transporte das reservas e a ressíntese de substâncias para a plântula. A temperatura afeta o processo germinativo no total da germinação e na velocidade e uniformidade de germinação. As temperaturas altas estimulam inicialmente a germinação, até determinado ponto, quando o efeito da temperatura inverte e a germinação decresce. A velocidade com que a água é

absorvida durante o processo de germinação também pode variar em função da temperatura, sendo que nas temperaturas mais altas, as sementes absorvem água mais rapidamente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A luz é um dos principais fatores controladores da germinação de sementes, sendo o seu efeito dependente do genótipo e dos fatores ambientais durante a formação da semente, induzindo a dormência ou promovendo a germinação (VÁLIO; SCARPA, 2001). A luz é necessária para a indução da germinação de várias espécies, através do enfraquecimento do endosperma pela hidrólise dos polissacarídeos (SÁNCHEZ; MIGUEL, 1997). A resposta das sementes a luz é influenciada pela condição a que é submetida durante o processo germinativo, tratamento recebido após a colheita, condições de crescimento da planta genitora e a constituição genética dos genitores.

Sementes de um grande número de espécies apresentam comportamento fotoblástico, de modo que a germinação pode ser promovida ou inibida por exposição à luz branca. As sementes que necessitam da presença da luz para germinar são chamadas fotoblásticas positivas, enquanto aquelas nas quais a germinação é inibida pela luz são denominadas fotoblásticas negativas (CARDOSO, 2004). Em relação às sementes de crambe existem controvérsias quanto a sua sensibilidade a luz na germinação (VARISCO; SIMONETTI, 2012). Através das respostas morfofisiológicas das plantas a diferentes condições de luminosidade é possível avaliar a sua competitividade em diferentes condições ambientais e ainda pode-se determinar o seu potencial de ocorrência e crescimento (DIAS FILHO, 1997).

Um fator que também influencia a germinação, mas de forma indireta, é o substrato, meio pelo qual a semente é colocada para germinar e tem função de manter as condições adequadas para a germinação e desenvolvimento das plântulas (CARVALHO FILHO et al., 2002). Sua influência é decorrente de suas

características como estrutura, grau de aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos, dentre outras, as quais podem variar de acordo com o tipo de material utilizado (BARBOSA et al., 1990). Nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) são prescritos os substratos papel e areia, e a escolha do substrato deve levar em consideração a facilidade e eficiência do uso do mesmo e da espécie analisada, considerando o tamanho de suas sementes, a facilidade de contagem e avaliação de plântulas, bem como a necessidade de água e luz.

Apesar da qualidade de sementes de crambete recomendada conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), trabalhos mostram que a germinação dessa espécie varia em função principalmente do substrato e luminosidade (PANO; PRIOR, 2009; VARISCO; SIMONETTI, 2012). Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar a capacidade germinativa e o vigor de sementes de crambete sob diferentes condições de temperatura, luz e substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes, no Setor de Sementes, do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se sete lotes de sementes de crambete da cultivar FMS Brilhante produzidas em setembro de 2011 na área experimental da EPAMIG no município de Lavras, e armazenadas em embalagens de papel em câmara fria (15°C e 55% UR).

Para a condução do teste de germinação foram avaliados três temperaturas (15, 25 e 35°C), dois substratos (papel e areia) e duas condições de luz (ausência e presença). **Sobre Papel (SP)** - foram semeadas 50 sementes sobre duas folhas de papel toalha do tipo mata borrão, umedecidas com um

volume de nitrato de potássio (KNO_3) 0,2% (mL) equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (g) e colocadas em caixas do tipo gerbox (BRASIL, 2009). **Entre Areia (EA)** – A areia utilizada foi peneirada em malha de 0,8mm e esterilizada em estufa de circulação forçada de ar a 200°C por 2 horas (BRASIL, 2009). O substrato foi umedecido com nitrato de potássio (KNO_3) 0,2% na quantidade de 60% da capacidade de retenção da areia, seguindo procedimento de cálculo descrito em Brasil (2009). Assim, 50 sementes foram semeadas em caixas plásticas tipo gerbox sobre uma camada uniforme de 3 cm de areia umedecida e cobertas com uma camada uniforme de 2 cm da mesma areia. A ausência de luminosidade foi obtida cobrindo-se totalmente o gerbox com papel alumínio e realizando-se as leituras sob luz verde.

As avaliações foram realizadas diariamente e sempre no mesmo horário, a partir do início da emergência dos epicótilos das plântulas em areia e quando os mesmos atingiam o comprimento de 1 mm em papel até a estabilização do número de plântulas emersas ou germinadas, obtendo-se o índice de velocidade de germinação conforme Maguire (1962). Ao final do teste, ao sétimo dia após a semeadura, as plântulas anormais e sementes não germinadas foram removidas da areia e do papel e foram separadas e contabilizadas. Foi avaliado ao final de 7 dias a porcentagem de germinação, de plântulas anormais e de sementes não germinadas (mortas e/ou dormentes). Também foi determinado a primeira contagem de germinação realizada ao quarto dia após a semeadura.

Procedimento estatístico

As temperaturas (15, 25 e 35°C), foram estudadas em experimentos independentes, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições. Em todos os experimentos, avaliaram-se sete lotes, dois substratos (areia e papel) e duas condições de luminosidade (ausência e presença

de luz) distribuídos no esquema fatorial (7x2x2). Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos aos testes de normalidade e efetuou-se a análise de variância de cada experimento. Concluídas as análises individuais, programaram-se as análises conjuntas visando avaliar o efeito da temperatura. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As sementes dos sete lotes de crambe tinham teor de água em torno de 8,5%, por ocasião da instalação do experimento (dados não apresentados).

Houve diferença significativa para a interação de todos os fatores. Na tabela 1 estão os valores médios dos dados para germinação. Observa-se na temperatura de 35°C que a germinação foi nula, ou praticamente não existiu, com exceção da utilização de luz e substrato areia. Nas temperaturas de 15 e 25°C houve germinação independentemente do substrato e da condição de luz.

Tabela 1. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para Germinação (%) obtidas na análise conjunta dos experimentos conduzidos com diferentes temperaturas.

<i>Substrato</i>												
	<i>Areia</i>						<i>Papel</i>					
<i>Luz</i>	<i>Com</i>			<i>Sem</i>			<i>Com</i>			<i>Sem</i>		
<i>Temp.</i>	15	25	35	15	25	35	15	25	35	15	25	35
<i>Lotes</i>	<i>Germinação</i>											
1	81 aA	28.3 eB	6.5 aC	67.3 aA	77.3 bA	2.0 aB	16.5 aB	52.0 bA	0.0 aC	51.5 aB	77.3 aA	0.0 aC
2	74 bA	81.5 cA	8.0 aB	6.5 eB	80.5 bA	0.0aC	0.5 cA	0.0 eA	0.0 aA	32.0 bB	64.8 cA	0.0 aC
3	5 eB	84.0 cA	3.0 bC	60.0 bB	86.5 aA	0.0 aC	12.0 bA	0.0 eA	0.0 aA	29.3 bB	61.3 cA	0.0 aC
4	24 dB	76.3 dA	3.5 bC	44.5 dB	78.0 bA	2.0 aC	4.0 cA	17.3 cA	0.0 aA	25.0 cA	0.0 eB	0.0 aB
5	84 aA	6.0 fB	5.5 aB	54.0 cB	84.0 aA	0.0 aC	2.0 cB	63.5 aA	0.0 aB	13.5 eB	50.0	0.0

											dA	aB
6	56 cB	88.0 bA	1.5 bC	50.3 cB	77.0 bA	0.5 aC	1.0 cB	54.0 bA	0.0 aB	19.5 dB	50.8 dA	0.0 aC
7	74 bB	94.5 aA	5.0 aC	68.0 aB	87.8 aA	1.5 aC	1.0 cA	4.0 dA	0.0 aA	0.0 fB	72.5 bA	0.0 aB
CV(%)		8,65										

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

No entanto, sob a temperatura de 15°C na presença de luz e substrato papel a germinação foi pouco expressiva. Percebe-se que nesta condição os lotes 2, 4, 5, 6 e 7 foram classificados como os de qualidade inferior, no entanto, quando expostos a mesma condição de temperatura e luminosidade mas utilizando o substrato areia ocorre uma maior germinação separando bem os lotes em cinco níveis de vigor de modo que o lote 5 juntamente com o lote 1, tiveram os maiores valores médios de germinação.

A temperatura de 35°C tanto em ausência quanto em presença de luz, afetou negativamente a germinação. Quando utilizado luz e substrato papel, os lotes 2, 3, 4 e 7 não foram afetados pelas diferentes temperaturas, e os lotes 1, 5 e 6 germinaram melhor a 25°C. Nesta temperatura com presença de luz e substrato areia, é possível separar os lotes em seis níveis de vigor, porém em ausência de luz apenas lotes de alta e baixa qualidade podem ser identificados. Ainda na temperatura de 25°C em presença de luz e substrato papel, os lotes podem ser classificados em cinco categorias de vigor, porém os lotes que germinaram melhor em presença de luz, não se comportaram da mesma forma quando a luminosidade foi totalmente restrita.

A temperatura de 25°C se destacou pela alta germinação em comparação com as demais temperaturas em todas as condições de substrato e luminosidade, quando comparado com as outras temperaturas, semelhante ao observado por Pano e Prior (2009). Por esse motivo, buscou-se observar o comportamento dos lotes em função dos substratos e condições de luminosidade em cada temperatura. Na tabela 2 estão os valores para germinação nas diferentes temperaturas, lotes e substratos.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para germinação (%) obtidas na análise conjunta dos experimentos conduzidos com diferentes temperaturas.

<i>Temperatura</i>														
15°C														
<i>Lotes</i>	1		2		3		4		5		6		7	
<i>Luz</i>	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
<i>Subst.</i>														
Areia	81aA	67aB	74aA	06bB	05bB	60aA	24aB	44aA	84aA	54aB	56aA	50aB	74 aA	68aB
Papel	16bB	51bA	00bB	32aA	12aB	29bA	04bB	25bA	02bB	13bA	01bB	19bA	1.0bA	00bA
<i>Subst.</i>	25°C													
Areia	28bB	77aA	81aA	80aA	84aA	86aA	76aA	78aA	06bB	84aA	88aA	77aB	94aA	87aB
Papel	52aB	77aA	00bB	64bA	00bB	61bA	17bA	00bB	63aA	50bB	54bA	50bA	04bB	72bA
<i>Subst.</i>	35°C													
Areia	06aA	02aB	08aA	00aB	03aA	00aA	03aA	02aA	05aA	00aB	01aA	00aA	05aA	01aA
Papel	00bA	00aA	00bA	00aA	00aA	00aA	00aA	00aA	00bA	00aA	00aA	00aA	00bA	00aA
CV (%)	8.65													

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Percebe-se que na temperatura de 25°C, o substrato areia proporcionou uma maior germinação em todos os lotes em ambas condições de luminosidade, com exceção do lote 1. Comportamento semelhante foi observado por Pano e Prior (2009) no mesmo substrato, no entanto divergiu dos resultados de Varisco e Simonetti (2012), que observaram uma maior germinação no substrato papel com sementes de crambe. Em se tratando da temperatura mais adequada para germinação de sementes de crambe, Varisco e Simonetti (2012) afirmam que a 25°C é mais adequada, semelhante ao observado na Tabela 1, no entanto, Pano e Prior (2009) não concordam com essa afirmação, alegando que nesta espécie, é recomendável utilizar temperaturas alternadas. Na temperatura de 35°C (Tabela 2) a germinação não diferenciou estatisticamente em função da luminosidade e do substrato, com exceção dos lotes 1, 2, 5 e 7 na presença de luz, sendo o substrato areia superior na germinação desses lotes.

Barbosa et al. (1990) afirmam que o substrato tem grande influência no processo germinativo, pois fatores como aeração, estrutura, capacidade de retenção de água, entre outros, podem variar de um substrato para outro, favorecendo ou prejudicando a germinação de sementes, devido a injúrias que pode causar, sendo assim, o substrato areia é mais adequado para a germinação com formação de plântulas normais em sementes de crambe.

Ainda na tabela 2 na temperatura de 25°C a germinação no substrato papel foi maior em ausência de luz para a maioria dos lotes, enquanto que no substrato areia a germinação foi maior na presença de luz para os lotes 6 e 7 e não diferiu quanto a luminosidade para os lotes 2, 3 e 4. Na temperatura de 15°C, também houve uma maior germinação em ausência de luz quando utilizado substrato papel. Isso induz a acreditar que as sementes de crambe se comportam como fotoblásticas negativas, ou seja, elas precisam da ausência de luz para iniciar o processo germinativo, e essa condição foi fornecida pela cobertura das sementes com a areia e sem a luz quando utilizado papel.

Pelo índice de velocidade de germinação (Tabela 3) percebe-se que a temperatura de 25°C proporcionou uma melhor velocidade de germinação em valores absolutos.

Em ausência de luz nos substrato papel e areia os lotes se mostraram com pouco vigor na temperatura de 35°C em relação as demais temperaturas. Na temperatura de 15°C, o índice de velocidade de germinação foi superior quando utilizado areia na presença de luz. Nesta mesma temperatura, a resposta dos lotes em cada substrato quanto à condição de luminosidade foi decorrente da qualidade intrínseca dessas sementes.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para índice de velocidade de germinação (%) conduzidos com diferentes temperaturas.

<i>Temperatura</i>														
15 °C														
<i>Lotes</i>	1		2		3		4		5		6		7	
<i>Luz</i>	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
<i>Subst.</i>														
Areia	8,4aB	7,6bA	7,7aA	1,4bB	1,3bB	7,0aA	4,4aB	5,8aA	7,9aA	6,2aB	4,7aB	5,6bA	7,4aA	8,1aA
Papel	4,1bB	9,4aA	0,0bB	7,3aA	3,6aB	6,4aA	2,3bB	6,0aA	0,7bA	1,2bA	0,6bB	6,4aA	0,1bA	0,1bA
<i>Subst.</i>	25 °C													
Areia	2,7aB	10,8bA	10,4aB	12,2aA	12,1aB	13,0aA	9,0aB	10,8aA	9,1aB	12,2aA	11,8aA	10,2bB	11,6aA	12,3bA
Papel	1,1bB	14,5aA	0,1bB	12,9aA	0,2bB	12,5aA	2,2bA	0,2bB	9,7aA	0,7bB	9,0bB	11,8aA	1,0bB	14,2aA
<i>Subst.</i>	35 °C													
Areia	1,3bA	0,6aA	1,3aA	0,1aB	0,6aA	0,0aA	0,6aA	0,4aA	1,2aA	0,4aB	0,4aA	0,2aA	0,9aA	0,3aA
Papel	2,2aA	0,0aB	0,9aA	0,0aB	1,21aA	0,0aB	0,8aB	0,0aA	1,8aA	0,6aB	0,2aA	0,1aA	0,4aA	0,0aA
CV (%)	8.65													

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Na temperatura de 25°C observa-se que em todos os lotes, o índice de velocidade de germinação (Tabela 3) foi superior em relação às demais temperaturas, em valores absolutos. Na maioria dos lotes, houve uma maior velocidade de germinação em ausência de luz, em ambos os substratos. Assim, a ausência de luz foi importante para avaliar o vigor dessas sementes neste teste. Quando comparado o efeito dos substratos em cada condição de luminosidade, o substrato areia foi superior em relação ao papel na presença de luz e, na ausência de luminosidade na maioria dos lotes o substrato papel foi melhor. Varisco e Simonetti (2012) também observaram que houve menor velocidade na germinação quando utilizado substrato papel e maior horas de luz.

A porcentagem de sementes não germinadas (Tabela 4) foi maior na temperatura de 35°C em valores absolutos, em ambas os substratos e condições de luminosidade, mostrando o seu efeito negativo nas sementes. Isso explica os baixos valores de germinação e IVG (Tabela 1 e 3) para todos os lotes nessa temperatura. Em ambos os substratos para todos os lotes, a porcentagem de sementes não germinadas ainda foi maior na ausência de luz. Comportamento este que não foi observado nas temperaturas de 15 e 25°C. Percebe-se que a temperatura de 15°C, também contribuiu negativamente na germinação quando associado à presença de luz e substrato papel nos lotes 1, 2, 5, 6 e 7.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para sementes não germinadas (%) dos experimentos conduzidos com diferentes temperaturas.

<i>Temperatura</i>														
15°C														
<i>Lotes</i>	1		2		3		4		5		6		7	
<i>Luz</i>	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
<i>Substrato</i>														
<i>Areia</i>	11aA	21bB	16aA	81bB	76bB	24aA	71aB	39aA	13aA	28aB	34aA	35aA	21aB	15aA
<i>Papel</i>	67bB	5aA	99bB	26aA	61aB	23aA	72aB	37aA	93bB	82bA	92bB	34aA	97bA	98bB
<i>Substrato</i>	25°C													
<i>Areia</i>	67bB	14bA	14aA	11aA	12aB	06aA	20aA	16aA	25bB	09aA	08aA	14aB	08aB	03aA
<i>Papel</i>	33aB	09aA	98bB	12aA	100bB	10aA	57bA	96bB	18aA	23bB	27bB	16aA	93bB	06aA
<i>Substrato</i>	35°C													
<i>Areia</i>	86aA	93aB	87aA	99aB	94bA	99aB	93aA	94aA	90aA	95aB	96aA	97aB	91aA	96aB
<i>Papel</i>	84aA	99bB	91aA	99aB	84aA	100aB	94aA	100bB	85aA	99aB	96aA	99aA	96bA	100aA
<i>CV (%)</i>	5.68													

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Na temperatura de 25°C verifica-se que para ambos os substratos, a ausência de luz proporcionou uma redução da quantidade de sementes não germinadas presença de luz e substrato papel contribuiu para a uma menor porcentagem de sementes não germinadas. Nesta mesma temperatura, quando comparado os substratos em cada condição de luminosidade, percebe-se que em ambas as luminosidades, o substrato areia foi o melhor.

Na tabela 5 estão os valores médios para porcentagem de plântulas anormais. Verifica-se que a temperatura de 35°C foi a que menos favoreceu a formação de plântulas anormais, em ambos e luminosidade em valores absolutos. Isso se deve ao fato da baixa germinação que ocorreu nessa temperatura (Tabela 1) e a alta porcentagem de sementes que não germinaram nessas condições (Tabela 4). Na temperatura de 15°C (Tabela 5), nos dois substratos houve uma maior formação de plântulas anormais quando em ausência de luz. Menor formação de plântulas anormais tanto na ausência quanto na presença de luz foi obtido quando utilizado substrato areia.

Na temperatura de 25°C (Tabela 5) ocorreram os menores valores absolutos para plântulas anormais. No substrato areia houve menor formação de plântulas anormais em presença de luz, já em substrato papel esse comportamento foi observado quando na mesma luminosidade. No entanto, quando comparado os substratos em presença e ausência de luz para cada lote, o substrato areia de destaca.

Não houve diferença a 35°C quando avaliado o substrato e a luminosidade em cada lote para formação de plântulas anormais.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para plântulas anormais (%) obtidas na análise conjunta dos experimentos conduzidos com diferentes temperaturas.

<i>Temperatura</i>														
15°C														
<i>Lotes</i>	1		2		3		4		5		6		7	
<i>Luz</i>	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
<i>Substrato</i>														
<i>Areia</i>	07aA	11aB	09bA	12aA	18aB	16aA	04aA	16aB	02aA	17bB	09aA	14aB	04aA	16bB
<i>Papel</i>	16bA	43bB	00aA	42bB	26bA	47bB	23bA	37bB	04aA	04aA	07aA	46bB	01aA	02aB
25°C														
<i>Areia</i>	04aA	08aB	04aA	08aB	04bA	07aA	03aA	05aA	69bB	07aA	03aA	08aB	02aA	03aB
<i>Papel</i>	14bA	13bA	01aA	23bB	00aA	28bB	25bB	04aA	18aA	26bB	18bA	33bB	02aA	21bB
35°C														
<i>Areia</i>	07aA	04bA	04aA	01aA	03aA	01aA	03aA	03aA	04aA	04aA	02aA	02aA	03aA	02aA
<i>Papel</i>	15bB	00aA	08bB	00aA	15bB	00aA	05aB	00aA	14bB	00bA	04aA	00aA	03aA	00aA
CV (%)	22.96													

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

A primeira contagem do teste de germinação é um parâmetro para se avaliar o vigor de lotes de sementes, baseado no princípio de que quanto mais rápido um lote germina, mais vigoroso ele é. Na temperatura de 15°C (Tabela 6) independentemente da condição de luz no substrato areia, não houve diferença estatística quanto ao desempenho dos lotes. Esse comportamento também foi verificado na temperatura de 35°C.

A temperatura de 25°C em todas as condições de luz e substrato, favoreceu o melhor vigor dos lotes em valores absolutos em relação as demais temperaturas (Tabela 6). Nessa mesma temperatura, a ausência de luz em ambos os substratos favoreceu o maior vigor dos lotes, evidenciando o comportamento fotoblástico negativo dessas sementes. Quando comparado os substratos em cada condição de luminosidade, percebe-se de maneira geral, a superioridade do substrato areia.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre lotes, temperaturas, luz e substratos para primeira contagem de germinação (%) obtidas na análise conjunta dos experimentos conduzidos com diferentes temperaturas.

		<i>Temperatura</i>													
		15°C													
<i>Lotes</i>	1		2		3		4		5		6		7		
	<i>Luz</i>	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
<i>Substrato</i>															
<i>Areia</i>	12aA	02bB	07aA	00bB	01aA	01bA	02aA	04bA	03aA	00aA	00aA	00aA	00aA	02aA	02aA
<i>Papel</i>	02bB	28aA	00bB	25aA	04aA	07aA	01aB	13aA	01aA	02aA	00aB	04aA	00aA	00aA	
<i>Substrato</i>		25°C													
<i>Areia</i>	00bB	39bA	33aB	62bA	57aB	68aA	36aB	53aA	26aB	58aA	55aA	39bB	36aB	70bA	
<i>Papel</i>	34aB	78aA	00bB	70aA	00bB	53bA	06bA	03bA	29aA	15bB	36bB	64aA	02bB	78aA	
<i>Substrato</i>		35°C													
<i>Areia</i>	06aA	03aA	06aA	00aB	03aA	00aA	02aA	00aA	05aA	01aA	02aA	00aA	05aA	01aA	
<i>Papel</i>	06aA	00aB	03aA	00aA	03aA	00aA	04aA	00aA	09aA	00aB	01aA	01aA	03aA	00aA	
CV (%)	19.83														

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (entre as temperaturas), não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

4 CONCLUSÕES

A temperatura de 25°C proporciona uma maior germinação e vigor de sementes de crambe.

O substrato areia favorece uma maior germinação de sementes de crambe principalmente a 25°C.

A ausência de luminosidade proporcionou um maior vigor dos lotes, sugerindo o fotoblastismo negativo dessas sementes.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. M. et al. Influência de substratos e temperaturas na germinação de sementes de duas frutíferas silvestres. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 66-73, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- CARDOSO, V.J.M. Germinação. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p.386-408.
- CARLSSON, A. S. Plant oils as feedstock alternatives to petroleum: a short survey of potential oil crop platforms. **Biochimie**, Paris, v. 91, p. 665-670, Apr. 2009.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. et al. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 28, p. 341-352, 2002.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- DIASFILHO, M. B. Physiological responses of *Solanum crinitum* LAM. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796, ago. 1997.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- PANO, G.; PRIOR, M. Avaliação de substratos para a germinação de crambe (*Crambe abyssinica*). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.2, p.151-157, 2009.
- SÁNCHEZ, R.A.; MIGUEL, L. Phytochrome promotion of mannan-degrading enzyme activities in the micropylar endosperm of *Datura ferox* seeds requires the presence of the embryo and gibberellin synthesis. **Seed Science Research**, Wallingford, v.7, n.1, p. 27-33, 1997.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

VÁLIO, I.F. M.; SCARPA, F.M. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n.1, p. 79-84, jan./mar. 2001.

VARISCO, M.R.; SIMONETTI, A.P.M.M. Germinação de sementes de crambesob influência de diferentes substratos e fotoperíodos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v. 1, p. 172-187, 2012.

CAPÍTULO 3

Adequação da metodologia dos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

RESUMO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma cultura pertencente à família Brassicaceae e atualmente vem sendo estudada no Brasil visando a produção de biodiesel, já que possui elevado teor de óleo. Para sucesso de implantação de uma cultura se faz necessário a utilização de sementes de qualidade. Dentre os testes disponíveis, o teste de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado têm se mostrado promissores, em termos de padronização, por proporcionarem resultados reproduzíveis. Objetivou-se nesta pesquisa adequar a metodologia dos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes, da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizados sete lotes de sementes de crambada cultivar FMS Brilhante que foram avaliados pelo teste de germinação, primeira contagem, emergência, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica com 4 tratamentos de pré-embebição (0, 2, 4 e 8 horas) e 4 períodos de embebição (4, 8, 16 e 24 horas) a 25°C para realização das leituras, e o teste de envelhecimento acelerado sob três umidades relativas do ar no ambiente do teste (100, 87 e 76%) e 3 períodos de exposição (24, 48 e 72 horas). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os testes de condutividade elétrica (2 horas de pré-embebição e avaliação após 16 horas) e envelhecimento acelerado tradicional por 72 horas foram eficientes para classificação dos lotes de sementes de crambem diferentes níveis de vigor.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*. Envelhecimento acelerado. Condutividade elétrica. Qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is a culture belonging to the family Brassicacea and currently is being studied in Brazil to produce biodiesel, since it has high oil content. For successful implementation of a culture is necessary the use of quality seeds. Among the tests available, the electrical conductivity and accelerated aging have shown promising results in terms of standardization, by providing producible results. The objective of this methodology to adjust the electrical conductivity and accelerated aging to evaluate the physiological quality of seeds of crambe. The experiment was conducted at the Central Laboratory of Seed Analysis, Federal University of Lavras. We used seven crambe seed lots of cultivar Bright FMS that were submitted to germination test, first count, emergency, emergency speed index, electrical conductivity with 4pre-soaking treatments(0, 2, 4 and 8 hours) and 4soaking periods (4, 8, 16 and 24 hours) at 25 ° C to perform the reading, and accelerated aging under three air relative humidity in the test environment(100, 87 and 76%) and third periods of exposure (24, 48 and 72 hours). Data were submitted to analysis of variance and the averages compared by Scott-Knott test at 5% significance level. The electrical conductivity (2 hours of soaking and pre-evaluation after 16 hours) and accelerated aging for 72 hours was effective for classification of crambe seed lots into different vigor levels.

Keywords: *Crambe abyssinica*. Accelerated aging. Electrical conductivity. Physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence à família Brassicaceae, é adaptável e tolerante a seca e ao frio, comportando-se como uma cultura de inverno nas condições climáticas de algumas regiões brasileiras (NEVES et al., 2007; RUAS et al., 2010). Segundo Faria (2010), é adaptável às diversas condições climáticas, desde geadas típicas do Sul do país até climas quentes e secos, como do Centro-oeste brasileiro.

Pesquisas recentes mostram que o crambe tem grande potencial para se consolidar como opção para produção de biodiesel em virtude do seu alto teor de óleo. Segundo Souza, A. et al. (2009), pode ser encontrado teores de óleo em torno dos 44% nas sementes dessa oleaginosa, sendo superior ao da soja que chega ao máximo de 24%. Além disso, 57% do seu óleo é constituído de ácido erúico, o que não o torna adequado para alimentação humana, mas uma excelente matéria prima (juntamente com a colza) também para a fabricação de produtos químicos intermediários que são utilizados na confecção de sacos plásticos, cosméticos, produtos de higiene pessoal, entre outros (WANG et al., 2000). Além desses fatores o novo Marco Regulatório em 2012, que prevê a adição de 7% de biodiesel ao diesel comum até 2020, evidencia a necessidade de matérias primas com qualidade para produção de biodiesel.

No entanto, as pesquisas relacionadas ao crambe ainda são escassas, especialmente sobre o controle de qualidade de suas sementes.

A avaliação da qualidade de sementes de crambe é realizada pelo teste de germinação, prescrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), o qual oferece condições ideais, possibilitando que o lote expresse o potencial máximo de germinação. Já os testes de vigor permitem diferenciar lotes que apresentam valores semelhantes de germinação e identificam lotes com maior ou menor probabilidade de apresentar melhor desempenho em campo.

(MASSETO et al., 2009). Esse tipo de informação pode ajudar na tomada de decisões internas das empresas produtoras de sementes quanto ao destino de determinado lote, quanto à região de comercialização ou à conveniência de armazená-lo ou vendê-lo num curto espaço de tempo. Assim, esses testes são componentes essenciais de um programa de controle de qualidade de sementes (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

Dentre os testes de vigor disponíveis, o teste de condutividade elétrica e de envelhecimento acelerado tem se mostrado promissores, em termos de padronização, por proporcionarem resultados reproduzíveis, correlacionados, em muitas vezes, com a emergência de plântulas em campo, potencial fisiológico e de armazenamento, além da facilidade de execução, baixo custo e rapidez (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

Segundo Vieira e Krzyzanowsky (1999), o teste de condutividade elétrica se baseia na avaliação indireta do estado de organização das membranas celulares, através da determinação da quantidade de lixiviados liberados pelas sementes na solução de embebição. Quanto menor for o período de reestruturação das membranas, menor será a perda de lixiviados para o meio externo. Assim, sementes de menor vigor apresentam maior valor de condutividade elétrica quando comparadas as mais vigorosas (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA, 2002).

Uma das vantagens do teste é a rapidez na obtenção dos resultados. O período de 24 horas de embebição tem sido o mais recomendado para avaliação da condutividade elétrica de sementes em algumas espécies. Contudo, existem pesquisas indicando que o período de embebição de sementes pode ser reduzido. Soares et al. (2010), avaliando o vigor de sementes de sorgo pelo teste de condutividade elétrica em intervalos de 2 horas até completar 48 horas não conseguiram diferenciar os lotes em níveis de vigor, apenas identificar os de baixo vigor. Souza, L. et al. (2009), objetivando estudar a qualidade fisiológica

de sementes de mamona afirmam que após 6 horas de embebição é possível detectar diferenças de qualidade entre os lotes. Outras pesquisas também mostraram a possibilidade da redução do tempo de embebição para avaliação da condutividade elétrica de outras espécies como em nabo forrageiro (NERY; CARVALHO; GUIMARÃES, 2009), gergelim (TORRES et al., 2009) e pinhão manso (ARAÚJO et al., 2011).

No processo de embebição das sementes, ocorre uma reorganização das membranas celulares de modo a permitir que a mesma se reestruture e recupere sua função de permeabilidade seletiva. A capacidade de reorganização das membranas pela semente no início do processo de embebição vai influenciar de forma direta da quantidade e natureza dos solutos liberados para o meio externo (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Sendo assim, fornecer um período de embebição às sementes permitiria uma reestruturação das membranas daquelas sementes que não estão deterioradas, fornecendo resultados mais condizentes com a qualidade fisiológica do lote após o período de embebição para avaliação da condutividade. Barbosa et al. (2012), em pesquisa com sementes de amendoim, afirmaram que sementes mais hidratadas expressaram valores de condutividade elétrica menores e estabilizaram mais rapidamente em relação a sementes secas.

O teste de envelhecimento acelerado é baseado no aumento da deterioração das sementes pela exposição às condições de temperatura e umidade relativa consideradas altas (40 a 45°C e próxima a 100% de UR), sendo estes os fatores relevantes na deterioração de sementes (DELOUCHE, 1965; DELOUCHE; BASKIN, 1973). Entretanto, este teste tem alguns fatores que afetam o comportamento das sementes como o período de permanência na mini-câmara (MARCOS FILHO, 1998; ROSSETTO; LIMA; GUIMARÃES, 2004) e as condições de exposição das sementes ao teste. É recomendado o uso de água na mini câmara de envelhecimento, sendo o tempo de exposição e a

temperatura variável conforme a espécie. Para mamona pode ser utilizado 42°C durante 72 horas (LOPES; BELTRÃO; LOPES NETO, 2008), para amendoim a temperatura é 42 °C durante 72 horas (ROSSETTO; LIMA; GUIMARÃES, 2004), em algodão, 41°C durante 72 horas (MIGUEL et al., 2001), 42°C durante 48 horas para soja (DUTRA; VIEIRA, 2004) e 96 horas a 41°C em sementes de nabo forrageiro (NERY; CARVALHO; GUIMARÃES, 2009).

Jianhua e McDonald (1996) sugerem a substituição de água por soluções saturadas com sais a fim de reduzir a umidade relativa no interior das caixas plásticas, ocasionando assim numa redução na velocidade de hidratação das sementes durante o envelhecimento acelerado (TORRES, 2005). Essa alteração dos níveis de umidade relativa no interior da caixa permite a obtenção de umidade relativa de aproximadamente, 76% quando é utilizado cloreto de sódio (NaCl) e 87% quando é utilizado cloreto de potássio (KCl). Segundo os mesmos autores, quando submetidas a este tipo de envelhecimento, as sementes chegam a um teor de água em torno de 11 a 14%, semelhante ao verificado durante o armazenamento das sementes da maioria das espécies cultivadas, fazendo com que os efeitos provocados sejam mais naturais em relação ao teste de envelhecimento tradicional. Nery, Carvalho e Guimarães(2009), estudando o efeito do envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina saturada de NaCl verificaram que é possível diferenciar lotes de sementes de nabo forrageiro expostas durante 72 horas em solução salina a 41°C, período menor quando comparado ao envelhecimento tradicional, onde só foi possível diferenciar os lotes após 96 horas.

Devido à necessidade de se estabelecer procedimentos e obter a padronização de testes fisiológicos, com ênfase àqueles com capacidade de proporcionar resultados rápidos, objetivou-se nesta pesquisa adequar a metodologia do teste de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de crambe.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório Central de Análise de Sementes, no Setor de Sementes, do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se sete lotes de sementes de crambe da cultivar FMS Brilhante produzidas em setembro de 2011 no campo experimental da EPAMIG em Lavras - MG e armazenadas em embalagens de papel em câmara fria (15°C e 55% UR). Foram conduzidos os seguintes testes e determinações:

Grau de umidade – foi determinado pelo método da estufa a 105°C durante 24 horas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando 4 repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

Germinação – Foi realizada em areia previamente passada por peneira de malha de 0,8mm e esterilizada em estufa de circulação forçada de ar a 200°C por 2 horas (BRASIL, 2009). O substrato foi umedecido com nitrato de potássio (KNO₃) a 0,2% na quantidade de 60% da capacidade de retenção da areia após a esterelização, seguindo procedimento de cálculo descrito em Brasil (2009). Quatro subamostras de 50 sementes foram semeadas em caixas plásticas tipo gerbox sobre uma camada uniforme de 3 cm de areia umedecida e cobertas com uma camada uniforme de 2 cm da mesma areia. As avaliações foram feitas aos 4 e 7 dias após a semeadura, e os resultados expressos em média das porcentagens de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação – Foi realizado juntamente com o teste de germinação, registrando-se a porcentagem de plantulas normais obtidas aos quatro dias após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais.

Teste de emergência de plântulas - a semeadura foi realizada em caixas plásticas em substrato terra:areia na proporção 1:2 e capacidade de campo

para 60% a 25°C em câmara de crescimento vegetal e fotoperíodo de 12 horas. As irrigações foram feitas sempre que necessário. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais ao 14º dia. Paralelamente ao teste de emergência foi realizado o **índice de velocidade de emergência**, computando-se diariamente o número de plântulas emergidas, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962).

Teste de envelhecimento acelerado - Nas variações da metodologia do teste de envelhecimento acelerado foram estudadas três umidades relativas (UR) distintas: 100% UR obtida pelo uso de 40 ml de água destilada; 87% UR obtida utilizando-se 40 ml de solução saturada de cloreto de potássio (32g KCl /100ml de água destilada) e 76% de UR obtida utilizando-se 40 ml de solução saturada de cloreto de sódio (40g NaCl /100ml de água destilada) (JIANHUA; MCDONALD, 1996). As sementes foram distribuídas em camada única sobre tela acoplada a caixa gerbox, contendo no fundo de cada caixa plástica 40 mL de água destilada ou solução saturada correspondente, em seguida as caixas foram fechadas e embaladas em sacos plásticos com 0,05 mm de espessura e mantidas a 41°C durante 24, 48 e 72 horas. Após o período de exposição foi determinado o teor de água das sementes e o teste de germinação, com a contagem realizada no quarto dia.

Teste de condutividade elétrica – Foi conduzido pelo método de massa. Utilizou-se quatro subamostras com aproximadamente 0,45 g, pesadas em balança de precisão de 0,001g. As amostras foram colocadas em copos plásticos para embeber em 50 mL de água destilada e deionizada a 25°C, durante 2, 4 e 8 horas e sem embebição. Após esse período a água foi descartada e foi adicionada novamente 50 mL de água destilada e deionizada e levadas a 25°C. Após 4, 8, 16 e 24 horas de embebição foi determinada a condutividade elétrica da solução com um condutivímetro de bancada modelo Digimed DM-31. Após

as leituras, foram calculados os valores da condutividade elétrica por grama de sementes colocadas para embeber e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

Procedimento estatístico – O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições. A condutividade elétrica foi composta pelo fatorial $7 \times 4 \times 4$, sendo sete lotes, os quatro períodos de pré-embebição e quatro períodos de embebição para realização da leitura de condutividade elétrica. O envelhecimento acelerado foi composto pelo fatorial $7 \times 3 \times 3$, sendo os sete lotes, três umidades relativas e três períodos de exposição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram processadas no software SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 encontram-se os resultados dos testes de germinação e de vigor realizados nos sete lotes de sementes de crambe. Pelo teste de germinação é possível separar os lotes em seis níveis quanto a qualidade fisiológica, sendo de qualidade superior o lote 7, enquanto o lote 5 foi de menor qualidade. O teste de primeira contagem é considerado um teste de vigor porque no processo de deterioração, a velocidade de germinação é um parâmetro afetado (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987). Nesse sentido, os lotes 3 e 6 foram os mais vigorosos, enquanto que o menor desempenho foi atribuído ao lote 1, que também foi o de menor germinação. O lote 7 apesar de ter o melhor desempenho germinativo, não foi o mais vigoroso neste teste fisiológico, sendo considerado de vigor intermediário.

Tabela 1. Valores médios de germinação (*Germ.(%)*), primeira contagem de germinação (*PC(%)*), emergência de plântulas (*Emerg.(%)*) e índice de velocidade de emergência (*IVE*).

<i>Lotes</i>	<i>Germ.(%)</i>	<i>PC(%)</i>	<i>Emerg.(%)</i>	<i>IVE</i>
1	28 e	00 d	82 a	9,96 a
2	81 c	33 b	71 b	9,36 a
3	84 c	57 a	67 b	9,12 a
4	76 d	36 b	68 b	8,05 b
5	6 f	26 c	56 c	7,38 b
6	88 b	55 a	69 b	8,29 b
7	94 a	36 b	73 b	9,78 a
CV (%)	4,51	13,27	4,25	7,34

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

O teste de emergência de plântulas baseia-se no princípio de que é tanto mais vigoroso um lote de sementes, quanto maior for a emergência das plântulas (NAKAGAWA, 1994). Baseado nessa premissa, foi possível distinguir três níveis de vigor sendo o lote 1 o de maior vigor e o lote 5 com o pior desempenho, ficando os demais lotes na categoria intermediária de vigor. O índice de velocidade de emergência, não foi sensível em classificar os lotes em níveis de vigor, possibilitando apenas classificar os lotes com alto e baixo vigor (Tabela 1). Observa-se que o lote 1 apresentou uma menor germinação em laboratório, desempenho este que não se confirmou pelo teste de emergência, ficando como o mais vigoroso. Isso pode ser explicado pela dormência pós colheita, presente em sementes de crambe que é típico de espécies não domesticadas e serve para aumentar a longevidade, por isso essa dormência leva a subestimar a germinação e ocasiona emergência de plântulas voluntárias em campo (CARLSON et al., 1996).

Ainda na tabela 1 percebe-se que o lote de baixa porcentagem de germinação não se manteve entre os de qualidade fisiológica inferior quando submetidos aos demais testes de vigor, como ocorreu com o lote 1. Houve concordância entre os resultados do teste de germinação, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência quanto à indicação do lote 5 como de menor qualidade fisiológica, o que não ocorreu com relação aos melhores lotes, onde o lote 7 foi considerado o de melhor desempenho pelo teste de germinação, o que não aconteceu na emergência, enquanto que o lote 1 foi melhor na emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência, comportamento inverso ao que teve na germinação.

Os teores de água dos sete lotes de sementes de crambe após os testes de envelhecimento acelerado apresentaram diferenças estatísticas para todos os tratamentos (Tabela 4). Os teores de água antes do teste de envelhecimento estavam em torno de 8%, sendo esta umidade característica de espécies oleaginosas (BURREL et al., 1980).

Tabela 2. Teor de água das sementes (%) após o envelhecimento acelerado com água (H₂O), solução salina saturada de cloreto de potássio (KCl) e solução salina saturada de cloreto de sódio (NaCl) de sete lotes de sementes de crambe, com três períodos de envelhecimento, à temperatura de 41°C.

Lote	H ₂ O				KCl				NaCl			
	0h	24h	48h	72h	0h	24h	48h	72h	0h	24h	48h	72h
1	8,1 a	34,1 a	34,6 a	31,0 e	8,1 a	11,8 d	11,6 d	11,9 b	8,1 a	9,6 a	9,1 c	9,4 b
2	8,4 a	32,8 a	32,3 c	35,5 b	8,4 a	10,3 e	10,5 e	13,4 a	8,4 a	11,5 a	11,7 a	9,7 b
3	8,5 a	33,3 a	32,5 c	35,5 b	8,5 a	13,5 b	13,7 b	13,1 a	8,5 a	10,3 a	10,1 b	10,5 a
4	8,9 a	33,7 a	32,5 c	36,5 a	8,9 a	14,8 a	14,5 a	13,7 a	8,9 a	10,2 a	10,5 b	9,5 b
5	8,5 a	28,8 b	26,6 d	33,2 d	8,5 a	12,5 c	12,3 c	11,4 c	8,5 a	9,8 a	10,3 b	9,7 b
6	8,5 a	30,6 b	33,4 b	34,7 c	8,5 a	13,4 b	13,3 b	13,4 a	8,5 a	10,3 a	10,5 b	9,9 b
7	8,7 a	29,4 b	27,7 e	35,2 b	8,7 a	13,5 b	13,7 b	13,1 a	8,7 a	9,5 a	9,4 c	9,4 b
CV(%)	2,25	1,89	0,64	0,75	2,25	2,29	1,95	1,34	2,25	3,34	2,13	1,56

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Jianhua e McDonald (1996) afirmam que o uso de soluções salinas no teste de envelhecimento acelerado ocasiona numa redução da umidade relativa no interior das caixas plásticas e conseqüentemente uma hidratação mais lenta das sementes. Isso foi observado quando utilizado sais cloreto de potássio e cloreto de sódio, onde a umidade variou entre 10,3 a 14,8% e 9,1 a 11,7%, respectivamente. Independente do período de exposição, o teor de água final foi menor em relação ao envelhecimento tradicional que usa apenas água, o qual teve umidade entre 31,0 e 36,5% após 72 horas de exposição.

No envelhecimento tradicional, houve um acréscimo acentuado no teor de água ao longo do período de exposição das sementes de crambe em todos os lotes. Apesar dos lotes não diferirem no tempo de exposição inicial (tempo 0), com o aumento do período de exposição houve uma estratificação dos lotes em todas as condições de umidade, com destaque para o período de 72 horas em envelhecimento tradicional e 24 e 48 horas quando empregado solução saturada com KCl. As diferenças observadas entre teores de água dos lotes, após o envelhecimento acelerado, foram consideradas como devidas às diferenças de qualidade intrínsecas dos lotes.

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado com água e com soluções salinas de cloreto de sódio e cloreto de potássio nos diferentes períodos de exposição a temperatura de 41°C estão expostos na tabela 3. É possível diferenciar níveis de vigor em todos os tratamentos nos lotes de sementes de crambe. Com o emprego de soluções saturadas com sal ocorre redução do desenvolvimento de fungos durante o teste, em função da redução da umidade relativa. Segundo Silva e Silva (2000), a presença e a incidência de fungos podem ser favorecidas pelo período de envelhecimento, que pode vir a influenciar o resultado. A presença de fungos foi observada no envelhecimento tradicional com água, durante 48 e 72 horas em todos os lotes (dados não mostrados), o que não aconteceu no envelhecimento com solução salina.

Tabela 3. Germinação após o teste de envelhecimento acelerado de sete lotes de sementes de crambe, utilizando água ou solução salina em diferentes períodos de exposição, à temperatura de 41°C.

<i>Tempo</i>	<i>Umidade (UR%)</i>								
	NaCl			KCl			H ₂ O		
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
<i>Lotes</i>	----- (%) -----								
1	72 bB	79 aA	41 cC	74 aA	49 cB	38 cC	56 cB	68 aA	51 bB
2	76 aA	57 bB	51 aC	61 bA	56 bA	57 bA	51 dA	55 bA	52 bA
3	65 cA	59 bB	46 bC	53 cA	53 bA	20 dB	55 cA	56 bA	10 eB
4	47 dA	43 dA	33 dB	45 dA	32 dB	41 cA	46 dA	50 bA	44 cA
5	72 bA	64 bB	49 aC	75 aA	65 aB	56 bC	75 aA	53 bB	17 dC
6	67 cA	61 bB	46 bC	59 bA	30 dC	43 cB	61 bA	37 cB	57 bA
7	79 aA	48 cB	52 aB	59 bB	50 cC	67 aA	76 aA	63 aB	67 aB
CV (%)	7.00								

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Nenhum lote se destacou da mesma forma para todos os tratamentos. Nos tratamentos com KCl e água por 48 e 72 horas, o lote 3 foi considerado um lote de baixo vigor, no entanto, quando submetido ao tratamento com NaCl durante o mesmo período de exposição, este lote seria classificado num segundo nível de vigor. Os lotes 2, 5 e 7 foram os melhores lotes em relação aos demais no tratamento com NaCl a 72 horas, comportamento não observado no envelhecimento acelerado tradicional e com KCl no mesmo período de exposição. O tratamento com água durante 72 horas foi o que proporcionou uma melhor distinção quanto a qualidade fisiológica dos lotes (distinguindo seis níveis de vigor), evidenciando a superioridade do lote 7, semelhante ao teste de germinação. Comportamento inverso foi verificado por Nery, Carvalho e Guimarães(2009) que diferenciaram melhor, quanto ao vigor, lotes de sementes de nabo forrageiro quando foi utilizada solução saturada de NaCl durante 72 horas. Toledo et al. (2011) não detectaram uma temperatura e um período adequado de exposição das sementes de crambe no teste de envelhecimento tradicional que proporcionasse uma distinção de qualidade fisiológica entre os lotes avaliados. Os mesmos autores em suas conclusões sugerem que mais pesquisas fossem realizadas.

Em relação ao ajuste da metodologia do teste de condutividade elétrica (Tabela 4), observa-se que os números de níveis em que foram classificados os lotes, foi sempre maior quando não houve pré embebição, e tende a reduzir quanto maior é o tempo de embebição. Observa-se também que à medida que o tempo de embebição aumenta além de 16 horas, o número de níveis de lotes do tempo de pré embebição de 2 horas se equipara com aquele observado no tratamento sem pré embebição.

Tabela 4. Condutividade elétrica de lotes de sementes de crambe em períodos de préembebição e tempos de embebição a 25°C.

<i>Tempo de embebição</i>	<i>Lotes</i>	<i>Préembebição (horas)</i>			
		0	2	4	8
4 horas	1	506,55 b	96,74 b	69,04 a	35,03 b
	2	509,14 b	92,74 b	54,69 b	35,69 b
	3	556,18 a	133,04 a	77,76 a	53,03 a
	4	566,80 a	106,54 b	69,74 a	38,35 b
	5	553,08 a	93,33 b	50,14 b	34,13 b
	6	438,40 d	80,57 c	54,57 b	33,92 b
	7	485,48 c	86,84 c	69,16 a	38,44 b
8 horas	<i>Lotes</i>	0	2	4	8
	1	534,35 c	107,46 c	77,65 a	43,09 b
	2	523,03 d	103,35 c	60,12 b	43,44 b
	3	553,14 b	146,29 a	87,55 a	60,00 a
	4	594,68 a	120,24 b	78,60 a	46,95 b
	5	543,45 c	103,07 c	65,13 b	43,54 b
	6	443,22 e	85,02 d	62,18 b	41,06 b
7	513,96 d	95,61 d	80,56 a	46,52 b	
16 horas	<i>Lotes</i>	0	2	4	8
	1	614,36 d	143,73 c	98,86 b	62,75 b
	2	630,28 c	140,45 c	88,66 b	61,28 b
	3	669,85 a	187,72 a	119,73 a	88,72 a
	4	669,41 a	163,53 b	108,42 a	71,03 b
	5	650,45 b	140,63 c	88,13 b	64,90 b
	6	552,02 e	111,94 e	87,32 b	58,79 b
7	609,96 d	127,02 d	112,91 a	66,91 b	
24 horas	<i>Lotes</i>	0	2	4	8
	1	665,03 c	159,84 c	100,90 b	71,12 c
	2	636,41 d	149,72 c	91,21 c	68,81 c
	3	699,02 b	196,71 a	131,01 a	103,5 a
	4	727,35 a	174,67 b	116,80 a	87,04 b
	5	674,25 c	154,57 c	102,57 b	76,52 c
	6	590,48 e	119,48 e	88,94 c	61,09 c
7	660,00 c	136,11 d	126,48 a	78,01 c	
CV (%)	4,20				

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam estatisticamente entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Esse resultado foi coerente com os fundamentos do teste porque à medida que o tempo de embebição avança, o sistema de membranas é reconstituído e a lixiviação diminuiu. Assim, quanto mais desorganizado estiver o sistema de membranas maior será a quantidade de lixiviados perdida nos primeiros momentos de embebição e, portanto, a discriminação de lotes em diferentes qualidades será maior.

Entretanto, é importante considerar que a introdução de pré embebição no teste de condutividade elétrica pode melhorar a precisão dos resultados na medida em que exclui medições de eletrólitos agregado no exterior das sementes. Neste trabalho foi possível realizar a pré embebição de 2 horas sem prejuízo do número de discriminação, desde que a embebição seja feita por tempo superior a 16 horas.

Por esses resultados pode-se inferir que o teste de condutividade elétrica é promissor para avaliar o vigor de sementes de crambe, especialmente quando o atributo que se quer investigar é a organização dos sistemas de membranas fosfolipídicas nas sementes. É importante ressaltar também que foi possível verificar a possibilidade de préembebição das sementes por 2 horas sem alterar o potencial discriminatório do teste, desde que a embebição seja por tempo superior a 16 horas. As inconsistências entre resultados para discriminação de lotes específicos, em relação a outros testes foram atribuídas a características da espécie não considerada neste trabalho. Sendo assim é necessário que, em estudos futuros sejam considerados fatores como dormência, relação qualidade/composição química e outras, para se determinar com precisão, pressupostos básicos para a exata aplicação do teste.

4 CONCLUSÕES

- A utilização do envelhecimento acelerado tradicional durante 72 horas foi eficiente para distinguir lotes quanto a sua qualidade fisiológica.

- No teste de condutividade elétrica, é possível verificar diferentes níveis de vigor quando empregado uma préembebição de 2 horas, e avaliação após 16 horas de embebição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos esclarecimentos advindos desta pesquisa referente ao comportamento germinativo das sementes de crambe bem como a obtenção de informações de adequação de alguns testes fisiológicos, se faz necessário continuar com pesquisas relacionadas a esses temas, em virtude da qualidade intrínseca dessas sementes considerando sua composição química e dormência.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. F. et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas*L.). **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, p. 79-86, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 2002. 105p. (Contribution, 32).

BARBOSA, R.M. et al. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.45-51, jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

BURRELL, N.J. et al. Determination of the time available for drying rapeseed before the appearance of surface moulds. **Journal of Stored Products Research**, Elmsford, v.16, n.3/4, p.115-118, 1980.

CARLSON, K. D. et al. Crambe: new crop success. In: JANICK, J. (Ed.). **Progress in new crops**. Alexandria: ASHS, 1996. p. 306-322.

DELOUCHE, J.C. **An accelerated aging techniques for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue lots**. Madison: Agronomy Abstracts, 1965. 40 p.

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

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.715-721, maio/jun. 2004.

FARIA, R. Q. **Cinética de secagem e qualidade fisiológica das sementes de crambe**. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Sistema para Análise de Variância**. Lavras: UFLA/DEX, 2000. Software.

HAMPTON, J.G.; TEKONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. Zürich:ISTA,1995. 117p.

JIANHUA, Z.; MCDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small seeds crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LOPES, F. F. M.; BELTRÃO, N. E. M.; LOPES NETO, J. P. Crescimento inicial de genótipos de mamoneira com sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.12, n.2, p.69-79, 2008.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. O valor dos testes de vigor. **Seed News**, Pelotas, n.6, p.32, 1998.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba:FEALQ, 1987. 230p.

MASETTO, T.E. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

MIGUEL, M.H. et al. Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p. 741-746, 2001.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 49-85.

NERY, M.C.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M. Testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de nabo forrageiro. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.19, n.1, p. 9-20, 2009.

NEVES, M. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de crambe produzidos em Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA, 1., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA, 2007. p.97-98.

ROSSETTO, C.A.V.; LIMA, T. M.; GUIMARÃES, E. C. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em semente de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.795-801, ago. 2004.

RUAS, R.A.A. et al. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n. 1, p.61-65, 2010.

SILVA, M.A.D. da; SILVA, W.R. da. Comportamento de fungos e de sementes de feijoeiro durante o teste de envelhecimento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n. 3, p.599-608, mar. 2000.

SOARES, M.M. et al. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo em ênfase a condutividade elétrica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 391-397, mar./abr. 2010.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, out. 2009.

SOUZA, L. A. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 60-67, 2009.

TOLEDO, M.Z. et al. Physiological quality and enzymatic activity of crambe seeds after the accelerated aging test. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 687-694, 2011.

TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pepino com e sem solução salina saturada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.303-306, 2005.

TORRES, S. B. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 3, p.70-77, 2009.

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

WANG, Y.P. et al. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, London, v. 12, n.1, p.47-52, Jan. 2000.