

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE  
CRAMBE (*Crambe abyssinica*)**

**Érica Fernandes Leão**

Engenheiro Agrônomo

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE  
CRAMBE (*Crambe abyssinica*)**

Érica Fernandes Leão

Orientador: Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2012

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ÉERICA FERNANDES LEÃO** – nascida em 07 de novembro de 1988, na cidade de Catalão, GO. Possui graduação em Engenharia Agrônômica (2011) pela UEG - Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, GO. Atuando durante a graduação em pesquisas com sementes, foi bolsista do Programa de Bolsas da UEG – PBIC/UEG no ano de 2008 e no ano de 2009, contemplada com bolsa do Programa de Iniciação Científica do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, PIBIC/CNPq. O trabalho de conclusão de curso intitulado “Quebra de dormência e desenvolvimento inicial de mudas de duas espécies de pequiheiro” foi orientado pelo Prof. Dr. Nei Peixoto. Ingressou no mestrado ainda em 2011, no programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, com bolsa do CNPq. No mestrado, orientada pelo Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira, atuou em linhas de pesquisa voltadas para o potencial fisiológico (germinação e vigor) de sementes.

***“Viver é plantar!  
É atitude de constante semeadura,  
de deixar cair na terra de nossa existência  
diversos tipos de sementes”.***  
*Hoje é tempo de ser feliz – Padre Fábio de Melo*

*À minha mãe **Sônia**  
que é o maior amor da minha vida.*

*Ao meu pai **Helder**  
que é meu maior orgulho,  
razão de todo meu esforço.*

**Dedico**

*Ao meu orientador  
**Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira**  
pela confiança neste trabalho e em mim.*

**Ofereço**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelas bênçãos que coloca todos os dias em minha vida. Ele me ilumina e mostra-me as possibilidades de crescer e seguir com fé pelos Seus caminhos, ainda que existam dificuldades.

À minha mãe Sônia pelo amor incondicional e dedicação máxima. Ela sempre foi a melhor forma de amor que conheci e a mais bela face. Agradeço pelo grande apoio! Você sempre será responsável pelas minhas vitórias.

Ao meu pai Helder pela luta vivida e pelo exemplo de comprometimento. É meu exemplo de garra e inteligência, razão pela qual busco o sucesso profissional. Nos momentos difíceis sempre estive ao meu lado mostrando que aquilo me fortaleceria.

Ao meu irmão Helton que mesmo um pouco distante fez-se presente nos obstáculos e nas conquistas. À minha irmã Héliida que sempre foi minha parceira, aquela na qual confiei tudo de mim. Amo muito vocês dois!

Aos meus sobrinhos Arthur e Miguel que foram a maior inspiração!

Ao meu namorado Walter, que soube entender minha ausência e me apoiar nesta empreitada. Agradeço a este maravilhoso amor que me oferece e que me faz sentir. É ótimo poder contar com você sempre.

À minha querida amiga Lílian, sem dúvida a melhor amizade que fiz na vida. Ela foi minha cúmplice fiel na busca deste objetivo. Agora distante, sinto muita falta de suas palavras e da sua companhia. Você estará sempre em minha memória e em meu coração.

Inúmeros agradecimentos ao meu orientador Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira por todas as oportunidades que me ofereceu. A nossa convivência foi ótima, tornando-se amigo e conselheiro. Meus sinceros agradecimentos por ter acreditado em meu potencial, suas sábias palavras foram a base deste trabalho e serão de muitos que ainda virão.

Aos meus amigos Bruno Vieira, Gisele Barbosa, Juliana Faria, Tatiane Pagan e Rafael Marani pelos momentos de descontração e de trocas de experiência. Vocês são co-responsáveis por esta etapa concluída, pois participaram do meu crescimento teórico e amadurecimento pessoal neste período.

A Unesp, professores e funcionários, por possibilitar a realização deste curso. Ao CNPq pela concessão da bolsa e viabilização desta pesquisa. À Caramuru Alimentos em Ipameri-GO e a Fundação Mato Grosso do Sul em Maracaju-MS, pelo fornecimento dos lotes de sementes de crambe.

Agradeço aos membros da banca do Exame Geral de Qualificação e da Defesa Dr. Bruno Guilherme Torres Licursi Vieira, Dra. Cibele Chalita Martins e Dr. Nei Peixoto pela contribuição com o aprimoramento do trabalho.

Aos funcionários do departamento de Produção Vegetal Carlos Alberto, Lázaro, Mauro, Mônica e Rubens por contribuir para a realização dos trabalhos e pela boa convivência.

À DuPont Pioneer, Unidade de produção e beneficiamento de sementes de soja de Catalão pelo apoio na conclusão deste curso e pela oportunidade de crescimento profissional.

**Muito obrigada!**

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 <i>Crambe abyssinica</i> Hochst. ex R. E. Fr. ....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Avaliação da qualidade fisiológica .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.1 Envelhecimento acelerado .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Deterioração controlada .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3 Condutividade elétrica .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4 Análise de imagens (SVIS®) .....</b>	<b>21</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Primeira etapa .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.1 Teor de água .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2 Germinação .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.3 Envelhecimento acelerado .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.4 Envelhecimento acelerado com solução salina saturada .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.5 Condutividade elétrica .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.6 Emergência de plântulas em campo .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.7 Emergência de plântulas em laboratório .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.8 Sanidade de sementes .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Segunda etapa .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 Deterioração controlada .....</b>	<b>27</b>



3.2.2 Análise de imagens (SVIS®) .....	28
3.3 Procedimento estatístico .....	28
3.3.1 Primeira etapa .....	28
3.3.2 Segunda etapa .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1 Primeira etapa .....	30
4.2 Segunda etapa .....	42
5 CONCLUSÕES .....	49
6 REFERÊNCIAS .....	50

## POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*)

**RESUMO** – A produtividade das culturas está indiretamente relacionada com o potencial fisiológico das sementes, uma vez que este é um dos grandes responsáveis pelo adequado estabelecimento da população de plantas em campo. Assim, trabalhos têm sido conduzidos para adequar e descrever metodologias de avaliação do vigor de sementes para diversas espécies cultivadas. Para o crambe, cultura de cultivo recente no Brasil, são ainda escassos os trabalhos dessa natureza. Dessa forma, foram conduzidos experimentos em duas etapas, com o objetivo de adequar procedimentos para avaliação do vigor de sementes de crambe. Na primeira etapa foram utilizados 10 lotes e avaliaram-se a temperatura (41 e 45 °C) e o período de exposição (24, 48 e 72h) para os testes de envelhecimento acelerado com e sem solução salina saturada; oito períodos de embebição e dois volumes de água para o teste de condutividade elétrica (1, 2, 4, 8, 12, 18, 24 e 30 h/ 50 e 75 mL de água). Além disso, determinou-se a emergência de plântulas em campo e em laboratório e realizou-se o teste de sanidade dos lotes de sementes. Na segunda etapa foram utilizados seis lotes de sementes de crambe com os quais avaliou-se o teor de água (18, 20, 22%) para realização do teste de deterioração controlada e três parâmetros (índice de vigor, índice de crescimento e uniformidade de crescimento de plântulas) da análise computadorizada de imagens SVIS®. O teste de condutividade elétrica não apresentou resultados coerentes provavelmente devido ao elevado número de fungos aderidos às sementes. A deterioração controlada deve ser realizada com ajuste do teor de água para 18% e o procedimento de análise de imagens tem no parâmetro uniformidade de crescimento de plântulas um bom indicativo de vigor para sementes de crambe. O envelhecimento acelerado tradicional deve ser realizado com temperatura de 41 °C por 48 h de exposição. O procedimento com solução salina saturada a 41 ou 45 °C por 24 h é o melhor método para avaliação do vigor de semente de crambe, uma vez que possibilitou classificação dos lotes semelhante à emergência de plântulas em laboratório.

**Palavras-chave:** análise de imagens, deterioração, envelhecimento, vigor.

## PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF CRAMBE (*Crambe abyssinica*) SEEDS

**ABSTRACT** – The crop yields are indirectly related to the seed vigor, since it is responsible for establishing the adequate plant populations in the field. Thus, studies have been conducted to improve and describe methodologies for evaluating seed vigor of several crop species. For crambe, crop that has been recently introduced in Brazil, there are a few studies. Thus, experiments were conducted in two steps, with the aim of evaluating vigor tests for crambe seeds. In the first step, 10 seed lots were used and combination of temperature (41 to 45 °C) and the aging period (24, 48 and 72 h) for accelerated aging and saturated salt accelerated aging tests; eight soaking periods and two volumes of water for the electrical conductivity (1, 2, 4, 8, 12, 18, 24 and 30 h/50 and 75 mL of deionized water) were evaluated. Besides that seedling emergence in the field and in the laboratory and seed health were also determined. In the second step, six seed lots were used. Three seed water contents (18, 20, 22%) for performing controlled deterioration test and three parameters (index of vigor, growth rate and uniformity of seedling growth) of seed computerized analysis of images SVIS® were determined. The electrical conductivity data have shown no consistency probably due to the large number of fungi adhering to the seeds. The controlled deterioration test should be performed with adjustment of seed water content to 18% and the parameter uniformity of seedling growth (SVIS®) showed a good indicative of image analysis for crambe seeds. The accelerated aging test must be performed at a temperature of 41 ° C for 48 h exposure. The accelerated aging procedure with saturated salt solution at 41 or 45 ° C for 24 h is the best method for assessing the vigor of crambe seeds, as it allowed the classification of batches similar to the seedling emergence under laboratory conditions.

**Keywords:** image analysis, deterioration, aging, vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o mundo tem voltado sua atenção para produzir e desenvolver-se de modo sustentável. Assim, tem-se como alternativa o uso de energia limpa e renovável.

A utilização de fontes energéticas renováveis como o biodiesel, biocombustível derivado de biomassa, tem despertado atenção de produtores para cultivo de espécies oleaginosas. O incentivo federal por meio de programas, como o Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, para o aumento da produção de biodiesel vem sendo pautado pelas expectativas de consumo mundial crescente nos próximos anos (BRASIL, 2012).

Diversas espécies podem ser utilizadas na produção deste biocombustível, dentre elas o crambe (*Crambe abyssinica*), pertencente à família Brassicaceae. Cultivada em regiões tropicais e subtropicais pelo interesse industrial no óleo a espécie além de apresentar elevado teor de óleo nas sementes (30 a 45%), destaca-se pela tolerância à seca, podendo ser cultivada na entressafra na maioria das regiões brasileiras. Apresenta também marcante rusticidade, precocidade de produção e similaridade de tratos culturais e maquinários utilizados no agronegócio brasileiro (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010).

O primeiro cultivar de crambe brasileiro, FMS Brilhante, originou-se da seleção de material introduzido do México no início dos anos 90. Esse cultivar foi registrado em 2007 por pesquisadores da Fundação Mato Grosso do Sul. O genótipo é considerado produtivo e adaptado às condições brasileiras.

Os estudos com a cultura vêm sendo intensificados visando o desenvolvimento de tecnologias, desde a obtenção de sementes de qualidade até técnicas de manejo e produção. A identificação do potencial fisiológico das sementes é essencial para selecionar procedimentos que permitem o estabelecimento adequado da população de plântulas no campo bem como o crescimento uniforme das mesmas.

Lotes de sementes com taxas altas, similares e comercialmente aceitas de germinação podem apresentar comportamento distinto no campo, tendo em vista o potencial fisiológico das mesmas e as condições ambientais. Assim, podem resultar

em estado de plantas inadequado para a expressão do máximo potencial produtivo da cultura (ISTA, 1995; KIKUTI; MARCOS FILHO, 2008).

Dessa forma, vários procedimentos têm sido estudados para avaliar o vigor de sementes e compor programas de controle de qualidade das empresas produtoras. Pois com a estimativa do vigor de sementes pode-se descartar lotes deficientes, antes de levá-los ao campo, ou mesmo antes do completo processamento, reduzindo riscos e prejuízos futuros.

Com o objetivo de selecionar procedimentos que proporcionem resultados confiáveis e realizáveis em curtos períodos, alguns testes já foram relatados para avaliar o vigor de sementes com sucesso, como os testes de condutividade elétrica, deterioração controlada, o envelhecimento acelerado, e o envelhecimento acelerado com solução salina saturada e o uso da análise de imagem computadorizada (BAALBAKI et al., 2009).

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e adequar procedimentos para se avaliar o vigor de sementes de crame considerando os testes de condutividade elétrica, deterioração controlada, envelhecimento acelerado com e sem solução salina saturada e análise de imagens.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr.

Pertencente à família Brassicaceae, também conhecida como família das Crucíferas, o gênero *Crambe* apresenta mais de 30 espécies distribuídas principalmente na região do Mediterrâneo, Euro-Sibéria e região Turco-Iraniana (DESAI, 2004). A única espécie cultivada do gênero é *Crambe abyssinica* que é tradicionalmente produzida nos Estados Unidos e Europa. No Brasil a cultura foi recentemente introduzida visando principalmente à produção de biodiesel (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010).

Originária de regiões secas e frias do Mediterrâneo alguns relatos abordam a ocorrência de domesticação desta espécie em regiões quentes, com precipitação moderada na Etiópia (WEISS, 2000). É uma planta anual, herbácea, que atinge aproximadamente um metro altura. A haste principal ramifica-se próxima ao solo e forma mais de 30 galhos que, por sua vez, também se ramificam formando os galhos terciários (DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

Com folhas ovais e assimétricas, o crambe possui lâmina foliar com superfície lisa de aproximadamente 10 cm de comprimento por 7 cm de largura (OPLINGER et al., 2012). As flores são reunidas em inflorescências indeterminadas denominadas racemos, variam de coloração do branco ao amarelo claro e produzem número elevado de frutos. Os frutos são do tipo siliqua e cada um contém uma única semente esférica de cor marrom esverdeada quando atingem a maturidade fisiológica (DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

O tamanho das sementes é variável de acordo com as características de fertilidade do solo, disponibilidade de água durante a formação e maturação das mesmas e ainda de acordo com o número por planta. As sementes de crambe são ortodoxas, albuminosas, o eixo embrionário é curvo e apresentam plúmula protegida por fina cobertura de mucilagem (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1985; DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

O pericarpo, camada externa dos frutos de angiospermas que envolve as sementes, permanece aderido à estas após a colheita. Este representa

aproximadamente 30% do peso dos frutos e caracteriza-se pelo alto teor de lignina e celulose (LAZZERI et al., 1994; GASTALDI et al., 1998).

A principal utilização do crambe no mundo é para produção de ácido erúcido, este antes produzido somente a partir do óleo de colza. Atualmente, colza e crambe são as duas fontes principais do ácido para o mercado mundial. (GLASER, 1996). De acordo com Li et al. (2009), o ácido erúcido representa 55 a 60% do óleo das sementes de crambe. Este ácido apresenta a mesma utilização dos óleos minerais, mas com a vantagem de ser facilmente biodegradável (DESAI, 2004).

Dessa forma o óleo de crambe tem sua utilização destinada à indústria química e à produção de biodiesel, sendo considerado promissor pelo seu teor elevado nas sementes (30 a 45%) e pelo elevado poder lubrificante (KMEC, 1998; WEISS, 2000).

A cultura é considerada rústica, apresenta tolerância elevada ao déficit hídrico e ciclo de aproximadamente 90 dias. O cultivo do crambe é facilmente mecanizável com utilização de maquinários tradicionais utilizados nas regiões brasileiras produtoras de grãos. Estas características colocam a cultura em posição privilegiada no contexto do agronegócio brasileiro, pois pode ser utilizada na entressafra em várias regiões do país, principalmente em plantios mais tardios, com período de segunda safra reduzido (PITOL; BROCH; ROSCOE, 2010).

Os estudos com a cultura no Brasil são escassos e recentes. Com a disponibilidade de sementes a partir do registro do primeiro cultivar de crambe brasileiro pela Fundação Mato Grosso do Sul, os estudos intensificaram-se visando determinar sistema de cultivo rentável para a espécie.

Estudos envolvendo características da embebição e germinação de sementes de crambe permitiram concluir que o pericarpo é permeável à água, porém quando presente, retarda a embebição e ganho de massa das sementes (RUAS et al., 2010). Já estudos feitos por Costa, Martins e Lopes (2010) mostraram a influência do pericarpo na germinação e observaram que a ausência deste favorece o desenvolvimento das plântulas em diversas condições de temperatura e tratamento químico.

Avaliando o potencial fisiológico das sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento, Cardoso, Binotti e Cardoso (2012) observaram que

a embalagem metálica proporciona melhor preservação das características iniciais das sementes. Toledo et al. (2011) trabalhando com sementes de crambe concluíram que a interação entre a temperatura e o período de exposição afetam o potencial fisiológico e a atividade enzimática destas sementes. Estes autores concluíram ainda que a combinação adequada de temperatura e período de exposição para o teste de envelhecimento acelerado depende do genótipo.

## **2.2 Avaliação da qualidade fisiológica**

Um dos principais requerimentos para se atingir o máximo potencial produtivo das culturas é a obtenção de população de plantas adequada em campo, o que exige o uso de sementes com alta qualidade, ou seja, sementes puras, com alta qualidade sanitária e alto potencial fisiológico (germinação e vigor). Reduções na produtividade podem estar indiretamente relacionadas com baixo vigor das sementes se a população de plantas estabelecida em campo estiver abaixo do mínimo requerido para a cultura em questão (TEKRONY; EGLI, 1991; ISTA, 2000).

O vigor é definido como aquelas propriedades das sementes que determinam potencial para rápida e uniforme emergência e desenvolvimento de plântulas sob ampla faixa de condições ambientais (ISTA, 1995). É um parâmetro que possibilita a avaliação do potencial de desempenho das sementes ainda no início do processo de deterioração, antes da perda da germinabilidade das mesmas.

Ainda que lotes de sementes apresentem taxas altas e similares de germinação, estes podem diferir quanto a características fisiológicas, e exibir diferenças na habilidade de estabelecer população de plântulas vigorosas em campo. Assim, vários procedimentos têm sido desenvolvidos para determinar o vigor de sementes e, ou lotes de sementes de espécies cultivadas (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2008).

Um fator de grande interferência na avaliação da qualidade fisiológica de sementes é a presença de fungos. Para espécies que estão sendo introduzidas ao cultivo são poucas as informações sobre a ocorrência de fungos potencialmente patogênicos, tanto interna como externamente às sementes (GOMIDE et al., 1994).



Na literatura não existem relatos sobre os fungos associados às sementes de *Crambe abyssinica*.

Assim, o desenvolvimento de métodos adequados, padronizados, rápidos, objetivos, confiáveis e reproduzíveis é fundamental para indicar procedimentos para compor os programas de controle de qualidade de sementes, os quais asseguram ao produtor pagamento de preços compatíveis com a qualidade dos produtos.

Neste contexto, um procedimento adotado pela maioria dos estudos é a avaliação da primeira contagem de germinação, um parâmetro simples e que se baseia na contagem de sementes germinadas na primeira data. Assim, lotes com valores altos de primeira contagem são considerados vigorosos, sendo então um teste que se baseia no desempenho das plântulas. Dentre as principais vantagens do teste estão a rapidez, a facilidade de execução, o alto grau de padronização e ainda cabe ressaltar que pode ser realizado conjuntamente com o teste de germinação (NAKAGAWA, 1999; BARROS et al., 2002; MARCOS FILHO, 2005).

### **2.2.1 Envelhecimento acelerado**

O envelhecimento acelerado é um teste de vigor que envolve a exposição de sementes a condições de estresse, temperatura e umidade relativa do ar elevadas, que podem estar relacionadas com o potencial fisiológico. Assim, sementes com alto vigor manterão o potencial de desempenho mesmo após a exposição ao estresse, o que não ocorre com sementes de menor vigor. Este teste tem sido utilizado com sucesso em sementes de soja (MARCOS FILHO, 1999b; MARCOS FILHO; NOVENBRE; CHAMMA, 2001; DUTRA; VIEIRA, 2004) e também outras culturas, como milho (FESSEL et al., 2006), ervilha (PANOBIANCO; VIEIRA; PERECIN, 2007) e culturas olerícolas como abobrinha (DUTRA; VIEIRA, 2006a) e pepino (ABDO et al., 2005).

Dentre os fatores que afetam a precisão do teste de envelhecimento acelerado cabe ressaltar, o teor de água das sementes, tamanho da amostra, temperatura e período de exposição das mesmas. Para obtenção de resultados consistentes a temperatura deve ser monitorada, já que, quando muito elevada pode causar efeitos drásticos sobre o desempenho das sementes e conseqüentemente

apresentar resultados inconsistentes (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998; MARCOS FILHO, 1999b; TEKRONY, 2003).

Visando minimizar a interferência do teor de água das sementes deve-se assegurar que o teste seja instalado com amostras cujo teor de água não apresente variação superior a dois pontos percentuais, já que as sementes mais úmidas são mais sensíveis às condições de estresse e então sujeitas a deterioração mais acentuada. Assim, a determinação do teor de água antes e após o envelhecimento verifica a confiabilidade dos resultados do teste (MARCOS FILHO, 2005).

O período adequado de exposição das sementes tem sido estudado e determinado para algumas espécies que apresentam sementes pequenas como: cebola, 41 °C/72 h (TEKRONY, 1995); brócolis, 45 °C/48 h (TEBALDI et al., 1999); couve-flor, 41 °C/48 h (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2008), repolho, 42 °C/48 h e couve, 42 °C/96 h (COSTA; TRZECIAK; VILLELA, 2008).

Durante o período de envelhecimento a umidade relativa do ar é elevada, próximo a 100%. Nestas condições, sementes pequenas podem apresentar deterioração acentuada de modo a não permitir a classificação de lotes de qualidade fisiológica distinta em diferentes classes de vigor. Assim, para estas espécies cujas sementes embebem rapidamente e o processo de deterioração é acelerado têm surgido métodos alternativos de avaliação do vigor (POWELL, 1995; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998).

Neste contexto, o envelhecimento acelerado com a utilização de solução salina saturada (SSAA – “saturated salt accelerated aging”) possibilita a obtenção de ambiente com umidade relativa do ar inferior à metodologia tradicional. Os 40 mL de água colocados no fundo da caixa de plástico são substituídos por igual volume de solução saturada de sal. Dependendo da solução salina utilizada são obtidos níveis específicos de umidade relativa do ar, sendo 87% para o cloreto de potássio (KCl), 76% para o cloreto de sódio (NaCl) e 55% para o brometo de sódio (NaBr), limitando a absorção de água pelas sementes (JIANHUA; McDONALD, 1997).

Como pode ser observado nos trabalhos de Torres (2005) e Fessel et al., (2005), a maioria dos estudos com este procedimento utilizam o NaCl para a obtenção da solução saturada. Isso pode ser explicado pelo fato de ser um sal de fácil aquisição e manuseio.

Outro fator que valoriza o procedimento de envelhecimento com solução salina saturada é a redução do desenvolvimento de fungos durante o teste, que se deve à restrição na umidade relativa do ar no interior das caixas de plástico, desfavorecendo a proliferação de microrganismos. Para Silva e Silva (2000) a incidência de fungos nas sementes é favorecida pelo período de envelhecimento e a presença destes afeta diretamente os resultados do teste.

Ávila, Villela e Ávila (2006) relataram que ao utilizar o sal são liberados íons para o meio, e os íons de cloro possuem ação antifúngica. Além disso, as sementes mais secas são menos propensas a disseminação destes microrganismos (MARCOS FILHO, 2005). Trabalhos com sementes de rúcula (RAMOS et al., 2004) e de tomate (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001a) mostraram ausência de fungos na realização deste procedimento.

O teste tem sido amplamente estudado e tem mostrado eficiência para várias espécies, como algumas brássicas (COSTA; TRZECIAK; VILLELA, 2008), melão (TORRES; MARCOS FILHO, 2003), cenoura (RODO; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2000), pepino (BHÉRING et al., 2000; ABDO et al., 2005), rúcula (RAMOS et al., 2004) tomate (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001b), abóbora e abobrinha (DUTRA; VIEIRA, 2006a) e beterraba (SILVA; VIEIRA; PANOBIANCO, 2006). Apesar dos crescentes estudos, alguns fatores que afetam a precisão do teste, como temperatura e período de exposição, devem ser determinados para muitas espécies visando a padronização da metodologia.

### **2.2.2 Deterioração controlada**

Lotes de sementes de uma mesma espécie podem apresentar variadas taxas de absorção de água, o que também pode ocorrer entre sementes de um mesmo lote. Como alternativa para solucionar tal problema, o teste de deterioração controlada foi desenvolvido de forma que, o conteúdo de água das sementes antes do período de exposição ao estresse, seja uniformizado em todas as amostras para valores preestabelecidos. Assim as sementes são submetidas a deterioração em altas temperaturas porém com teor de água constante. (HAMPTON; TEKRONY, 1995; KRZYZANOWSKI; VIEIRA, 1999; AOSA, 2002).

Isso torna possível uma avaliação mais precisa e específica do vigor dos lotes de sementes. Assim, o teste de deterioração controlada permite distinguir entre os lotes os que estão com diferentes níveis de deterioração, podendo ser avaliados pelo teste de germinação ao final do envelhecimento, refletindo o vigor das sementes (POWELL, 1995; KRZYZANOWSKI; VIEIRA, 1999).

O teor de água inicial das sementes é ajustado a níveis adequados considerando a temperatura estabelecida, sendo que em altas temperaturas podem ser utilizados ajustes do teor de água para valores inferiores. Do mesmo modo, quando a temperatura de exposição das sementes for baixa o teor de água deve ser ajustado para níveis mais elevados. Esses valores apresentam-se inversamente proporcionais entre si (POWELL; MATTHEWS, 1981).

O teste tem sido bastante utilizado para determinar o potencial fisiológico de sementes de espécies como nabo, couve, colza, alho (POWELL; MATTHEWS, 1981; POWELL et al., 1984; LARSEN et al., 1998), couve-flor (MATTHEWS, 1998), brócolis (MENDONÇA; RAMOS, FESSEL, 2003), cebola (RODO; MARCOS FILHO, 2003) e beterraba (SILVA; VIEIRA, 2010).

Trabalhos que avaliam o melhor ajuste de teor de água inicial das sementes vêm sendo realizados na tentativa de aprimorar a padronização da metodologia do teste de deterioração controlada (ALSADON; YULE; POWELL, 1995; POWELL; FERGUSON; MATTHEWS, 1997; SILVA; VIEIRA, 2010). No entanto, as espécies ou até mesmo cultivares podem apresentar comportamento variado quando submetidas aos procedimentos preconizados para o método e utilizados para outras espécies.

### **2.2.3 Condutividade elétrica**

O teste de condutividade elétrica é recomendado para avaliar o vigor de sementes de ervilha e sugerido para sementes de soja (HAMPTON; JOHNSTONE; EUA-UMPON, 1992; VIEIRA, 1994; VIEIRA et al., 2001, 2002, 2004; MARCOS FILHO; VIEIRA, 2009a). Estudos têm demonstrado a possibilidade de uso deste teste em sementes de amendoim (VANZOLINI; NAKAGAWA, 1999), milho (FESSEL et al., 2006) e espécies hortícolas (ABDO et al., 2005; DUTRA; VIEIRA, 2006a).

Classificado como teste bioquímico, os resultados do teste de condutividade são obtidos em função da quantidade de lixiviados na solução. Este fato está relacionado à organização das membranas celulares. Assim, sementes deterioradas apresentam alto nível de degeneração dos sistemas de membranas celulares e, assim, baixo vigor.

A desestruturação das membranas celulares e conseqüentemente a liberação de exsudatos pelas sementes pode ser influenciada pelo grau de deterioração das sementes, mas também por outros fatores como idade e cor da semente, temperatura de armazenamento e de embebição, período de embebição, teor de água inicial das sementes e temperatura de armazenamento, mas nem sempre associado à deterioração das mesmas (AOSA, 1983; LOEFFLER et al., 1988; VIEIRA, 1994; VIEIRA et al., 2001, 2002; MARCOS FILHO; VIEIRA, 2009a).

Conhecer o período de embebição no qual a semente apresenta seu pico de liberação de exsudatos é importante quando o objetivo é a redução do período de execução dos testes de vigor. Tem sido observado, principalmente para hortaliças, que o período de embebição pode ser reduzido, pois de acordo com Bewley e Black (1985) a liberação de solutos é muito elevada durante o início da embebição.

A determinação do volume de água para cada espécie é necessária já que nos estudos observa-se grande variação de volume para espécies de sementes pequenas. Para brócolos 25 mL de água foi eficiente para discriminar lotes (FESSEL et al., 2005), com sementes de pimentão o volume de 50 mL mostrou-se promissor (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998) e para sementes de cenoura o volume que classificou os lotes foi o de 75 mL de água.

#### **2.2.4 Análise de imagens (SVIS®)**

Os procedimentos dos testes que avaliam o vigor de sementes são estudados para muitas espécies visando definir metodologia adequada e confiável para sua execução, porém o desenvolvimento de alternativas inovadoras tem surgido com objetivo de obter informações adicionais acerca do potencial fisiológico de sementes.

Dentre eles destaca-se o sistema automatizado de análise de imagem de plântulas SVIS® (Seed Vigor Imaging System) desenvolvido por Sako et al. (2001)

estudando o vigor de sementes de alface. O estudo propôs que a captura de imagens de plântulas e determinações do comprimento do hipocótilo, da raiz primária, da plântula completa e da relação raiz/hipocótilo seriam uma alternativa automatizada de avaliação do vigor de sementes, com vantagens principalmente para a rapidez da avaliação e a ausência de interferência humana na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes.

O SVIS® é portanto um “software” desenvolvido na Ohio State University e que envolve o processamento de imagens de plântulas ou de suas partes, permitindo estabelecer índices de vigor, uniformidade e crescimento de plântulas (KIKUTI; MARCOS FILHO, 2012). Atualmente a metodologia tem sido amplamente utilizada em laboratórios e empresas dos Estados Unidos da América e os resultados têm mostrado que o procedimento é promissor para avaliação do vigor de sementes de várias espécies (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009).

Ainda trabalhando com sementes de alface, Kikuti e Marcos Filho (2012) avaliaram as características do sistema automatizado de análise de imagens (SVIS®) e concluíram que índice de comprimento de plântulas e comprimento da raiz primária forneceram resultados semelhantes aos testes comumente utilizados para esta espécie. Somando-se o fato de que o “software” proporciona rapidez dos resultados e tem interferência humana reduzida.

Dentro deste contexto, Marcos Filho, Kikuti e Lima (2009) avaliaram o SVIS® na diferenciação de lotes de sementes de soja, os autores concluíram que o sistema é suficientemente sensível para determinar o vigor das sementes, sendo os resultados comparados ao teste utilizado com frequência e de modo eficiente em soja, o envelhecimento acelerado.

Estudando o SVIS® para sementes de crotalária, Silva et al. (2012) observaram que o “software” é eficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico destas sementes, e que associado ao teste de condutividade elétrica pode fornecer informações importantes sobre a qualidade das sementes desta espécie. Os autores avaliaram também a idade mais adequada para utilização do “software” e relataram que ele deve ser conduzido com plântulas de três dias de idade.

O sistema foi estudado com sucesso também para outras espécies como milho (OTONI; McDONALD, 2005) e melão (MARCOS FILHO et al., 2006). Assim,

um procedimento eficiente e inovador na discriminação de lotes de crambe, seria uma alternativa na busca por identificação precisa da qualidade fisiológica de lotes de sementes dessa espécie.

Os trabalhos com testes de vigor em sementes de crambe ainda são raros, considerando a necessidade de informações sobre a cultura em expansão no Brasil, a identificação de testes sensíveis para classificar lotes quanto ao potencial fisiológico dessa espécie torna-se fundamental.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da UNESP, Câmpus de Jaboticabal e no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção e Tecnologia de Sementes da ESALQ/USP. Foram utilizados 10 lotes comerciais de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr.), colhidos no mesmo período, do cultivar FMS Brilhante obtidos junto à Fundação MS localizada em Maracajú, MS e a empresa Caramuru Alimentos, localizada em Ipameri, GO.

As sementes foram mantidas em sacarias de polipropileno trançado e armazenadas em câmara fria (10 °C e 50-60% UR do ar) durante a instalação dos experimentos. Os experimentos foram realizados em duas etapas, na primeira foram utilizados os 10 lotes para o aprimoramento da metodologia dos testes de envelhecimento acelerado com e sem solução salina saturada e condutividade elétrica. Na segunda etapa, seis dos 10 lotes foram utilizados por apresentarem grandes variações no nível de vigor, para o aprimoramento da metodologia do teste de deterioração controlada e o “Seed Vigor Imaging System (SVIS®)”.

#### 3.1 Primeira etapa

**3.1.1 Teor de água:** foi determinado pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C/24 h (BRASIL, 2009), utilizando-se duas subamostras de aproximadamente 2,0 g de sementes de cada lote, antes e após os testes de envelhecimento acelerado (com e sem solução salina saturada) e de deterioração controlada. Os resultados foram expressos em porcentagem (base úmida).

**3.1.2 Germinação:** quatro repetições de 50 sementes por lote foram distribuídas em caixas de plástico de germinação (11 x 11 x 3,5 cm) sobre 300 g de areia peneirada por caixa e cobertas por 0,5 cm de areia. O substrato foi previamente umedecido com o equivalente a 70% da capacidade de campo da areia. Para este fim foi utilizado solução de KNO<sub>3</sub> (0,2%) conforme descrito em Brasil (2009). As caixas com as sementes foram mantidas em temperatura alternada 20 -



30 °C e fotoperíodo de 12 h. As avaliações das plântulas foram efetuadas de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), aos quatro dias, quando então foram obtidos os dados de primeira contagem, e sete dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**3.1.3 Envelhecimento acelerado:** foram distribuídas em camada única sobre a tela de inox, amostras de 5,0 g de sementes para cada lote, colocadas em caixa de plástico com 40 mL de água desionizada no fundo e mantidas em câmara de envelhecimento “jaquetada de água”. As caixas com as sementes foram mantidas a 41 e 45 °C, por 24, 48 e 72 h. Após estes períodos, quatro repetições de 50 sementes foram utilizadas para o teste de germinação como descrito anteriormente. As avaliações foram realizadas aos quatro e cinco dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

**3.1.4 Envelhecimento acelerado com solução salina saturada:** o mesmo procedimento descrito para conduzir o procedimento tradicional foi utilizado, exceto que o volume de 40 mL de água desionizada foi substituído por solução salina de NaCl (JIANHUA; McDONALD, 1997). Essa solução foi obtida por meio da diluição de 40 g de NaCl em 100 mL de água, proporcionando, com isso, ambiente com 76% de umidade relativa do ar. Os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

**3.1.5 Condutividade elétrica:** o teste foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes de cada lote, pesadas com precisão de 0,0001 g, colocadas em copos de plástico contendo 50 e 75 mL de água desionizada. Foram avaliados os períodos de embebição das sementes de uma, duas, quatro, oito, 12, 18, 24 e 30 horas, mantidas a 25 °C. Após estes períodos, a condutividade elétrica da solução de embebição foi determinada com auxílio de um condutivímetro *MCA 150* e os valores expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes (HAMPTON; TEKRONY, 1995; KRZYZANOWSKI; VIEIRA, 1999; MARCOS FILHO; VIEIRA, 2009b).

**3.1.6 Emergência de plântulas em campo:** foram semeadas quatro repetições de 50 sementes por lote, dispostas em canteiro de terra sem adubação em linhas de 2,5 m de comprimento e espaçadas 0,5 m. A semeadura foi realizada de modo que as sementes permaneceram a 2,0 cm de profundidade e foi utilizado sistema de irrigação por aspersão. Durante a condução do teste a temperatura média no ambiente foi de 23 °C, sendo a mínima e máxima registradas 15 e 32 °C respectivamente. As avaliações foram efetuadas aos 14 dias, sendo consideradas apenas as plântulas que apresentaram hipocótilo maior que 1 cm, determinando-se a porcentagem de plântulas normais emergidas.

**3.1.7 Emergência de plântulas em laboratório:** foram utilizadas caixas de plástico (16 x 27 x 9 cm) com aproximadamente 1 kg de terra peneirada e previamente umedecida com o equivalente a 70% da capacidade de campo do solo. Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento a 2 cm de profundidade, utilizou-se irrigação manual complementar todos os dias. As caixas foram mantidas em ambiente de laboratório sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, simulando condições de campo. A emergência em laboratório foi realizada no mesmo período da emergência em campo, sendo assim as características de temperatura externa são as mesmas citadas anteriormente. Foi realizada contagem aos 14 dias após a semeadura, sendo consideradas as plântulas que apresentaram hipocótilo com pelo menos 1 cm. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas.

**3.1.8 Sanidade das sementes:** o teste de sanidade foi realizado pelo método do papel de filtro ou “blotter test”, utilizando-se 200 sementes, divididas em oito repetições de 25 sementes, dispostas em placas de Petri sobre três folhas de papel de filtro embebidas com água destilada. As placas foram mantidas em ambiente controlado, com temperatura de  $20 \pm 2$  °C por cinco dias, em fotoperíodo de 12 horas. Foi avaliada a presença de fungos nas sementes, com auxílio de microscópio estereoscópico.

### 3.2 Segunda etapa

Os seis lotes que apresentaram maiores variações em função do vigor na primeira etapa deste trabalho foram novamente submetidos às avaliações de caracterização inicial do potencial fisiológico conforme descritas anteriormente, 10 meses após o início dos trabalhos quando todos os lotes foram caracterizados. Após a determinação da qualidade inicial dos seis lotes com os testes de germinação, primeira contagem e emergência de plântulas em laboratório, estes foram submetidos aos testes de deterioração controlada e o procedimento de análise de imagens (SVIS®), conforme descritos a seguir.

**3.2.1 Deterioração controlada:** o teor de água das sementes foi ajustado para 18, 20 e 22% utilizando a metodologia da atmosfera úmida (ROSSETO; FERNANDES; MARCOS FILHO, 1995). Para tanto, amostra de 5 g de sementes de cada lote foi distribuída sobre a tela, em caixa de plástico de germinação, contendo 40 mL de água desionizada no fundo. As caixas tampadas foram mantidas em câmara a 20 °C, realizando-se pesagens periódicas até atingir o peso correspondente ao teor de água preestabelecido. Os teores de água foram ajustados conforme a equação:

$$M_f = [(100 - T_{Ai}) \times (100 - T_{Ad})^{-1}] \times M_i$$

Onde:  $M_f$  = massa final,  $M_i$  = massa inicial e  $T_{Ai}$  e  $T_{Ad}$  correspondem aos teores de água inicial e desejado, respectivamente.

Após a obtenção do teor de água desejado, as amostras foram acondicionadas hermeticamente em embalagens de plástico aluminizado e mantidas em câmara fria (10 °C e 50-60% UR do ar) por cinco dias, para que ocorresse o equilíbrio higroscópico entre as sementes da amostra. Após este período, as amostras foram colocadas em banho-maria a 45 °C por 24 h (POWELL, 1995). Os recipientes foram retirados e colocados em ambiente de laboratório por 30 minutos para a redução da temperatura. As sementes foram então submetidas ao teste de germinação de acordo com a metodologia descrita anteriormente com avaliação no quarto e quinto dia após a semeadura para verificação da melhor data para encerramento do teste.

**3.2.2 Análise de imagens (SVIS®):** Para análise utilizando o “software” SVIS foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada um dos seis lotes. As sementes foram colocadas em duas fileiras horizontais situadas no terço superior do papel toalha previamente umedecido com solução de  $\text{KNO}_3$  (0,2%), distribuídas de modo que possibilitasse o crescimento da raiz primária voltado para baixo. Foram formados rolos dos papéis e mantidos em câmara de germinação sob temperatura alternada 20 - 30 °C e luz contínua por três dias. Após este período as plântulas foram ordenadas sobre folha de cartolina preta, dispostas sobre a superfície de uma caixa de alumínio (60 x 50 x 12 cm), que continha em seu interior “scanner” *HP Scanjet 2004*, montado de maneira invertida e operado por “software” *Photosmart*, 98 dpi de resolução. Foi realizada digitalização das imagens das plântulas e analisadas pelo “software” SVIS. Foram avaliados índice de vigor, crescimento de plântulas e uniformidade de crescimento das plântulas. O índice de vigor foi gerado pela combinação dos parâmetros crescimento (contribuição de 70%) e uniformidade das plântulas (contribuição de 30%), além do comprimento máximo possível das plântulas de crame aos três dias após a semeadura (3 polegadas = 7,6 cm).

### **3.3 Procedimento estatístico**

#### **3.3.1 Primeira etapa**

Na primeira etapa dos experimentos a análise estatística foi realizada separadamente para cada teste em delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Ao final foi realizada análise de correlação simples entre as variáveis que se mostraram promissoras para avaliação do vigor de lotes de sementes de crame (BANZATO; KRONKA, 2006).

### 3.3.2 Segunda etapa

A análise estatística foi realizada separadamente para cada teste em delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. Os dados de deterioração controlada foram transformados em  $\arcsin \sqrt{x/100}$ , para propiciar a homogeneidade das variâncias. Então os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ao final foi realizada análise de correlação simples entre as variáveis que se mostraram promissoras para avaliação do vigor de lotes de sementes de crambe (BANZATO; KRONKA, 2006).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Primeira etapa

O teor de água (TA) inicial dos lotes variou de 7,8 a 8,6 (Tabela 1), esta pequena variação é importante para trabalhos desta natureza uma vez que é um bom indicativo de que os resultados são confiáveis e consistentes. Isto exclui um fator de grande interferência na avaliação do vigor de sementes, a variação no TA entre os lotes de sementes (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; HENNING, 1991).

Na caracterização inicial do potencial fisiológico dos lotes de crambe oito dos 10 lotes apresentaram germinação superior ao nível mínimo exigido para comercialização (80%) sem diferença estatística entre os mesmos. De acordo com Marcos Filho (1999a) os testes de vigor são ainda mais úteis e eficientes quando os lotes avaliados apresentam valores de germinação altos e semelhantes, obtendo-se assim informações complementares sobre a qualidade de lotes. Apenas os lotes 9 e 10 apresentaram baixos valores para germinação, 69 e 49 respectivamente.

**Tabela 1.** Teor de água inicial (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), emergência de plântulas em campo (EC) e emergência de plântulas em laboratório (EL) de 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	TA	PC	G	EC	EL
		----- % -----			
1	8,5	71 a <sup>1</sup>	94 a	73 a	82 a
2	8,6	79 a	88 a	54 b	69 b
3	8,0	80 a	82 a	58 b	73 b
4	8,1	74 a	86 a	58 b	62 c
5	8,2	58 b	86 a	48 c	81 a
6	8,0	68 b	96 a	61 b	59 c
7	8,0	78 a	87 a	47 c	67 b
8	8,4	52 c	87 a	52 b	58 c
9	8,2	27 d	69 b	39 c	44 d
10	7,8	38 d	49 c	36 c	44 d
<b>Teste F</b>	-	21,31**	16,08**	7,19**	9,54**
<b>CV</b>	-	12,79%	8,42%	15,44%	13,37%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

No teste de primeira contagem da germinação os lotes apresentaram maiores diferenças, sendo 1, 2, 3, 4 e 7 classificados como lotes de alto vigor e 9 e 10 com vigor inferior. O teste foi eficaz para detectar diferenças no vigor dos lotes e possibilitou escalonamento destes em quatro níveis de vigor, isso pode ser explicado pelo fato de que um dos processos afetados pela deterioração das sementes é a velocidade de germinação da semente (NAKAGAWA, 1999; BARROS et al., 2002; MARCOS FILHO, 2005).

Estes resultados concordam com os obtidos por Masetto et al. (2009) que relataram a grande sensibilidade do teste de primeira contagem para separação de lotes de sementes de crambe em classes de vigor.

Resultados semelhantes foram relatados por Bhéring et al. (2000) trabalhando com sementes de pepino. Os autores verificaram que a primeira contagem pode ser utilizado rotineiramente para se obter informações preliminares sobre o vigor de lotes de sementes dessa espécie. Em trabalho realizado por Costa, Trzeciak e Villela (2008) com espécies de brássicas, concluíram que o teste de primeira contagem apresentou sensibilidade em detectar pequenas diferenças no potencial fisiológico entre lotes de sementes de repolho e couve-brócolis, apresentando potencial de utilização como teste de vigor para sementes dessas espécies.

Os resultados aqui obtidos também concordam com os encontrados por Torres e Bezerra Neto (2009) que concluíram que o teste de primeira contagem é eficaz para agrupar lotes de sementes de urucum quanto à qualidade fisiológica. Porém deve-se salientar que na sequência hipotética de eventos da deterioração das sementes, a velocidade de germinação não é um dos primeiros processos afetados (DELOUCHE; BASKIN, 1973), assim variações mínimas no vigor de amostras de sementes podem não ser detectadas por este teste.

Para emergência de plântulas em campo apenas o lote 1 foi considerado como de alto vigor, sendo os demais classificados em mais dois níveis. Entretanto, deve-se ressaltar que os lotes 9 e 10 foram classificados como de menor vigor, além do lote 7. A baixa capacidade deste teste em identificar as características dos lotes pode ser atribuída ao fato de que fatores ambientais podem afetar decisivamente o desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2005). De acordo com Delouche (1981) isso pode ocorrer na emergência a campo quando as condições ambientais

são muito desfavoráveis, não permitindo desempenho diferenciado entre lotes de médio e baixo vigor.

Dessa forma, o teste de emergência de plântulas em laboratório resultou em dados mais consistentes e comparáveis aos demais parâmetros, classificando o vigor dos 10 lotes de crambe em quatro classes. No ambiente de laboratório as condições como temperatura, umidade e características físico-químicas do substrato foram melhor controladas e padronizadas para todas as parcelas.

Considerando todas as avaliações mencionadas o lote 1 obteve caracterizações de alto vigor sem exceção e o lote 10 como inferior também em todos os casos.

Observando os resultados do teste de envelhecimento acelerado, as sementes de crambe envelhecidas pelo método tradicional apresentaram acréscimos no teor de água à medida que os períodos de envelhecimento aumentaram, sendo este incremento mais acentuado no primeiro período de envelhecimento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teor de água inicial (TAI) e após o envelhecimento acelerado tradicional (EA) e com solução salina saturada (EASS) em cada temperatura (41 e 45 °C) e período (24, 48 e 72 horas) de envelhecimento para 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	TAI	EA 41 °C			EA 45 °C			EASS 41 °C			EASS 45 °C		
		24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
1	8,5	25,9	31,6	34,3	27,6	33,0	33,9	9,4	9,4	9,4	9,4	10,8	9,1
2	8,6	25,4	32,1	36,1	28,6	31,2	34,5	10,0	11,9	10,0	9,1	10,2	9,0
3	8,0	27,0	33,7	34,8	27,0	32,4	36,6	10,6	9,6	9,6	8,8	9,4	9,2
4	8,0	24,5	30,2	33,9	28,2	31,1	33,2	10,5	9,4	9,7	9,6	10,1	8,8
5	8,2	27,4	29,7	34,3	28,2	32,8	34,5	9,9	9,8	9,7	9,6	10,0	9,1
6	8,1	25,7	33,3	36,5	27,1	31,7	32,9	10,3	9,4	9,5	9,4	10,2	9,0
7	8,1	27,6	31,2	35,4	26,7	32,9	34,6	10,4	9,5	9,9	9,2	10,1	9,3
8	8,5	26,7	34,2	37,2	27,4	32,2	33,6	10,1	9,7	9,5	9,1	10,3	9,3
9	8,4	28,2	32,9	36,0	30,0	33,5	35,2	10,1	10,0	9,8	10,2	11,1	9,2
10	7,8	27,9	33,2	35,5	28,9	35,0	36,8	10,5	9,5	10,0	9,4	9,8	9,2

O teste de envelhecimento acelerado realizado a 41 °C e três períodos de envelhecimento foi avaliado no quarto e quinto dia após a semeadura (Tabela 3). Aos quatro dias, o envelhecimento das sementes por 24 h foi responsável pela



classificação dos lotes em três classes. Os lotes 1, 3, 4 e 6 foram classificados como de alto vigor de forma semelhante ao verificado pelo teste de primeira contagem.

**Tabela 3.** Vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado (EA) a 41 °C por 24, 48 e 72 h, com avaliação da germinação após quatro e cinco dias para 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	EA - 41 °C (4° dia)			EA - 41 °C (5° dia)		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
	----- % -----					
1	89 a <sup>1</sup>	86 a	66 a	94 a	89 a	79 a
2	71 b	54 c	42 c	89 a	81 a	76 a
3	85 a	72 b	56 b	93 a	91 a	84 a
4	81 a	61 b	36 c	92 a	87 a	70 b
5	67 b	68 b	53 b	85 a	86 a	81 a
6	84 a	78 a	51 b	91 a	84 a	65 b
7	54 c	47 d	27 d	73 b	71 b	43 c
8	71 b	65 b	41 c	86 a	76 b	79 a
9	61 c	38 d	28 d	68 b	63 b	47 c
10	58 c	45 d	33 d	69 b	69 b	50 c
<b>Teste F</b>	18,48**	26,01**	23,96**	11,65**	10,30**	16,87**
<b>CV</b>	7,95%	9,75%	12,55%	7,04%	7,41%	11,02%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

No envelhecimento das sementes por 48 e 72 h os 10 lotes foram classificados em quatro grupos de acordo com a germinação avaliada no quarto dia. Estes períodos classificaram o lote 1 como de alto vigor e o lote 9 e 10 com de vigor inferior. Resultados semelhantes foram encontrados nos testes de primeira contagem, germinação, emergência de plântulas em campo e em laboratório. Porém, a exposição das sementes por 72 h pode ter sido muito drástica em algumas situações e como consequência verificou-se redução acentuada da germinação, o que pode ser observado para os lotes 7 e 9.

Assim, o período de 48 h de envelhecimento mostrou-se promissor para detectar diferenças no potencial fisiológico entre os lotes de sementes de crambe. O mesmo resultado foi obtido por Kikuti e Marcos Filho (2008) trabalhando com sementes de couve-flor, cujo período de 48 h a 41 °C proporcionou resultados mais consistentes do que a exposição por 72 h.

Em vários trabalhos podem ser encontrados resultados satisfatórios da utilização do teste de envelhecimento acelerado em sementes de brássicas na temperatura de 42 °C por 48 h, dentre eles para sementes de brócolis (MELLO; SPINOLA; MINAMI, 1999), couve, repolho (COSTA; TRZECIAK; VILLELA, 2008) e tomate (RODO; TILLMANN; VILLELA, 1998).

Devido aos valores reduzidos obtidos no quarto dia, foi realizada avaliação no quinto dia, ocasião em que os resultados revelaram menor sensibilidade para detecção de diferenças no vigor. Para 24 e 48 h os lotes foram classificados em apenas duas classes de vigor, e para 72 h a classificação foi em três classes. Assim, também para sementes de crambe mantem-se o recomendado por Marcos Filho (1999b), a avaliação do teste de envelhecimento deve ser realizada na data da primeira contagem da germinação.

Quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento a 45 °C os efeitos no desempenho das plântulas foram mais drásticos proporcionalmente ao aumento do período de exposição (Tabela 4). Este fato também foi observado por Bertolin, Sá e Moreira (2011), trabalhando com genótipos de feijão. Com 24 h os lotes foram agrupados em três grupos sendo os lotes 1 e 3 considerados vigorosos. Este período mostrou-se eficiente pois classificou os lotes de modo semelhante ao teste de primeira contagem.

O período de 48 h a 45 °C causou reduções drásticas na germinação das sementes e, quando estas foram submetidas a 72 h nestas condições, alguns lotes nem sequer germinaram. Provavelmente, a temperatura elevada de 45 °C e o período de exposição destas sementes pode ter causado elevações no teor de água das sementes acima do limite tolerado relatado por Marcos Filho (1999b). Resultado semelhante foi relatado por Kikuti e Marcos Filho (2008) para sementes de couve-flor, onde o período de 48 h reduziu a germinação das sementes da amostra enquanto que para o período de 72 nenhuma germinação foi observada.

As avaliações realizadas no quinto dia após a instalação do teste de germinação também revelaram valores reduzidos na porcentagem de germinação, o que confirma o elevado dano às sementes causado por esta temperatura associada aos períodos longos de exposição. Apenas para 24 h de envelhecimento os valores

de germinação foram altos, porém a sensibilidade de detecção de diferenças no vigor das sementes foi menor.

**Tabela 4.** Vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado (EA) a 45 °C por 24, 48 e 72 h, com avaliação da germinação após quatro e cinco dias de 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	EA - 45 °C (4° dia)			EA - 45 °C (5° dia)		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
	----- % -----					
1	81 a <sup>1</sup>	49 a	44 a	85 a	77 a	61 a
2	66 b	52 a	28 b	73 a	70 b	52 a
3	81 a	51 a	29 b	87 a	83 a	48 b
4	66 b	35 b	15 c	77 a	61 b	36 b
5	62 b	57 a	27 b	73 a	75 a	49 b
6	69 b	32 b	4 d	81 a	48 c	16 c
7	52 c	55 a	44 a	60 b	67 b	60 a
8	65 b	26 b	15 c	81 a	67 b	24 c
9	44 c	17 c	0 d	54 b	28 d	4 d
10	37 c	13 c	0 d	46 b	28 d	3 d
<b>Teste F</b>	10,53**	13,95**	24,07**	9,57**	10,01**	30,34**
<b>CV</b>	14,24%	22,38%	28,78%	12,46%	14,85%	26,37%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O procedimento de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal resultou em porcentagens de germinação superiores ao procedimento tradicional (Tabela 5). Isto deve-se ao fato de que quando se usa o sal (NaCl) a umidade relativa do ar é inferior (76%) ao procedimento que utiliza água (100%), possibilitando menor absorção de água pelas sementes (JIANHUA; McDONALD, 1997). A redução da velocidade de absorção de água pelas sementes e da intensidade de deterioração provoca efeitos menos drásticos sobre as sementes e resultados mais consistentes, ou seja, com menor variação entre eles (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001a).

O teste realizado com 24 h de exposição das sementes a temperatura de 41 °C resultou em diferenciação dos lotes em cinco níveis de vigor, sendo o lote 1 considerado como o mais vigoroso e o lote 10 como o menos vigoroso. Observou-se grande sensibilidade deste teste para detectar pequenas variações de potencial

fisiológico das sementes de crambe. Como se trata de sementes pequenas que tipicamente são mais sensíveis a condições de temperatura e umidade elevadas o procedimento é uma alternativa para avaliação do vigor de lotes de crambe. Deve-se acrescentar o fato de que neste procedimento o desenvolvimento de microrganismos é reduzido em relação ao tradicional devido à baixa UR do ar e consequente redução do teor de água das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

**Tabela 5.** Vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS) a 41 °C por três períodos de exposição (24, 48 e 72 horas) de 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	EASS - 41 °C		
	24 h	48 h	72 h
	----- % -----		
1	93 a <sup>1</sup>	81 a	68 a
2	78 c	72 a	43 c
3	86 b	78 a	51 b
4	73 c	75 a	44 c
5	74 c	76 a	38 c
6	85 b	73 a	53 b
7	78 c	70 a	57 b
8	72 c	64 a	47 b
9	62 d	41 b	28 d
10	50 e	33 b	34 d
<b>Teste F</b>	29,42**	21,59**	15,23**
<b>CV</b>	5,99%	10,52%	12,69%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O período de 48 horas não resultou em diferenciação satisfatória dos lotes que foram estratificados em apenas dois grupos. Já o tempo de 72 h revelou classificação dos lotes semelhante ao teste de emergência de plântulas em laboratório, com quatro classes de vigor das sementes e boa capacidade de discriminar amostras com diferenças mínimas. Resultados semelhantes foram obtidos por Rodo, Panobianco e Marcos Filho (2000) que testaram os períodos de 48, 72 e 96 h e observaram que o período de 72 h a 41 °C é considerado adequado para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de cenoura do cultivar Brasília.

O teor de água obtido após o envelhecimento das sementes de crambe com solução salina saturada foi cerca de 15 pontos percentuais menor do que pelo método tradicional (Tabela 2). Também verificou-se maior uniformidade do teor de água destas sementes após a exposição ao estresse, com variações de somente dois pontos percentuais entre lotes. Resultados semelhantes foram obtidos por Rodo, Panobianco e Marcos Filho (2000) para sementes de tomate. Estes autores observaram que o teor de água inferior e mais uniforme entre lotes expostos ao envelhecimento acelerado em solução salina revela vantagens na utilização deste procedimento em relação ao método convencional, proporcionando resultados com menor redução na germinação.

O procedimento de envelhecimento com solução saturada de sal a 45 °C também se mostrou eficiente na classificação dos lotes de crambe, porém com efeitos mais severos nas sementes evidenciado pela redução da germinação, comparado a temperatura de 41 °C (Tabela 6).

**Tabela 6.** Vigor avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl (EASS) a 45 °C por três períodos de exposição (24, 48 e 72 horas) de 10 lotes de sementes de crambe.

Lotes	EASS - 45 °C		
	24	48	72
	----- % -----		
1	90 a <sup>1</sup>	76 a	58 a
2	67 c	50 b	33 b
3	83 a	56 b	55 a
4	68 c	41 c	28 c
5	67 c	52 b	37 b
6	73 b	73 a	49 a
7	79 b	26 d	37 b
8	66 c	56 b	26 c
9	56 d	40 c	21 d
10	45 e	27 d	18 d
<b>Teste F</b>	14,12**	20,75**	33,38**
<b>CV</b>	9,97%	14,74%	13,23%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Assim como para 41 °C a exposição por 24 h estratificou o vigor dos 10 lotes em cinco classes, porém classificou o lote 3 também na categoria de alto vigor. Os períodos de 48 e 72 h resultaram em cinco níveis de classificação de vigor dos lotes, porém com 72 h as reduções na germinação foram muito drásticas comprometendo os resultados do teste.

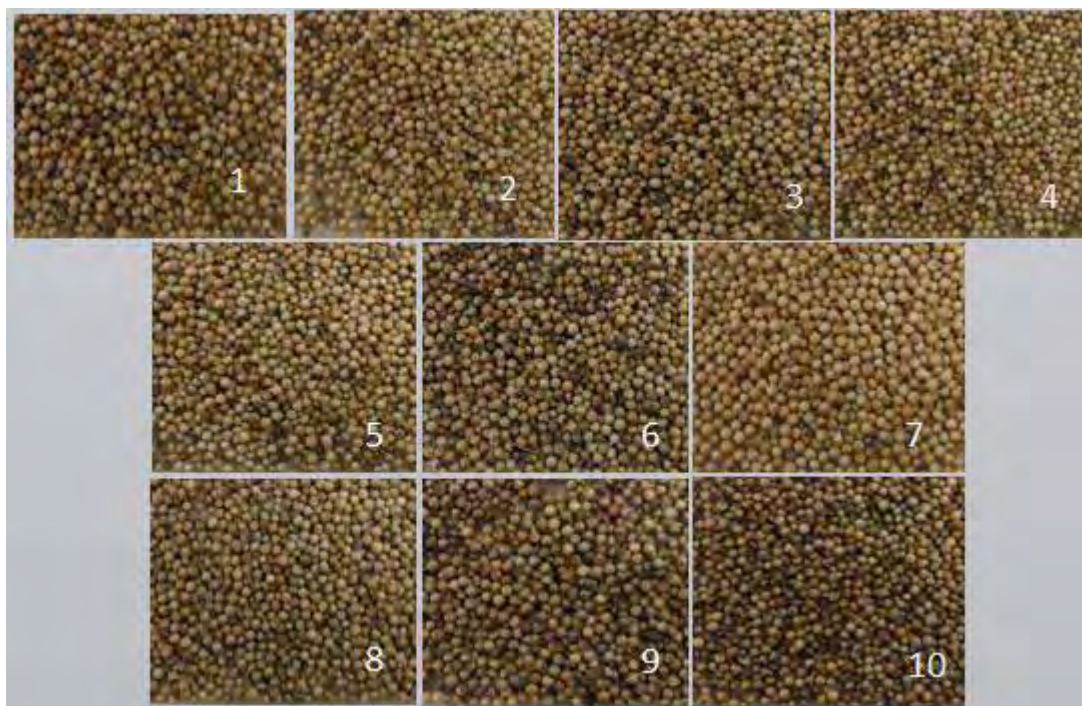
No teste de sanidade observou-se presença de cinco gêneros de fungos, sendo eles *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Epicoccum* (Tabela 7).

**Tabela 7.** Porcentagem de fungos associados às sementes de 10 lotes de crambe.

Lotes	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Epicoccum</i> sp.
	----- % -----				
1	10	16	6	9	0
2	2	96	7	1	41
3	18	23	21	6	6
4	22	11	14	7	0
5	17	12	31	2	2
6	33	9	8	6	1
7	2	12	26	4	0
8	15	5	38	19	2
9	72	9	13	10	1
10	70	0	13	9	1

Observou-se alta porcentagem de *Alternaria* spp. nos lotes 9 e 10 o que pode ser relacionado à cor do pericarpo destes lotes. Como pode ser observado na Figura 1, os lotes 9 e 10 são os que apresentam coloração mais escura. No entanto trabalhos ainda são requeridos visando identificar a correlação entre a coloração do pericarpo com a presença de fungos associados às sementes de crambe. A alta porcentagem deste fungo pode também ter influenciado o baixo desempenho destes lotes, uma vez que nas avaliações de germinação e vigor estes apresentaram-se com comportamento inferior aos demais.

Carneiro et al. (2009) observaram a ocorrência de *Alternaria brassicicola* em plantas da cultivar FMS Brilhante produzidas no Paraná e alertam que esse é um importante patógeno das brássicas no Brasil e possui o potencial para se tornar um obstáculo ao cultivo do crambe.



**Figura 1.** Visual das sementes de crambe (*Crambe abyssinica*) dos 10 lotes usados no estudo.

A ocorrência de fungos aqui encontrada foi superior à relatada por Masetto et al. (2009), estes autores encontraram apenas *Aspergillus* sp, *Phomopsis* sp e *Fusarium semitectum*, todos em baixos índices.

A baixa porcentagem de *Aspergillus* sp. em relação aos demais fungos pode ser atribuída à utilização de sementes recém colhidas, pois este é um fungo encontrado em maior porcentagem em sementes armazenadas por longos períodos (MENDES et al., 2005).

O teste de condutividade elétrica em sementes de crambe revelou resultados contrastantes com aqueles das demais avaliações. Quando a condutividade elétrica foi avaliada após uma hora de embebição, usando-se 50 sementes em 50 mL de água desionizada, observou-se valores reduzidos para os lotes 9 e 10 (Tabela 8), o que sugere o alto potencial fisiológico destes lotes, contrário ao que foi observado nos demais procedimentos usados.

Este fato pode ser explicado pela elevada presença de fungos associados às sementes, assim como foi relatado por (WAIN-TASSI et al., 2012) em soja, sementes infectadas com *Phomopsis sojae* produziram resultados falsos no teste de

condutividade elétrica, ou seja redução o valor da condutividade indicando maior vigor. Estes autores concluíram que os fungos consomem nutrientes lixiviados das sementes em processo de deterioração, e isto resulta em dados de condutividade elétrica que não refletem a quantidade real de íons lixiviados na solução. Os autores ainda observaram que a redução na condutividade elétrica foi seguida pela redução de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  na solução.

**Tabela 8.** Vigor avaliado pelo teste de condutividade elétrica de 10 lotes de sementes de crambe usando-se 50 sementes embebidas em 50 mL de água após oito períodos de embebição.

Lotes	Condutividade elétrica – Períodos							
	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	18 h	24 h	30 h
	$\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$							
1	376 b <sup>1</sup>	398 b	415 a	428 c	457 c	474 b	504 b	576 b
2	380 b	418 b	422 a	446 c	461 c	488 b	524 b	563 b
3	388 b	435 b	440 a	456 c	478 c	494 b	514 b	565 b
4	373 b	409 b	335 b	448 c	468 c	489 b	534 b	587 b
5	381 b	411 b	431 a	437 c	452 c	468 b	489 b	563 b
6	438 a	468 a	483 a	510 a	552 a	572 a	613 a	698 a
7	319 c	355 c	369 b	384 d	393 d	407 c	423 c	467 c
8	382 b	426 b	452 a	481 b	514 b	542 a	603 a	665 a
9	268 d	320 d	349 b	399 d	432 c	451 b	475 b	563 b
10	255 d	312 d	335 b	388 d	446 c	470 b	512 b	593 b
<b>Teste F</b>	51,85**	28,74**	2,66**	17,61**	17,25**	15,53**	18,24**	18,86**
<b>CV</b>	4,48%	4,72%	15,93%	4,36%	4,49%	4,79%	5,08%	4,93%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para os demais períodos de embebição os resultados também foram contrastantes. Os lotes foram classificados em diferentes classes de vigor a medida que o período de avaliação da solução aumentava. Tais fatos corroboram a hipótese da ineficácia deste teste na avaliação do vigor de lotes de crambe infectados com fungos.

De modo semelhante ao verificado na condutividade elétrica com 50 sementes e 50 mL de solução, quando as 50 sementes foram imersas em 75 mL (Tabela 9) de solução a condutividade elétrica dos lotes de baixo potencial fisiológico foi reduzida. Ressalta-se a necessidade de maiores estudos que relacionem presença de fungos e os efeitos na liberação de lixiviados na solução de embebição.



**Tabela 9.** Vigor avaliado pelo teste de condutividade elétrica de 10 lotes de sementes de crambe usando-se 50 sementes embebidas em 75 mL de água após oito períodos de embebição.

Lotes	Condutividade elétrica - Períodos							
	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	18 h	24 h	30 h
	$\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$							
1	234 b <sup>1</sup>	263 b	275 b	292 c	309 c	321 c	336 c	357 c
2	244 b	273 b	283 b	287 c	302 c	316 c	335 c	353 c
3	267 a	306 a	321 a	333 b	349 b	352 b	380 b	383 b
4	253 b	287 b	300 b	318 b	330 b	347 c	367 b	380 b
5	261 a	285 b	292 b	299 c	314 c	325 c	338 c	349 c
6	277 a	320 a	337 a	355 a	371 a	389 a	410 a	418 a
7	205 c	229 c	235 c	250 d	257 d	266 d	276 d	279 d
8	256 b	284 b	295 b	314 b	335 b	348 c	366 b	386 b
9	173 d	209 c	233 c	269 d	307 c	331 c	349 c	368 c
10	185 d	222 c	240 c	285 c	319 c	338 c	368 b	386 b
<b>Teste F</b>	23,20**	25,07%	21,75**	15,40**	15,30**	13,37**	15,09**	14,54**
<b>CV</b>	6,29%	5,51%	5,46%	5,25%	4,88%	5,27%	5,22%	5,26%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Toledo et al. (2011), estes autores também revelaram resultados contrários às avaliações iniciais para condutividade elétrica de lotes de sementes de crambe.

A Tabela 10 apresenta os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação e vigor aplicados aos lotes de sementes de crambe, expressando o grau de associação linear entre as variáveis. A emergência em laboratório apresentou correlação significativa com todas as variáveis, porém os índices de correlação superiores foram obtidos com os testes de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal a 41 e 45 °C por 24 horas de exposição. O que comprova a eficácia deste teste para caracterização do vigor de sementes de crambe. A primeira contagem apresentou correlação positiva e significativa com as demais variáveis exceto para o teste de envelhecimento acelerado tradicional a 41 °C por 48 h ( $r=0,51^{\text{ns}}$ ).

**Tabela 10.** Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de emergência de plântulas em laboratório (EL), primeira contagem (PC), germinação (G), envelhecimento acelerado tradicional a 41 °C por 48 h de exposição (EA 41 °C 48 h), envelhecimento acelerado com solução salina saturada a 41 °C por 24 h de exposição (EASS 41 °C 24 h) e envelhecimento acelerado com solução salina saturada a 45 °C por 24 h de exposição (EASS 45 °C 24 h).

Testes	EL	PC	G	EA 41 °C 48h	EASS 41 °C 24h
PC	0,71*	-	-	-	-
G	0,69*	0,70*	-	-	-
EA 41 °C 48h	0,68*	0,51 <sup>ns</sup>	0,68*	-	-
EASS 41 °C 24h	0,79**	0,77**	0,88**	0,79**	-
EASS 45 °C 24h	0,79**	0,77**	0,79**	0,71*	0,96**

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo.

## 4.2 Segunda etapa

O teor de água inicial das sementes de todos os lotes, no início dos testes, estava homogêneo; com variação de 0,8 ponto percentual entre o menor (7,8%) e o maior (8,6%) valor; estando desta forma dentro da faixa indicada para a realização do teste de deterioração controlada (AOSA, 1983).

Na caracterização inicial dos seis lotes apenas 5 e 10 mostraram-se inferiores no teste de germinação (Tabela 11).

**Tabela 11.** Teor de água inicial (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), emergência de plântulas em laboratório (EL) de seis lotes de sementes de crambe.

Lotes	TA	PC	G	EL
	----- % -----			
1	8,5	76 a <sup>1</sup>	88 a	73 a
3	8,1	54 bc	86 a	52 bc
5	7,8	49 bc	58 b	36 c
6	8,0	60 abc	85 a	61 ab
9	8,6	66 ab	82 a	44 bc
10	8,2	47 c	60 b	39 c
<b>Teste F</b>		6,44**	9,23**	11,89**
<b>CV</b>		14,74%	11,75%	16,22%

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de primeira contagem e de emergência de plântulas em laboratório apresentaram distinções dos lotes com germinação semelhante, sendo o lote 1 considerado de alto vigor e 10 de baixo vigor. Para o teste de emergência de plântulas em laboratório o lote 5 também foi considerado com vigor inferior aos demais.

Nesta segunda etapa dos experimentos os seis lotes que sofreram ajuste do teor de água para 18, 20, 22% antes da realização do teste de deterioração controlada, apresentaram pequenas variações (Tabela 12). Este fato é de grande importância para a confiabilidade dos resultados do teste, pois como foi descrito por Powell e Matthews, (1981) uma das limitações do emprego do teste de deterioração controlada, como teste de rotina, refere-se à precisão requerida na elevação do teor de água das sementes.

**Tabela 12.** Ajuste do teor de água de seis lotes de sementes de crambe para exposição das mesmas a 45 °C por 24 h.

<b>Lotes</b>	<b>18%</b>	<b>20%</b>	<b>22%</b>
	----- % -----		
<b>1</b>	17,7	19,8	21,2
<b>3</b>	17,2	19,6	22,6
<b>5</b>	17,7	19,2	22,1
<b>6</b>	17,5	19,6	22,2
<b>9</b>	18,0	20,4	22,0
<b>10</b>	17,9	20,2	21,2
<b>Média</b>	17,7	19,8	21,9

Para o teste de deterioração controlada com ajuste do teor de água para 18% observou-se grande sensibilidade de identificação do potencial fisiológico dos lotes de modo semelhante à classificação do teste de emergência de plântulas em laboratório (Tabela 13). O lote 1 foi considerado vigoroso e os lotes 5 e 10 com baixo vigor. A avaliação no quarto e quinto dia apresentaram resultados idênticos de classificação dos lotes, assim recomenda-se manter a data de avaliação para a data da primeira contagem como descrito por Powell (1995).

**Tabela 13.** Vigor avaliado pelo teste de deterioração controlada de seis lotes de sementes de crambe com ajuste do teor de água para 18, 20 e 22% e avaliação da germinação após quatro e cinco dias.

Lotes	18%		20%		22%	
	4° dia	5° dia	4° dia	5° dia	4° dia	5° dia
	----- % -----					
1	68 a <sup>1</sup>	84 a	26 bc	59 bc	70 a	81 a
3	40 bc	53 bc	70 a	88 a	37 b	53 b
5	34 c	42 c	45 ab	53 c	4 c	22 c
6	60 ab	71 ab	68 a	78 ab	49 ab	72 ab
9	39 bc	59 bc	40 ab	65 bc	40 b	61 ab
10	36 c	46 c	5 c	23 d	43 b	55 b
<b>Teste F</b>	7,15**	11,28**	11,41**	23,28**	28,52**	15,03**
<b>CV</b>	14,95%	11,80%	25,30%	11,41%	14,95%	13,13%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mendonça, Ramos e Fessel (2003) que concluíram que o ajuste do teor de água para 18% é eficiente para separação de lotes de sementes de brócolis em classes de vigor, assim como também o foi o ajuste para 20, 21, 23 e 24%. ROSSETO et al. (2004) também relataram a eficácia de teor de água mais baixo para sementes de amendoim. Os autores testaram 15 e 20% e observaram que o ajuste para 15% resultou em dados mais consistentes e melhor classificação de lotes desta espécie.

O ajuste para 20% de teor de água apresentou resultados contrastantes com as demais avaliações classificando o lote 1 com baixo vigor. Por sua vez o ajuste para 22% mostrou-se mais próximo das avaliações iniciais. Porém a distinção dos lotes nesta análise foi diferente das avaliações iniciais e alguns valores de germinação muito reduzidos como no lote 5. Isto sugere que para sementes de crambe o teor de água antes da realização do teste não deve ser elevado. Estes resultados concordam com os de Rossetto e Marcos Filho (1995), os quais observaram, em sementes de soja, que, quanto maior o teor de água das sementes, maior o efeito deletério.

Após a deterioração controlada o teor de água das sementes manteve-se semelhante e próximo ao valor ajustado (Tabela 14). Este fator é relevante, pois

atesta a confiabilidade dos resultados do teste de deterioração controlada (MARCOS FILHO, 2005).

**Tabela 14.** Teor de água de seis lotes de sementes de crambe após a deterioração controlada a 45 °C por 24 h.

Lotes	18%	20%	22%
	----- % -----		
1	18,1	19,9	21,9
3	17,9	19,7	21,8
5	17,8	20,1	22,1
6	18,1	19,8	22,2
9	18,0	19,9	21,9
10	18,2	20,1	21,9
<b>Média</b>	18,0	19,9	22,0

Os parâmetros de vigor analisados pelo SVIS (Tabela 15), índice de crescimento da raiz primária/hipocótilo e índice de vigor não apresentaram resultados consistentes comparados às demais avaliações. No primeiro caso apenas o lote 9 apresentou o pior desempenho enquanto para índice de vigor os lotes 6 e 9 foram classificados como de baixo vigor. Vale ressaltar o alto coeficiente de variação para a avaliação de índice de crescimento, o que dificulta a identificação de diferenças confiáveis entre lotes de sementes.

**Tabela 15.** Índice crescimento, índice de vigor e uniformidade de crescimento de plântulas (mm) de seis lotes de sementes de crambe obtidos pelo sistema automatizado de avaliação do vigor de sementes (SVIS®).

Lotes	Índice de crescimento	Índice de vigor	Uniformidade de crescimento de plântulas
1	182,75 ab <sup>1</sup>	356,50 a	762,75 a
3	157,25 ab	329,75 ab	733,25 ab
5	191,75 ab	303,25 ab	565,00 c
6	143,25 ab	277,25 b	591,75 c
9	123,50 b	279,25 b	644,00 bc
10	171,25 ab	303,50 ab	614,25 c
<b>Teste F</b>	3,63**	5,43**	11,32**
<b>CV</b>	16,57%	8,48%	7,24%

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na análise automatizada das imagens os dados de uniformidade de crescimento de plântulas mostraram-se satisfatórios para avaliação do vigor de sementes de crambe uma vez que foi responsável por ranquear os lotes de modo semelhante ao teste de emergência de plântulas em laboratório classificando o lote 1 classificado como de alto vigor (Figura 2) e os lotes 5, 6 e 10 como de baixo vigor. Esses resultados concordam parcialmente com os obtidos por Silva et al. (2012) que concluíram que os três parâmetros, o índice de vigor, uniformidade e crescimento das plântulas, podem fornecer informações valiosas sobre o grau de deterioração, potencial de crescimento inicial e uniformidade de emergência de plântulas de crotalária.

Resultados semelhantes foram encontrados por Kikuti e Marcos Filho (2012) trabalhando com sementes de alface, estes autores relataram que o índice de crescimento de plântulas e comprimento da raiz primária foram os parâmetros que apresentaram destaque de classificação de vigor de lotes com o uso do programa “Seed Vigor Imaging System”. Eles ainda concluíram que o teste é promissor por apresentar pequena interferência humana, sendo que as características avaliadas por meio do “software” facilitam a padronização dos testes de vigor permitindo resultados rápidos e reproduzíveis.

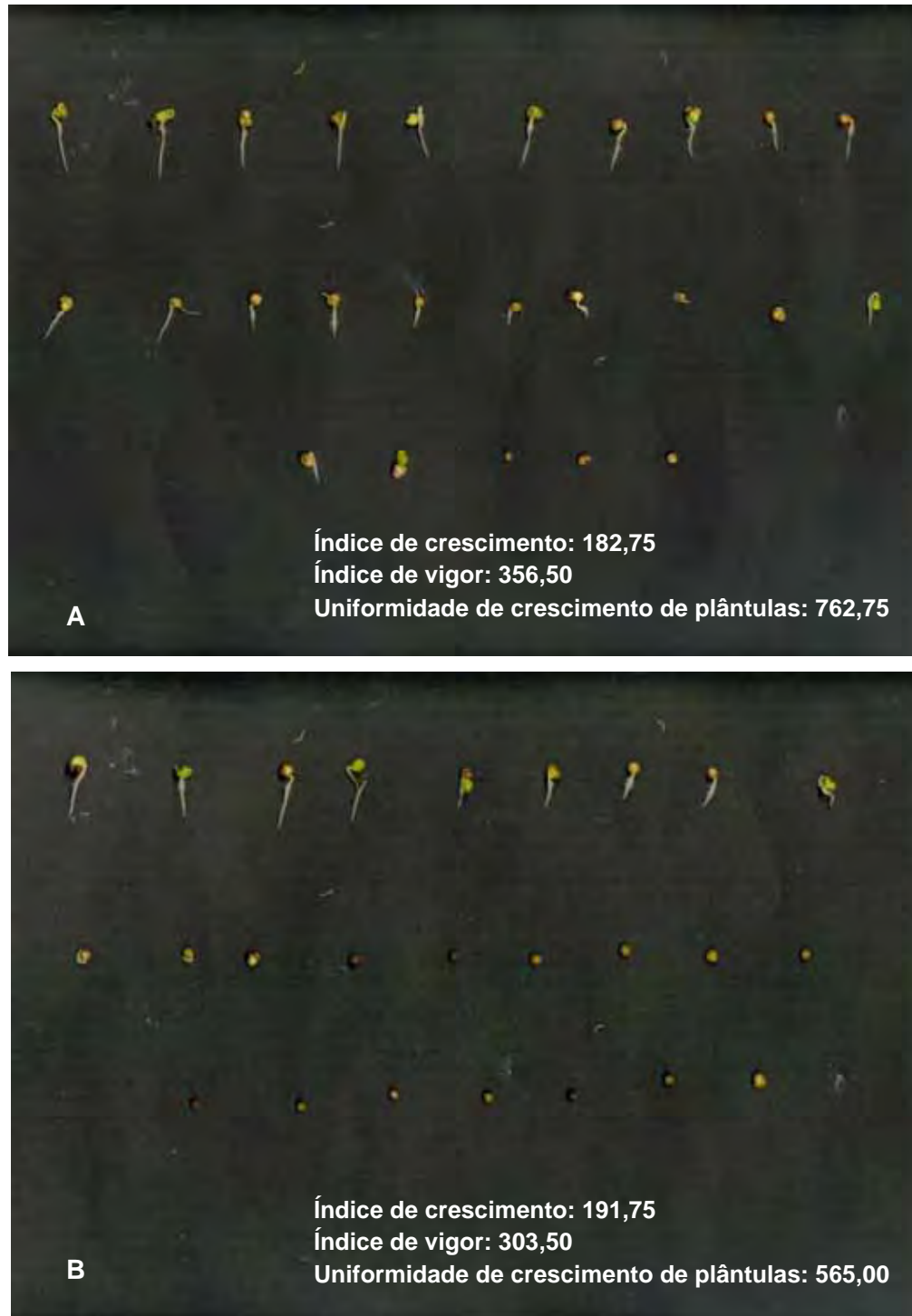
Assim como foi observado neste trabalho para sementes de crambe, a avaliação do vigor de sementes utilizando o “software” SVIS® tem sido relatada com sucesso para espécies como melão (MARCOS FILHO et al., 2006), alface (SAKO et al., 2001 e PEÑALOZA et al., 2005), soja (HOFFMASTER et al., 2003 e MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009), e crotalária (SILVA et al., 2012).

Os coeficientes de correlação simples apresentados na Tabela 16 revelam que o teste de emergência de plântulas em laboratório apresentou correlação significativa apenas com a uniformidade do crescimento de plântulas ( $r=0,91$ ). A primeira contagem por sua vez apresentou correlação significativa com o teste de deterioração controlada ( $r=0,83$ ). A ausência de correlação significativa e os baixos valores de  $r$  encontrados nesta segunda etapa dos experimentos provavelmente deve-se a dificuldade de aplicação do teste de deterioração controlada ou a padronização insuficiente dos demais.

**Tabela 16.** Coeficientes de correlação simples (r) entre os testes de emergência de plântulas em laboratório (EL), primeira contagem (PC), germinação (G), deterioração controlada (DC) e uniformidade do crescimento de plântulas da análise computadorizada de imagens (UCP).

<b>Testes</b>	<b>EL</b>	<b>PC</b>	<b>G</b>	<b>DC</b>
<b>EL</b>	-	-	-	-
<b>PC</b>	0,44 <sup>ns</sup>	-	-	-
<b>G</b>	0,76 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	-	-
<b>DC</b>	0,70 <sup>ns</sup>	0,83*	0,73 <sup>ns</sup>	-
<b>UCP</b>	0,91*	0,20 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo.



**Figura 2.** Imagens digitais de plântulas de crambe três dias após a semeadura, provenientes de lotes de alto e baixo vigor, lotes 1 (A) e 5 (B), respectivamente, analisadas pelo sistema automatizado de avaliação do vigor de sementes (SVIS®).



## 5 CONCLUSÕES

O teste de condutividade elétrica não é um bom parâmetro para avaliação do vigor de lotes de sementes de crambe.

Para a avaliação do vigor das sementes de crambe por meio do teste de deterioração controlada as sementes devem ter o teor de água ajustado para 18%.

O parâmetro uniformidade de crescimento de plântulas da análise computadorizada de imagens pode ser utilizado para obtenção de informações complementares acerca do vigor de lotes de sementes de crambe.

O teste de envelhecimento acelerado tradicional deve ser realizado a 41 °C por 48 horas.

Dentre as avaliações realizadas o procedimento de envelhecimento acelerado com solução salina saturada apresenta-se como a melhor opção para avaliar o potencial fisiológico de lotes de sementes de crambe e deve ser realizado a 41 ou 45 °C por 24 horas.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; PIMENTA, R. S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Testes de vigor para avaliação de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 195-198, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100025>>.
- ALSADON, A. A.; YULE, L. J.; POWELL, A. A. Influence of seed ageing on the germination, vigour and emergence in module trays of tomato and cucumber seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 23, n. 3, p. 665-672, 1995.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, 2002. 105 p. Contribution 32.
- AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, 1983. 93 p.
- 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**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 52-58, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000300008>>.
- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; McDONALD, M. B. Association of official seed analysts. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, 2009. 341 p. Contribution 32.
- BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 12-16, 2002.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; MOREIRA, E. R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 104-112, 2011.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- BHÉRING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; GOMES, J. M.; BARROS, D. I. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 171-175, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Biodiesel. **O novo combustível do Brasil**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

CARNEIRO, S. M. T. P. G.; ROMANO, E.; MARIANOWSKI, T.; OLIVEIRA, J. P.; GARBIM, T. H. S.; ARAÚJO, P. M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052009000200016>>.

COSTA, C. J.; TRZECIAK, M. B.; VILLELA, F. A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 144-148. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362008000200003>>.

COSTA, F. P.; MARTINS, L. D.; LOPES, J. C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e temperaturas. **Nucleus**, Ituverava, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2010.

DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes. III. Vigor, envigoramento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 3, p. 57-64, 1981.

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

DESAI, B. B. **Seeds handbook: biology, production processing and storage**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004. 787 p.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, 1996. Não paginado. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161996000100005>>.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 19-23, 2008.

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, 2004.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Accelerated ageing test to evaluate seed vigor in pumpkin and zucchini seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 1, p. 209-214, 2006a.

DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 117-122, 2006b.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. **Handbook of seed technology for genebanks**: compendium of specific germination information and test recommendation. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1985. V. 2, chap. 32. Disponível em: <[http://www2.bioversityinternational.org/publications/Web\\_version/52/](http://www2.bioversityinternational.org/publications/Web_version/52/)>. Acesso em: 18 abr. 2012.

FESSEL, S. A.; SILVA, L. J. R.; GALLI, J. A.; SADER, R. Uso de solução salina (NaCl) no teste de envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck). **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 27-34, 2005.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; PAULA, R. C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W. M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 59-63, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000300009>>.

GASTALDI, G.; CAPRETTI, G.; FOCHER, B.; COSENTINO, C. Characterization and properties of cellulose isolated from the *Crambe abyssinica* hull. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 205-218, 1998.

GLASER, L. K. **Crambe**: an economic assessment of the feasibility of providing multiple-peril crop insurance. [Washington, DC]: Federal Crop Insurance Corporation, 1996. Disponível em: <<http://www.rma.usda.gov/pilots/feasible/pdf/crambe.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

GOMIDE, C. C. C.; FONSECA, C. E. L.; NASSER, L. C. E.; CHARCHAR, N. J. D. A.; NETO, A. L. F. Identificação e controle de fungos associados às sementes armazenadas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 855-890, 1994.

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

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON, J. G. and TEKRONY, D. M. (Ed). **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, 1995. p. 70-8.

HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M. B.; BENNETT, M. A. An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Understanding seed vigour**. Zürich, 1995. 6 p. Folheto.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. What is seed vigour? **Seed Testing International**, Bassersford, n. 121, p. 12-13, 2000.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1997.

KMEC, P.; WEISS, M. J.; MILBRATH, L. R.; SCHATZ, B. G.; HANZEL, J.; HANSON, B. K.; ERIKSMOEN, E. D. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p. 108-112, 1998.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. Physiological potential of cauliflower seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 372-380, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000400008>>.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2012.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, 1991.

KRZYZANOWKI, F. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 61-68.

LARSEN, S. U.; POVLSEN, F. V.; ERIKSEN, E. N.; PEDERSEN, H. C. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oil seed rape (*Brassica napus*) and pea (*Pisum sativum*). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, n. 3, p. 627-41, 1998.

LAZZERI, L.; LEONI, O.; CONTE, L. S.; PALMIERI, S. Some technological characteristics and potential uses of *Crambe abyssinica* products. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 3, n. 12, p. 103-112, 1994.

LI, X.; AHLMAN, A.; YAN, X.; LINDGREN, H.; ZHU, L. Genetic transformation of the oilseed crop *Crambe abyssinica*. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 149-156, 2009.

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

MASETTO, T. E.; QUADROS, J. B.; MOREIRA, F. H.; RIBEIRO, D. M.; BENITES JUNIOR, I.; REZENDE, R. K. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista brasileira ol. fibros.**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 107-113, 2009.

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

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

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

MARCOS FILHO, J.; BENNETT, M. A.; MCDONALD, M. B.; EVANS, A. F.; GRASSBAUGH, E. M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Testes 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.; VIEIRA, R. D. Seed vigor tests: principles - conductivity tests. In: BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; MCDONALD, M. (Org.). **Seed vigor tests handbook**. Ithaca: AOSA, 2009a. p. 77-90.

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

MATTHEWS, S. Approaches to the indirect evaluation of germination and vigour. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p. 62-66, 1998. Número especial.

MELLO, S. C.; SPINOLA, M. C. M.; MINAMI, K. Métodos de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de brócolos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1151-1155, 1999.

MENDES, S. S.; SANTOS, P. R.; SANTANA, G. C.; RIBEIRO, G. T.; MESQUITA, J. B. Levantamento, patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 118-120, 2005.

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; FESSEL, S. A. Adequação da metodologia do teste de deterioração controlada para sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. - var. Itálica). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 18-24, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1 – 2.24.

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.

OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; PUTNAM, D. H.; TEYNOR, T. M.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. Crambe. University of Wisconsin – Extension; University of Minnesota – Center for alternative plant & animal products. Minnesota Extension Service. **Alternative field crops manual**. Madison, 2012. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

OTONI, R. R.; McDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Technology**, Lansing, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 306-310, 1998.

PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, 2001a.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds. **Seed Technology**, Lansing, v.23, n.2, p.151-161, 2001b.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2007.

PEÑALOZA, P.; RAMIREZ-ROSALES, G.; McDONALD, M. B.; BENNETT, M. A. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigour imaging system. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaiso, v. 8, n. 3, p. 299-307, 2005.

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

POWELL, A. A. The controlled deterioration test. In: VENTER, H. A. van de (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: The International Seed Testing Association, 1995. p. 73-87.

POWELL, A. A.; DON, R.; HAIGH, P.; PHILLIPS, G.; TONKIN, J. H. B.; WHEATON, O. E. Assessment of the repeatability of the controlled deterioration vigour test both within and between laboratories. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 12, n. 2, p. 421-427, 1984.

POWELL, A. A.; FERGUSON, A. J.; MATTHEWS, S. Identification of vigour differences among combining pea (*Pisum sativum*) seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 25, n. 3, p. 443-464, 1997.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Evaluation of controlled deterioration: a new vigour test for small seed vegetable. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 2, p. 633-40, 1981.

RAMOS, N. P.; FLOR, E. P. O.; MENDONÇA, E. A. F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2004.

RODO, A. B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of onion seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 465-469, 2003.

RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 289-292, 2000.

RODO, A. B.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 20, n. 1, p. 23-28, 1998.

ROSSETTO, C. A. V.; FERNANDES, E. M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do teor de água e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 17, n. 2, p. 171-178, 1995.

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

ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 123-131, 1995.



RUAS, R. A. A.; NASCIMENTO, G. B.; BERGAMO, E. P.; DAUR JUNIOR, R. H.; ARRUDA, R. G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 61-65, 2010.

SAKO, Y.; McDONALD, M. B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A. F.; BENNETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SILVA, C. B.; LOPES, M. M.; MARCOS FILHO, J.; VIEIRA, R. D. Automated system of seedling image analysis and electrical conductivity to assess sun hemp seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2012.

SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D. Deterioração controlada em sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 69-76, 2010.

SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Accelerated ageing and controlled deterioration in beetroot seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 34, n. 2, p. 265-271, 2006.

SILVA, M. A. D.; SILVA, W. R. 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, 2000.

TOLEDO, M. Z.; TEIXEIRA, R. N.; FERRARI, T. B.; FERREIRA, G. CAVARIANI, C.; CATANEO, A. C. Physiological quality and enzymatic activity of crambe seeds after the accelerated aging test. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 687-694, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i4.8248>>.

TEBALDI, N. D.; SADER, R.; BIRUEL, R. P.; SCALON, N. J. O.; BALLARIS, A. L.; GAVIOLI, E. Determinação do tempo e da temperatura para o teste de envelhecimento acelerado de sementes de brócolos (*Brassica oleracea* L.) var. itálica Plenk. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11, 1999. Foz do Iguaçu. **Resumos...** Curitiba: ABRATES, 1999. p. 120.

TEKRONY, D. M. Accelerate aging. In: VENTER, H. A. van der (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Copenhagen: International Seed Testing Association, 1995. p. 53-72.

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

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 816-822, 1991.

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

TORRES S. B.; BEZERRA NETO, F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de urucum. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 55-58, 2009.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging of melon seeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 77-82, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162003000100012>>.

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

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164 p.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. M.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 164-168, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000200007>>.

VIEIRA, D. R.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; RUCHER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 3, p. 599-608, 2001.

WAIN-TASSI, A. L.; SANTOS, J. F.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Seed-borne pathogens and electrical conductivity of soybean seeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 69, n. 1, p. 19-25, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162012000100004>>.

WARWICK, S. I.; GUGEL, R. K. Genetic variation in the *Crambe abyssinica*-*C. hispanica*-*C. glabrata* complex. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 50, p. 291-305, 2003.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Blackwell Science, 2000. 364p.