

**Universidade Federal de Pelotas**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes**



**Dissertação**

**Avaliação do Vigor de Sementes de Alface pelo Teste de Envelhecimento  
Acelerado**

**Denize Cristina Leite Frandoloso**

Pelotas, 2016

**Denize Cristina Leite Frandoloso**

**Avaliação do Vigor de Sementes de Alfaca pelo Teste de Envelhecimento  
Acelerado**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Pelotas, sob a  
orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lilian Vanussa  
Madruga de Tunes, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação  
em Ciência e Tecnologia de Sementes, para  
obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lilian Vanussa Madruga de Tunes

Co orientação: Dr.<sup>a</sup> Vanessa Nogueira Soares

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

F815a Frandoloso, Denize Cristina Leite

Avaliação do Vigor de Sementes de Alface pelo Teste de Envelhecimento Acelerado / Denize Cristina Leite Frandoloso ; Lilian Vanussa Madruga de Tunes, orientadora ; Vanessa Nogueira Soares, coorientadora. — Pelotas, 2016.  
67 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Lactuca sativa L.. 2. Emergência em campo. 3. Condutividade elétrica. 4. Envelhecimento acelerado. 5. Deterioração controlada. I. Tunes, Lilian Vanussa Madruga de, orient. II. Soares, Vanessa Nogueira, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

Denize Cristina Leite Frandoloso

Avaliação do Vigor de Sementes de Alface pelo Teste de Envelhecimento Acelerado

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas

Data da Defesa: Setembro de 2016

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lilian Vanussa Madruga de Tunes  
(FAEM/UFPEL)

---

Dr<sup>a</sup>. Vanessa Nogueira Soares  
(FAEM/UFPEL)

---

Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Andreia da Silva Almeida  
(Bolsista PNP/UFPEL)

---

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello  
(FAEM-UFPEL)

*“Me recordo de cada flor que veio à tona porque tive coragem de cuidar da semente. Só porque não me acovardei, mesmo que tantas vezes, com todo medo do mundo”.*

*(Ana Jácomo)*

## Agradecimentos

Agora, resta agradecer a cada um que participou dessa jornada.

A Deus, por me fortalecer e não me deixar sucumbir.

À família, pelo incentivo.

Aos colegas da turma de Formosa, pela irmandade formada naqueles dias de imersão, mas que era possível ter um “bora tomar uma no Premier”, mesmo que fosse uma água! A cada módulo me senti renovada.

À Lilian Vanusa Madruga de Tunes, por ter sido muito mais que uma orientadora.

À Thais D'Ávila Rosa e Daniele Brandstetter Rodrigues, doutorandas do PPG em Sementes, definitivamente eu não teria conseguido sem a ajuda delas!

À direção e colegas da BST, pela compreensão nas minhas ausências.

À colega Simone Fessel, da Sakata, que forneceu as amostras de sementes.

Finalmente, ao Nego, meu marido, pois eu nem teria começado se não fosse o estímulo incisivo dele. Se cheguei até aqui, foi porque tive seu amor, sua palavra de ânimo, seu apoio incondicional.

## Resumo

FRANDOLOSO, Denize Cristina Leite. **Avaliação do Vigor de Sementes de Alface pelo Teste de Envelhecimento Acelerado**. 2016. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

O potencial fisiológico das sementes abrange um conjunto de aptidões, que nos permite estimar a capacidade de um lote de sementes em manifestar adequadamente suas funções vitais após a semeadura. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o vigor de diferentes lotes de sementes de alface pelo teste de envelhecimento acelerado e suas correlações com a emergência a campo. O trabalho foi conduzido na empresa Brasil Sementes e Tecnologia Ltda. e no Laboratório Didático de Análise de Sementes “Flávio Farias Rocha”, ambos localizados no estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados seis lotes de sementes de alface. As sementes apresentaram um teor de água de 6,4% e germinação de 98%. Foram realizados os testes de primeira contagem de germinação, germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, deterioração controlada e emergência em campo. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e os dados obtidos em cada teste foram analisados através de análise de variância e desvio médio simples, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade e teste de correlação Person linear simples para as variáveis de resposta. Dessa forma, conclui-se que o teste de envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de sal a 41 °C nos períodos de 24 e 48 horas é eficiente na classificação de lotes de sementes de alface, em níveis de vigor. O teste de deterioração controlada nas condições testadas apresenta resultados de qualidade similar à emergência de plântulas em campo. O vigor avaliado por meio do teste de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado com solução salina correlaciona-se melhor com a emergência das plântulas em campo.

**Palavras chave:** *Lactuca sativa* L.; emergência em campo; condutividade elétrica, envelhecimento acelerado; deterioração controlada; correlação simples.

## Abstract

FRANDOLOSO, Denize Cristina Leite. **Vigor Evaluation on Lettuce Seeds by Accelerated Aging Test.** 2016. 67p. Thesis (Professional Master in Seeds Science and Technology) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

The physiological seeds potential covers a set of skills, which allows us to estimate the ability of a seed lot adequately express their vital functions after sowing. This study aimed to compare the efficiency of different vigor tests to determine the physiological quality of lettuce seeds lots, to improve its use as a quality testing and verify its relationship with the seedling emergence in the field. The essay was carried out at the "Brasil Sementes e Tecnologia Ltda." and Didactic Laboratory of Seed Analysis "Flávio Farias Rocha", both located in the Rio Grande do Sul State. We used six lettuce seeds lots. Seeds had a water content of 6.4% and an average germination of 98%. The tests performed were the first count of germination, standard germination test, electrical conductivity, accelerated aging test, controlled deterioration, and seedlings emergence in the field. We used a completely randomized design with four replications, and data from each test were analyzed by analysis of variance and standard error with a means comparison by Tukey test at 1 and at 5% of error probability and simple linear Pearson correlation test for the response variables. It is concluded the accelerated aging test with saturated saline solution use at 41 ° C for periods of 24 and 48 hours is efficient in classifying lettuce seeds lots in vigor levels. The conditions of controlled deterioration tested offers similar results to the seedling emergence in the field. Vigor measured by the electrical conductivity test and accelerated aging test with saline solution correlates better with the seedling emergence in the field.

**Key words:** *Lactuca sativa* L.; seedling emergence in the field; electrical conductivity test, accelerated aging test; controlled deterioration test; simple correlation.

## Lista de Figuras

Figura 1	Participação (%) em valor do mercado de sementes das principais espécies olerícolas.....	13
Figura 2	Qualidade inicial de seis lotes de sementes de alface pelos testes de germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PCG) e teste de emergência em campo (EC).....	34
Figura 3	Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método tradicional (água) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. * A – 24h; B – 48h e C – 72h.....	35
Figura 4	Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução não saturada de NaCl (SNS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. * A – 24h; B – 48h e C – 72h.....	36
Figura 5	Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução saturada de NaCl (SSS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. * A – 24h; B – 48h e C – 72h.....	37
Figura 6	Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método tradicional (água) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C.....	39
Figura 7	Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução não saturada de NaCl (SNS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C.....	40
Figura 8	Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução saturada de NaCl (SSS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C.....	42
Figura 9	Condutividade elétrica e percentual de germinação após o teste de deterioração controlada em seis lotes de sementes de alface	43

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Teor de água inicial de seis lotes de sementes de alface. Sakata®..	28
Tabela 2	Correlação de Pearson entre a primeira contagem da germinação (PCG), emergência a campo (EC), a condutividade elétrica (CE) e a deterioração controlada (DC) com o envelhecimento acelerado tradicional; solução não saturada e saturada de NaCl dos seis lotes de sementes de alface em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C.....	46

## Sumário

1.INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1.Cultivo da Alface.....	11
2.2.Atributos de Qualidade de Sementes.....	11
2.2.1.Qualidade Genética.....	12
2.2.2.Qualidade Física.....	15
2.2.3.Qualidade Sanitária.....	15
2.2.4.Qualidade Fisiológica.....	16
2.3 Importância dos Testes de Vigor.....	17
2.3.1.Primeira Contagem do Teste de Germinação.....	19
2.3.2.Condutividade Elétrica.....	20
2.3.3.Deterioração Controlada.....	21
2.3.4.Emergência a Campo.....	22
2.3.5 Envelhecimento Acelerado.....	24
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

No sistema de produção de sementes, a avaliação da qualidade fisiológica é um fator fundamental para a tomada de decisões quanto ao aproveitamento das mesmas, como material de propagação e para as operações subsequentes às quais devem ser submetidas. Nesse contexto, o emprego do teste de germinação mostra-se bastante preciso e eficaz, além de ser padronizado. No entanto, os resultados apresentados pelo teste de germinação evidenciam o máximo percentual de qualidade das sementes, por ser conduzido com temperatura, tempo de exposição, presença ou ausência de luz e umidade recomendada para cada espécie (BRASIL, 2009). Geralmente o teste padrão superestima o potencial fisiológico dos lotes de sementes, sendo, portanto, cada vez maior a necessidade do uso e aprimoramento de testes de vigor (SANTOS et al., 2011).

No Brasil, nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) não existem testes de vigor padronizados para nenhuma espécie. No entanto, nas Regras Internacionais (ISTA, 2014) há testes padronizados como o teste de envelhecimento acelerado para a cultura da soja; condutividade elétrica massal para soja, ervilha e feijão; deterioração controlada para brássicas e comprimento da raiz primária em milho. O valor comercial das sementes de hortaliças como as da família Asteraceae vem aumentando gradativamente e, para conseguirmos avaliar e detectar as mudanças na qualidade de sementes ao longo do processo produtivo, necessita-se o desenvolvimento de novos testes e aprimoramento dos disponíveis para que sua padronização ocorra o mais breve possível.

Os testes de vigor objetivam determinar diferenças de qualidade de lotes com germinação semelhante, propiciando adequada seleção para semeadura, além de avaliar o potencial de emergência das plântulas no campo, no armazenamento e seu grau de deterioração. Também podem auxiliar no controle de qualidade pós maturação, selecionar lotes com potencial fisiológico elevado, identificar ou diagnosticar problemas futuros e direcionar o marketing e a promoção de vendas de uma empresa de sementes (TUNES, 2011).

Para sementes de hortaliças, como as de alface, a pesquisa ainda não estabeleceu procedimentos apropriados para a avaliação do vigor, o que

muitas vezes acaba limitando a disponibilidade de lotes de qualidade superior. Vários trabalhos de pesquisa na área de sementes tem se concentrado em estudar esses testes, na tentativa de identificar aqueles com maior

sensibilidade e eficiência para diferenciar os lotes quanto ao nível de vigor. Os testes de vigor mais recomendados seriam o de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e deterioração controlada relacionados com a emergência de plântulas em campo. Os testes de vigor selecionados para avaliar a qualidade de lotes de sementes precisam atender a determinados quesitos como serem simples, rápidos, objetivos, reproduzíveis, de baixo custo e correlacionados à emergência a campo.

O objetivo deste trabalho foi analisar o vigor de diferentes lotes de sementes de alface pelo teste de envelhecimento acelerado e sua correlação com outros testes para avaliação da qualidade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Cultivo da Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária do sul da Europa e na Ásia Ocidental (Filgueira, 2003; Lima, 2007) e adaptada ao clima temperado; considerada uma planta anual, pertencente à família Asteraceae, certamente é uma das folhosas mais populares e consumidas no Brasil e no mundo. Atualmente, são cultivados diversos tipos que podem variar quanto ao formato, coloração, crocância, textura e aspecto da folha. É cultivada, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste e a produção atende principalmente aos mercados de consumo in natura, “fast food” e de produtos minimamente processados (SANTOS et al., 2015).

A espécie pode ser considerada uma fonte de vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, C e apresenta elevados teores de vitamina A e sais minerais como o cálcio e ferro (FERNANDES et al., 2002). No entanto, apresenta algumas limitações para o cultivo, como dificuldade de conservação e transporte pós colheita, além de cuidados durante seu desenvolvimento no campo, às condições adversas de temperatura, umidade e chuvas prolongadas (GOMES et al., 2005).

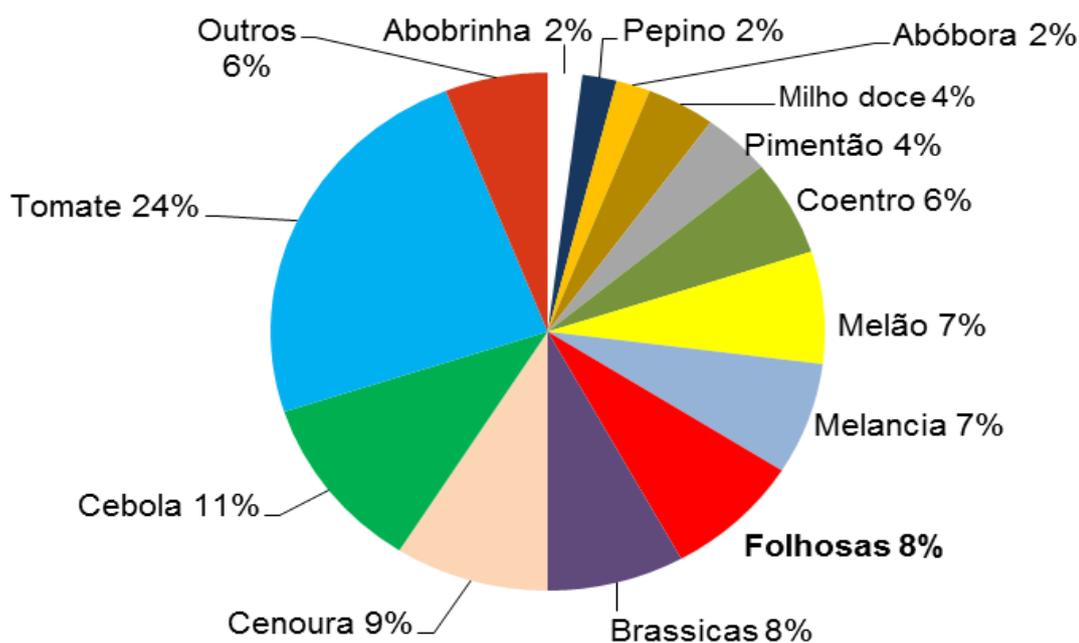
As plantas de alface possuem caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Essas são amplas e crescem em roseta, ao redor do caule, podendo ser classificadas como lisas ou crespas; formando ou não uma “cabeça”, com diversidade de tons verdes ou roxas, variando com a cultivar, características instigadas pelo consumidor (LIMA et al., 2009). O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,25m do solo, quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 0,60m de profundidade (FILGUEIRA, 2003). O solo ideal para o cultivo dessa hortaliça é o de textura média, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes. O cultivo é realizado normalmente com um espaçamento de 0,25 a 0,30m por 0,25 a 0,30m, entre linhas e plantas, sendo feito em patamares ou em canteiros (FAHL et al., 2000). O ciclo de cultivo varia de 40 a 70 dias dependendo do sistema (semeadura direta ou transplante de mudas), época de semeadura (verão ou inverno), cultivar utilizado e sistema de condução, no campo ou protegido.

Destaca-se como os principais fatores de estresse das culturas agrícolas a temperatura do ar, a disponibilidade de água e os nutrientes (ANDRIOLO et al., 2003). Assim ocorre com a cultura da alface que apresenta um número acentuado de cultivares que não se desenvolve de forma adequada no período de verão, principalmente devido às altas temperaturas, propiciando dias longos com calor intenso e excesso de chuvas. Segundo Filgueira (2003) as condições da estação de verão favorecem o pendoamento precoce dessas cultivares, formando folhas leitosas e com sabores amargos, desfavorecendo seu valor de comércio. Segundo dados de Saure (2001), o efeito do estresse sobre a planta se caracteriza pela redução da fotossíntese e do crescimento, alterações no padrão de distribuição da massa seca entre órgãos e modificações no balanço hormonal. Diante do exposto acima, para poder abranger essa época do ano, bastante favorável para o consumo da alface, por obra do melhoramento genético já existe no mercado cultivares adaptadas a esse período de semeadura.

Outro fator importante na produção da hortaliça é a incidência de microrganismos nas sementes ou na área de cultivos, pois possui alta suscetibilidade às doenças, sendo conhecidos mais de 75 diferentes tipos de doenças, o que é considerado um número elevado. Como uma das formas de consumo é *in natura*, essa contaminação deve ser evitada, o quanto possível, pois o uso de produtos tóxicos no controle fitossanitário pode deixar resíduos ao consumidor e ser prejudicial à saúde (FILGUEIRA, 2003; SALA E COSTA, 2008; MAGALHÃES et al., 2010).

O mercado de hortaliças caracteriza-se por ser muito dinâmico, com grandes oscilações de oferta e de preços. O rigoroso planejamento da produção é essencial para o sucesso da atividade e requer a adoção de tecnologias de cultivo que, aliadas ao estudo econômico de custo de produção, permita a exploração de janelas de mercado e períodos em que a oferta se reduz e o valor do produto se eleva (AGRIANUAL, 2014).

A pesquisa de Nascimento (2016) sobre o crescimento de mercado de sementes de hortaliças no Brasil, apresentou dados referentes a participação (%) em valor do mercado das principais espécies olerícolas (Figura 1), onde o grupo das folhosas, no qual se insere a alface, teve uma fatia de mercado média de 8% no ano de 2013.



**Figura 1.** Participação (%) em valor do mercado de sementes das principais espécies olerícolas, Brasil – 2013.

\*Fonte: Adaptado da ABCSEM, 2013.

Existem mais de 70 espécies de hortaliças e são agrupadas de acordo com a parte que é comestível. No caso das folhosas são as seguintes plantas: alface, almeirão, acelga, agrião, couve, espinafre, repolho e rúcula. Estas são consideradas plantas de folhas e a sementeira das folhosas no Brasil em geral é bastante destacada.

O setor de produção de hortaliças apresenta um vasto destaque no agronegócio brasileiro. Sendo assim, para suprir a crescente demanda, cerca de R\$ 790 milhões foram comercializados em sementes no país só no ano de 2015 (ABRASEM, 2015). No entanto, é importante ressaltar que as sementes de hortaliças devem ter alta qualidade e vigor, uma vez que apresentam custo elevado, principalmente em se tratando de híbridos.

## 2.2. Atributos de Qualidade de Sementes

A alface é uma cultura semeada e consumida em todo o território brasileiro, não obstante as diferenças climáticas e os hábitos de consumo (COSTA e SALA, 2005). Como sua vida pós-colheita é curta, normalmente as

zonas produtoras concentram-se perto de áreas metropolitanas, os chamados “cinturões-verdes”. Durante o inverno nas regiões Sul e Sudeste são cultivadas alfaces importadas adaptadas ao clima mais frio, enquanto nas demais regiões predominam as alfaces de verão. De um modo geral, as cultivares de verão tendem a apresentar atributos de qualidade inferiores, como um número menor de folhas e cabeças menos compactadas. Como a alface é originária de regiões de clima temperado, existe uma dificuldade adicional em se desenvolver novas cultivares para climas tropicais.

Não havendo dúvidas sobre a importância do uso de lotes com potencial fisiológico elevado, o desenvolvimento e o aprimoramento de procedimentos padronizados para avaliar a qualidade e assegurar a oferta de lotes de alta qualidade é uma necessidade permanente da indústria de sementes.

Os atributos de qualidade de lotes de sementes são resultados da interação de avaliações genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias, determinando seu potencial de desempenho e, dessa forma, o valor para a semeadura.

### 2.2.1. Qualidade Genética

O atributo qualidade genética envolve a pureza varietal, o potencial de produtividade, a resistência a pragas e moléstias, a precocidade e resistência a condições adversas de solo e clima, entre outros fatores. Essas características são, em maior ou menor grau, influenciadas pelo meio ambiente e melhor identificadas examinando-se o desenvolvimento das plantas a campo. Devem ser tomadas medidas para evitar contaminações genéticas ou varietais, colocando-se, assim, à disposição do agricultor sementes com as características desejadas. Por contaminação genética, entende-se a resultante da troca de grãos de pólen entre diferentes cultivares, enquanto que, por contaminação varietal, entende-se a que acontece quando sementes de diferentes variedades se misturam. A primeira ocorre na fase de produção e a segunda, principalmente, nas etapas de semeadura, colheita e beneficiamento das sementes (PESKE et al., 2012).

O grande objetivo de se produzir cultivares com pureza genética é que as plantas no campo irão reproduzir fielmente as características selecionadas

pelo melhorista e originar um produto com as características esperadas pelo agricultor e o consumidor.

### 2.2.2. Qualidade Física

O atributo de qualidade física das sementes destaca-se principalmente pela avaliação dos testes de pureza física, teor de água nas sementes, danos mecânicos, massa de mil sementes, aparência das sementes e peso volumétrico (PESKE et al., 2012).

O primeiro teste realizado no laboratório de análise de sementes para o controle de qualidade é o teste de pureza física que caracteriza a composição física ou mecânica de um lote de sementes, onde um lote com alta pureza é um indicativo que o campo de produção de sementes foi bem conduzido e que a colheita e o beneficiamento foram eficientes. A partir dessa análise física é que são conduzidos os demais testes físicos e fisiológicos.

### 2.2.3. Qualidade Sanitária

A qualidade sanitária é caracterizada pelo efeito destrutivo, provocado pela ocorrência de microrganismos e insetos associados a sementes desde o campo até o armazenamento (SILVA et al., 2011). Os insetos são os principais causadores de vários danos às sementes. Alguns patógenos concentram suas danificações nas sementes, reduzindo a germinação e vigor, no entanto, outros são transmitidos pelas próprias sementes e provocam maiores danos no percentual de germinação e no percentual de pureza (LUCCA-FILHO, 2006 e SUÑÉ, 2016).

A sanidade de sementes também tem sido característica progressivamente relevada como interferente no desempenho das sementes. As relações entre incidência de patógenos e a redução do peso específico em sementes, com decorrente perda de qualidade fisiológica, é tema confirmado em trabalhos desenvolvidos por pesquisadores como CARVALHO e NAKAGAWA (1983) e MENTEN (1991).

#### 2.2.4. Qualidade Fisiológica

Segundo Peske et al. (2012) o atributo de qualidade fisiológica engloba o teste de germinação, testes de viabilidade, superação da dormência e testes de vigor.

A germinação é definida como o processo que inicia com a absorção de água, até a protrusão da raiz primária através do tegumento da semente. As Regras para Análise de Sementes da “*International Seed Testing Association*” (ISTA) discordam desta definição e descrevem germinação em termos de morfologia de plântula, ou seja, uma semente é considerada como germinada somente se originar uma plântula. A germinação é expressa em porcentagem, sendo padronizada no mundo inteiro segundo cada espécie.

A viabilidade de um lote de sementes é expressa em termos de porcentagem de sementes vivas capazes de germinar. Muitas vezes, ela é semelhante à germinação, por isso o teste padrão de germinação pode ser utilizado para ambas as determinações. Entretanto, cabe lembrar que nem toda semente viável irá germinar, pois pode apresentar dormência, que é a capacidade da semente em não germinar mesmo com condições adequadas para germinação. A dormência é uma proteção natural da planta para que suas sementes não germinem todas em um mesmo período, principalmente em situações climáticas adversas. A dormência também é expressa em porcentagem e é mais acentuada em algumas espécies do que em outras.

Já o vigor de sementes é tido como aquela propriedade das sementes que determina o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla faixa de condições de campo.

Atualmente, o maior interesse é na avaliação da qualidade fisiológica das sementes e na obtenção de resultados confiáveis em período de tempo relativamente curto. Assim, cresce o interesse na utilização de testes de vigor para o controle interno da qualidade, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação, com objetivo de obter ferramentas mais sensíveis para o ranqueamento de lotes, diminuindo riscos decorrentes da comercialização de lotes com baixa qualidade (MARCOS FILHO, 1999; RODO

E MARCOS FILHO, 2003; MARCOS FILHO, 2005; SANTOS E PAULA, 2007; KIKUTI E MARCOS FILHO, 2012).

De acordo com Kikuti e Marcos Filho (2012), o conhecimento do potencial fisiológico das sementes permite a produção de mudas com tamanho e qualidade uniformes, com vantagens ao desenvolvimento das plantas, principalmente em espécies em que a condução da cultura comercial requer o transplante, como a alface.

### 2.3. Importância dos Testes de Vigor

As empresas envolvidas no setor produtivo que tem como principal objetivo adquirir alta demanda de sementes de qualidade vem buscando aprimoramento técnico e científico de suas atividades, visando, basicamente, ao aumento de produtividade associado a um incremento da qualidade do produto (PERES, 2010). Em atendimento a essa demanda, a tecnologia de sementes, dentro do contexto da produção agrícola, tem procurado aprimorar os testes de germinação e vigor, com o objetivo de que os resultados das análises expressem um comportamento mais real das sementes, quando semeadas em campo. Nesse sentido, destacam-se os estudos relativos aos testes para avaliação do vigor de sementes.

Para realizar o controle de qualidade de sementes no laboratório, necessita-se de material de apoio para condução das análises, que são padronizadas para assim manter a confiabilidade e reprodutibilidade desses resultados. Para os testes de vigor, as metodologias ainda se restringem a algumas culturas e não são encontradas nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). No entanto, nas regras da AOSA, adotadas nos EUA e no Canadá, tem-se verificado um crescimento significativo no uso de testes de vigor (TEKRONY, 1993). O mesmo é observado nas regras internacionais da ISTA, que contempla os países da Europa e Nova Zelândia, como exemplo o teste de envelhecimento acelerado para soja; condutividade elétrica para ervilha, feijão e soja; deterioração controlada para as sementes de brássicas e, atualmente, o comprimento da raiz primária em milho. No Brasil, esses testes tem muito a evoluir, de modo a participarem efetivamente, nos programas de controle de qualidade da indústria de sementes.

O vigor de sementes, como definido pela “*International Seed Testing Association*” (ISTA, 2006), é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente. A definição de vigor de sementes como formulada pela “*Association of Official Seed Analysts*” (AOSA, 1983) é semelhante. Para as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), vigor compreende um conjunto de características da semente que determina o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições de ambiente (MARCOS FILHO, 2001). Há consenso nacional e internacional entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes sobre a importância do vigor de sementes e a necessidade de avaliá-lo (PERES, 2010).

O vigor é importante na avaliação de todas as espécies agrícolas comercializadas, pois seus resultados são expressos de acordo com seu real comportamento no campo, o que não ocorre com o teste padrão de germinação que é conduzido com temperatura e umidade ideal para as culturas. Fato esse, que o torna mais importante ainda para as sementes de espécies com alto valor comercial, como no caso das hortaliças. Estas podem ter sido peletizadas, cobertas por películas e, em outros países, pré-condicionadas fisiologicamente; além disso, como apresentam menores quantidades de reservas armazenadas, possuem maior propensão à redução de vigor após a maturidade fisiológica. O cultivo dessas espécies é efetuado de maneira intensiva e deve ser estabelecido com o uso de sementes que germinem rápida e uniformemente e, portanto, de qualidade superior.

O uso de testes de vigor é de grande utilidade no monitoramento da qualidade das sementes, a partir da maturidade, pois a redução de vigor precede a perda de viabilidade (DIAS e MARCOS FILHO, 1995). Portanto, o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais distante da perda da capacidade de germinação estiver o parâmetro empregado, mais promissor será o teste, fornecendo, assim, informações complementares àquelas obtidas através do teste padrão de germinação (AOSA, 1983).

A padronização de metodologias para os testes de vigor é importante, pois contribuiriam na tomada de decisões de uma empresa na venda de lotes de sementes com o mesmo percentual germinativo, para definir o marketing de vendas e a capacidade de armazenamento para manter a qualidade, e não para substituir o teste de germinação. São importantes também para a seleção de lotes para semeadura, avaliação do potencial de emergência das plântulas no campo, avaliação do potencial de armazenamento, avaliação do grau de deterioração, controle de qualidade pós-maturidade, seleção de cultivares com qualidade fisiológica elevada durante programas de melhoramento genético, identificação ou diagnóstico de problemas, e para propaganda e promoção de vendas (PESKE et al., 2012).

Diante do exposto anteriormente, enfatiza-se que disponibilidade de informações sobre testes de vigor para estimar o nível de vigor de lotes de sementes de alface é relativamente limitada.

### 2.3.1. PRIMEIRA CONTAGEM DO TESTE DE GERMINAÇÃO

O teste de primeira contagem da germinação é usado como um teste de vigor, pela velocidade de germinação inicial ser uma indicação do vigor das sementes (AMATO, 2006). Este determina o vigor relativo do lote, avaliando a percentagem de plântulas normais que são obtidas por ocasião da primeira contagem do teste de germinação na amostra em análise (NAKAGAWA, 1999). O teste baseia-se no princípio de que as amostras apresentam maiores percentagens de plântulas normais na primeira contagem estabelecidas pelas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Como se utiliza o próprio teste de germinação para sua execução basta que se siga as normas das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), onde a uniformidade e a velocidade de emergência de plântulas são os mais importantes componentes dentro da conceituação atual de vigor de sementes, sendo a avaliação do crescimento da plântula um teste lógico e específico como teste de vigor (AOSA, 1983), bem como a avaliação do comprimento de plântulas normais e anormais.

As principais vantagens do teste de primeira contagem de germinação são: baixo custo, rapidez na obtenção dos resultados; não ter a necessidade de

equipamentos especiais (o mesmo usado para o teste de germinação) e não demandar treinamento específico sobre a técnica empregada. Além disso, esse teste fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar sob condições ótimas de ambiente e além, disso, é um teste confiável, com ampla possibilidade de repetição de resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que sejam seguidas as instruções estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes, tanto nacionais como internacionais (KRZYZANOWSKI et al., 1999). A única desvantagem do teste é que os dados obtidos na primeira contagem do teste de germinação, que indicariam possíveis diferenças na velocidade de germinação, não são apresentados no boletim de análise divulgado aos produtores.

### 2.3.2. Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica foi proposto por Matthews e Bradnock (1967) para estimar o vigor de sementes de ervilha. Esse teste avalia a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes durante a embebição, que está, diretamente, relacionada à integridade das membranas celulares (MATHEWS e POWELL, 1981). Segundo a AOSA (1983), as membranas mal estruturadas e células danificadas estão, geralmente, associadas com o processo de deterioração da semente e, portanto, com sementes de baixo vigor.

O teste de condutividade elétrica é considerado um importante método para avaliação do potencial fisiológico das sementes (VIEIRA, 1994; DIAS E MARCOS FILHO, 1995). Para a condução do teste devem ter alguns cuidados para que não comprometam os resultados obtidos, como: características das sementes (retirada ou não da pálea e lema, se for o caso); dano mecânico ou de insetos detectados visualmente (menor ou maior que 10%); tamanho das sementes (quanto menores as sementes mais reduzida a quantidade de lixiviados); genótipo (espessura do tegumento, presença ou não de lignina no tegumento); teor de água inicial das sementes (entre 10-17%) e se as sementes são tratadas ou não (produtos como carboxin, thiran e captan não alteram a leitura) (AOSA, 1983 E MARCOS FILHO, 2015).

A disponibilidade de informações referentes ao uso de testes de vigor e viabilidade em hortaliças e sementes pequenas de outras espécies pode ser encontrada, entre eles, com uso da condutividade elétrica em sementes de quiabo (DIAS et al., 1998); tomate (RODO et al., 1998) cenoura (RODO et al., 2000); brócolis (MARTINS et al., 2002); ervilha (RECH et al., 1999); pimentão (OLIVEIRA et al., 2005); abóbora (VIEIRA E DUTRA, 2006); abobrinha (DUTRA E VIEIRA, 2006); cebola (DIAS et al., 2006); couve-flor (KIKUTI e MARCOS FILHO, 2007); rúcula (ALVES E SÁ, 2009); berinjela (LOPES et al., 2013) e rabanete (MAVI et al., 2014).

A ISTA possui padronização do teste de deterioração controlada para sementes de *Brassica* spp., contemplando tabelas de tolerância. As recomendações para a condução do teste são: umidade final de 20%, temperatura e tempo para uniformização da umidade: 7°C ± 2°C, por 24 horas; banho-maria: 45°C por 24 horas ± 15 minutos, e resfriamento das amostras por submersão em água fria por 5 minutos.

### 2.3.3. Deterioração Controlada

O teste foi desenvolvido na Escócia em 1980 com a necessidade de encontrar uma solução para a baixa emergência no campo de sementes de hortaliças (AOSA, 2002). As condições de condução do teste são alta temperatura (40 a 45°C); alta umidade das sementes (19 a 24% de teor de água) e um curto período de tempo (24 ou 48 horas). A interpretação dos resultados é sempre relacionada à germinação, onde o resultado da deterioração controlada alta e similar à germinação padrão significa lotes de alto vigor; germinação da deterioração controlada um pouco mais baixa que a do laboratório – médio vigor e, germinação da deterioração muito mais baixa que a do laboratório – representa lotes de baixo vigor.

O teste de deterioração controlada é baseado no conhecimento de que as sementes deterioram ou envelhecem mais rapidamente quando armazenadas em condições de elevada umidade e temperatura. Inicialmente desenvolvido para a avaliação do vigor de lotes de sementes de hortaliças, como cenoura, cebola, alface e brássicas (POWELL E MARRHEWS, 1981), procurando obter informações referentes ao potencial de armazenamento,

constitui-se em uma técnica de envelhecimento similar ao teste de envelhecimento acelerado, incorporando melhor controle do grau de umidade da semente e da temperatura, durante o período de envelhecimento (KRZYANOWSKI et al., 1999). Nesse teste, o grau inicial de umidade das sementes é trazido para um mesmo nível, em todas as amostras antes do início do período de deterioração, em altas temperaturas (HAMPTON e TEKRONY, 1995).

Segundo Powell (1995), este teste é mais apropriado para espécies de sementes pequenas como as hortaliças, permitindo a manutenção das sementes com grau de umidade uniforme até o final do teste. A disponibilidade de informações referentes ao uso de testes de vigor em hortaliças podem ser encontradas, entre eles, com uso da deterioração controlada em sementes de alface e cenoura (MATTHEWS E POWELL, 1987), repolho (POWELL et al., 1991; STRYDOM e VENTER, 1998; MIRDAD et al., (2006); beterraba (POWELL, 1995; SILVA E VIEIRA, 2010; SILVA E VIEIRA, 2012); pepino (ALSADON et al., 1995; PANDEY et al., 1990; LIMA e MARCOS FILHO, 2011); brócolis (MENDONÇA et al., 2000; MENDONÇA et al., 2003); tomate (RODO et al., 1998; PANOBIANCO E MARCOS FILHO, 2001; BARROS et al., 2002), alface (AOSA, 2002); melão (TORRES E MARCOS FILHO, 2005), pimenta (BASAK et al., 2006; KAVAK et al., 2008); maxixe (TORRES, 2005); berinjela (DEMIR et al., 2005; LOPES et al., 2012); rabanete (MARCOS FILHO e KIKUTI, 2006); coentro (TORRES et al., 2012) e quiabo (TORRES et al., 2014).

A ISTA possui padronização do teste de deterioração controlada para sementes de *Brassica* spp., contemplando tabelas de tolerância. As recomendações para a condução do teste são: umidade final de: 20%, temperatura e tempo para uniformização da umidade: 7°C ± 2°C, por 24 horas; banho-maria: 45°C por 24 horas ± 15 minutos, e resfriamento das amostras: por submersão em água fria por 5 minutos.

#### 2.3.4. Emergência a Campo

Os conceitos sobre vigor enfatizam o potencial de emergência e inúmeras pesquisas demonstram a existência de relação entre vigor e a emergência de plântulas. Conseqüentemente, os resultados de testes de vigor

devem ser associados aos de emergência das plântulas em campo, para monitoramento de sua eficiência.

A emergência de plântulas a campo ou também chamado de teste de emergência a campo, visa determinar o vigor do lote de sementes, avaliando a porcentagem de emergência de plântulas em condições de campo, sendo um teste semelhante ao teste de germinação, porém com condições de umidade, temperatura e luminosidade naturais, ou seja, sem controle de condições climáticas.

No campo, as sementes, estão sujeitas às condições adversas, tais como o excesso ou déficit hídrico, a obstrução mecânica imposta por compactação da camada de solo que as cobre e o ataque de microrganismos e insetos (PERRY, 1981). A porcentagem de emergência das plântulas em campo, às vezes, é menor do que a porcentagem de germinação obtida com o teste de germinação (JOHNSON E WAX, 1978). Em função disso e da procura de metodologia com sensibilidade suficiente para estimar com precisão a qualidade dos lotes de sementes, testes de vigor tem evoluído à medida que vêm sendo aperfeiçoados; ganhando precisão e reprodutibilidade de seus resultados, o que é de fundamental importância nas decisões que devem ser tomadas nas fases de produção e comercialização dos lotes, evitando o beneficiamento, transporte, comercialização e semeadura de material de qualidade inadequada (KRZYANOWSKI E FRANÇA NETO, 1991).

Pesquisa afirma que o alto vigor de sementes pode ter uma influência positiva na emergência de plântulas em campo, porém, a magnitude desta influência pode ser modificada pelo ambiente no qual a semente se encontra (BURRIS, 1976). Assim, quanto mais próximas do ambiente ideal forem as condições para o processo de germinação e emergência no campo, maior será a relação entre o vigor determinado em laboratório e a emergência em campo, quando as condições de semeadura forem favoráveis, em comparação a condições adversas, concretizando-se a importância de se definir testes de vigor que sejam representativos.

Sabe-se que a estimativa da porcentagem de emergência em campo é afetada por vários fatores, no entanto, este método empregado é considerado um dos mais eficientes (MARCOS FILHO, 2015). Quanto maior o percentual de

emergência de plântulas a campo, maior o vigor do lote de sementes, é um teste relacionado diretamente à qualidade.

O teste de emergência a campo tem a vantagem de verificar de forma eficiente o efeito do tratamento de sementes e o grande inconveniente dos testes que se baseiam no desempenho das plântulas é a necessidade de que as sementes germinem para, a seguir, avaliar-se o vigor. Esse fato os torna inviáveis para as sementes que apresentam dormência, pois o próprio tratamento empregado para a superação dessa dormência poderá afetar os resultados da avaliação.

### 2.3.5 Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado, que avalia o comportamento de sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevada, foi desenvolvido por Delouche (1976), procurando estimar o potencial relativo de armazenamento de lotes de trevo e de festuca. Essa sugestão foi aceita e divulgada por diversos pesquisadores e o teste de envelhecimento passou a ser incluído em inúmeros projetos de pesquisa e seus resultados rapidamente difundidos pelos tecnólogos de sementes. A metodologia, descrita com maiores detalhes por Delouche e Baskin (1973), passou a ser estudada com maior profundidade, resultando em importantes contribuições dirigidas à padronização do teste (BASKIN, 1981).

Existem vários testes de vigor, porém o mais utilizado no Brasil é o teste de envelhecimento acelerado, que avalia o comportamento das sementes submetidas à temperaturas e umidades relativas elevadas. Por mais dificuldades que apresente na metodologia da uniformização do teste, tem uma grande utilidade prática na rotina laboratorial (KRZYANOWSKI et al., 1999). O grau inicial de umidade das sementes é a principal causa para a desuniformidade dos resultados. Sementes com baixo percentual de umidade; dificuldade de manutenção da umidade relativa dentro da câmara de envelhecimento; espécie e cultivar utilizados; tempo e temperatura de exposição são os principais efeitos utilizados para o envelhecimento acelerado (MELLO E TILLMANN, 1987).

Para a realização deste teste existem diferentes métodos como o da câmara e o do gerbox, sendo este o mais utilizado. No primeiro método, as amostras são colocadas no interior da estufa, sobre prateleiras, permanecendo em ambiente úmido de 40 a 45°C, durante um período variável de acordo com cada espécie. Já o método de gerbox, apresenta maior precisão e facilidade de padronização quando comparado ao anterior. A câmara externa deve estar regulada a uma temperatura de 40 a 45°C com uma variação máxima de 0,3°C. Independentemente do método utilizado para a realização do teste, deve-se ter cuidado com os fatores que podem afetar os resultados, sendo que os mais limitantes são a temperatura, período de exposição das sementes, grau de umidade e abertura da câmara durante o teste (KRZYANOWSKI et al., 1999). O teste é utilizado para avaliar o potencial de emergência de plântulas em campo; identificar diferenças de potencial fisiológico entre amostras de germinação semelhante; avaliar o potencial de armazenamento e está inserido no controle interno de qualidade das empresas produtoras de sementes.

O teste de envelhecimento acelerado é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies (MARCOS FILHO, 2005). Entretanto, para sementes de hortaliças, o teste de envelhecimento acelerado pode ter certas limitações, devido ao tamanho pequeno e à grande variação no teor de água após o envelhecimento, resultando em deterioração acentuada e drástica redução da germinação (PANOBIANCO E MARCOS FILHO, 2001). Este teste consiste em avaliar a resposta das sementes, a partir de sua germinação, após as mesmas terem sido submetidas à temperatura elevada e umidade relativa do ar próxima a 100%, por determinado período de exposição (ROSSETO; MARCOS FILHO, 1995). Assim, procedimentos com o uso de solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) permitem a obtenção de umidades relativas inferiores pelo uso de solução saturada de sal e não saturada, 76 e 94%, respectivamente, às verificadas no envelhecimento acelerado convencional (SALISBURY e ROSS, 1992; JIANHUA E McDONALD, 1996; JIANHUA e McDONALD, 1997). O NaCl é o sal mais comumente utilizado na solução do teste, mas também pode ser usado soluções com KCl e NaBr com média de umidade relativa de 87 e 55%, respectivamente. A utilização desses compostos junto à água não afeta os resultados do teste e ainda proporcionam um menor estresse; controle de

absorção de água pelas sementes, tornando-a mais lenta; redução da proliferação de fungos e probabilidade de identificação de lotes em menor tempo de exposição (MARCOS FILHO, 2015).

Um aspecto importante a ser considerado no teste de envelhecimento acelerado é a diferença na absorção de água pelas sementes que, expostas à atmosfera úmida, podem apresentar variações acentuadas no grau de umidade. Pesquisas conduzidas com espécies que possuem sementes de tamanho pequeno tem revelado resultados pouco consistentes devido à variação muito acentuada do grau de umidade das amostras, após o envelhecimento (RAMOS et al., 2004; TUNES et al. 2012). Fato esse, que vêm gerando estudos de alternativas para a condução do envelhecimento acelerado com sementes dessas espécies, como a substituição da água por soluções de sais (JIANHUA; McDONALD, 1996), sem reduzir a sensibilidade do teste.

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

A disponibilidade de informações referentes ao uso de testes de vigor e viabilidade em hortaliças e sementes pequenas de outras espécies pode ser encontrada, entre eles, com uso do envelhecimento acelerado em sementes de rabanete (DELOUCHE E BASKIN, 1973; ÁVILA et al., 2006); tomate (NASCIMENTO et al., 1993; AOSA, 2002); alface (HAMPTON e TEKRONY, 1995; SANTOS et al., 2011); cenoura (SPINOLA et al., 1998; RODO et al., 2000); quiabo (DIAS et al., 1998; TORRES E CARVALHO, 1998); pepino (BHÉRING et al., 2000; LIMA e MARCOS FILHO, 2011); trevo (AOSA, 2002); alfafa (AOSA, 2002); fumo (AOSA, 2002); azevém perene ( AOSA, 2002); açafraão (AOSA, 2002); canola (AOSA, 2002); pimentão (AOSA, 2002; PANOBIANCO e MARCOS FILHO, 1998); rúcula (RAMOS et al., 2004); couve (KOMBA et al., 2006); pimenta (BHÉRING et al., 2006); beterraba (SILVA et al., (2006); couve-flor (MARCOS FILHO e KIKUTI, 2008); cevada (TUNES et al., 2009); azevém (TUNES et al., 2011); cebola (TUNES et al., 2012); brócolis (TUNES et al., 2013); berinjela (LOPES et al., 2013); salsa

(TUNES et al., 2013); espinafre (LODO et al., 2013) e coentro (RADKE, et al., 2016).

No caso de sementes de alface, o período, a temperatura e o tipo de solução não estão bem esclarecidos pela literatura. Franzin et al. (2004), avaliando metodologias para estimar o potencial fisiológico de sementes de alface, observaram que o envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 41°C por 72h é um dos testes mais indicado para estimar o potencial fisiológico. Por outro lado, Nascimento e Pereira (2007) verificaram que o envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 41°C por 48h pode ser utilizado como parâmetro para escolha dos lotes.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na empresa Brasil Sementes e Tecnologia Ltda. (BST) localizada em Santa Cruz do Sul e no Laboratório Didático de Análise de Sementes “Flavio Rocha” da Universidade Federal de Pelotas, localizado na cidade de Pelotas, ambos no estado do Rio Grande do Sul.

Foram utilizados seis lotes de sementes de alface fornecidos pela empresa Sakata®. As sementes apresentaram um teor de água médio de 6,4% e germinação de 98%. Foram realizados os testes de primeira contagem de germinação, germinação, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado, deterioração controlada e emergência a campo.

Os lotes de sementes avaliados apresentaram umidade inicial homogênea, entre 6,3 e 6,5% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teor de água inicial de seis lotes de sementes de alface Sakata®.

Lotes	Teor de água
	%
1	6,4
2	6,5
3	6,3
4	6,5
5	6,4
6	6,4

Primeira contagem de germinação: foram empregadas quatro subamostras de 50 sementes por lote. As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas para germinar a temperatura constante de 20°C, na presença de luz. A avaliação foi realizada aos quatro dias após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

Germinação: foram empregadas quatro subamostras de 50 sementes por lote. As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas para germinar a temperatura constante de 20°C, na presença de luz. A avaliação foi realizada aos sete dias após a

semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

Emergência com solo: utilizaram-se quatro subamostras de 50 sementes, distribuídas em gerboxes (11,5 x 11,5 x 3,5cm), preenchidos com solo coletado do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico da região de Pelotas-RS. As sementes foram cobertas com solo. A avaliação ocorreu aos 14 dias após a semeadura, ou seja, após a estabilização da emergência.

Condutividade elétrica: foi empregado o método de massa (AOSA, 1983), utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes (sem danos detectados em lupa) previamente pesadas em balança analítica de precisão (0,001g), imersas em 50mL de água destilada, permanecendo em incubadora BOD, a 20°C por 6 horas (FRANZIN et al., 2004). Após o período, realizou-se leitura da condutividade elétrica em condutivímetro, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de semente.

Deterioração controlada: seguiu-se a metodologia descrita por Matthews e Powell (1981) com modificações. Inicialmente o grau de umidade das sementes foi elevado para 20%; para tanto, as sementes foram distribuídas sobre papel toalha umedecidas e mantidas em germinador a 20°C, monitorando-se o grau de umidade das sementes por meio de pesagens sucessivas até obtenção dos valores desejados. Em seguida, cada amostra foi colocada em recipientes aluminizados e hermeticamente fechados, mantidos por 16 horas em refrigerador (5-8°C) e transferidos para banho-maria a 45°C, durante 24 horas (POWELL E MATTHEWS, 1984 e POWELL, 1995). Posteriormente, os recipientes foram imersos rapidamente em água fria para reduzir e uniformizar a temperatura, sendo realizada, em seguida, a semeadura, utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes por lote. Aos quatro dias após a semeadura determinou-se a porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

Teor de água das sementes: determinado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Foi utilizado o método da estufa com regulagem da temperatura a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Para a realização do teste foram utilizadas duas subamostras de 4,0g, que foram acondicionadas em recipientes de alumínio com tampa. Antes de receber as sementes, os

recipientes foram secos durante uma hora em estufa a 130°C e resfriados em dessecador contendo sílica gel. Após a secagem, os recipientes foram pesados com suas respectivas tampas. As sementes foram colocadas nesses recipientes para se obter o peso úmido (peso do recipiente + peso das sementes). Os recipientes foram colocados na estufa a 105°C ± 3°C por 24 horas, depois, foram retirados da estufa, resfriados em dessecador e pesados novamente, para obter o peso seco das sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem, sendo o teor de água (%) calculado pelo resultado da multiplicação do peso úmido (peso do recipiente mais o peso da semente úmida) subtraído do peso seco (peso do recipiente mais o peso da semente seca), dividido pelo resultado da subtração do peso úmido (peso do recipiente mais o peso da semente úmida) pelo peso do recipiente com sua tampa. O resultado final foi multiplicado por 100.

Envelhecimento acelerado: foi conduzido utilizando-se gerboxes, caixas plásticas transparentes (11,5 x 11,5 x 3,5cm) como compartimentos individuais (minicâmaras), possuindo em seu interior suportes para apoio de uma tela metálica. Na superfície de cada uma destas, após a pesagem (aproximadamente 1,5g) as sementes foram distribuídas de maneira a formar uma camada uniforme; entre as sementes e a tela foi colocado um tecido *voil*, que auxilia na absorção mais lenta de água pelas sementes de alface. Para condução do teste de envelhecimento acelerado foram adicionados ao fundo de cada caixa plástica: a) 40mL de água destilada (COSTA et al., 2008 e BARBOSA et al., 2011) (envelhecimento tradicional); b) 40mL de solução diluída de NaCl (11g de NaCl por 100mL de água) (envelhecimento solução não saturada de NaCl) (JIANHUA & McDONALD, 1997 e KIKUTI e MARCOS FILHO, 2012) e c) 40mL de solução saturada de NaCl (40g de NaCl por 100mL de água) (envelhecimento solução saturada de NaCl). As caixas foram mantidas a uma temperatura de 41°C, durante 24, 48, e 72 horas e após montou-se o teste de germinação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e a contagem de plântulas foi realizada no quarto dia.

Delineamento experimental e análise estatística: utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, e os dados obtidos em cada teste foram analisados através de análise de variância e

desvio médio simples, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade e teste de correlação linear de Person simples para as variáveis resposta. O teste de Tukey a 5% de probabilidade comparação das médias entre os lotes. O R Software®, versão 3.1.1 e o pacote de dados "ExpDes.pt " (BANZATO E KRONKA, 2006; R CORE TEAM, 2014) foram utilizados para o procedimento estatístico).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade inicial dos seis lotes de sementes de alface está apresentada na Figura 2 através dos testes de germinação, primeira contagem do teste de germinação e teste de emergência a campo. Para garantir um ótimo estabelecimento de plântulas e, conseqüentemente uma alta produtividade, a utilização de sementes de alta qualidade genética, física, sanitária e fisiológica, são considerados pré-requisitos (MARCOS FILHO, 2015).

De acordo com o teste de comparação de médias, na figura 2A, a germinação inicial dos seis lotes de alface foi de 98%, onde não apresentaram diferenças significativas, assim, a utilização de testes de vigor é indicada para selecionar os mais vigorosos. Lotes com mesma germinação podem ter comportamento diferenciado no campo; principalmente na uniformidade e rapidez da estabilização da emergência, do mesmo modo, somente o teste de germinação não satisfaz as necessidades dos agricultores na compra de lotes de sementes. Além do que, os testes de vigor foram desenvolvidos para proporcionar informações adicionais ao teste de germinação, não para substituí-lo. A venda de sementes é realizada através do teste de germinação, considerado padrão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instrução Normativa nº 25 (BRASIL, 2005) o mínimo de 80% para sementes de alface.

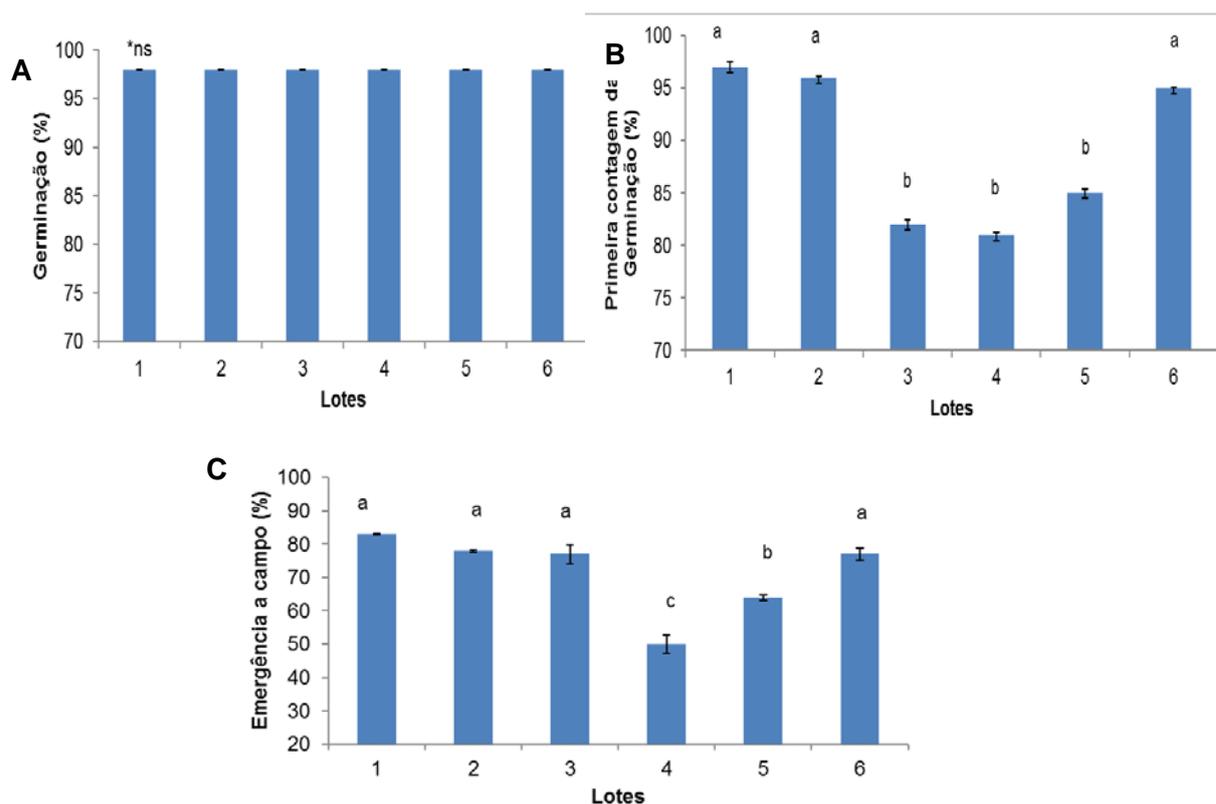
Para o teste de primeira contagem da germinação, se verificou diferença significativa inferior nos lotes 3; 4 e 5, quando comparados aos lotes 1; 2 e 6 de sementes de alface (Figura 2B). Esses resultados corroboram os encontrados por Härter (2013); Ávila et al. (2006), Goulart e Tillmann (2007) e Calheiros (2010), nos quais o teste de primeira contagem de germinação estratificou, respectivamente, lotes de sementes de morango; rabanete, rúcula e abóbora em níveis de vigor. Para o teste de emergência a campo (EC), teste de vigor melhor recomendado com especificidade de cada espécie, ranqueou os lotes de alface em maior vigor como os 1; 2; 3 e 6; de médio vigor o 5 e baixo vigor o lote 4 (Figura 2C). Os lotes de maior vigor tiveram uma média de emergência superior a 75%; garantindo um bom estande no campo.

A avaliação do vigor de sementes é uma parte essencial de qualquer programa de controle de qualidade de sementes, fornecendo informações úteis para detectar e resolver problemas em diferentes níveis do processo de produção, bem como sobre o desempenho das sementes (COSTA et al. 2008).

O teste de germinação, no entanto, padronizado e universalmente aceito como o processo oficial, é realizado no laboratório sob condições altamente favoráveis, geralmente superestimando o potencial fisiológico de lotes de sementes. Contudo, quando as condições são variáveis do ideal, como ocorre nos campos de produção, lotes com germinação semelhante podem mostrar diferentes performances, devido a diferenças em níveis de vigor (LIMA & MARCOS FILHO, 2011).

É, portanto, cada vez mais necessário melhorar a capacidade de testes para a avaliação do vigor de sementes, especialmente em relação à consistência dos resultados e, se possível, reduzindo o tempo necessário para o teste (PEREIRA et al., 2011 e RADKE et al., 2014). As deficiências na emergência de plântulas geralmente acarretam problemas durante o desenvolvimento das plantas e podem prejudicar acentuadamente a qualidade das mudas produzidas. Desta maneira, o conhecimento do nível de vigor dos lotes comercializados permite a tomada de decisão mais segura, de acordo com as exigências do mercado e o nível tecnológico adotado pelo produtor (MARCOS FILHO e NOVEMBRE, 2009).

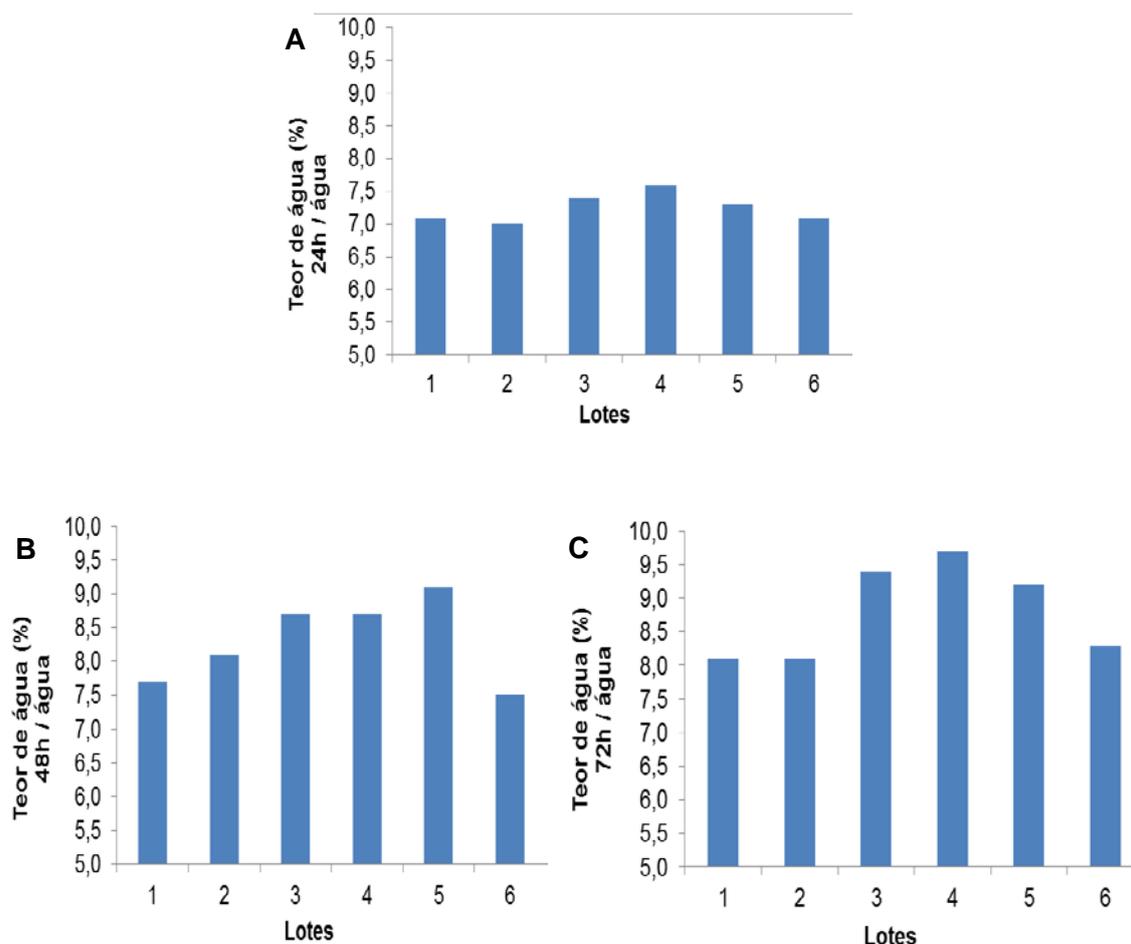
Os resultados médios do teor de água atingido após a realização do teste de envelhecimento acelerado tradicional (água) nos períodos de 24; 48 e 72 horas de exposição, estão apresentados na Figura 3. Observa-se que sementes de alface envelhecidas no procedimento tradicional, atingiram teores de água com variações de 7,1 a 7,5% de grau de umidade; diferindo até valores de 0,5 ponto percentual (p.p.), no período de 24 horas de exposição (Figura 3A). Para os períodos de 48 e 72 horas, verificaram-se variações elevadas entre os lotes em relação ao teor de água no teste de envelhecimento, diferindo 1,7 pontos percentuais, destacado o lote 4 com maior absorção de água (Figura 3C). As variações de umidade observadas podem ser atribuídas ao uso de tecido *voil* entre a camada de sementes e a tela metálica, visto que as referências bibliográficas apontam para teores mais altos.



**Figura 2.** Qualidade inicial de seis lotes de sementes de alface pelos testes de germinação (G), primeira contagem do teste de germinação (PCG) e teste de emergência a campo (EC). Barras representam o erro padrão médio. \*ns = não significativo a 1 e 5% de probabilidade; A – germinação; B – teste de primeira contagem da germinação e C – emergência a campo.

Para o teste de envelhecimento acelerado tradicional, com o uso de água no interior dos gerboxes; corresponde ao ponto de equilíbrio, o qual aumenta com a elevação da umidade relativa do ar e vice-versa MARCOS FILHO (2005). Assim, sementes em contato com ar, cuja umidade relativa era de 100%, terão maior teor de água do que sementes em contato com ar a 94 e 76% de umidade relativa, respectivamente. Da mesma forma, Rodo et al. (2000) e Souza et al. (2015) verificaram para sementes de cenoura e grama-bermuda, respectivamente, aumentos excessivos do teor de água, ao final do envelhecimento acelerado tradicional.

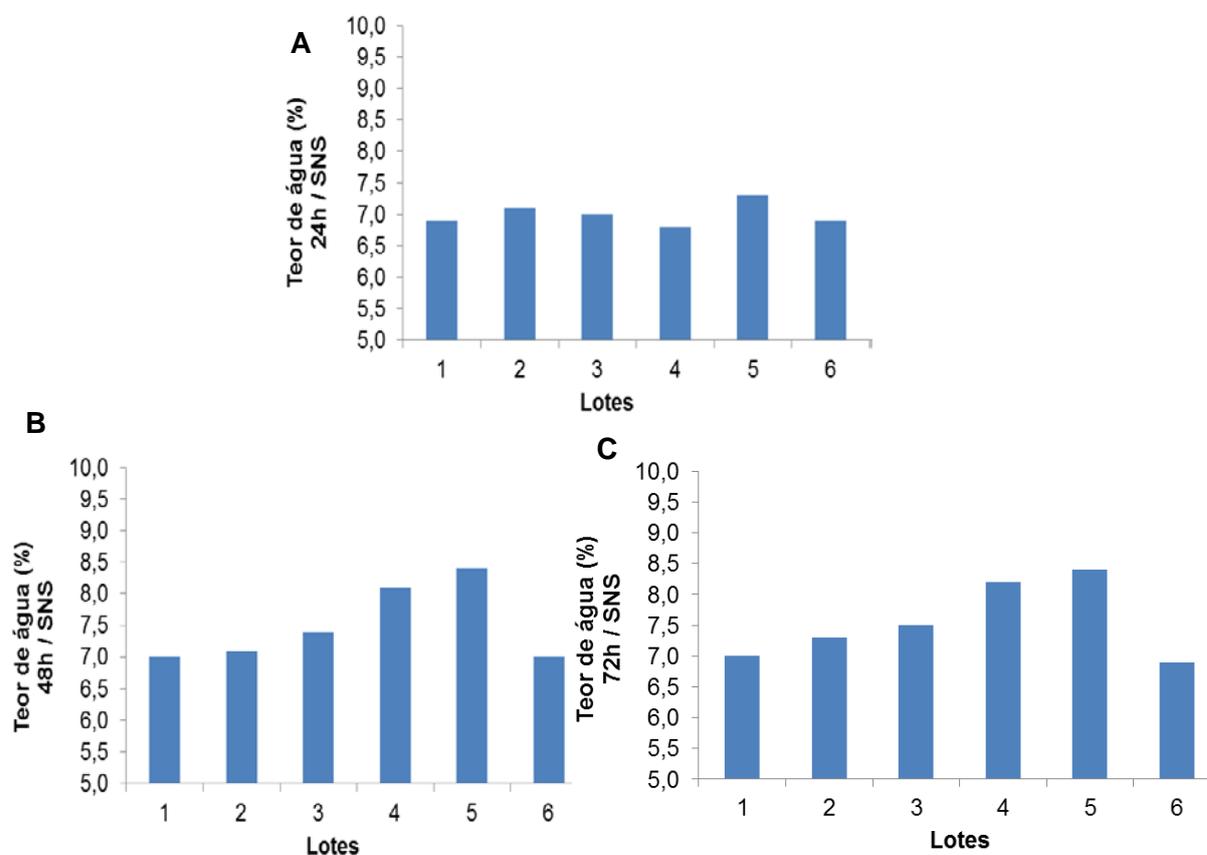
Como citado anteriormente, o uso do método tradicional (água) de envelhecimento (Figura 3), favorece um maior percentual de absorção de água das sementes, pelo ambiente com aproximadamente 100% de umidade relativa do ar. Sendo assim, uma nova metodologia de condução desse teste, substituindo a água por um volume igual de solução salina (Figuras 4 e 5).



**Figura 3.** Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método tradicional (água) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. \* A – 24h; B – 48h e C – 72h.

Na figura 4 estão os dados de teor de água das sementes de alface com o uso de solução não saturada de sal (SNS), que corresponde ao uso de 11g de NaCl diluído em 100mL de água, propiciando um ambiente no interior das caixas gerboxes uma umidade relativa do ar média de 88%. Assim como na Figura 5, também com o uso de sal, no entanto, uma solução mais concentrada, intitulada de solução saturada de NaCl, com a diluição de 40g de sal em 100mL de água, com uma umidade relativa de 76% e, conseqüentemente, menor valor de equilíbrio higroscópico das sementes, determinando menor intensidade de deterioração. Outra vantagem desse método é a condução com utilização de metodologia e equipamentos idênticos aos usados para sementes de grandes culturas (exceto a substituição de água por uma solução saturada), conforme Jianhua e McDonald (1996).

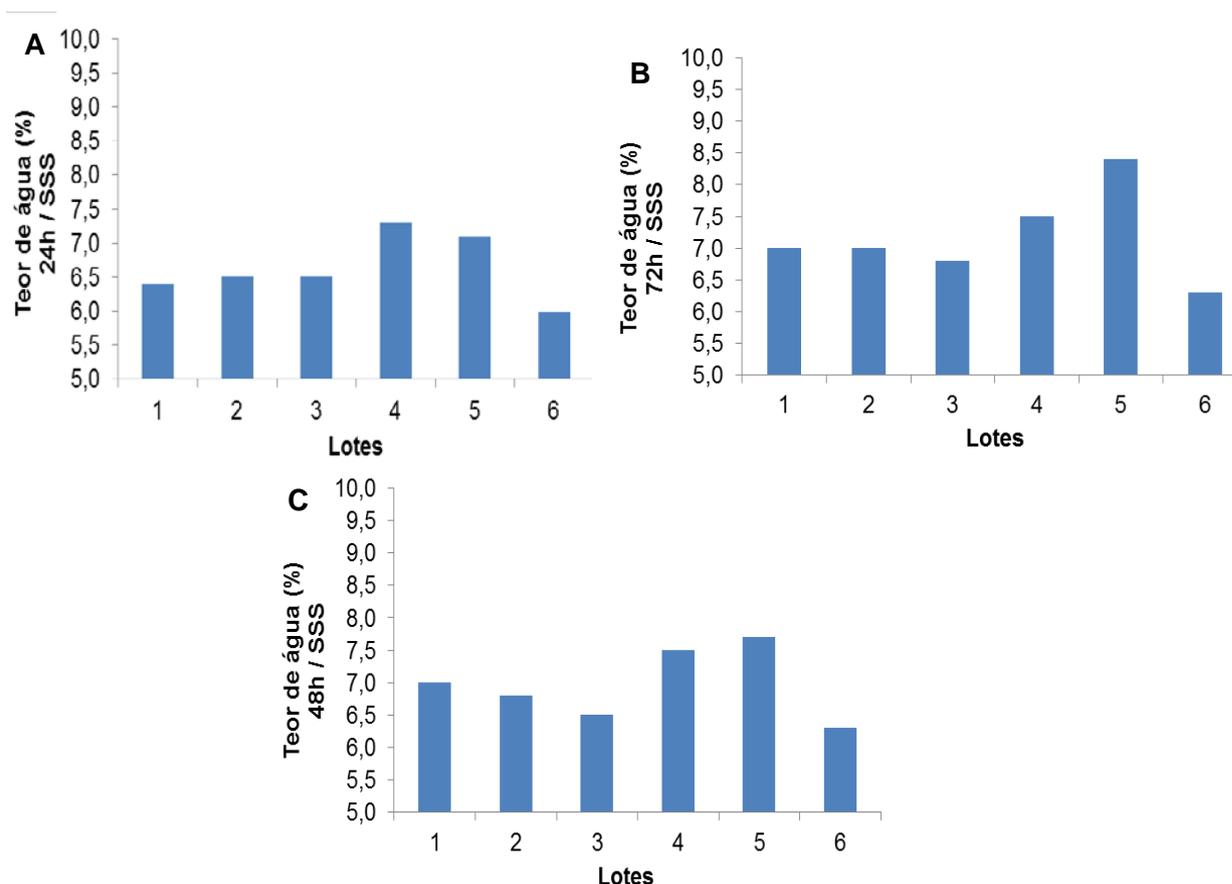
Para o teor de água com SNS no período de exposição de 24h (Figura 4A), o lote 5 foi o que apresentou um maior percentual de absorção de água (7,3%). Para os períodos de 48 e 72h os lotes 4 e 5 foram os que se destacaram com maior grau de umidade dentre os lotes de alface comparados, tanto com solução não saturada como o de solução saturada de NaCl. Para o uso de SNS os teores mais elevados de água foram verificados entre 8,1 e 8,4%; e para o SSS de 7,5 a 8,4% de absorção de água nas sementes, nos períodos de 48 e 72h de exposição, respectivamente (Figuras 4B; 4C; 5B e 5C).



**Figura 4.** Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução não saturada de NaCl (SNS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. \* A – 24h; B – 48h e C – 72h.

Os resultados demonstraram que o uso de solução não saturada assim como a saturada de NaCl proporcionaram menor absorção de água pelas sementes de hortaliças, resultados semelhantes foram encontrados por Bennett et al. (1998) em sementes de milho doce; em pepino por Bhéring et al. (2000); em sementes de tomate por Panobianco e Marcos Filho (2001); Ávila

et al. (2006) em sementes de rabanete; por Costa et al. (2008) em sementes de couve, couve-brócolis e repolho; Santos et al. (2011) em sementes de alface e almeirão; Tunes et al., (2012) em semente de cebola; Tunes et al. (2013) em sementes de salsa; Radke et al. (2014) em sementes de alface e Radke et al. (2016) em sementes de coentro.



**Figura 5.** Teor de água após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução saturada de NaCl (SSS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. \* A – 24h; B – 48h e C – 72h.

De acordo com o teste de comparação de médias, a germinação após o teste de envelhecimento acelerado tradicional no período de 24 horas foi semelhante entre todos os lotes de alface (Figura 6A). Para o teste de germinação do EA 48h / água, na figura 6B, os lotes classificados como de maior vigor foram o 1; 2; 3 e o 6, de vigor intermediário o lote 4 e o mais baixo vigor o lote 5; conseguindo ranquear na mesma ordem em que o teste de emergência a campo (Figura 2C). No entanto, o EA 72h / água estratificou mais o lote 3, classificando-o como de vigor intermediário, juntamente com o lote 4,

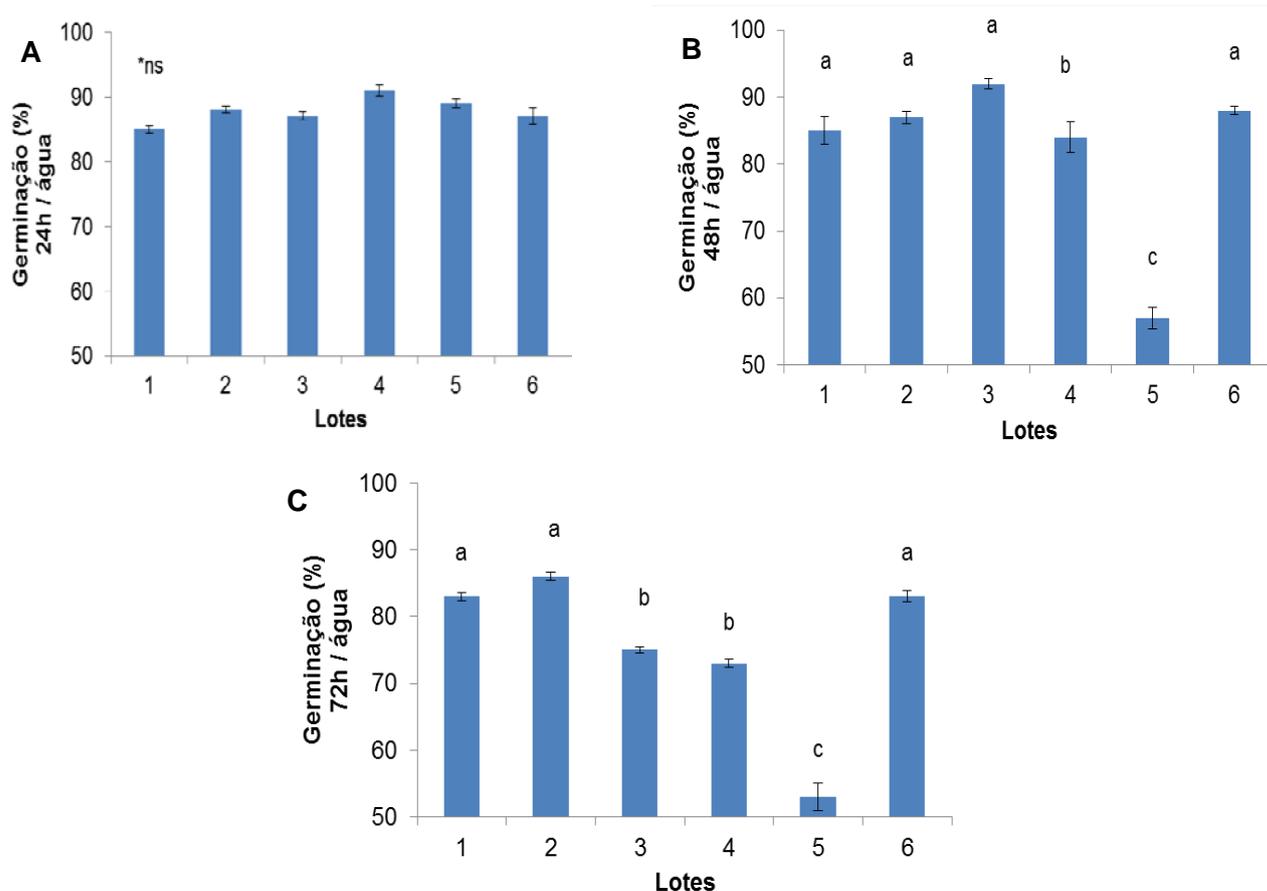
os lotes 1; 2 e 6 como mais vigorosos e o 5 como de pior vigor (Figura 6C). Assim como, Santos et al. (2011), verificaram que o teste de vigor, envelhecimento acelerado, conduzido a 41°C é eficiente quanto à diferenciação de níveis de vigor em sementes de alface e de almeirão considerando-se o período de envelhecimento de 48 horas pelo método tradicional. No entanto, Nascimento e Pereira (2007) constataram que o período de 48 horas de envelhecimento de sementes de alface a 41°C mostrou-se sensível, para estimar a qualidade fisiológica e o estabelecimento de relações com a germinação sob temperatura adversa.

O teste de envelhecimento tradicional (água) proporcionou um percentual germinativo de plântulas de alface reduzido, mostrando, assim, que o procedimento de sementes exposto durante 72 horas é adequado. Este efeito é provavelmente devido ao nível de umidade alcançado por sementes após o envelhecimento, pelo uso de voil, contrariando os resultados relatados por Lima e Marcos Filho (2011) em sementes de pepino, assim como para as sementes de coentro; brocolis e salsa por Tunes et al. (2011); Tunes et al. (2012) e Tunes et al. (2013); respectivamente, e sementes de rúcula por Alves e Sá (2012). Esta constatação torna-se relevante para utilizar a solução com NaCl, de modo que os níveis de estresse tornam possível a avaliação dos lotes de sementes sem reduzir drasticamente a porcentagem de germinação após o processo de envelhecimento acelerado (ÁVILA et al., 2006).

Segundo Powell (1995) e Pereira et al. (2015), pesquisas conduzidas com sementes pequenas, como as de hortaliças, tem revelado resultados pouco consistentes devido à variação muito acentuada do grau de umidade das amostras, após o envelhecimento.

Para a comparação de médias dos testes de germinação após o teste de envelhecimento acelerado com o uso de solução não saturada de NaCl (SNS), os períodos de exposição de 24 e 48 horas não difeririam estatisticamente entre os seis lotes de sementes de alface (Figuras 7A e 7B). Entretanto, na Figura 7C é possível verificar que o período de exposição de 72 horas, além de estratificar os lotes e classificar em níveis de vigor, não reduziu drasticamente a produção de plântulas normais, ou seja, manteve um valor médio de germinação acima de 80%, sendo um valor excelente para sementes de alface, sementes com alto vigor os lotes 1; 2; 3 e 6 e médio vigor os lotes 4 e 5. Todos

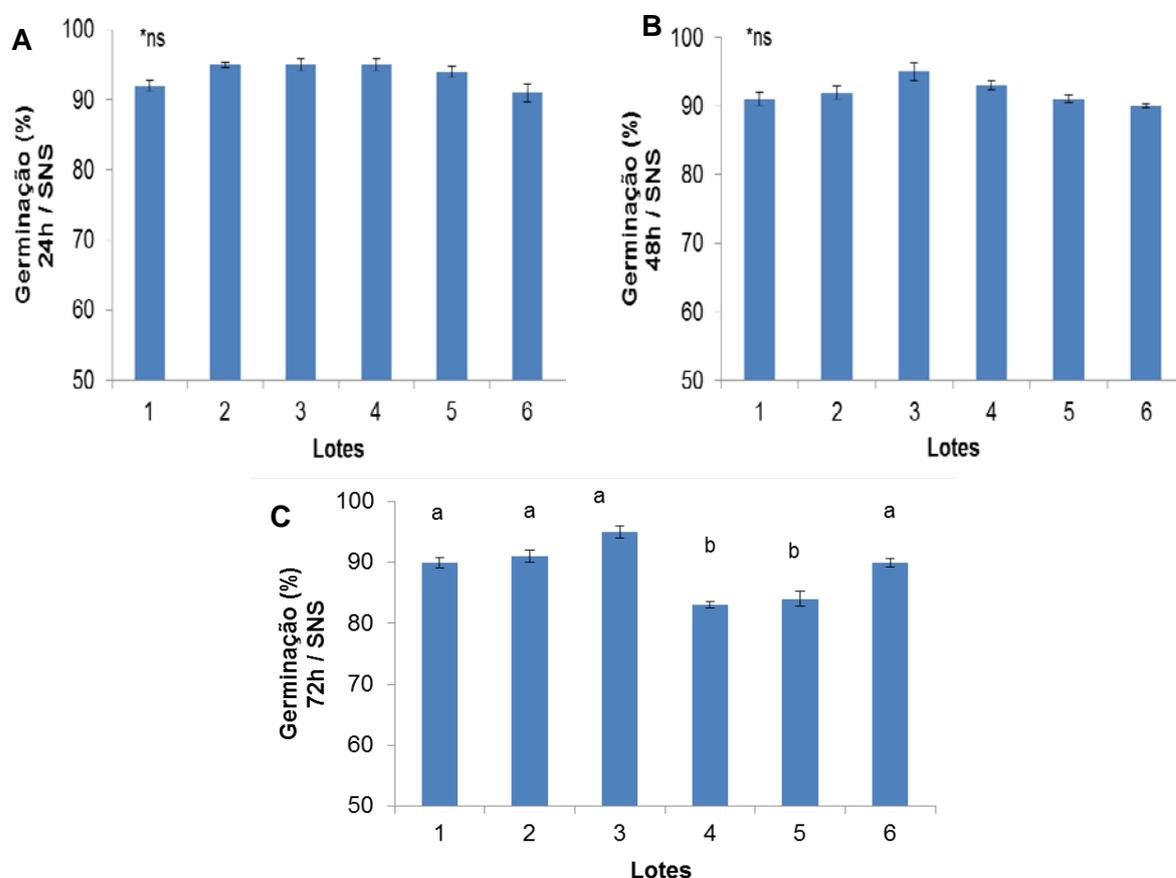
os lotes ficaram acima do padrão de germinação exigido para comercialização, estabelecido pelo MAPA, que é de 70% (BRASIL, 1986).



**Figura 6.** Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método tradicional (água) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. Barras representam o erro padrão. \*ns = não significativo a 5% de probabilidade; A – 24h; B – 48h e C – 72h.

As metodologias alternativas ao teste de envelhecimento acelerado começaram a ser desenvolvidas por Jianhua e McDonald (1996), executando o teste com soluções saturadas de NaCl, KCl e NaBr, de modo a obter umidades relativas de 76%, 87% e 55%, e verificaram que o método retardou a absorção de água das sementes de *Impatiens walleriana* Hook. (beijo-turco) e se mostrou eficiente na avaliação do vigor. Também verificaram que com a redução da umidade relativa do ar (dentro dos gerboxes nas câmaras de envelhecimento), consecutivamente, conseguiram diminuir drasticamente a proliferação de fungos, além de regular lentamente a absorção inicial de água, principalmente por sementes pequenas (menor que o diâmetro de sementes de

trigo) como algumas sementes de espécies florestais, hortaliças, ornamentais e forrageiras.



**Figura 7.** Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução não saturada de NaCl (SNS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. Barras representam o erro padrão. \*ns = não significativo a 5% de probabilidade; A – 24h; B – 48h e C – 72h.

Assim como no uso da solução não saturada de NaCl (Figura 7), observou-se também que o uso de solução saturada de NaCl promoveu valores de umidade relativa baixos, suficientes para reduzir acentuadamente ou impedir o desenvolvimento de microrganismos, minimizando a preocupação com efeitos de microrganismos associados às sementes interferir nos resultados do teste (Figura 8).

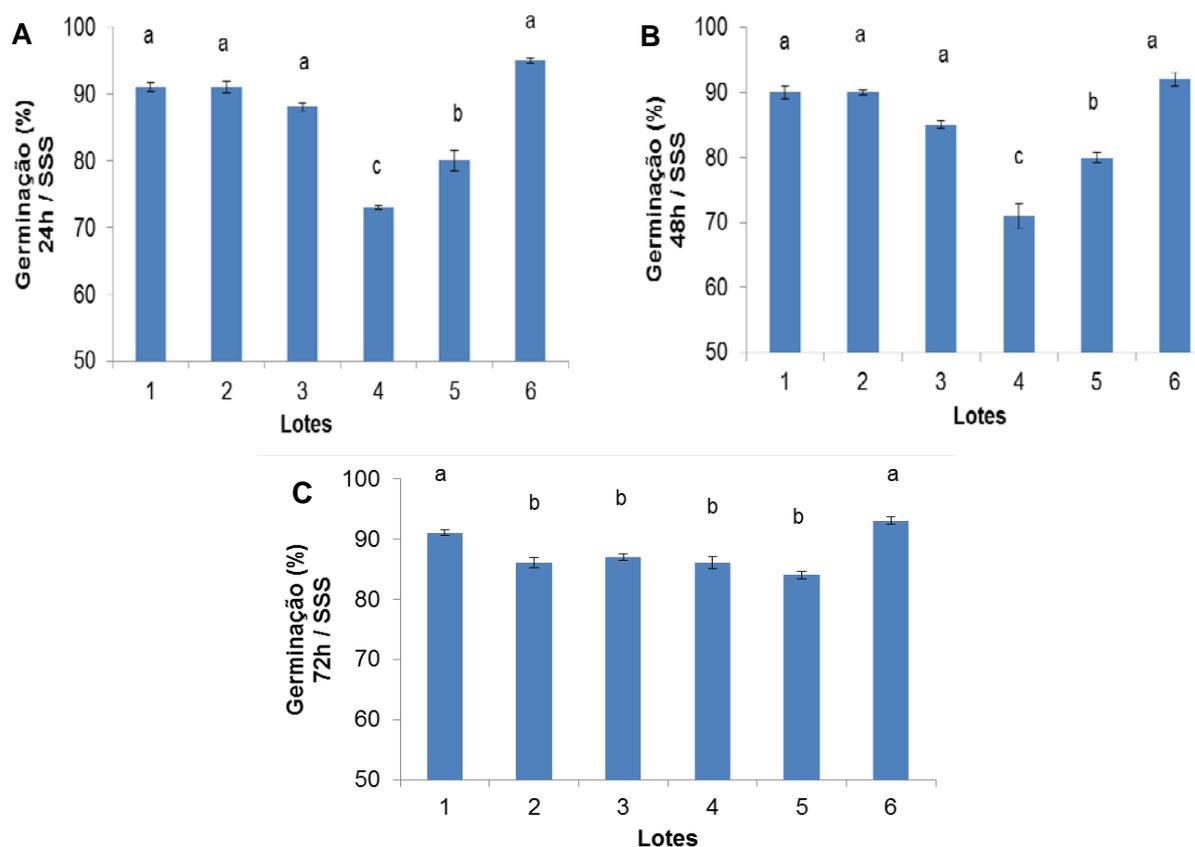
A comparação de média para os testes de germinação do envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de NaCl nos períodos de exposição de 24 e 48 horas (Figuras 8A e 8B) mostram que o teste conseguiu estratificar os seis lotes de sementes de alface de acordo com o teste de emergência a campo, considerado o mais adequado para comparação

de metodologias não padronizadas dos testes de vigor (Figura 2C). Os lotes 1; 2; 3 e 6 são os de maior vigor; o 5 como intermediário e o lote 4 como o de baixo vigor, ou seja, menor estabilização desse lote em campos de produção. Já no teste de EA 72 / SSS, a germinação das sementes frente a esse estresse combinado a temperatura de 41°C, não foi eficiente para estratificação adequada dos lotes de sementes de alface, selecionando apenas o 1 e 6 como de maior vigor e os demais (2; 3; 4 e 5) com vigor mais baixo (Figura 8C).

Para ambos os métodos de condução do teste de envelhecimento acelerado, com e sem utilização de solução salina, o período e a temperatura de exposição das sementes ainda não se encontra totalmente determinado para todas as espécies, embora tenha sido mais intensamente estudado para grandes culturas. Na literatura encontra-se apenas dois trabalhos com sementes de alface (SANTOS et al., 2011 e RADKE et al., 2014), tornando-se necessário mais estudos a respeito dessa hortaliça, pois não são as mesmas indicações de temperatura, solução e tempo de exposição.

No presente trabalho foi possível classificar os lotes de sementes em níveis de vigor de forma eficiente com 48 horas utilizando o procedimento tradicional e o modificado com solução saturada de NaCl com 24 e 48 horas (Figuras 6B; 8A e 8B).

Na figura 9 estão os dados da comparação de médias dos testes de condutividade elétrica e resultados da germinação após o teste de deterioração controlada nos seis lotes de sementes de alface. Para o teste de condutividade elétrica, os lotes 4 e 5 apresentaram maiores teores de lixiviação de eletrólitos para o meio aquoso, fato esse, que esclarece o vigor, já identificado nos testes anteriores, com maior aceleração do processo de deterioração (Figura 9A), permitindo um ranqueamento a ser feito em um menor tempo e, conseqüentemente, obtendo resultados mais rápidos (seis horas). Resultados semelhantes foram encontrados com sementes de berinjela (ALVES et al., 2012; LOPES et al., 2013), pimentão (OLIVEIRA e NOVEMBRE, 2005) e abobrinha (DUTRA e VIEIRA, 2006), onde os lotes foram classificados com 8 e 24 horas de embebição.



**Figura 8.** Percentual de germinação após o teste de envelhecimento acelerado em seis lotes de sementes de alface pelo método solução saturada de NaCl (SSS) em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. Barras representam o erro padrão médio; A – 24h; B – 48h e C – 72h.

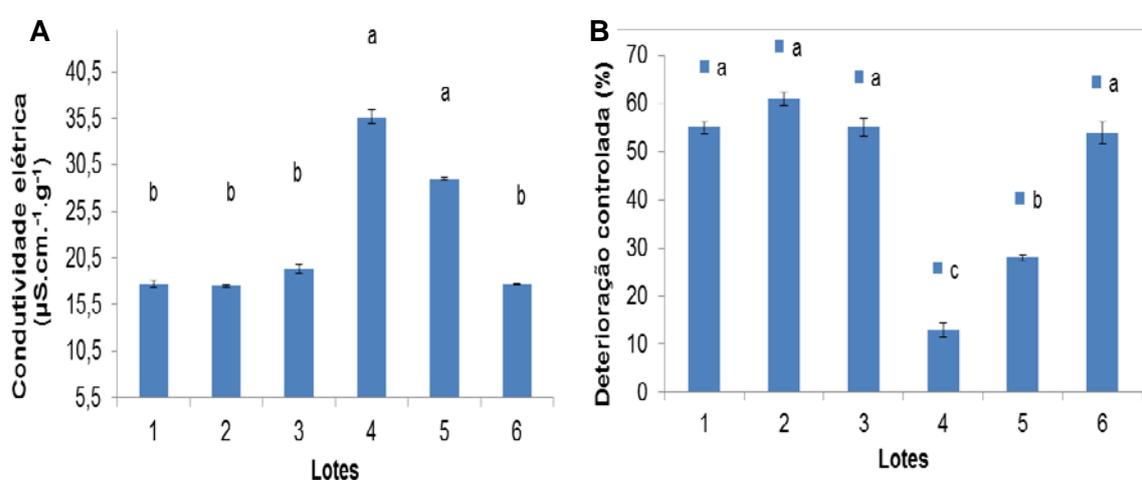
O processo de deterioração inicial é avaliado pela desorganização das membranas e pode ser associado com alterações bioquímicas e metabólicas que resultam numa perda de integridade da membrana (MAVI et al., 2014). Tal perda leva à liberação de eletrólitos, que aumenta de forma proporcional à condutividade elétrica das sementes embebidas, e está associada com a perda de viabilidade em várias espécies (MIRA et al., 2011). Em um estudo recente, Barbosa et al. (2012), demonstraram a eficiência do teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*).

Para o teste de deterioração controlada, na comparação de média dos lotes de sementes de alface, apresentados na figura 9B, verifica-se que o teste foi eficiente para classificar os lotes quando comparado à emergência a campo

(Figura 2C). Entretanto, a metodologia com a temperatura de 45°C, durante 24 horas, foi drástica para as sementes de alface, pois ocorreram reduções nos valores do teste de germinação, todos abaixo de 80%, destacando o lote 4 como de mais baixo vigor, com percentual médio de 13% de plântulas normais. O mesmo foi verificado por Silva e Vieira (2010) em sementes de beterraba, onde alguns lotes foram sensíveis às condições de estresse do teste de deterioração controlada.

Em estudo com sementes de rúcula, Alves et al. (2011) verificaram que o teste de deterioração controlada não foi, suficientemente, sensível para avaliar a qualidade fisiológica das sementes para os cultivares testados. No entanto, o mesmo foi eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes desta espécie em trabalho realizado por Goulart e Tillmann (2007) e em sementes de repolho, por Bernardes et al. (2015).

As condições do teste de deterioração controlada foram suficientes para deteriorar as sementes, com redução drástica do percentual germinativo. Essa queda ocorre porque há a exposição das sementes à alta temperatura e umidade relativa do ar, assim nessas condições, provocando alterações que influenciam a síntese de proteínas, de ácidos nucleicos e o metabolismo do DNA (VÁSQUEZ et al., 1991). A interferência de relevância no resultado final de germinação é decorrente de alterações no processo respiratório e na funcionalidade das membranas, cuja principal é a oxidação dos lipídeos (BASAJVARAJAPPA et al., 1991 e MCDONALD, 1999).



**Figura 9.** Condutividade elétrica e percentual de germinação após o teste de deterioração controlada em seis lotes de sementes de alface. Barras representam o erro padrão médio. A – condutividade elétrica e B – teste de deterioração controlada.

Na tabela 2 está apresentada a correlação negativa e moderada a 1% de probabilidade para o teste de envelhecimento acelerado com água por um período de estresse de 24 horas com a emergência a campo. O teste de envelhecimento com utilização de água no interior dos gerboxes proporciona um estresse acentuado na perda do poder germinativo das sementes de alface, nas condições de combinação de alta temperatura (41°C), período de exposição (24 horas) e umidade relativa (próxima a 100%) prejudica, significativamente, a espécie em estudo. Fato que pode também ser esclarecido em relação ao teor de água inicial das sementes que foi em média de 6,4%, considerada baixa, e sendo exposta à umidade relativa saturada, o processo de absorção pode ter sido muito brusco, não havendo o tempo necessário de organização interna relacionada ao processo inicial de embebição. Resultados como o encontrado nessa pesquisa em sementes de alface, também foram detectados por Vieira et al. (2001) em sementes de soja e por Tunes et al., (2011) em sementes de coentro. No entanto, Anfinrud e Schneiter (1984) observaram que o teste de emergência se correlaciona significativamente com o teste de envelhecimento acelerado sob sistema tradicional a 42°C por 96 horas em sementes de girassol.

Comparando-se os coeficientes de correlação simples, no teste de laboratório de envelhecimento acelerado com solução não saturada de NaCl por 72 horas com a emergência a campo, verifica-se que estes foram significativos a 1%, de forma que, quando há exposição das sementes ao estresse com alta temperatura e umidade relativa abaixo de 100%, ou seja, média de 88%, o desempenho germinativo não é afetado, podendo ser utilizado para estratificar lotes de vigor. A correção entre as duas variáveis foi de  $r = 0,59$ , positiva e moderada entre a metodologia do teste de envelhecimento adaptada em laboratório e a emergência a campo.

Foram observadas correlações positivas significativas entre as médias de germinação do teste de envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de NaCl nos períodos de 24; 48 e 72 horas e os valores da emergência de plântulas em campo (Tabela 2), indicando que o comportamento da variável germinação dessa metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado pode ser associado às alterações de

comportamento das sementes de alface no campo de produção, faixa de zoneamento da cultura.

A correlação é positiva, moderada com significância de 1% para as variáveis envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl nos períodos de 24 e 48 horas e emergência a campo (Tabela 2). Já para a variável teste de envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de NaCl no período de 72 horas, a correlação foi positiva, moderada e significativa a 5% de probabilidade com o teste de emergência em campo. O mesmo foi verificado por Wrasse (2011), mostrando o efeito dos fatores extrínsecos e em comum que considerou a qualidade dos lotes

Entre muitas características desejáveis em um teste de vigor está a relação com a emergência de plântulas (MARCOS FILHO, 2015). Essa relação foi verificada por meio da determinação dos valores de correlação simples entre os resultados dos testes de laboratório e a emergência de plântulas. O alto valor do coeficiente de correlação negativa ( $r = -0,84$ ) a 1% de probabilidade indica que os resultados deste foram inversamente proporcionais aos do teste de emergência a campo (Tabela 2), ou seja, à medida que aumenta a condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) reduz o percentual de plântulas emergidas. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (1995) quando avaliaram sete lotes de sementes de cenoura e por Torres et al. (1999) em sementes de maxixe. Essa análise de correlação é classificada como forte, segundo a interpretação dos valores de coeficiente de correlação, independentemente de ser positivo ou negativo. Shimakura (2006) interpreta os valores de “r” entre intervalos, como:  $r = 0,00$  a  $0,19$  significa uma correlação muito fraca;  $r = 0,20$  a  $0,39$  correlação fraca;  $r = 0,40$  a  $0,69$  correlação moderada;  $r = 0,70$  a  $0,89$  correlação forte e  $r = 0,90$  a  $1,0$  correlação muito forte.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre a primeira contagem da germinação (PCG), emergência a campo (EC), a condutividade elétrica (CE) e a deterioração controlada (DC) com o envelhecimento acelerado tradicional; solução não saturada e saturada de NaCl dos seis lotes de sementes de alface em períodos de 24, 48 e 72 horas de exposição em temperatura constante de 41°C. \*\* = significativo a 1 e \* = 5% de probabilidade.

Envelhecimento acelerado		PCG	EC	CE	DC
Solução	Tempo de exposição (h)				
Tradicional (água)	24	ns	-0,52*	0,42**	-0,46**
	48	ns	ns	-0,42**	0,43**
	72	0,50**	ns	ns	ns
Solução salina (SNS)	24	ns	ns	ns	ns
	48	ns	ns	ns	ns
	72	ns	0,59*	-0,69*	0,75*
Solução salina saturada (SSS)	24	0,87*	0,67*	-0,81*	0,76*
	48	0,79*	0,61*	-0,75*	0,66*
	72	0,59*	0,43*	-0,48*	ns
Condutividade elétrica		ns	-0,84*	ns	ns

O estabelecimento adequado do estande está relacionado à utilização de sementes com alto potencial fisiológico, capazes de germinar uniforme e rapidamente, sob ampla variação de condições ambientais. A rapidez é muito importante porque reduz o grau de exposição das sementes e das plântulas a fatores adversos. Diante do exposto, é que se recomenda que o vigor deve ser avaliado com dois ou mais testes, porque, além de verificar diferentes aspectos do comportamento das sementes, não há metodologias padronizadas com tolerância de aceitação dos resultados (MARCOS FILHO, 2015). Com a necessidade de utilização de sementes de alta qualidade, o percentual de germinação já deixou de ser uma ferramenta de garantia de produção e essa imposição faz com que sejam requisitadas metodologias alternativas, rápidas, de fácil execução e interpretação, de custo baixo e relacionadas à emergência a campo de cada espécie, para ter um menor risco de perda de qualidade no campo.

## **5 CONCLUSÕES**

O teste de deterioração controlada nas condições testadas apresenta resultados de qualidade similar à emergência de plântulas a campo.

O teste de envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de sal a 41°C no período de 24 h com uso de solução saturada de NaCl é eficiente na classificação de lotes de sementes de alface, em níveis de vigor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Olerícolas: visão do mercado global**. 2015. disponível em: <[http://boaspraticasagronomicas.com.br/upload/file/Guia\\_TSI.pdf](http://boaspraticasagronomicas.com.br/upload/file/Guia_TSI.pdf)>. Acesso em: abril de 2016.

AGRIANUAL 2015. **Anuário estatístico do Brasil**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p. 256, 2015.

ALSADON, 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**, Zurich, v.23, p.665-672, 1995.

ALVES, C.Z.; GODOY, A.R.; CANDIDO, A.C.S.; OLIVEIRA, N.C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.975-280, 2012.

ALVES; C.Z. e SÁ, M.E. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n.01, p. 203-215, 2009.

ALVES; C.Z.; SÁ, M.E. Adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado em sementes de rúcula. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n.01, p. 2789-2798, 2012.

AMATO, A.L.P. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém anual do banco de sementes do solo**. 2006. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ANDRADE, R.N. de; SANTOS, D.S.B. dos; SANTOS FILHO, B.G. dos; MELLO, V.D.C. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Santa Maria, v.1, n.2, p.153-162, 1995.

ANDRIOLO, J.L.; ESPINDOLA, M.C.G.; STEFANELLO, M.O. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.33-40, 2003.

ANFINRUD, N.M.; SCHNEITER, A.A. Relationship of sunflower germination and vigor tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v.24, p. 341-344, 1984.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, p. 88,1983.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, p. 105, 2002.

ÁVILA, P.F.V.; VILLELA, F.A.; ÁVILA, M.S. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, p. 52-58, 2006.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, p. 237, 2006.

BARBOSA, R.M.; COSTA, D.S.; SÁ, M.E. Envelhecimento acelerado em sementes de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.11, p. 1899-1902, 2011.

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

BARROS, S.T.; PAIVA, E.P. Teste de deterioração controlada para avaliação fisiológica de sementes de jiló. **Revista Caatinga**, Mossoró, vol. 22, nº. 3, p. 35-39, 2009.

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

BASAK, O.; DEMIR, I.; MAVI, K.; MATTHEWS, S. Controlled deterioration test for predicting seedling emergence and longevity of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.34, p. 701-712, 2006.

BASKIN, C.C. Accelerated aging test. In: PERRY, D.A. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, p.43-48, 1981.

BENNETT, M.A.; BARR, A.J.; GRASSBAUGH, E.M.; EVANS, A.F. **Seed vigor evaluation of su, se and sh2 sweet corn genotypes using the saturated salt accelerated aging test**. In: CONGRESS OF ISTA, 25, Pretoria, 1998. Abstracts... Pretoria: ISTA, p.92-93, 1998,

BERNARDES, P.M.; LOPES, J.C.; ZANOTTI, R.F.; BRANDÃO, L.M.; MENGARDA, L.H.G.; SPADETO, C. Teste de deterioração controlada e envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de repolho. **Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, 2015.

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**, Pelotas, v. 22, p 171-175, 2000.

BHÉRING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; VIDIGAL, D.S.; NAVEIRA, D.S.P.C. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, p.64-71, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 457, de 18 de dezembro de 1986. Anexo: Procedimentos e padrões para distribuição, transporte, comércio e importação de sementes fiscalizadas de olerícolas**. Brasília, 1986.

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

BURRIS, J.S. Seed/seedling vigor and field performance. **Journal of Seed Technology**, Medison, v.1, p.58-74, 1976.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargil, p. 492, 1983.

COSTA, C.J.; TRZECIAK, M.B.; VILLELA, F.A. Potencial fisiológico de sementes de brassicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.26, n.2, p.144-148, 2008.

COSTA, C. P.; SALA, F. C. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Campainas, v. 23, n. 1, 2005.

DELOUCHE, J.C. Standardization of vigor tests. **Journal of Seed Technology**, Medison, v. 1, n.2, p. 75-85, 1976.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-52, 1973.

DEMIR, I.; ERMIS, S.; OKCU, G. Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.33, p.563-569, 2005.

DIAS, D.C.F.S.; VIEIRA, A.N.; BHERING, M.C. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de hortaliças: feijão-de-vagem e quiabo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.20, n.2, p.408-413, 1998.

DIAS, D.C.F.S.; BHERING, M.C.; TOKUHISA, D.; HILST, P.C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.154-162, 2006.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Teste de vigor baseados na permeabilidade de membranas celulares: II Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 37-41, 1995.

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

FAHL, J.L.; CAMARGO, M.B.P.C.; PIZAINATO, M.A. (Ed). **Instrumentos agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6 ed. Campinas: IAC, p. 173-174, 1998.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. UFV, 2003.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Agregando valor à semente de soja. **Revista Seed News**, Pelotas, nº5, p. 1-2, 2003.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.M.; GARCIA, D.C.; WRASSE, C.F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n.2. p. 63-69, 2004.

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

GOMES, T.M.; BOTREL, T.A.; MODOLO, V.A.; OLIVEIRA, R.F. Aplicação de CO<sub>2</sub> via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.23, n.2, p.316-319, 2005.

GOULART, L. S.; TILLMANN, M. A. A. Vigor de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.) pelo teste de deterioração controlada. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n 2, p.179-186, 2007.

HÄRTER, L.S.H. **Metodologias de testes para avaliação do potencial de sementes de mogango (*Cucurbita pepo* L.)**. 2013. 102f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes). Faculdade de Agronomia - FAEM. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ISTA. **International Rules for Seed Testing**. Basseldorf, Switzerland, International Seed Testing Association, p. 303, 2006.

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

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

JOHNSON, R.R., WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 2, p. 273-278, 1978.

KATAYAMA, M. **Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão**. In: Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças, 1990, Jaboticabal. POTAFOS, 1993.

KAVAK, S.; ILBI, H.; ESER, B. Controlled deterioration test determines vigour and predicts field emergence in pepper seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.36, n.2, p.456-461, 2008.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Potencial fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.1, p. 107-113, 2007.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 165-169, 2008.

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

KOMBA, C.G.; BRUNTON, B.J.; HAMPTON, J.G. Accelerated ageing vigour testing of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.34, n.1, p.205-208, 2006.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Testes de vigor em sementes. In: Encontro sobre avanços em tecnologia de sementes, 1991, Pelotas. **Anais...** Pelotas: FAEM-UFPel, p. 97-103, 1991.

KRZYZANOWSKI, F. C; VIEIRA, R.D; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes**. Conceitos e Teses. Londrina, p. 2-1/2-24, 1999.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. 3th ed. ISTA, Zurich. 1995.

LIMA, M.E. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto de Agronomia – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Seropédica - Rio de Janeiro, 2007.

LIMA, M.E.; CARVALHO, S.F.; SOUZA, A.P.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho de alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.6, p. 1503-1510, 2009.

LIMA, L. B.; MARCOS FILHO, J. Procedimentos para condução de testes de vigor baseados na tolerância ao estresse térmico em sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.1, p.45-53, 2011.

LODO, M.A.; LOPES, M.M.; SOARES, B.R.R.; VIEIRA, R.D. Assessment of the physiological potential of spinach seeds (*Tetragonia tetragonoides* (Pall.) Kuntze). **Journal of Seed Science**, Madison, v.35, n.3, p.284-291, 2013.

LOPES, M. M.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. Methods for evaluating the physiological potential of scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.40, n.1, p.86-94, 2012.

LOPES, M.M.; SILVA, C.B.; VIEIRA, R.D. Physiological potential of eggplant seeds. **Journal of Seed Science**, Madison, v.35, n.2, p.225-230, 2013.

LUCCA FILHO, O.A. **Patologia de Sementes**. In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.). Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos, 2.Ed., Pelotas, p.259-329, 2006.

MARCOS FILHO, J. **Teste 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, cap1, p 1-21, 1999.

MARCOS FILHO, J. **Pesquisa sobre vigor de sementes em hortaliças.**

Informativo ABRATES, Brasília, v. 11, n. 3, p. 63-75, 2001.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.**

Piracicaba: FEALQ, p. 495, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Londrina:

ABRATES, p. 660, 2015.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P. Vigor de sementes de rabanete e o desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n3, p.44-51, 2006.

MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A.D.L.C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças.** In: NASCIMENTO, W.M. (Ed).

Tecnologia de Sementes de Hortaliças. Brasília: Embrapa - Hortaliças, p. 185-243, 2009.

MARTINS, C.C.; MARTINELLI-SENEME, A.; CASTRO, M.M.; NAKAGAWA, J; CAVARIANI, C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. italica Plenk).

**Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.24, n.2 p.96-101, 2002.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W.T. The detection of seed samples of wrinkled-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. **Proceedings of International Seed Testing Association**, Zurich, v. 32, p.553-563, 1967.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Electrical conductivity test. In: Perry, D.A. (Ed.). **Handbook of vigour test methods.** ISTA. p.37-41, 1981.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. **Controlled deterioration test.** In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**, Zurich, p.49-56, 1987.

MAVI, K.; MAVI, F.; DEMIR, I.; MATTHEWS, S. Electrical conductivity of seeds soak water predicts seedling emergence and seed storage potential in commercial seed lots of redish. **Seed Science and Technology**, Madison, v. 42, n.1, p. 76-86, 2014.

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

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

MENDONÇA, E.A.F.; RAMOS, N.P.; FESSEL, S.A.; SADER, R. Teste de deterioração controlada em sementes de brócolis. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.22, n.2, p.280-287, 2000.

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

MENTEN, J. O. M. **Prejuízos causados por patógenos associados às sementes**. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DE SEMENTES, 2, Piracicaba, 25/28 fev. 1991. Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, v.1, p.137-160, 1991.

MIRA, S. Biochemical changes induced in seeds of Brassicaceae wild species during ageing. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v. 33, n. 5, p. 1803-1809, 2011.

MIRDAZ, Z.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Prediction of germination in artificially aged seeds of Brassica spp using the bulk conductivity test. **Seed Science and Technology**, Madison, v.34, p. 273–286, 2006.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.21, 1999.

NASCIMENTO, W.M.; BARROS, B.C.G.; PESSOA, H.B.S.V. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.15, p.251-253, 1993.

NASCIMENTO, W.M.; FREITAS, R.A.; GOMES, E.M.L.G.; SOARES, A.S. Metodologia para o teste de envelhecimento acelerado em sementes de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.25, n.2, p.205-209, 2007.

NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA, R.S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.29, n.3, p.175-179, 2007.

NASCIMENTO, W.M. Cresce o mercado de semente de hortaliças no Brasil. **Seed News**, Pelotas, ano XX, n.3, 2016.

OLIVEIRA, S.R.S.; NOVEMBRE, A.D.L.C. Teste de condutividade elétrica para as sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.1, p.31-36, 2005.

PANDEY, P.K.; GOYAL, R.D.; PRAKASH, V.; KATIVAR, R.P.; SINGH, C.B. Association between laboratory vigour tests and field emergence in cucurbits. **Seed Research**, Nova Delhi, v.18, n.1, p.40-43, 1990.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, 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, 2001.

PEREIRA, F.S.; TORRES, S.B.; LINHARES, P.C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 595-606, 2015.

PERES, W.L.R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 2010. 50f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 2010.

PERRY, D.A. Introduction; methodology and application of vigor test; seedling growth and evaluation test. In: PERRY, D.A. (Ed.). **Handbook of vigor tests methods**. Zurich, p. 3-20, 1981.

PESKE, S.T., VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas: UFPel. p. 573, 2012.

POWELL, A.A. The controlled deterioration test. In: van der Venter, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**, Copenhagen, p. 73-87, 1995.

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**, Zurich, v.12, n.2, p. 421-427, 1984.

POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. The significance of seed coat damage in the production of high quality legume seeds. **Acta Horticulturae**, Brasilia, v.111, p. 227-233, 1981.

POWELL, A.A., THORNTON, J.M.; MITCHELL, J.A. Vigour differences in Brassica seed and their significance to emergence and seedling variability. **Journal Agriculture Science**, New York, v.116, p 369-373, 1991.

RADKE, A.K.; REIS, B.B.; ALMEIDA, A.S.; MENEGHELLO, G.E.; TUNES, L.M.; VILLELA, F.A. Alternative methodologies to test seed vigor in lettuce.

**Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n.19, p. 94-101, 2014.

RADKE, A.K.; REIS, B.B.; GEWEHR, E.; ALMEIDA, A.S.; TUNES, L.M.;

VILLELA, F.A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.1, p.95-99, 2016.

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.

R CORE TEAM. R. **A language and environment for statistical computing**.

R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014. URL

<<http://www.R-project.org/>>.

RECH, E.G.; VILLELA, F.A.; TILLMANN, M.A.A. Avaliação rápida da qualidade fisiológica de sementes de ervilha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n.1, p. 1-9, 1999.

REIS, R.G.E.; GUIMARÃES, R.M.; PEREIRA, D.S.; CASTRO, M.B.; VIEIRA, A.R.; CARVALHO, M.L.M. Qualidade fisiológica de sementes de berinjela osmocondicionadas submetidas à secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1507-1516, 2013.

RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Accelerate aging and controlled deterioration for the determination of the physiological potential of union seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n. 2, p,465 – 469, 2003.

RODO, A.B.; TILLMANN, M.A.A.; VILLELA, F.A.; SAMPAIO, N.V. Teste de condutividade elétrica em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.20, n.1, p.29-38, 1998.

RODO, A.B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.02, p. 289-292, 2000.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo**. 2002. 123f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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, p.123-131, 1995.

SALA F. C.; COSTA, C. P. ‘Gloriosa’: cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 409-410, 2008.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, p. 682, 1992.

SANTOS, S.R.G.; PAULA, R.C. Qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 87-94, 2007.

SANTOS, E.S.; SANTI, A., DALLACORT, R.; MELO, F.S.; FARIA JUNIOR, C.A. Coeficiente de cultura da alface para região de Tangará da Serra, MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, 2015.

SANTOS, F.; TRANI, P.E.; MEDINA, P.F.; PARISI, J.J. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação da qualidade de sementes de alface e almeirão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 33, nº2, p. 322-330, 2011.

SHIMAKURA, S.E. **Interpretação do coeficiente de correlação**. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>> Acesso em: março de 2016.

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

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

SILVA, G. M.; MAIA, M.B.; MAIA, M.S. **Qualidade de sementes forrageiras de clima temperado** [recurso eletrônico] – Dados eletrônicos. – Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2011.

SILVA, J.B.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de beterraba. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 30, n.3, 2012.

SOUZA, E.L.; OLIVEIRA, S.; ALMEIDA, A.S.; MENEGHELLO, G.E.; GEWEHR, E.; TUNES, L.M. Testes de vigor para avaliação da qualidade de sementes de grama bermuda. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Mendoza, v. 114, n. 2, p. 185-192, 2015.

SPÍNOLA, M.C.M.; CALIARI, M.F.; MARTINS, L.; TESSARIOLI-NETO, J. Comparação entre métodos para avaliação do vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 20, p.301-305, 1998.

STRYDOM, A.; VENTER, H.A.V.D. Comparison of seed vigour tests for cabbage (*Brassica oleracea* var capitata). **Seed Science Technology**, Zurich, v.26, p. 579-585, 1998.

TEKRONY, D.M. Accelerated aging test. **Journal of Seed Technology**, Madison, v.17, p.110-120, 1993.

SUÑÉ, A.S. **Emergência de Plântulas em Diferentes Substratos e Profundidades de Semeadura: Nova Metodologia na Avaliação do Vigor em Sementes de Milheto**. 2016. 75f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

TORRES, B.T. Teste de deterioração controlada em sementes de maxixe. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.23, n.2, 2005.

TORRES, S.B.; CARVALHO, I.M.S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 20, n. 1, p. 209-211, 1998.

TORRES, S.B.; DANTAS, A.H.; PEREIRA, M.F.S.; BENEDITO, C.P.; SILVA, F.H.A. Deterioração controlada em sementes de coentro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.34, n.2, p.319-326, 2012.

TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Physiological potential evaluation in melon seeds (*Cucumis melo* L.). **Seed Science and Technology**, Zurich, v.33, p. 342-350, 2005.

TORRES, S.B.; SILVA, M.A.S.; CARVALHO, I.M.S.; QUEIROZ, M.A.; MARCOS FILHO, J. Correlação entre testes de vigor em sementes de maxixe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1075-1080, 1999.

TORRES, S.B.; SILVA, F.G.; GOMES, M.D.A.; BENEDITO, C.P.; PEREIRA, F.E.C.B.; SILVA, E.C. Diferenciação de lotes de sementes de quiabo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.12, p.2103-2110, 2014.

TUNES, L. M., BADINELLI, P. G.; OLIVO, F.; BARROS, A. C. S. A. Teste de envelhecimento acelerado em cevada. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 21, n. 2, p. 111-119, 2009.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; BADINELLI, P.G.; TAVARES, L.C.; RUDINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p.33-37, 2011.

TUNES, L.M.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; VIERIRA, J.F.; ACUNHA, T.S.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B. Accelerated aging of onion seeds (*Allium cepa* L.) submitted to a saturated salt solution. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v.5, n.2, p. 244-250, 2011.

TUNES, L.M.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; VIEIRA, J.F.; ACUNHA, T.S.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B. Envejecimiento acelerado de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) sometidas a soluciones salinas saturadas. **Revista Colombiana de Ciencia Hortícola**, Bogotá, v. 5, n.2, p. 84-90, 2011.

TUNES, L.M.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B.; DUARTE, V.B. Envelhecimento acelerado em sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. itálica Plenck). **Journal Bioscience**, Uberlândia, v. 28, n.2, p. 173-179, 2013.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; GADOTTI, G.I.; MUNIZ, M.F.B.; BARROS, A.C.S.A.; VILLELA, F.A. Accelerated aging to assess parsley seed vigor. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.31, n.3, p.457-460, 2013.

VIEIRA, R. D. **Teste de condutividade elétrica**. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: Funep, p. 103–139, 1994.

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

VIEIRA, R.D; DUTRA, A.S. Condutividade elétrica em sementes de Abóbora, híbrido Bárbara. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.305-308, 2006.

WRASSE, C.F. **Testes de vigor alternativos em sementes de arroz.** 2006. 71f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.