

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e**  
**Tecnologia de Sementes**



**Tese**

**TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E CONDIÇÕES DE**  
**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE AMARANTO**

Andréa Bicca Noguez Martins

**Pelotas, 2018**

**Andréa Bicca Noguez Martins**

**TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE AMARANTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade  
Federal de Pelotas, como requisito parcial a obtenção do  
título de Doutor em Ciências (área do conhecimento:  
Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Caroline Jácome Costa

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Lilian Madruga Tunes

**Pelotas, 2018**

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas Catalogação na  
Publicação

**Banca Examinadora:**

Dr<sup>a</sup>. Dario Munt de Moraes

Dr<sup>a</sup>. Caroline Jácome Costa

Dr. Geri Eduardo Meneghello

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

Dra Elisa Lemes

*Aos meus pais Valda e Mário (In Memoriam), ao meu esposo Charles  
Martins e minhas filhas Carolina, Julia e Joana.*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir essa conquista e por estar ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes por disponibilizar a estrutura física e corpo docente que possibilitaram a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro.

Aos meus coorientadores Dra Carolina Jácome Costa , Profa. Dra Lilian Tunes pela orientação, incentivo, amizade, carinho, dedicação, ensinamentos e apoio em todas as etapas deste trabalho, vocês são o meu estímulo em seguir em frente, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador, professor Dario Munt de Moraes, pela orientação, confiança e respeito ao longo dessa etapa.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação pelos ensinamentos.

A funcionária Carla Silva pela companhia agradável, por sua alegria contagiante e pela amizade ao longo destes quatro anos.

A todos os membros da minha família que de um modo ou de outro contribuíram para realização desse trabalho, obrigada pelo apoio e incentivo.

Ao meu esposo Charles Martins, pelas angústias e preocupações que passou comigo, pelo amor, companheirismo, carinho e estímulo, dedico-lhe essa conquista com muita gratidão.

A minha mãe Valda e aos meus irmãos Adriana e Everton pelo apoio, compreensão e estímulo para continuar meus estudos e nunca desistir de alcançar meus objetivos, muito obrigada.

Aos meus sogros Wilson e Leda (In Memoriam) pelo incentivo, muito obrigada.

Às minhas três filhas Carolina, Julia e Joana, pela compreensão nos momentos de preocupações, cansaço e muitas vezes ausência, estímulo de seguir em frente e superar as dificuldades, agradeço muito pelo apoio e por sempre estar ao meu lado.

À amiga e funcionária Ireni Leitzke sempre disposta a ajudar e auxiliar no trabalho, em especial aos meus companheiros de todos os momentos aos estagiários Caroline Treptow e Jonas pela ajuda no trabalho e agradável convivência, muito obrigada.

A todos meus amigos pela ajuda, companhia agradável, grande amizade e apoio, principalmente Jerffeson Cavalcante e Fernanda da Motta Xavier, pois sempre que preciso me estenderam a mão, agradeço de coração.

A todos meus colegas de doutorado, em especial a Michele Meneguzzo, Aline Klug Radke, Maria Johana Gonzales Véra, Manoela Andrade Monteiro e Leticia Winke pela colaboração, conhecimentos compartilhados, agradáveis momentos e amizades conquistadas.

A todos os colegas do programa de pós-graduação, e aos amigos que conquistei com os quais convivi e com quem muito aprendi, muito obrigada.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas certamente, não sou o que era antes”.*

**Marthin Luther King**

## Resumo

MARTINS, Andréa Bicca Noguez. **Teste de envelhecimento acelerado e condições de armazenamento de sementes de amaranto**. 2018, 71f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O armazenamento de sementes constitui etapa fundamental para a manutenção da qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes. O objetivo do trabalho foi avaliar procedimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado e os efeitos de diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto *Amaranthus cruentus* L. O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes – FAEM/UFPel. Foram conduzidos dois experimentos, separadamente. O primeiro foi realizado no período de 03/2015-05/2015, utilizando-se cinco lotes de sementes de amaranto, cultivar BRS Alegria. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados diferentes lotes de sementes de amaranto (I, II, III, IV e V) e três tipos de soluções para condução do teste de envelhecimento acelerado (água, não saturada e saturada). As variáveis analisadas foram germinação, primeira contagem da germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado e determinação do grau de umidade. O segundo experimento foi desenvolvido no período de 01/2016-09/2016, empregando-se sementes de amaranto da cultivar BRS Alegria em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições. O fator de tratamento A testou tipos de embalagens (papel, saco plástico e PET); o fator B, ambientes de armazenamento (natural, não controlado; câmara fria, e refrigerado); e, o fator C, as épocas de armazenamento (0, 60, 120, 180, 240 e 300 dias). As variáveis avaliadas foram grau de umidade, germinação, primeira contagem de germinação e emergência em canteiro. No primeiro experimento, conclui-se que o teste de envelhecimento acelerado, utilizando solução saturada de NaCl na combinação 24 horas a 41 °C, é adequado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de amaranto. No segundo experimento, foi possível concluir que as sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, podem ser armazenadas em câmara fria por até 300 dias, acondicionadas em garrafa Pet<sup>®</sup>, sem diminuir seu potencial fisiológico.

Palavras chave: *Amaranthus cruentus* L.; viabilidade; vigor; armazenamento de sementes

## Abstract

MARTINS, Andréa Bicca Noguez. **Evaluation and conservation of the physiological quality of amaranth seeds.** 2018, 71f. Thesis (Doctorate) - Postgraduate Program in Seed Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The storage of seeds is a fundamental step for the maintenance of physical, physiological and sanitary quality of seeds. This study aimed at evaluating procedures for conducting the accelerated aging test and the effects of different storage conditions on the maintenance of the physiological quality of amaranth seeds - *Amaranthus cruentus* L. The work was conducted in the Laboratory of Seed Analysis - FAEM / UFPel. Two experiments were conducted separately. The first one was carried out in the period of 03/2015 - 05/2015, using five lots of amaranth seeds, BRS Alegria cultivar. The experimental design was completely randomized with four replications. We evaluated different batches of amaranth seeds (I, II, III, IV and V) and three types of solutions for conducting the accelerated aging test (water, unsaturated and saturated). The analyzed variables included germination, first counting of germination, emergence of seedlings, accelerated aging and humidity. The second experiment was carried out in the period from 01/2016 - 09/2016, using BRS Alegria amaranth seeds in a completely randomized experimental design with four replications. Treatment factor A tested types of packaging (paper, plastic bag and PET); the B factor tested the storage environments (natural, uncontrolled, cold chamber, and refrigerated); and the factor C analyzed the storage times (0, 60, 120, 180, 240 and 300 days). We analyzed the humidity, germination, first germination count and emergence in bed. In the first experiment, the accelerated aging test using saturated NaCl solution in the 24-hour combination at 41 °C was adequate to evaluate the physiological potential of amaranth seeds. According to the second experiment, amaranth seeds cv. BRS Alegria can be stored in a cold room for up to 300 days and packaged in a Pet® bottle, without reducing their physiological potential.

Key words: *Amaranthus cruentus* L.; viability; vigor; seeds storage

## Lista de tabelas

### **CAPÍTULO I – Teste de envelhecimento acelerado em sementes de amaranto**

Tabela 1	Germinação, primeira contagem da germinação e emergência de plântulas de amaranto, cv. BRS Alegria.....	34
Tabela 2	Grau de umidade (%) de sementes de amaranto cv. BRS Alegria, após 0, 24, 48 e 72 horas de envelhecimento acelerado empregando diferentes soluções.....	35
Tabela 3	Envelhecimento acelerado (% de plântulas normais) às 24, 48 e 72 horas de sementes de amaranto cv. BRS Alegria em função de diferentes lotes e soluções.....	37

## Lista de figuras

### **CAPÍTULO II – Diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto**

Figura 1	Temperatura média e umidade média relativa do ar, durante o período de armazenamento das sementes de amaranto na condição de ambiente natural.....	41
Figura 2	Germinação (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a períodos de armazenamento, em diferentes períodos de armazenamento (PA), em diferentes ambientes (N - Natural; G – Geladeira; CF – Câmara Fria) e tipos de embalagem (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel).....	48
Figura 3	Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes tipos de embalagens (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel) e períodos de armazenamento (PA) .....	50
Figura 4	Emergência de plântulas em canteiro (EC) a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (PA), em diferentes condições (N - Natural; G – Geladeira; CF – Câmara Fria) e tipos de embalagem (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel).....	54

## Lista de tabelas

### **CAPÍTULO II – Diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto**

Tabela 1	Grau de umidade (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, armazenadas em diferentes ambientes, tipos de embalagens e épocas de armazenamento.....	44
Tabela 2	Resumo da análise de variância para as variáveis, germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e emergência de plântulas em canteiro (EC), obtidas a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (PA), acondicionadas em diferentes embalagens (EMB) e condições de armazenamento (CA).....	45
Tabela 3	Germinação (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes ambientes, tipos de embalagem e épocas de armazenamento.....	46
Tabela 4	Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes tipos de embalagens e períodos de armazenamento.....	49
Tabela 5	Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas ao armazenamento em diferentes ambientes e tipos de embalagens.....	51
Tabela 6	Emergência de plântulas em canteiro (EC) a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, mantidas em diferentes ambientes, tipos de embalagens e períodos de armazenamento.....	52

## Sumário

<b>1</b>	Introdução	15
<b>2</b>	Revisão de Literatura	19
<b>2.1</b>	A cultura do amaranto	19
<b>2.1.1.</b>	Antecedentes	19
<b>2.1.2.</b>	Importância e características agronômicas	20
<b>2.1.3.</b>	Composição química e valor nutritivo	22
<b>2.1.4.</b>	Produção e consumo	24
<b>2.1.5.</b>	Qualidade fisiológica de sementes	24
<b>2.1.6.</b>	Armazenamento de sementes	25
<b>2.1.7.</b>	Ambiente de armazenamento	26
<b>2.1.8.</b>	Embalagens	27
<b>3</b>	Capítulo I	30
	Introdução	30
	Material e Métodos	31
	Resultados e Discussão	33
<b>4</b>	Capítulo II	38
	Introdução	38
	Material e Métodos	40
	Resultados e Discussão	42
<b>5</b>	Considerações Finais	55
<b>6</b>	Referências	57

## 1 Introdução

Uma das fragilidades dos agroecossistemas decorre do fato de que o sul do Rio Grande do Sul dispõe de mais de cinco milhões de hectares de solos de várzea, o que corresponde a 20% do território gaúcho (REIS, 1998) e onde se concentra mais da metade da produção orizícola brasileira. Tais solos são propensos a apresentarem drenagem deficiente, alagamentos temporários e problemas relacionados à compactação da camada superficial do solo. Apesar da incorporação de outras culturas na região, como a soja, problemas relacionados ao manejo de pragas e do solo têm se intensificado gradativamente, exigindo alternativas que possam atenuar o ciclo de pragas e doenças, que apresentem variabilidade genética suficiente para adaptar-se às condições edafoclimáticas predominantes na região, que sejam facilmente manejáveis dentro da lógica dos sistemas de produção e que possam contribuir para a geração de emprego e renda.

Dada a limitação na capacidade tecnológica da maioria dos empreendimentos agrícolas e escassa disponibilidade de alternativas de produção que possam contribuir para a diversificação da matriz produtiva, os desafios para as pequenas propriedades são grandes. Essa realidade se amplia aos produtores estabelecidos em outras regiões do Sul do Brasil e até mesmo de áreas agrícolas de alguns países. Portanto, é desejável que sejam selecionadas espécies que apresentem rápido crescimento, tolerância aos estresses abióticos predominantes, boa produção de biomassa, que contribuam para a ciclagem de nutrientes e que apresentem boa aceitação no mercado.

Muitas dessas características estão presentes nos pseudocereais. Sua adaptação e versatilidade aos mais variados ambientes em seus locais de origem, além de sua contribuição para qualificar a alimentação humana e animal e seu elevado valor de mercado, levantam a possibilidade de incorporá-las em sistemas de produção agrícolas. Entretanto, não há informação disponível sobre a adaptação dessas espécies ao cultivo no Rio Grande do Sul, tampouco sobre práticas de manejo, incluindo época de semeadura, densidade de plantas, níveis de adubação, época e momento de colheita, manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, entre outras questões relevantes para o setor produtivo que possam orientar a incorporação das espécies em sistemas de produção que buscam a diversificação e

a ampliação das fontes de renda, bem como a produção agrícola em bases sustentáveis.

Os pseudocereais apresentam proximidade da composição organomineral de seus grãos em relação aos cereais tradicionais. Entretanto, apresentam a vantagem de oferecerem balanço superior em termos de aminoácidos essenciais, além de maior conteúdo de proteínas e óleo. Dentre eles, destaca-se o amaranto (*Amaranthus* spp.), espécie promissora que pode ser utilizada como alternativa para diversificação dos sistemas de produção agrícola, podendo ser empregada na proteção do solo, como forragem e para a produção de grãos de elevado valor nutritivo. A introdução dessa espécie no Brasil é relativamente recente, tendo ocorrido nos anos 1990, como alternativa para diversificação do sistema de produção agrícola do Cerrado (SPEHAR, 2007). A cultivar BRS Alegria (*Amarantus cruentus*) originou-se da linhagem de *A. cruentus* AM 5189, procedente dos Estados Unidos. Depois de dois anos de ensaios, a partir de 1998, realizou-se seleção massal em AM 5189, que foi uniformizada em relação às características agrônômicas (SPEHAR et al., 2003).

O amaranto é um vegetal que apresenta altos teores de proteínas nos grãos e nas folhas; possui alta concentração de cálcio, magnésio, fósforo, zinco e ferro no tecido foliar, comparativamente ao existente em outros cereais como o milho, o arroz e o trigo (COSTA, 2007). Suas sementes apresentam teor de óleo que costuma variar na faixa de 5,6 e 10,6% (MARCÍLIO et al., 2005). A espécie pode contribuir significativamente para a ascensão da sustentabilidade no meio ambiente, com a agrobiodiversidade, produção global de alimentos e na preparação de alimentos saudáveis e complementos alimentares (ŽIAROVSKÁ et al, 2016). Foi selecionado pela NASA, juntamente com a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), para compor a alimentação de astronautas devido ao elevado valor nutritivo, possibilidade de aproveitamento integral, facilidade de cultivo e rápido crescimento, mesmo sob condições ambientais adversas (ASOCIACIÓN MEXICANA DEL AMARANTO, 2014).

A demanda pelo consumo de pseudocereais tem crescido entre pessoas que buscam alternativas à proteína animal, alimentos livres de colesterol e que possam ser empregados em dietas especiais, como pacientes celíacos, por serem livres de glúten (TEIXEIRA et al., 2003). Entretanto, no Brasil, os estudos com essa espécie

sofreram descontinuidade, o que limitou a disponibilidade de informações importantes relativas ao seu manejo e incorporação em sistemas agrícolas produtivos, assim como o desenvolvimento e lançamento de cultivares adaptadas ao cultivo nas mais variadas regiões produtoras do País. Todavia, o aumento da pressão pela diversificação dos sistemas de produção agrícolas e a necessidade de adoção de práticas de produção mais sustentáveis do ponto de vista ambiental têm evidenciado a importância dessa espécie como opção para incorporação no sistema de produção, seja como cultivos rotacionados ou sucessivos, contribuindo para a redução do uso de insumos, sobretudo em pequenas propriedades agrícolas, com impactos favoráveis ao ambiente e à saúde humana (SPEHAR, 2006).

Apesar da importância crescente, o cultivo dos pseudocereais em escala comercial é restrito. O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), originado nas Américas do Sul e Central, é um pseudocereal, considerado uma cultura ainda pouco conhecida ou divulgada na agricultura brasileira, mas é importante economicamente em outras partes do mundo (SPEHAR et al., 2003). Das três espécies de amaranto granífero, a *Amaranthus cruentus* L. é a mais adaptada às condições brasileiras. Dependendo das condições de cultivo, o início da emergência ocorre três dias após semeadura, e apresenta ciclo anual de aproximadamente 93 dias (COSTA; DANTAS, 2009).

As sementes devem ser consideradas como o insumo de maior importância no sucesso de uma cultura, pois é por meio destas que se obtém a máxima produtividade. O método que mantém as sementes viáveis, pelo menos no período entre o plantio e a colheita, é o armazenamento (AZEVEDO, 2003). No entanto, para a introdução dessa nova cultura no cenário agrícola brasileiro, estudos relacionados à qualidade fisiológica das sementes se fazem necessários.

A capacidade de uma semente em manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie, da sua qualidade inicial e das condições ambientais de armazenamento (CARVALHO; VILLELA, 2006). Assim, a semente pode ser produzida sob rigoroso sistema de inspeção, colheita apropriada, e processada para a mais alta pureza, porém, pode ser perdida se armazenada sob condições inadequadas ou com alto teor de água. Portanto, o baixo teor de água da semente e a baixa temperatura, associados à baixa umidade

relativa no ambiente de armazenamento, são fatores importantes para a manutenção da qualidade por um período mais prolongado.

O armazenamento deve reduzir ao máximo a velocidade e a intensidade do processo de deterioração das sementes (KROHN ; MALAVASI, 2004), por isso, quando colhidas e beneficiadas, estas devem ser armazenadas adequadamente para garantir a preservação de sua qualidade fisiológica (CARNEIRO ; AGUIAR, 1993). Durante o armazenamento, as sementes sofrem a influência de vários fatores, sendo a umidade relativa, temperatura e embalagens as principais, por estarem relacionadas diretamente com o processo de deterioração. A umidade relativa do ar tem relação direta com o teor de água das sementes, além de controlar a ocorrência dos diferentes processos metabólicos que estas sofrem durante a armazenagem, enquanto a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos e interfere indiretamente no teor de água das sementes (CARVALHO ; NAKAGAWA, 2000).

As embalagens também são responsáveis pela viabilidade e longevidade das sementes armazenadas (POPINIGIS, 1985). Sementes conservadas em embalagens que permitem trocas de vapor d'água com o ar atmosférico podem absorver água sob alta umidade relativa do ar, deteriorando-se com certa facilidade (CONDÉ ; GARCIA, 1984). Apesar de ser a mais recomendada para manter a qualidade fisiológica, a embalagem impermeável predispõe as sementes às danificações durante o manuseio, como consequência do baixo teor de água.

Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de avaliar procedimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado e os efeitos de diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.).

## **2 Revisão de literatura**

### **2.1 A cultura do Amarantho**

#### **2.1.1 Antecedentes**

O amarantho granífero foi introduzido na América há mais de 6.000 anos, tendo como precursores as civilizações que se desenvolveram na América, e se dispersou por outras partes do mundo (SAUER, 1993). Na era pré-colombiana, há mais de 500 anos, havia uma semente conhecida como Huautli (designação utilizada pelo povo mexicano), conhecida atualmente como amarantho, constituindo-se um dos alimentos básicos na América, quase tão importante quanto o milho e o feijão (RAMÍREZ, 2007).

Tem sido cultivado na América antes da chegada dos espanhóis, alcançando seu auge nos períodos das civilizações Maia, Asteca e Inca, sendo considerado, até então, um alimento sagrado. Quando Hernán Cortez proibiu as práticas religiosas com a cultura, o cultivo do amarantho quase desapareceu, embora tenha sido preservado em lugares distantes e montanhosos. Em épocas recentes, o amarantho saiu de sua condição obscura, sendo atualmente cultivado no México e América Central e nos territórios andinos da América do Sul (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984; YÁÑEZ et al., 1994).

Este grão também era usado para alimentar crianças e para fornecer energia aos soldados nas jornadas prolongadas (STALLKNECHT ; SCHULZ-SCHAEFFER, 1993). O amarantho foi utilizado pelos Astecas no vale do México e pelos Maias, na Guatemala, juntamente com o milho, o feijão e as cucurbitáceas. Na América do Sul, foi cultivado pelos Incas na Bolívia, no Peru e no Equador, com a batata, o milho e a quinoa, uma quenopodiácea (SPEHAR, 2007). Junto com a quinoa e o milho, o amarantho era considerado sagrado pelos Incas, Maias e Astecas. Os espanhóis proibiram o seu cultivo após a conquista da América, uma vez que viam com maus olhos sua utilização em rituais religiosos (BARROS; BENROSTRO, 1997).

Fator que decidiu a domesticação das espécies graníferas de amarantho foi a seleção que os antigos agricultores fizeram das formas mutantes, nas quais as sementes pretas, nos tipos silvestres, cederam lugar à semente clara, sem dormência (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Isto resultou em grãos com maior

sabor e qualidade de expansão ao pipocar, quando submetidos ao calor. A constante eliminação de sementes escuras permitiu descartar os híbridos recorrentes às formas silvestres (SPEHAR, 2007).

Formas divergentes, com sementes claras, possibilitaram agregar outras características de interesse para o homem, como plantas, inflorescências e grãos maiores (relativamente aos das plantas daninhas) e rendimento. A seleção produziu, também, formas de cor vermelha, alaranjada, dourada ou rosada, sugerindo que os agricultores pré-históricos associavam a utilidade à beleza das plantas (MUJICA-SÁNCHEZ et al., 1997). Assim como na domesticação de outras plantas, o contato com o homem permitiu salvar a diversidade em amaranto, num exemplo típico de coevolução, encontrando-se conservada na agricultura familiar das populações rurais nos centros de origem e dispersão (SPEHAR, 2007).

### **2.1.2 Importância e características agronômicas**

As espécies de amaranto podem ser classificadas em categorias, as quais estão representadas usualmente em: (1) vegetais *Amaranthus*, por exemplo, *Amaranthus tricolor* var. *tricolor*, *Amaranthus tricolor* var. *tristis*; (2) grão *Amaranthus*, que inclui *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* (DAS, 2012). Suas características e propriedades são semelhantes a dos cereais e, por isso, é classificado como um pseudocereal (APHALO et al., 2004). As sementes apresentam dimensões, em geral, de 1 a 1,5 mm de diâmetro; 0,5 mm de espessura; de 0,49 a 0,93 mg de massa; são arredondadas; de coloração bege clara e compreendem o tegumento, um embrião e um perisperma (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1984). A semente é protegida no interior do fruto; após sua maturação fisiológica, ocorre deiscência, tornando-a exposta aos fatores ambientes. Portanto, se chover antes da maturação, não haverá grandes danos à qualidade da germinação. Após essa fase, o excesso de umidade pode comprometer a qualidade do produto, seja ele semente, seja grão para o consumo e indústria. O material colhido perde suas características de composição e industriais, como a expansão ou capacidade de pipocar – fator importante na produção de alimentos; pode desenvolver fungos danosos à saúde, mudar a cor original e depreciar o produto (SPEHAR, 2007).

Foi redescoberto como uma espécie promissora, principalmente devido à sua resistência ao calor, seca, doenças e pragas, e pelo alto valor nutricional de suas sementes e folhas (WU et al., 2000). Possui facilidade de crescimento em altas temperaturas e baixa precipitação e existem variedades tolerantes a solos salinos e/ou com presença de alumínio tóxico (ERASMO et al., 2004); além da formação de palhada, a planta também tem potencial forrageiro (BRENNER ; WILLIAMS, 1995; SPEHAR et al., 2003).

No Brasil, a Embrapa Cerrados (DF) testou várias espécies de amaranto, para produção de alimentos, diversificação de grãos e adubação verde na entressafra, além de uso no plantio direto (SPEHAR et al., 1997; SPEHAR ; CABEZAS, 2001; SPEHAR ; TEIXEIRA, 2002). Nos Estados Unidos, o amaranto é usado no processamento de pães, biscoitos e alimentos especiais para pessoas celíacas (BRENNER ; WILLIAMS, 1995). Na China, o amaranto é utilizado como forrageira; e como hortaliça, na África, Ásia e nas Américas (COONS, 1981; KAUFFMAN, 1992; BRENNER, 2000). Pela facilidade de cultivo comercial, o amaranto apresenta grande potencial para se tornar cultura valorizada e integrada aos sistemas de cultivo tradicionais ou modernos (KAUFFMAN, 1992).

Muitos cientistas dos Estados Unidos, da China, do México e alguns poucos de outros países têm destinado grandes esforços no sentido de melhorar os métodos de produção, caracterização e uso de sementes do amaranto. Embora tenha se observado diminuição de esforços para a produção desse vegetal nos Estados Unidos, em anos recentes, as pesquisas de produção e utilização têm sido continuadas. A condução de pesquisas tem ocorrido em vários estados, principalmente em Minnesota, Dakota do Norte e Missouri. Múltiplos campos de estudos foram conduzidos no Colorado, Iowa, Montana, Nebraska e Pennsylvania. A maioria das pesquisas de produção tem focado em questões práticas tais como taxa de germinação, dados de semeadura, largura das fileiras, respostas à fertilização, ocorrência de insetos, doenças e, em alguns casos, na qualidade da água usada (MYERS, 1996).

### 2.1.3 Composição química e valor nutritivo

O amaranto é um pseudocereal, oriundo dos países andinos, e foi consumido na região desde a época pré-colombiana. O interesse no seu consumo para a nutrição humana tem crescido recentemente devido ao seu potencial nutritivo e benefícios proporcionados à saúde. Além da sua qualidade nutricional, o amaranto também pode ser útil para pacientes diabéticos (CHATURVEDI et al., 1997), indivíduos hipercolesterolêmicos (MAIER et al., 2000) e pessoas com doença coronariana e hipertensão (MARTIROSYAN et al., 2005).

Estudos sobre a composição, processamento, uso, propriedades e os efeitos do amaranto para a saúde têm se expandido rapidamente nas últimas décadas, com a publicação de novas informações científicas e tecnológicas (VENSKUTONES ;KRAUJALIS, 2013) sobre a espécie. O amaranto, que contém fibra, proteína e outras substâncias que possuem função de redução do colesterol, é uma cultura particularmente importante para os países em desenvolvimento (JOHNS ; EYZAGUIRRE, 2007).

O conteúdo de proteínas é uma característica interessante do grão de amaranto, que varia de 12 a 18% (TEUTONICO ; KNORR, 1985; SEGURA-NIETO et al., 1992). A proteína do amaranto, localizada principalmente no embrião (65%), é diferente da encontrada nos cereais como milho, arroz e soja, nos quais 80% encontram-se no endosperma (BRESSANI, 1989). Existe importante variação no conteúdo de proteína nas diferentes espécies de amaranto que, em média, supera a dos cereais, com base na matéria seca (SPEHAR, 2007).

Esse pseudocereal apresenta conteúdo adequado de lisina, triptofano e aminoácidos sulfurados, apesar da baixa biodisponibilidade das proteínas de origem vegetal, diferindo de outros cereais que são deficientes em lisina, do milho que é também deficiente em triptofano e do arroz que tem quantidades limitadas de lisina e treonina (BETSCHART et al., 1981). Os teores dos aminoácidos essenciais, por serem elevados, possibilitam combinações favoráveis com cereais e leguminosas; tornam a dieta mais equilibrada e comparativamente superior em lisina e em metionina (SPEHAR, 2007).

A maior parte dos carboidratos, nos grãos de amaranto, estão na forma de amido, cujos grânulos são consideravelmente menores que os de milho e trigo. Quanto menor o tamanho dos grãos, mais estáveis, o que possibilita o uso do amido

na indústria de alimentos (KOZIOL, 1990). Essa quantidade de amido oscila entre 50 e 60%. A maioria das espécies apresenta um amido ceroso, ou seja, rico em amilopectina (quase 95%), o que lhe confere um comportamento especial para utilização como ingrediente alimentar, visto a necessidade de modificação genética do milho, por exemplo, para alcançar essa composição (RAMÍREZ, 2007).

O teor de óleo no amaranto fica entre 1,9 e 8,7%, sendo variável conforme o genótipo. Os ácidos graxos presentes em maiores quantidades no amaranto são o palmítico (19%), oleico (26%) e linoleico (47%). O ácido graxo linolênico está presente na proporção de 1,4% dos ácidos graxos totais (BERGER et al., 2003). Apesar do perfil lipídico do grão de amaranto ser semelhante ao de outros cereais, ele apresenta um diferencial por sua fração insaponificada ser rica em esqualeno (BERGANZA et al., 2003), um hidrocarboneto (terpeno) ao qual estão associados diversos benefícios à saúde, entre eles, efeitos hipocolesterolemizantes e anticarcinogênicos (HE et al., 2002).

Vários estudos vêm sendo realizados para comprovar o efeito do amaranto sobre o colesterol ruim em humanos (CHÁVEZ-JÁUREGUI et al., 2009). O amaranto é considerado excelente fonte de fibras insolúveis, compostas principalmente por celulose e lignina, com teores superiores aos encontrados em cereais (SAUNDERS ; BECKER, 1984).

Apresenta teor de 8,1% de fibra insolúvel e 1,8% de solúvel. O *Amaranthus cruentus* produzido no Brasil apresentou 4,2% de fibra alimentar (MARCÍLIO et al., 2003). O conteúdo de minerais no amaranto varia, dependendo da espécie, de 141 a 241 mg/100 g de cálcio; 2,5 a 13,9 mg/100 g de ferro; 2,95 a 3,95 mg/100 g de zinco; 2,03 a 4,53 mg/100 g de manganês e de 478 a 510 mg/100 g de fósforo; sendo considerado uma boa fonte destes elementos. Estas concentrações representam de 18 a 30% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) (BRASIL, 1998) de cálcio, 18 a 99% da IDR de ferro, 20 a 26% da IDR de zinco, 41 a 91% da IDR de manganês e 60 a 64% da IDR de fósforo (FERREIRA et al., 2007).

As vitaminas presentes no amaranto se assemelham à de um cereal verdadeiro, mesmo sendo ele um pseudocereal, tendo ainda algumas vantagens: maior teor de riboflavina e de ácido ascórbico que os cereais trigo, cevada, aveia, centeio, arroz e milho (BRESSANI, 1989). O amaranto apresenta, ainda, vitaminas do grupo B (niacina, riboflavina, tiamina), vitamina A e considerável quantidade de vitamina E (alfa-tocoferol) (SPEHAR, 2007).

#### **2.1.4 Produção e consumo**

O cultivo do amaranto tem se difundido de maneira exponencial em vários países do mundo nas últimas décadas. A Índia, hoje em dia, é um dos principais países produtores de amaranto e possui o segundo banco de germoplasma do grão, sendo o primeiro localizado nos Estados Unidos (BECERRA, 2008). É importante que o amaranto possa ser cultivado em muitos países semitropicais propensos à seca para produzir farinha de alta proteína, constituindo um complemento nutricional da farinha de trigo (SAMIYI ; ASHRAF, 2007). Entretanto, muitos parâmetros de processamento e características de qualidade dos produtos finais devem ser considerados para desenvolver alimentos à base de cereais com farinha de amaranto (VENSKUTONIS ; KRAUJALIS, 2013).

#### **2.1.5 Qualidade fisiológica de sementes**

A avaliação do potencial fisiológico de sementes é o principal componente de um programa de controle de qualidade, visto que fornece informações que identificam e solucionam problemas durante o processo produtivo, além de estimar o desempenho das sementes em campo (MARTINS et al., 2014).

Quando falamos de testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de comercialização e semeadura, podemos nos concentrar no teste de germinação, que é realizado em condições ideais e artificiais, permitindo a expressão da máxima qualidade das sementes. No entanto, este teste apresenta limitações, principalmente, no que se refere à diferenciação de lotes e a relativa demora na obtenção dos resultados, o que tem estimulado, ao longo dos anos, o desenvolvimento de testes de vigor que sejam confiáveis e rápidos, agilizando as decisões (BERTOLIN et al., 2011) e complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação.

Sendo assim, a identificação de testes de vigor que forneçam margem segura quanto ao comportamento das sementes em campo vem sendo uma busca incansável e uma necessidade, visto que as condições adversas do ambiente impõem desuniformidade entre o teste de germinação e os resultados de campo, estabelecendo assim a necessidade de identificar testes que forneçam condições

equiparadas à germinação em campo, aliado a todas as adversidades que possam afetar o desempenho de uma cultivar (MARTINS et al., 2014).

Por isso, durante as últimas décadas, o interesse em desenvolver técnicas apropriadas para obter melhores informações sobre as culturas tem sido tópico central de pesquisas (DELL'AQUILA, 2009). A utilização de sementes com alto potencial fisiológico é um aspecto importante que deve ser considerado para o aumento da produtividade e, por isso, o controle de qualidade de sementes tende a ser cada vez mais eficiente, incluindo testes que avaliem rapidamente este aspecto, permitindo a diferenciação precisa entre lotes de sementes que apresentam germinação semelhante (FESSEL et al., 2010).

### **2.1.6 Armazenamento de sementes**

O armazenamento de sementes passou a ser uma atividade primordial quando o ser humano deixou de ser nômade e passou a cultivar o seu alimento, necessitando conservar sementes para o próximo plantio. Envolveu inicialmente sua proteção contra aves, insetos e microrganismos e, depois, aos aspectos ligados à germinação e aos fatores ambientais que influenciam a longevidade (MEDEIROS ; EIRA, 2006).

As condições de armazenamento são decisivas para garantir a qualidade fisiológica das sementes e, embora sua qualidade não possa ser melhorada, boas condições durante esse período ajudarão a manter as sementes viáveis por mais tempo, retardando o processo de deterioração (ALMEIDA et al., 2010). Isso levou os produtores de sementes a se preocuparem com o uso de técnicas que possam minimizar os fatores que causam deterioração (LIMA et al., 2014).

A deterioração das sementes inicia-se a partir da maturidade fisiológica e o maior desafio está em conseguir que estas, após certo período, ainda mantenham a qualidade. Assim sendo, o objetivo é manter a qualidade das sementes durante o período de armazenamento (VILLELA ; PERES, 2004).

As técnicas modernas de conservação permitem apenas prolongar a vida útil da semente durante o armazenamento. Todavia, o processo de deterioração será mais acelerado quando a semente armazenada apresentar qualidade inicial baixa,

explicado pelo fato das sementes pertencerem à categoria de produtos deterioráveis, mas não perecíveis (ALMEIDA et al., 2010).

A capacidade de uma semente em manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie, da sua qualidade inicial e das condições ambientais de armazenamento (CARVALHO ; VILLELA, 2006). Portanto, a semente pode ser produzida sob rigoroso sistema de inspeção, colheita apropriada, e processada para a mais alta pureza, porém pode ser perdida se armazenada sob condições inadequadas ou com alto teor de água.

Portanto, o baixo teor de água da semente e a baixa temperatura, associados à baixa umidade relativa no ambiente de armazenamento, são fatores importantes para a manutenção da qualidade por um período mais prolongado (NOBRE et al., 2013). Vários fatores influenciam a conservação do vigor e da viabilidade das sementes durante o armazenamento, sendo os principais: temperatura e umidade relativa do ar, tipos de embalagens e duração do armazenamento (CARNEIRO ; AGUIAR, 1993; CARVALHO NAKAGAWA, 2000).

### **2.1.7 Ambiente de armazenamento**

A umidade relativa do ar, seguida pela temperatura no ambiente de armazenamento são os principais fatores que afetam a qualidade fisiológica das sementes, pois estão diretamente relacionados aos seus processos metabólicos (POPINIGIS, 1985). Pelo fato de serem higroscópicas, o teor de água das sementes é constantemente influenciado pela umidade relativa do ar ao seu redor, buscando sempre o equilíbrio higroscópico (HARRINGTON, 1972). O período de tempo necessário para que a umidade das sementes entre em equilíbrio com a umidade relativa do ambiente (ponto de equilíbrio higroscópico) depende da espécie e, principalmente, da temperatura. Quanto maior a temperatura, mais rápido será atingido o equilíbrio higroscópico (HARRINGTON, 1972; TOLEDO ; MARCOS FILHO, 1977).

A velocidade respiratória da semente é influenciada pelo seu teor de água, pela temperatura, permeabilidade das membranas, pela tensão de oxigênio e luz (POPINIGIS, 1985). A respiração implica na perda de massa seca e em trocas gasosas, sendo os métodos utilizados para medir a respiração baseados na determinação dessas características, no entanto, a medida da variação de massa

seca requer grande quantidade de material, além de ser considerada uma análise de certa forma demorada para obtenção do resultado, tendo em vista que o material vegetal deve ser completamente seco em estufa (MARENCO ; LOPES, 2007).

Quanto maior a temperatura e umidade relativa, maior será a taxa de respiração das sementes. As consequências do aumento do processo respiratório são o umedecimento e o aquecimento da massa de sementes, agravando-se quando aliada à ação dos microrganismos e insetos (BAUDET ; VILLELA, 2006). O resultado é o rápido consumo das reservas, ocasionando perda de massa e drástico declínio da germinação e do vigor. Quanto mais seco e mais frio for o ambiente de armazenamento, dentro de certos limites, maiores são as possibilidades de se prolongar a conservação das sementes (TOLEDO ; MARCOS FILHO, 1977).

Há um incremento na taxa respiratória proporcional ao aumento da temperatura, que é dependente do teor de água das sementes (SILVA, 2008). Com teores de água superiores a 14% (b.u.), a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais, ocasionando sua deterioração (SMANIOTTO et al, 2014). A redução da temperatura é uma prática economicamente viável para preservar a qualidade de sementes armazenadas (DEMITO ; AFONSO, 2009).

Os principais ambientes destinados ao armazenamento de sementes são câmara fria, câmara seca e câmara fria e seca, que se adaptam à maioria das condições (FREITAS, 2009).

Estudos realizados com sementes de amaranto, avaliando a influência do ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes, revelaram que o armazenamento de amaranto em câmara fria foi mais eficiente para conservação da qualidade fisiológica das sementes (NOBRE et al., 2013).

### **2.1.8 Embalagens**

O tipo de embalagem utilizada no acondicionamento das sementes durante o armazenamento assume relevante importância na preservação da sua viabilidade e vigor (CROCHEMORE,1993). Qualidade esta que consiste no somatório de atributos que indicam a capacidade da semente de desempenhar funções vitais, como germinação, vigor e longevidade (PESKE ; BARROS, 1998). Dessa forma, o potencial fisiológico torna-se importante componente nos programas de controle de qualidade destinados a garantir desempenho satisfatório das sementes.

De acordo com o tipo de embalagem utilizada no armazenamento de sementes, poderá ocorrer maior ou menor troca de vapor d'água das sementes com a atmosfera, que podem comprometer o seu vigor (MARCOS FILHO, 2005). Por essa razão, merecem atenção especial quanto sua viabilidade durante o período de comercialização, demonstrando se as sementes de cada lote possuem capacidade de formar plântulas normais, com condições de se desenvolverem e expressarem sua genética a campo.

Toda a semente destinada à semeadura deve ser cuidadosamente beneficiada e conservada durante o período de armazenamento, até o momento de sua utilização, para garantir a preservação de sua qualidade fisiológica (ALMEIDA et al., 1997). Um fator fundamental e de grande valia para o estabelecimento dos cultivos é o emprego de sementes de alta qualidade que proporcionem estande adequado de plantas no campo, possibilitando elevadas produções (SILVA et al., 2008).

As embalagens podem ser divididas em permeáveis, semi-permeáveis e impermeáveis, em função das trocas de umidade que podem ocorrer entre as sementes e o ambiente em que elas estão (BAUDET, 2003). São importantes para proteger as sementes do ataque de insetos e outros animais, assim como facilitar o manejo, o transporte e aproveitar melhor o espaço de armazenamento (POPINIGIS, 1985).

Quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis (papel, juta, algodão e plástico trançado), seu teor de água varia conforme as variações da umidade relativa do ar, devido ao fato das mesmas serem higroscópicas. Em embalagens semipermeáveis (sacos plásticos finos ou de polietileno, de 0,075 a 0,125 mm de espessura, e sacos de papel multifoliado laminados com polietileno), há alguma resistência às trocas, porém, nada que impeça completamente a passagem da umidade e, em embalagens impermeáveis (sacos de plástico, com mais de 0,125 mm de espessura selados ao calor, pacotes de alumínio e latas de alumínio, quando bem vedados), não há influência da umidade do ar externo sobre a semente (POPINIGIS, 1985).

Na escolha da embalagem, devem ser consideradas as condições climáticas sob as quais as sementes serão armazenadas até a semeadura, modalidade de comercialização, disponibilidade e as características mecânicas das embalagens (CARVALHO ; NAKAGAWA, 2000).

**ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA AUSTRALIAN  
JOURNAL OF CROP SCIENCE (MARÇO DE 2018)**

### **3 CAPÍTULO I – Teste de envelhecimento acelerado em sementes de amaranto**

#### **Introdução**

O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) é um pseudocereal cultivado principalmente no sul da América. Suas sementes são empregadas na alimentação humana pelo fato de apresentarem elevado teor de proteínas e carboidratos, sendo uma importante fonte para produção de farinha e amido (TAPIA-BLACIDO et al., 2010). Suas sementes apresentam teor de óleo que costuma variar na faixa de 5,6 e 10,6% (MARCÍLIO et al., 2005).

A qualidade das sementes utilizadas pelos agricultores está diretamente relacionada ao seu potencial fisiológico, representado pela germinação e vigor, que expressam sua capacidade de originar plântulas normais (PEREIRA et al., 2011). O teste de germinação é utilizado para determinar o potencial germinativo de um lote de sementes, entretanto, esse teste, isoladamente, pode não determinar com eficiência a qualidade da semente, dessa forma, os testes de vigor fornecem informações complementares, que permitem detectar diferenças fisiológicas entre lotes que apresentam mesma percentagem de germinação (RADKE et al., 2016).

Dentre os testes utilizados e considerado como um dos mais sensíveis para a avaliação do vigor de sementes, destaca-se o teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999), uma vez que seus resultados se relacionam com o potencial de conservação das sementes. Um aspecto de grande relevância a ser considerado no teste de envelhecimento acelerado é o tamanho da semente, considerada um dos componentes de qualidade que mais afeta o desempenho da cultura (OJO, 2000; ADEBISI et al., 2013). Efeitos do tamanho da semente têm sido observados na germinação de sementes, emergência de plântulas e aspectos agrônômicos relacionados em muitas espécies de culturas, entre elas o *Amaranthus cruentus* L. (KAYDAN ; YAGMUR, 2008).

Pesquisas conduzidas com sementes pequenas têm revelado resultados pouco consistentes devido à variação muito acentuada do grau de umidade das amostras, após o envelhecimento (POWELL, 1995). Nesse sentido, estudos substituindo a água por soluções saturadas de sais têm apresentado maior eficiência na detecção de diferenças de qualidade fisiológica entre lotes em relação ao teste

de envelhecimento acelerado sem o uso do sal, conforme indicam Martins et al. (2006), com tomate (*Lycopersicon lycopersicum*); Torres ; Marcos Filho (2005), com melão (*Cucumis melo*); Pereira et al. (2011) , Tunes et al (2011) e Radke et al. (2016), com coentro (*Coriandrum sativum*); Santos et al. (2011), com alface (*Lactuca sativa*) e almeirão (*Cichorium intybus*); Kikuti e Marcos Filho (2012), com alface; Alves e Sá (2012), com rúcula (*Eruca sativa*).

De acordo com a solução utilizada, são obtidas umidades relativas específicas, propiciando redução da intensidade e da taxa de absorção de água pelas sementes, culminando em menor intensidade de deterioração e menor variação entre os resultados (JIANHUA ;MCDONALD, 1997; TUNES et al., 2012). O emprego de solução salina saturada ou não saturada limita a absorção de água pelas sementes e o desenvolvimento de fungos, fato que pode ser atribuído à formação de atmosfera sobreposta à solução salina não propícia à proliferação de fungos (ÁVILA et al., 2006).

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar procedimentos para a condução do teste de envelhecimento acelerado, visando à identificação de diferentes níveis de vigor entre lotes de sementes de amaranto.

## **Material e métodos**

As sementes de amaranto foram obtidas em experimentos desenvolvidos no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), no município de Capão do Leão (31°52'00"S e 52°21'24"O e altitude de 30 metros), no Rio Grande do Sul (RS), Brasil, nas safras 2012, 2013 e 2015. O clima da região conforme a classificação de Köppen ; Geiger (1928) é do tipo subtropical úmido (Cfa). As sementes utilizadas foram da cultivar BRS Alegria, oriundas da Embrapa Produtos e Mercado.

As sementes foram armazenadas no Laboratório de Análises de Sementes da UFPel, campus Capão do Leão/RS, para a realização do experimento. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados diferentes lotes de sementes de amaranto (I, II, III, IV e V) e três tipos de soluções para condução do teste de envelhecimento acelerado (água, não saturada e saturada). Quanto aos tipos de soluções empregados, a água

correspondeu à ausência de NaCl; não saturada, a 11 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup> de água destilada; e solução saturada, a 40 g de NaCl 100 mL<sup>-1</sup> de água destilada (JIANHUA ; MCDONALD, 1997).

As sementes foram submetidas aos testes de germinação, primeira contagem da germinação, emergência de plântulas, envelhecimento acelerado e determinação do grau de umidade. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, empregando duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água destilada na quantidade de 2,5 a massa do papel seco. As sementes foram expostas às temperaturas alternadas de 20-30 °C, sendo as avaliações realizadas aos cinco e 14 dias após a semeadura e os resultados expressos em percentual de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A primeira contagem da germinação foi conduzida juntamente com o teste de germinação, sendo a primeira contagem realizada aos cinco dias após a instalação do teste, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em percentagem de plântulas normais. Para a emergência de plântulas, foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes por lote. A semeadura ocorreu em canteiros, no espaçamento de 1,0 x 0,05 m e profundidade de 0,02 m. A contagem final foi realizada aos 21 dias após a semeadura, computando-se o percentual de plântulas emergidas (NAKAGAWA, 1994).

O grau de umidade foi determinado antes e após a realização do teste de envelhecimento acelerado. Foi utilizado o método da estufa (BRASIL, 2009), empregando-se duas repetições de aproximadamente três gramas de sementes, a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, com resultados expressos em percentagem (base úmida).

Para o teste de envelhecimento acelerado, foram utilizadas caixas tipo “gerbox”, como compartimento individual (minicâmara), possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio onde as sementes, após pesagem (0,5 mg) foram distribuídas, formando uma camada uniforme. Dentro de cada compartimento individual, foram adicionados 40 mL de água destilada e as caixas foram mantidas em câmara do tipo BOD, a 41°C, por períodos de 24, 48 e 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo avaliadas após sete dias, e os resultados expressos em percentagem de plântulas normais.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; à homocedasticidade, pelo teste de Hartley; e à independência dos

resíduos, por análise gráfica. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância através do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Constatando-se significância estatística, os efeitos dos lotes e tipos de soluções foram comparados pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados e discussão

Para os resultados do teste de germinação (Tabela 1), não houve diferença entre os lotes analisados, cuja germinação foi mantida entre 89 e 91%, pelo fato de ser importante e coerente a comparação do vigor de lotes de sementes com germinação semelhante (MARCOS FILHO, 1999).

A primeira contagem do teste de germinação mostrou-se mais sensível do que o teste de germinação, evidenciando diferenças entre os cinco lotes de sementes de amaranto (Tabela 1), sendo os lotes III e IV considerados de vigor superior, os lotes I e II com vigor intermediário e o lote V de vigor inferior. Essa maior sensibilidade da primeira contagem do teste de germinação em detectar diferenças entre lotes de sementes foi, também, ratificada por Bhering et al. (2006) e Torres et al. (2012) quando avaliaram, respectivamente, diferentes lotes de sementes de pepino (*Cucumis sativus*) e coentro (*Coriandrum sativum*). A primeira contagem do teste de germinação é considerada um indicio de vigor e que, várias vezes, expressa melhor as diferenças de velocidade de germinação entre lotes de sementes (NAKAGAWA, 1999).

No teste de emergência de plântulas (Tabela 1), foram observadas diferenças entre os lotes de sementes, sendo os resultados semelhantes aos resultados apontados pelo teste de primeira contagem de germinação. Os testes de emergência de plântulas e primeira contagem de germinação permitiram a classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, detectando diferenças não evidenciadas pelo teste de germinação. O teste de emergência de plântulas em campo é um parâmetro indicador da eficácia dos testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes (MARCOS FILHO, 1999).

**Tabela 1** - Germinação, primeira contagem da germinação e emergência de plântulas de amaranto, cv. BRS Alegria. UFPel/RS, 2016/17

Lote	Germinação (%)	Primeira contagem da germinação (%)	Emergência de plântulas (%)
I	91 a <sup>1/</sup>	58 b	64 b
II	89 a	58 b	62 b
III	90 a	64 a	68 a
IV	90 a	62 a	66 a
V	89 a	42 c	59 c
C.V. (%)	7,5	6,0	4,9

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). C.V.: coeficiente de variação.

Os teores de água inicial das sementes foram semelhantes para os cinco lotes (Tabela 2). Isso é desejável sob o ponto de vista da condução do teste de envelhecimento acelerado, devido ao fato de que a uniformidade do teor de água das sementes é fundamental para a padronização dos procedimentos e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 2005), visto que, dentro de determinados limites, as sementes mais úmidas são mais afetadas pelas condições do envelhecimento acelerado (TUNES et al., 2012).

As sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2) empregando o procedimento tradicional (água) atingiram maior teor de água do que aquelas submetidas aos procedimentos modificados (solução não saturada e solução saturada), verificando-se a mesma tendência observada em sementes de coentro (RADKE et al., 2016). Estudos realizados com sementes de brássicas revelam que as sementes tendem a alcançar o equilíbrio higroscópico em teores de água mais elevados, conforme aumenta a umidade relativa do ar (COSTA et al, 2008).

O teor de água 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 apresentando 94 e 76% de umidade relativa, respectivamente.

Os resultados demonstraram que o uso de solução não saturada assim como a saturada de NaCl proporcionaram menor absorção de água pelas sementes. Foram encontrados resultados semelhantes em sementes de rabanete (ÁVILA et al., 2006); em sementes de couve, couve-brócolis e repolho (Costa et al, 2008); em

sementes de urucum (TORRES; BEZERRA, 2009) e sementes de salsa (TUNES et al., 2013).

Sendo assim, o uso de soluções com NaCl tem a vantagem de proporcionar menor variação do teor de água entre as sementes e a inibição do crescimento e desenvolvimento de fungos (RODO et al., 2000), facilitando o manuseio das sementes e eliminando sua possível interferência na avaliação do potencial fisiológico das sementes durante os testes, o que foi observado em trabalhos anteriores com sementes de outras espécies, como rabanete (ÁVILA et al., 2006) e brássicas (COSTA et al., 2008).

**Tabela 2** - Grau de umidade (%) de sementes de amaranto cv. BRS Alegria, após 0, 24, 48 e 72 horas de envelhecimento acelerado empregando diferentes soluções. UFPel/RS, 2016/17

Lotes	Tipo de solução		
	Água	Não Saturada de NaCl	Saturada de NaCl
	Grau de umidade (%)		
0 horas			
I	11,7	11,7	11,7
II	11,2	11,2	11,2
III	11,1	11,1	11,1
IV	11,4	11,4	11,4
V	11,2	11,2	11,2
24 horas			
I	12,9	12,6	12,5
II	12,6	12,4	12,4
III	13,1	12,3	12,2
IV	12,8	12,0	12,5
V	13,0	12,5	12,3
48 horas			
I	16,2	14,5	13,3
II	15,0	13,6	13,5
III	15,9	13,9	13,2
IV	15,6	14,5	13,6
V	15,8	14,9	13,8
72 horas			
I	20,2	16,6	14,8
II	20,4	16,4	14,9
III	20,1	16,1	14,3
IV	21,1	17,0	15,3
V	20,9	16,3	14,7

Os dados do teste de envelhecimento acelerado na temperatura de 41 °C e períodos de 24, 48 e 72 horas de condicionamento (Tabela 3), tanto adotando o procedimento tradicional (água), como empregando solução saturada e não saturada de NaCl permitiram a estratificação dos lotes em níveis de vigor, de maneira semelhante com os resultados obtidos na emergência de plântulas e primeira contagem de germinação (Tabela 3). Os lotes III e IV foram apontados como de maior vigor, os lotes I e II de vigor intermediário e o lote V, de menor vigor.

O teste de envelhecimento acelerado adotando metodologia tradicional proporcionou, de forma geral, a estratificação dos lotes conforme os níveis de vigor determinados pelos demais testes, sendo que o percentual de germinação decresceu conforme se aumentou o período de exposição das sementes. Resultados semelhantes foram verificados em sementes de alface (BARBOSA et al., 2011) e salsa (TUNES et al., 2013). Estudos revelam que esse efeito, provavelmente, é devido ao alto teor de água atingido pelas sementes após o período de envelhecimento (TUNES et al, 2011).

Em relação aos períodos de envelhecimento de 24 e 48 horas, utilizando solução salina saturada ou não saturada, foi possível o ranqueamento dos lotes de sementes de amaranto em três níveis de vigor, sem ocasionar reduções drásticas na porcentagem de plântulas normais ao final do teste.

A exposição das sementes ao envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl por 24 e 48 horas foi eficiente, selecionando-se o primeiro tratamento, porque, na separação de lotes de sementes de amaranto em níveis de vigor, o menor período de execução é uma característica desejável nesse teste de vigor, fornecendo resultados no menor intervalo de tempo possível (RADKE et al, 2016). Maior eficiência do teste de envelhecimento acelerado com uso de solução saturada de NaCl na classificação de sementes com diferentes níveis de vigor também foi observada em sementes de pimentão (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998), cenoura (RODO et al., 2000), melão (TORRES; MARCOS FILHO, 2003), pimenta malagueta (TORRES, 2005) e lentilha (FREITAS; NASCIMENTO, 2006).

**Tabela 3** - Envelhecimento acelerado (% de plântulas normais) às 24, 48 e 72 horas de sementes de amaranto cv. BRS Alegria em função de diferentes lotes e soluções. UFPel/RS, 2016/17

Lotes	Tipo de solução		
	Água	Não Saturada de NaCl	Saturada de NaCl
Envelhecimento acelerado (% de plântulas normais)			
24 horas			
I	34 b <sup>1/</sup>	48 b	60 b
II	33 b	46 b	62 b
III	41 a	52 a	68 a
IV	40 a	50 a	68 a
V	17 c	22 c	32 c
C.V. (%)	9,2		
48 horas			
I	26 b	24 b	32 a
II	24 b	22 b	32 a
III	30 a	28 a	26 b
IV	29 a	26 a	30 b
V	11 c	08 c	14 c
C.V. (%)	9,9		
72 horas			
I	10 b	18 b	24 a
II	12 a	20 b	22 a
III	16 a	26 a	20 b
IV	14 a	24 a	21 b
V	04 c	06 c	10 c
C.V. (%)	10,3		

<sup>1/</sup> Médias acompanhadas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).  
C.V.: coeficiente de variação.

## 4 CAPÍTULO II – Diferentes condições de armazenamento na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de amaranto

### 4 Introdução

O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), oriundo das Américas do Sul e Central, é um pseudocereal pouco conhecido ou divulgado na agricultura brasileira, mas economicamente importante em outras partes do mundo (SPEHAR et al., 2003). Sua semente apresenta teor de óleo que costuma variar na faixa de 5,6 a 10,6% (MARCÍLIO et al., 2005). Além disso, o conteúdo da fibra é 25% superior ao encontrado no trigo e no milho (LAMOTHE et al., 2015).

Além disso, contém outras substâncias que desempenham várias atividades biológicas na alimentação, como inibidores de protease, atividade antimicrobiana, compostos peptídicos, lecitinas e compostos antioxidantes (QUINI et al., 2013). O amaranto apresenta altos teores de proteínas nas folhas e nos grãos; possui alta concentração de cálcio, magnésio, fósforo, zinco e ferro no tecido foliar, comparativamente ao existente em outros cereais como o milho, o arroz e o trigo (COSTA et al., 2008).

A semente se destaca por ser um insumo de maior importância no contexto de produtividade e para que esta seja considerada de alta qualidade deve apresentar características fisiológicas, físicas, sanitárias e genéticas adequadas (FRANÇA-NETO et al., 2010). Essas características são fundamentais para que as plantas possam expressar todo o seu potencial e elevar o rendimento final da cultura.

Ampla adaptação e produção comercial de amaranto no Brasil dependem, entretanto, de estudos relacionados com a qualidade das sementes. Sendo que, um dos principais problemas que restringem a produção de amaranto nas regiões subtropicais e tropicais do mundo é a qualidade da semente.

A semente é protegida no interior do fruto. Depois da maturação fisiológica, ocorre deiscência, tornando-a exposta aos fatores ambientes. Assim, se chover antes da maturação, não haverá grandes danos à qualidade da germinação (SPEHAR, 2007). Entretanto, depois dessa fase, as sementes podem se deteriorar rapidamente em ambientes úmidos e de alta temperatura (CECCATO et al., 2011).

O armazenamento de sementes até a próxima safra é uma prática comum entre os produtores. O processo de deterioração das sementes pode ser diminuído

pelo correto armazenamento, o qual mantém a viabilidade das sementes (LINS et al., 2014). No ambiente de armazenamento, a umidade relativa do ar, seguida da temperatura, são os fatores que mais afetam a qualidade fisiológica das sementes, interferindo diretamente nos seus processos metabólicos (SRAVANTHI et al., 2013).

A umidade relativa do ar afeta diretamente o teor de água nas sementes e, quando combinada com altas temperaturas, intensifica a respiração das sementes (MARCOS FILHO, 2005). As consequências de uma elevada respiração são a umidade e o aquecimento da massa de sementes, agravada pela ação de microrganismos e insetos (BAUDET; VILLELA, 2006). As sementes consomem reservas internas, causando perda de massa e declínio drástico da germinação (CARVALHO ; NAKAGAWA, 2012).

Em se tratando da manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento, a embalagem é de fundamental importância. Os tipos de embalagens utilizados no armazenamento podem ter efeito direto sobre a qualidade, evitando ou não a troca de umidade entre as sementes e o meio ambiente (MEDEIROS ; ZANON, 2000). A principal função da embalagem de sementes é retardar sua deterioração ao reduzir a respiração (TONIN ; PEREZ, 2006).

As condições de armazenamento e a viabilidade de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) foram estudadas utilizando embalagens de pano e papel, polietileno rígido e papel, polietileno rígido, polietileno flexível, polietileno flexível de alumínio e estanho. Sementes de crambe (*Crambe abyssinica* H.), armazenadas em lata à temperatura ambiente, apresentaram melhor desempenho do que as sementes armazenadas em garrafas de poli (tereftalato de etileno), caixa de poliestireno e bolsas de polietileno (CARDOSO et al., 2012). Em *Cajanus cajan* L., as garrafas PET e os sacos de polietileno foram mais eficientes do que o papel Kraft para o armazenamento das sementes, tornando evidente que isso estava associado à baixa temperatura (LISBOA et al., 2014).

Dessa forma, as técnicas modernas de conservação permitem apenas prolongar a vida útil da semente durante o armazenamento (SILVA et al., 2015). Diante do exposto e em face da importância do estudo do comportamento das sementes de amaranto durante o armazenamento, este trabalho objetivou avaliar o efeito das embalagens e de diferentes condições de ambientes na manutenção da qualidade fisiológica de sementes de *Amaranthus cruentus*, durante 300 dias.

## Material e métodos

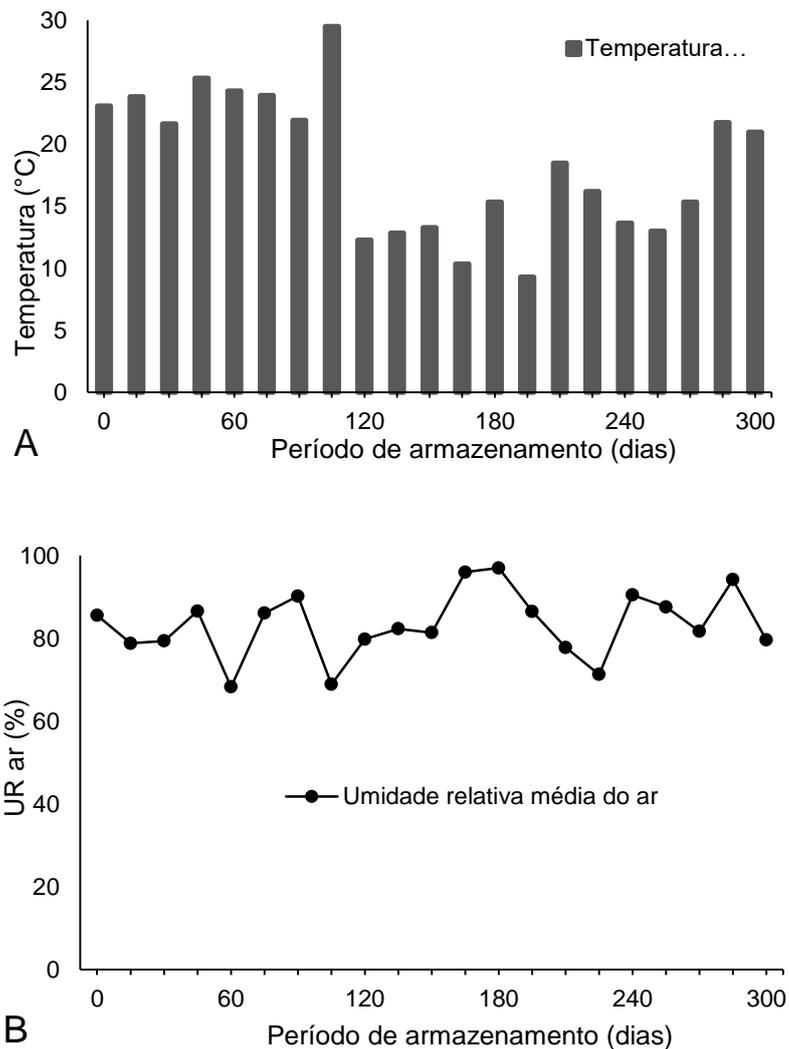
As sementes de amaranto foram obtidas em experimento desenvolvido no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), no município de Capão do Leão (31° 46' 3" Sul, Longitude: 52° 26' 55" e altitude de 30 m) no Rio Grande do Sul (RS), Brasil, na safra de 2013. O clima da região, conforme a classificação de Köppen & Geiger (1928), é do tipo Cfa. A temperatura e precipitação médias foram de 18 °C e 1378 mm, respectivamente. O solo da região é classificado como planossolo háplico (EMBRAPA-CNPS, 2006). As sementes utilizadas foram da cultivar BRS Alegria, oriundas da Embrapa Produtos e Mercado, indicada para uso em safrinha e entressafra (inverno), com ciclo de 110 dias da emergência à maturação. As sementes permaneceram armazenadas nas suas respectivas embalagens no Laboratório de Análises de Sementes da UFPel, campus Capão do Leão/RS, até a condução do experimento.

Os valores de teor de água das sementes não foram submetidos à análise estatística. Para os dados referentes à qualidade fisiológica das sementes, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3 x 3 x 6 (ambiente de armazenamento x tipo de embalagem x período de armazenamento) com quatro repetições. Realizou-se a análise de variância e os valores, expressos em porcentagem (T.P.G., 1 °C, E.A. e E.C.), foram transformados em  $\arcsen \sqrt{\quad}$ , para a homogeneização das variâncias dos erros experimentais. Os valores apresentados nas tabelas são referentes aos dados originais.

O experimento foi realizado de janeiro a setembro de 2016, no Laboratório de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, sendo o Fator A – Tipos de embalagem: papel, saco plástico e PET; Fator B - Ambientes de armazenamento: natural, não controlado; câmara fria, e geladeira; e, o Fator C – Épocas de armazenamento: época de avaliação zero, 60, 120, 180, 240 e 300 dias, com quatro repetições, em parcelas subdivididas, com a combinação dos fatores tipo de embalagem e ambientes de armazenamento na parcela e a época de armazenamento na subparcela.

As embalagens utilizadas foram saco plástico de polietileno, saco de papel castanho e garrafa Pet<sup>®</sup> transparente. Para a condição de ambiente câmara fria, as

sementes foram mantidas em temperatura de 15 °C ( $\pm 2$  °C) e umidade relativa (UR) entre 40 e 50%, para a condição geladeira, as sementes foram mantidas em temperatura média de 8 °C, enquanto que para a condição ambiente natural, as sementes foram mantidas em uma sala com temperatura ambiente, sem incidência de raios solares, sendo as temperaturas médias do ambiente e a umidade média relativa do ar obtida junto à estação meteorológica da Embrapa Clima Temperado (Figura 1).



**Figura 1.** Temperatura média e umidade média relativa do ar, durante o período de armazenamento das sementes de amaranto na condição de ambiente natural. Pelotas, RS, 2016/2017

As avaliações realizadas para caracterizar a qualidade fisiológica das sementes foram grau de umidade, germinação, primeira contagem da germinação e emergência de plântulas em canteiro.

A determinação do grau de umidade foi realizada pelo método da estufa, a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas (BRASIL, 2009). Foram realizadas no início da instalação dos experimentos e ao final de cada período de armazenamento.

A análise de germinação foi realizada com quatro repetições de 50 sementes, empregando duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água destilada na quantidade de 2,5 vezes a massa do papel seco. A temperatura do germinador no qual as sementes foram dispostas foi de  $20-30^{\circ}\text{C}$  alternadas e as avaliações foram realizadas aos 14 dias após a semeadura (DAS), sendo os resultados expressos em percentual de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A primeira contagem da germinação foi conduzida juntamente com o teste de germinação, sendo realizada aos cinco dias após a instalação do teste, e os resultados expressos em percentual de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Para a emergência em canteiro, foram semeadas 200 sementes em canteiros de  $5 \times 1$  m, distribuídas em quatro linhas de 50 sementes. Após a semeadura, a umidade do solo foi mantida na capacidade de campo. A avaliação foi realizada em contagem única, aos 21 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas emergidas (NAKAGAWA, 1999).

Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade e, se não atendidas a estas condições, foram realizadas as transformações de dados necessárias e, posteriormente, submetidos a análise de variância ( $p < 0,05$ ), sendo os valores expressos em porcentagem (T.P.G.,  $1^{\circ}\text{C}$ , E.A. e E.C.) transformados em  $\arcsen \sqrt{\quad}$ , para a homogeneização das variâncias dos erros experimentais. Assim, quando significativas pelo teste "F", as médias de condição da semente e condição de armazenamento foram comparadas pelo teste de Tukey e período de armazenamento submetido à análise de regressão polinomial, todos a 5% de probabilidade.

## **Resultados e discussão**

Os valores do grau umidade das sementes de amaranto armazenadas em diferentes ambientes, tipos de embalagens e épocas de armazenamento (Tabela 1) revelam que os menores ganhos de umidade foram obtidos no ambiente câmara fria (9,9%), seguido pelo ambiente natural (10,9%) e geladeira (10,2%), no qual as sementes apresentaram os maiores ganhos de umidade ao longo do armazenamento, fato relacionado com as variações sazonais que ocorrem ao longo

do ano. Em ambientes com variações constantes de umidade, as sementes são expostas a variações no teor de água (SOUZA et al., 2016). Diferentemente, em se tratando do armazenamento em sementes de arroz (*Oryza sativa L.*) nos mesmos ambientes foi observado um aumento do grau de umidade em câmara fria (REGALO; BRENA, 2006).

As sementes armazenadas na embalagem permeável (papel) sofreram maior influência das condições atmosféricas do local de armazenamento do que as armazenadas nas embalagens impermeáveis (Pet<sup>®</sup> e plástico), fato já esperado, pois este tipo de embalagem não oferece nenhuma resistência às trocas de vapor de água das sementes com o meio no qual está armazenada, diferentemente das impermeáveis, que não permitem trocas e apresentam maior resistência do que as permeáveis (Tabela 1). Em sementes de crambe, a embalagem PET apresentou a maior TPVA (taxa de permeabilidade ao vapor d'água), fato que explica a maior oscilação nos valores do teor de água das sementes ao longo do armazenamento, acondicionadas nesta embalagem (BESSA et al., 2015).

As condições de umidade relativa e de temperatura durante o armazenamento em que os produtos alcançarão seu equilíbrio higroscópico específico determinarão a manutenção de sua qualidade fisiológica, por maior ou menor tempo (BORGES et al., 2009), razão pela qual é importante armazenar as sementes em embalagens capazes de inibir trocas gasosas entre a semente e o meio externo, fazendo com que a mesma entre em equilíbrio higroscópico e evite o possível desgaste dos tecidos da sementes em decorrência da constante perda ou ganho de água e variação na taxa respiratória.

É importante destacar que o conhecimento do grau de umidade das sementes é essencial para se determinar as condições adequadas para o armazenamento, que dependem da umidade relativa, a qual é influenciada pela temperatura do ambiente e pelo tipo de embalagem (WARHM, 1996).

**Tabela 1** – Grau de umidade (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, armazenadas em diferentes ambientes, tipos de embalagens e épocas de armazenamento. UFPel/RS, 2016/2017

Épocas de armazenamento (dias)	Ambiente de armazenamento								
	Natural			Câmara fria			Geladeira		
	Tipo de embalagem								
	Papel	Saco plástico	PET	Papel	Saco plástico	PET	Papel	Saco plástico	PET
0	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
60	10,7	10,6	10,6	9,9	9,7	10,5	11,0	10,6	10,4
120	10,9	10,7	10,5	9,4	10,3	10,6	9,7	10,4	10,5
180	11,7	10,7	10,7	9,9	10,0	10,2	9,0	10,8	10,6
240	12,8	10,6	10,7	9,8	9,5	9,8	9,0	10,5	10,5
300	13,7	10,6	10,5	9,9	9,8	10,2	9,1	9,7	10,4
Média (%)	11,7	10,6	10,5	9,8	9,9	10,2	9,7	10,4	10,4
		10,9			9,9			10,2	

De acordo com o resumo da análise de variância para as variáveis primeira contagem de germinação, germinação e emergência de plântulas em canteiro, obtidas a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes períodos de armazenamento, acondicionadas em diferentes embalagens e condições de armazenamento (Tabela 2), foi possível observar que houve interação tripla entre os fatores estudados para as variáveis germinação e emergência em campo. Já para a variável primeira contagem de germinação, houve interação significativa para a combinação de fatores períodos de armazenamento X embalagens e condições de armazenamento X embalagens. Contudo, em se tratando dos fatores isolados, foi constatada significância para todas as variáveis estudadas.

**Tabela 2** – Resumo da análise de variância para as variáveis, germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e emergência de plântulas em canteiro (EC), obtidas a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (PA), acondicionadas em diferentes embalagens (EMB) e condições de armazenamento (CA). UFPel/RS, 2016/2017

Fonte de variação	GL	G	PCG	EC
Repetição	3			
PA	5	*	*	*
Resíduo A	18	-	-	-
EMB	2	*	*	*
PA x EMB	10	*	*	*
Resíduo B	36	-	-	-
CA	2	*	*	*
CA x PA	10	*	ns	*
CA x EMB	4	*	*	*
CA x PA x EMB	20	*	ns	*
Resíduo C	108	-	-	-

\* ou ns = significativo ou não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a germinação, comparando os tipos de embalagem em cada ambiente e período de armazenamento, observou-se que no armazenamento em ambiente natural, a porcentagem de plântulas normais foi superior nas sementes acondicionadas que foram armazenadas em Pet<sup>®</sup>, independente do período de armazenamento (Tabela 3). Já considerando o ambiente de armazenamento, independente do período de armazenamento e da embalagem, constatou-se que as sementes armazenadas em câmara fria apresentaram maior conservação da viabilidade das sementes de amaranto, exceto aos 180 dias para as embalagens de plástico e papel, sendo estas consideradas impermeáveis.

Na comparação do ambiente de armazenamento, ao serem armazenadas em embalagens de plástico, verificou-se que, de maneira geral, o armazenamento das sementes em geladeira e câmara fria proporcionou melhor conservação da germinação das sementes de amaranto (Tabela 3). Contudo, no armazenamento em embalagem Pet<sup>®</sup>, o acondicionamento que promoveu maiores percentuais de plântulas normais foi em ambiente natural e câmara fria. Ao serem armazenadas em embalagem de papel, observou-se diferença na germinação das sementes apenas nas avaliações realizadas aos 240 e 300 dias de armazenamento, em que o

armazenamento em câmara fria proporcionou preservação da porcentagem de plântulas normais.

Estudos realizados para avaliar o efeito na germinação de sementes de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) armazenadas em diferentes ambientes, observaram que as sementes de amaranto podem ser armazenadas por 16 meses em latas de alumínio mantendo a viabilidade, sem prejudicar os percentuais de germinação (ADAM et al., 2017).

**Tabela 3** – Germinação (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes ambientes, tipos de embalagem e épocas de armazenamento. UFPel/RS, 2016/2017

Germinação (%)					
Período (dias)	Ambiente	Embalagem			Média
		Plástico	Pet	Papel	
0	Natural	91 a A	91 a A	91 a A	91
	Geladeira	91 a A	91 a A	91 a A	91
	Câmara Fria	91 a A	91 a A	91 a A	91
	Média	91	91	91	
60	Natural	82 c B	90 a A	86 b A	86
	Geladeira	86 b A	88 a B	87 ab A	87
	Câmara Fria	87 a A	89 a AB	88 a A	88
	Média	85	89	87	
120	Natural	83 c B	90 a A	86 b A	86
	Geladeira	86 b A	88 a B	87 ab A	87
	Câmara Fria	87 a A	88 a B	88 a A	87
	Média	85	88	87	
180	Natural	81 b B	88 a B	88 a A	85
	Geladeira	86 b A	88 a B	87 ab A	87
	Câmara Fria	83 c B	90 a A	86 b A	86
	Média	83	88	87	
240	Natural	82 c B	89 a A	85 b B	85
	Geladeira	85 a A	87 a B	85 a B	85
	Câmara Fria	87 a A	88 a AB	88 a A	87
	Média	84	88	86	
300	Natural	81 c C	88 a A	84 b B	87
	Geladeira	84 a B	85 a B	80 b C	83
	Câmara Fria	86 a A	87 a A	86 a A	86
	Média	83	86	83	
C.V. (%)		1,85			

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha, em cada variável resposta, e maiúscula na coluna, em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

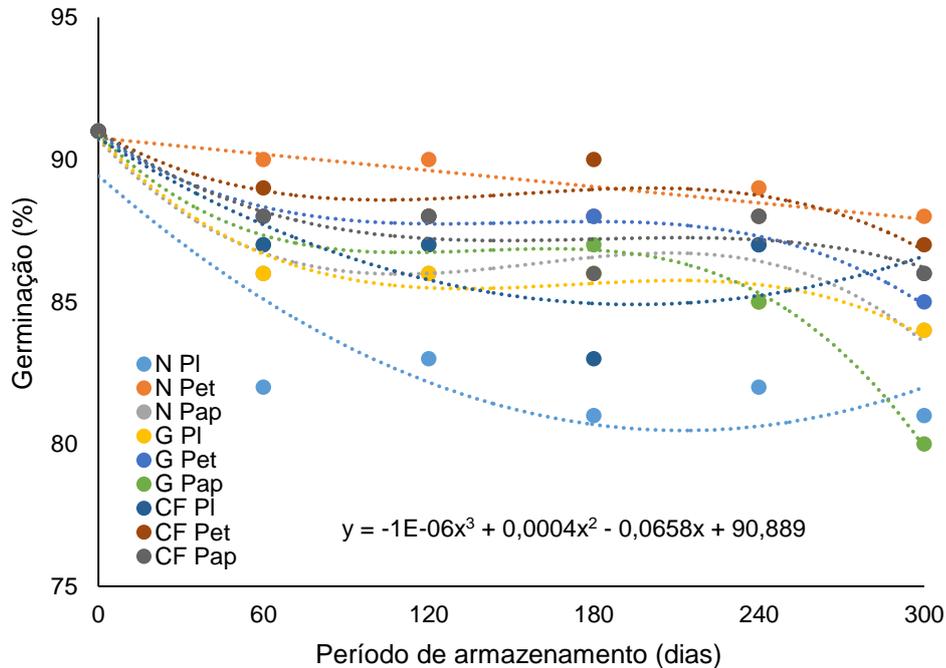
Analisando o comportamento da germinação ao longo do período de armazenamento (Figura 2), foi observado que no ambiente natural, o armazenamento em embalagem de plástico apresentou tendência quadrática, com rápida redução da germinação até os 215 dias de armazenamento e posteriormente aumento até o final do armazenamento. No armazenamento em embalagem Pet<sup>®</sup> no ambiente natural, observou-se pequena redução linear de aproximadamente 0,66 pontos percentuais de germinação para cada 60 dias de armazenamento. Enquanto que no armazenamento em papel, observou-se tendência de comportamento cúbico da germinação, com ponto de mínima viabilidade das sementes aos 128 dias e ponto de máxima germinação aos 252 dias.

No armazenamento em geladeira, para os três tipos de embalagem, foi observado comportamento cúbico da germinação, com redução até aproximadamente 120, 127 e 106 dias, respectivamente, seguida de estabilização e novo declínio da germinação aos 279, 166 e 180 dias, respectivamente. Salienta-se a maior redução da germinação para as sementes armazenadas em papel, comparativamente à redução observada nas sementes armazenadas nos outros tipos de embalagens, apresentando, aos 300 dias de armazenamento, porcentagem de germinação 6 e 5 pontos percentuais menores do que as sementes armazenadas em Pet<sup>®</sup> e plástico, respectivamente (Figura 2). Esse mesmo comportamento foi observado em sementes de girassol e ervilha, que apresentaram redução da germinação quando armazenadas em papel Kraft, comparativamente com as sementes armazenadas em embalagens semi-permeáveis e impermeáveis (LINS et al., 2014; LISBOA et al., 2014).

Para o armazenamento em câmara fria, houve redução da germinação com tendência quadrática para as sementes armazenadas em embalagem de plástico, com redução da germinação até 295 dias. Entretanto, para as sementes armazenadas em embalagens Pet<sup>®</sup> e papel, verificou-se tendência cúbica, com redução inicial da germinação até os períodos de 107 e 132 dias, respectivamente, posteriormente, observou-se estabilização e nova redução da germinação, aos 257 e 242 dias de armazenamento para embalagens Pet<sup>®</sup> e papel, respectivamente (Figura 2).

O ambiente de armazenamento não controlado ocasionou maior redução do potencial fisiológico das sementes de soja, em comparação com a câmara fria, através dos resultados dos testes de germinação e vigor (FORTI et al., 2010). No

entanto, pode ocorrer um processo de intensificação de deterioração com o prolongamento do período de armazenamento, mesmo em ambiente refrigerado (CUNHA et al., 2009).



N PI	$y = 0,0002x^2 - 0,086x + 89,51$	$R^2 = 0,81$
N Pet	$y = -0,011x + 91,00$	$R^2 = 0,77$
N Pap	$y = -7x10^{-7}x^3 + 0,0004x^2 - 0,0681x + 91,01$	$R^2 = 0,90$
R PI	$y = -1x10^{-6}x^3 + 0,0007x^2 - 0,107x + 90,82$	$R^2 = 0,97$
R Pet	$y = -1x10^{-6}x^3 + 0,0004x^2 - 0,0649x + 90,93$	$R^2 = 0,99$
R Pap	$y = -2x10^{-6}x^3 + 0,0008x^2 - 0,111x + 90,91$	$R^2 = 0,99$
CF PI	$y = 0,0001x^2 - 0,059x + 90,81$	$R^2 = 0,70$
CF Pet	$y = -1x10^{-6}x^3 + 0,0004x^2 - 0,0619x + 90,905$	$R^2 = 0,78$
CF Pap	$y = -8x10^{-7}x^3 + 0,0004x^2 - 0,077x + 90,97$	$R^2 = 0,88$

**Figura 2** – Germinação (%) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a períodos de armazenamento, em diferentes períodos de armazenamento (PA), em diferentes ambientes (N - Natural; G – Geladeira; CF – Câmara Fria) e tipos de embalagem (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel). UFPel/RS, 2016/2017

Comparando os tipos de embalagens utilizadas em cada período de armazenamento, para a variável primeira contagem de germinação, foi observado que o armazenamento em Pet® foi superior ao armazenamento em embalagens de plástico e papel, em todas as épocas de avaliação, sendo que, aos 180 e 240 dias, o armazenamento em papel apresentou menor porcentagem de plântulas normais (Tabela 4). Esse comportamento pode ser reflexo da espessura do material utilizado,

que permite menor proteção das sementes durante o armazenamento, pois, segundo Baudet e Villela (2012), embalagens com espessura menor que 0,075 mm são incapazes de manter as sementes inertes de trocas gasosas com o ambiente, como é o caso do papel utilizado nesse trabalho.

O desempenho superior verificado na embalagem Pet<sup>®</sup> pode ser explicado pela estabilidade do grau de umidade das sementes durante os períodos de armazenamento, comparativamente às embalagens de papel e plástico (Tabela 1).

**Tabela 4** – Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes tipos de embalagens e períodos de armazenamento. UFPel/RS, 2016/2017

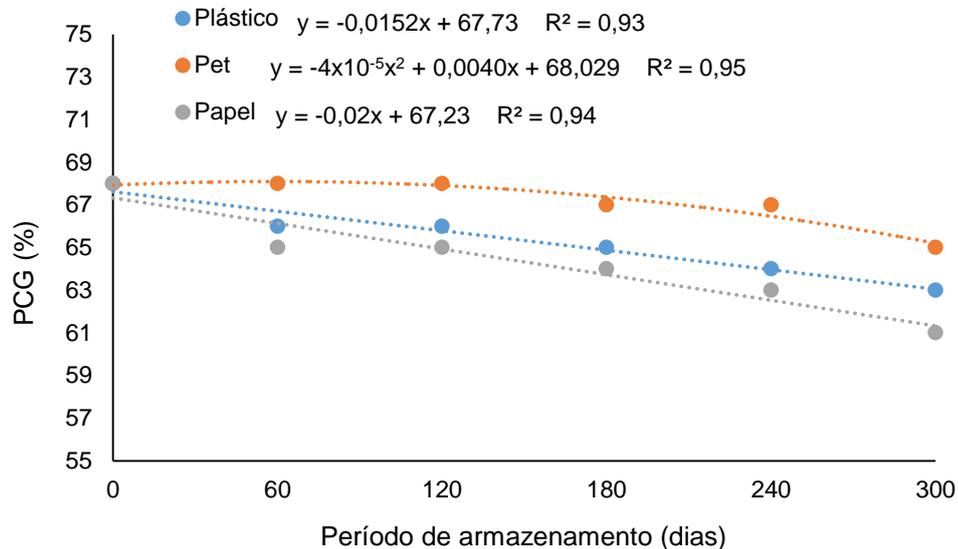
Período (dias) / Embalagem	PCG (%)		
	Plástico	Pet	Papel
0	68 a	68 a	68 a
60	66 b	68 a	65 b
120	66 b	68 a	65 b
180	65 b	67 a	64 c
240	64 b	67 a	63 c
300	63 b	65 a	61 b
C.V.(%)	2,33		

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O teste de primeira contagem da germinação pode ser considerado um indicativo de vigor, sendo que os resultados revelaram que, ao longo do armazenamento, em cada tipo de embalagem, verificou-se tendência quadrática para as sementes armazenadas em Pet<sup>®</sup>, com manutenção da porcentagem de plântulas normais até aproximadamente 180 dias de armazenamento e pequena redução após este período (Figura 3).

No que se refere às embalagens de plástico e papel, ambas apresentaram decréscimo linear, da ordem de 0,9 e 1,2% pontos percentuais, respectivamente, de plântulas normais para cada 60 dias de armazenamento. Ainda, ao final do período, aos 300 dias, a primeira contagem de germinação das sementes armazenadas em plástico foi 6,7% menor, comparativamente ao período zero, enquanto que, para a embalagem de papel, a redução foi de 8,9%.

Entretanto, este teste, mesmo com percentual elevado, não é satisfatório para garantir o desempenho das sementes no campo, já que seu potencial depende também das condições do ambiente externo (NASCIMENTO; PEREIRA, 2007).



**Figura 3** – Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes tipos de embalagens (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel) e períodos de armazenamento (PA) . UFPel/RS, 2016/2017

Na comparação da condição de armazenamento e tipos de embalagens, para a primeira contagem de germinação, para o ambiente natural, o armazenamento em embalagem Pet<sup>®</sup> e plástico não diferiram quanto à porcentagem de plântulas normais, porém, as sementes armazenadas em Pet<sup>®</sup> apresentaram resultados superiores relativamente às sementes armazenadas em embalagem de papel (Tabela 5). Para o armazenamento em geladeira e câmara fria, a embalagem do tipo Pet<sup>®</sup> foi superior às demais. No que diz respeito ao tipo de ambiente, houve diferença apenas para o armazenamento na embalagem de papel, em que o ambiente de geladeira proporcionou decréscimo da porcentagem de plântulas normais (Tabela 5). Lima et al. (2014), ao avaliarem a viabilidade de sementes de gergelim armazenadas em diferentes ambientes e embalagens, observaram que as sementes se mantiveram viáveis por até 12 meses quando armazenadas em geladeira, independentemente do tipo de embalagem utilizada.

Sendo assim, a elevação da umidade relativa do ar e temperatura pode provocar aumento da deterioração devido à elevação da taxa de respiração,

consumo de reservas e, por consequência, redução da qualidade fisiológica das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

**Tabela 5** – Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas ao armazenamento em diferentes ambientes e tipos de embalagens. UFPel/RS, 2016/2017

Ambiente / Embalagem	PCG (%)		
	Plástico	Pet	Papel
Natural	65 ab A	66 a A	64 b A
Geladeira	66 b A	68 a A	62 c B
Câmara Fria	66 b A	68 a A	65 b A
C.V.(%)	3,16		

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Avaliando a emergência de plântulas em canteiro, comparando os tipos de embalagem em cada ambiente e período de armazenamento, verificou-se que as sementes mantidas em ambiente natural não apresentaram diferença na porcentagem de plântulas emergidas, independentemente do tipo de embalagem empregado, com exceção das sementes avaliadas aos 300 dias, para as quais o armazenamento em papel proporcionou menor emergência de plântulas, apesar de que não foi estatisticamente diferente do armazenamento em embalagem de plástico (Tabela 6).

No armazenamento em geladeira, as sementes mantidas em embalagem Pet<sup>®</sup> apresentaram maior porcentagem de emergência de plântulas. Contudo, as sementes que foram mantidas em câmara fria e em embalagem Pet<sup>®</sup> e papel apresentaram a maior porcentagem de plântulas emergidas, exceto nas avaliações aos 240 e 300 dias, em que apenas a embalagem Pet<sup>®</sup> proporcionou a manutenção do vigor durante o período de armazenamento (Tabela 6).

A comparação entre os ambientes de armazenamento, para as sementes mantidas em embalagem plástica observou-se diferença aos 60, 120 e 180 dias de armazenamento, em que as sementes mantidas em geladeira tiveram redução da emergência de plântulas, enquanto que aos 240 e 300 dias, as sementes que ficaram armazenadas em câmara fria foram as que apresentaram menor expressão do vigor (Tabela 6). Nas sementes armazenadas em Pet<sup>®</sup>, em geral, não houve diferença quanto ao ambiente, contudo, aos 240 e 300 dias de armazenamento, as sementes mantidas em ambiente natural demonstraram menor emergência de

plântulas. Porém, as sementes que foram armazenadas em embalagem de papel tiveram, de maneira geral, a manutenção do vigor ao serem mantidas em ambiente natural e em câmara fria.

**Tabela 6** – Emergência de plântulas em canteiro (EC) a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, mantidas em diferentes ambientes, tipos de embalagens e períodos de armazenamento. UFPel/RS, 2016/2017

Emergência de Plântulas (%)					
Período (dias)	Ambiente	Embalagem			Média
		Plástico	Pet	Papel	
0	Natural	88 a A	88 a A	88 a A	88
	Geladeira	88 a A	88 a A	88 a A	88
	Câmara Fria	88 a A	88 a A	88 a A	88
	Média	88	88	88	
60	Natural	87 a A	88 a A	87 a A	87
	Geladeira	84 b B	88 a A	81 c B	84
	Câmara Fria	86 b A	89 a A	87 b A	87
	Média	85	88	85	
120	Natural	87 a A	86 a A	87 a A	86
	Geladeira	83 b B	88 a A	81 c B	84
	Câmara Fria	86 b A	88 a A	87 ab A	87
	Média	85	87	85	
180	Natural	86 a A	86 a AB	86 a A	86
	Geladeira	83 b B	87 a A	81 c B	83
	Câmara Fria	86 b A	89 a A	88 ab A	87
	Média	85	87	85	
240	Natural	85 a A	85 a B	85 a A	85
	Geladeira	83 b AB	87 a AB	80 c B	83
	Câmara Fria	81 c B	88 a A	86 b A	85
	Média	83	86	83	
300	Natural	84 ab A	85 a B	82 b B	83
	Geladeira	82 b AB	86 a AB	79 c C	82
	Câmara Fria	81 c B	87 a A	85 b A	84
	Média	82	86	82	
C.V. (%)		2,04			

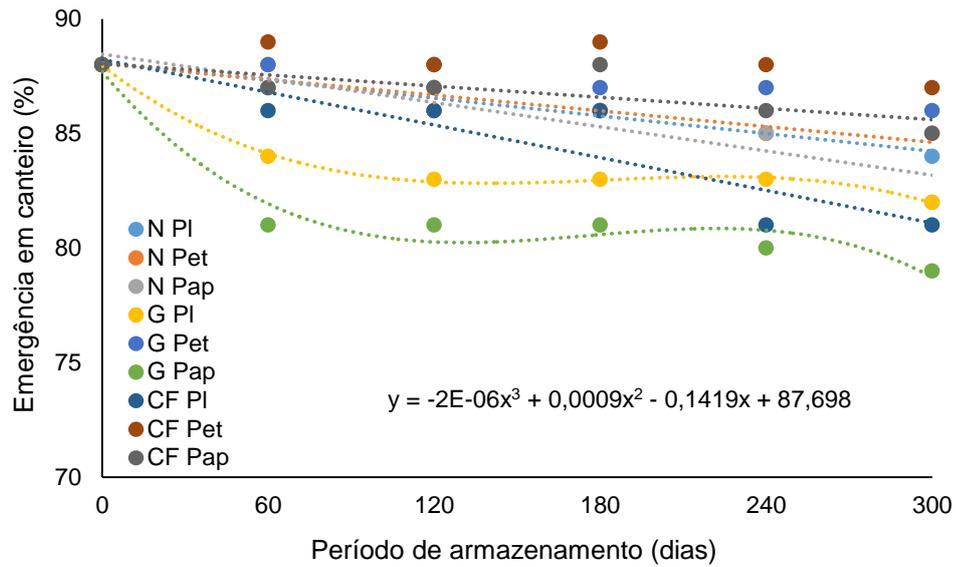
\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha, em cada variável resposta, e maiúscula na coluna, em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O comportamento da emergência de plântulas obtidas de sementes mantidas em ambiente natural apresentou tendência de redução linear na ordem de 8,2, 0,76 e 1,1 pontos percentuais para cada 60 dias de armazenamento, para as embalagens plástico, Pet e papel, respectivamente, ocorrendo redução do vigor das

sementes mesmo em embalagens impermeáveis (Figura 4). O aumento do teor de água das sementes mantidas em embalagens impermeáveis ocorre devido à maior frequência respiratória das sementes armazenadas neste esse tipo de embalagem, que proporciona maior liberação de água e aumento da umidade relativa dentro da embalagem; assim, as sementes buscam ajustar-se à nova umidade relativa do ar e, conseqüentemente, adquirir teor de água superior ao nível inicial (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Para a condição de armazenamento em geladeira, as sementes armazenadas em embalagens de plástico apresentaram tendência cúbica, com redução da porcentagem de plântulas emergidas até aproximadamente 124 dias, seguida de estabilização até 275 dias de armazenamento e nova redução da porcentagem de emergência até o final do período de armazenamento (Figura 4).

O período de armazenamento não apresentou efeito significativo para as sementes armazenadas em geladeira e em embalagem Pet<sup>®</sup> quanto à emergência de plântulas (Figura 4). Já, na embalagem de papel, houve redução da emergência de plântulas com tendência cúbica até 110 dias de armazenamento e, nova redução após aproximadamente 250 dias. Para o armazenamento em câmara fria, verificou-se decréscimo da emergência de plântulas de forma linear, da ordem de 1,5 e 0,6 pontos percentuais para as sementes mantidas em embalagem plástica e papel, respectivamente. Contudo, para as sementes que foram armazenadas em embalagem Pet<sup>®</sup>, não se observou efeito significativo do período de armazenamento sobre a emergência de plântulas (Figura 4).



N PI	$y = -0,136x + 88,04$	$R^2 = 0,90$
N Pet	$y = -0,0126x + 88,06$	$R^2 = 0,94$
N Pap	$y = -0,0176x + 88,17$	$R^2 = 0,87$
G PI	$y = -1 \times 10^{-6}x^3 + 0,0005x^2 - 0,0918x + 87,88$	$R^2 = 0,98$
G Pet	NS	
G Pap	$y = -2 \times 10^{-6}x^3 + 0,0009x^2 - 0,1419x + 87,70$	$R^2 = 0,95$
CF PI	$y = -0,0244x + 88,29$	$R^2 = 0,83$
CF Pet	NS	
CF Pap	$y = -0,0095x + 88,095$	$R^2 = 0,70$

**Figura 4**—Emergência de plântulas em canteiro (EC) a partir de sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, submetidas a diferentes períodos de armazenamento (PA), em diferentes condições (N - Natural; G – Geladeira; CF – Câmara Fria) e tipos de embalagem (PI – Plástico; Pet; Pap – Papel). UFPel/RS, 2016/2017

## 5 Considerações finais

As sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, empregando o procedimento tradicional (água) atingiram maior teor de água do que aquelas submetidas aos procedimentos modificados (solução não saturada e solução saturada),

O teste de envelhecimento acelerado, utilizando solução saturada de NaCl na combinação 24 horas a 41 °C é adequado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de amaranto.

O armazenamento das sementes de amaranto em embalagem de plástico, nos ambientes geladeira e câmara fria, resultou em melhor capacidade de manutenção da germinação. O acondicionamento em embalagem Pet<sup>®</sup> nos ambientes natural e câmara fria promoveu melhores resultados em relação à germinação.

Na primeira contagem de germinação, o armazenamento em Pet<sup>®</sup> foi superior ao plástico e papel em todas as demais épocas de avaliação, sendo que, aos 180 e 240 dias, o armazenamento em papel apresentou menor porcentagem de plântulas normais.

No armazenamento em geladeira, as sementes mantidas em embalagem Pet<sup>®</sup> apresentaram maior porcentagem de emergência de plântulas. As sementes que foram mantidas em câmara fria e em embalagem Pet<sup>®</sup> e papel, de maneira geral, apresentaram maior porcentagem de plântulas emergidas, exceto nas avaliações aos 240 e 300 dias, em que apenas a embalagem Pet<sup>®</sup> proporcionou a manutenção do vigor.

Aos 240 e 300 dias, as sementes que ficaram armazenadas em câmara fria foram as que apresentaram menor expressão do vigor, nas sementes armazenadas em Pet<sup>®</sup>, não houve diferença quanto ao ambiente; contudo, aos 240 e 300 dias de armazenamento, as sementes mantidas em ambiente natural demonstraram menor emergência de plântulas.

Entretanto, as sementes armazenadas em embalagem de papel foram capazes de manter o vigor ao serem mantidas em ambiente natural e em câmara fria.

O período de armazenamento não apresentou efeito significativo para as sementes armazenadas em geladeira e em embalagem Pet<sup>®</sup>, já, na embalagem de papel, houve redução.

As sementes de amaranto, cv. BRS Alegria, podem ser armazenadas em câmara fria por até 300 dias, acondicionadas em garrafa Pet<sup>®</sup>, sem redução do seu potencial fisiológico.

## 6 Referências

ADEBISI, M.A.; KEHINDE, T.O.; SALAU, A.W.; OKESOLA, L.A.; PORBENI, J.B.O.; ESURUOSO, A.O.; OYEKALE, K.O. Influence of different seed size fractions on seed germination, seedling emergence and seed yield characters in tropical soybean (*Glycine max* L. Merrill). **International Journal Agricultural Research**, v. 8, p.26-33, 2013.

ADAM, O.; ANTHONY, O.; OLABISI, O.; OLUWASEYI, A.; MARY, A.A. The effect of storage environments and duration on seed germination of amaranth (*Amaranthus cruentus*). **Journal of Experimental Agriculture International**, v.19, n.4, p. 1-7, 2017.

ALMEIDA, F. de A. C.; JERÔNIMO, E. de S.; ALVES, N.M.C.; GOMES, J.P.; SILVA, A.S. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, p. 189-202, 2010.

ALMEIDA, F. de A. C.; MATOS, V. R.; CASTRO, J. R. de; DUTRA, A. S. Avaliação da qualidade e conservação de sementes a nível de produtor. In: ALMEIDA, F. de A.C.; HARA T. CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais**. Campina Grande: UFPB/ SBEA, 1997. 201p.

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

APHALO, P.; CASTELLANI, O.F.; MARTINEZ, E.N.; ANÓN, M.C. Surface physicochemical properties of Globulin-P amaranth protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.616-622, 2004.

ASOCIACIÓN MEXICANA DEL AMARANTO. **Amaranto, el mejor alimento de origen vegetal**: beneficios y propiedades nutritivas. Disponível em: <<http://www.amaranto.com.mx/salud/propiedades/propiedades.htm>> Acesso em: 14 out. 2016.

ÁVILA, P.F.V.; VILLELA, F.A.; ÁVILA, M.S.V. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.52-58, 2006.

AZEVEDO, M.R.Q.A.; GOUVEIA, J. P.G.; TROVÃO, D. M. M. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

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

BARROS, C.; BUENROSTRO, M. **Amaranto, fuente maravillosa de sabor y salud**. Editorial Grijalbo, 1997. 158 p.

BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de Semente. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 3. ed. Pelotas: UFPEL, 2012. cap. 7. p. 482-527.

BAUDET, L.; VILLELA, F.A. Armazenamento de Sementes. In.: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO. O.A.; BARROS, A.C.S.A. (Ed.). **Sementes**: fundamentos científicos e Tecnológicos. 2. ed. Pelotas: Ed. Universitária, 2006. p.427-472.

BECERRA, R.E.I. Amaranto: nuevas tecnologías para um antiguo cultivo. **CONABIO. Biodiversitas**, n.30, p.1-6. 2008. Disponível em: < <http://biodiversid.gob.mx>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

BERGANZA, B.E; MORAN, A.W.; RODRIGUEZ, G.M.; COTO, N.M; MARIO SANTAMARIA, M.; BRESSANI, R. Effect of variety and locantion on the total fat, fatty acids and squalene contento of amaranth. **Plant Foods For Human Nutrition**, v.58,n.3, p. 1-6, 2003.

BERGER, A; GREMAUD, R; BAUMGARTNER, M; REIN, D; MONNARD,I; KRATHY, E.;GEIGER, W.; BURRI, J.; DIONISI, F.; ALLAN, M.; LAMBELET, P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.73, n.1, p. 39-49, 2003.

BERTOLIN D.C., SÁ M.E., MOREIRA E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.1, p.104-112, 2011.

BESSA, J.F.V.; DONADON,J.R.; RESENDE,O.; ALVES, R.M.V.; SALES,J.F.; COSTA, L.M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BHERING, M.C.; SANTOS DIAS, D.F.S.; VIDIGAL,D.S.; NAVEIRA, D.S.P. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.64-71, 2006.

BORGES, S.; BORGES, E. E. L.; CORRÊA, P. C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v.37, p.475- 481, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRENNER, D. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 19, p.227-286, 2000.

BRENNER, D.; WILLIAMS, J. T. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Underutilized crops: cereals and pseudocereals**. London: Chapman & Hall, p. 128-186. 1995.

BRESSANI, R. The proteins of grain amaranth. **Foods Reviews Internatrional**, v.51, p.1339, 1989.

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.24, n.3, p.272-278, 2012.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑAPIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. ABRATES, 1993. p. 333-350.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000. 588p.

CARVALHO, M.L.M.; VILLELA, F.A. Armazenamento de Sementes. **Informe Agropecuário**, v. 27, p. 70-75, 2006.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP 2012. 590p.

CECCATO, D.; BERTERO, D.; BATLLA, D. Fuentes de tolerância al brotado pre-cosecha en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Efecto de las condiciones ambientales sobre el nivel de dormición. **Análisis de semillas** , v.5, n.17, p.50-55, 2011.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G; DEVI, N.L. Hypocholesterolemic effect of amaranth seed (*Amaranthus esculantus*). **Plant Foods for Human Nutrition**, local de publicação, v. 44, n. 1, p. 63-70, 1997.

CHAVEZ-JAUREGUI, R.; PINTO e SILVA, M. E. M.; ARÉAS, J. A. G. Storage effect on the acceptability of snacks made of pure amaranth and blends of amaranth and corn and chickpea. **Alimentaria**, Madrid, v. 405, p. 117-121, 2009.

CONDÉ, A.R.; GARCIA, J. Armazenamento e embalagem de sementes de forrageira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.111, p.44- 49, 1984.

COSTA, D.M.A., DANTAS, J.A. Efeitos do substrato na germinação de sementes de amaranto (*Amaranthus* spp). **Ciência Agrônômica**, v. 40, p. 498-504, 2009.

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

COSTA, D.M.A. 2007. **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto**. 124 f. (Tese Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.

CROCHEMORE, M.L. Conservação de sementes de tremoço azul em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.15, n.2, p.227-232, 1993.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1420-1425, 2009.

DAS, S. Systematics and taxonomic delimitation of vegetable, grain and weed amaranths: a morphological and biochemical approach. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 59, n.2, p.289–303, 2012.

DELL'AQUILA, A. Development of novel techniques in conditioning, testing and sorting seed physiological quality. **Seed Science and Technology**, v. 37, n.3, p. 608-624, 2009.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.7-14, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

ERASMO, E.A.L., PINHEIRO, L.L.A., COSTA, N.V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.195-201, 2004.

FERREIRA, T. A. P. C.; GUERRA-MATIAS, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Características nutricionais e funcionais do Amarantho (*Amaranthus* sp.). **Nutrire**, v. 32, n. 2, p.91-116, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FESSEL, S.A., PANOBIANCO M., SOUZA, C.R., VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 69, n.1, p.207-214, 2010.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por 'umidade' e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raio X e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.123-133, 2010.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 1-2, p. 37-38, 2010.

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

FREITAS, A. R. Deterioração e armazenamento se sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, M. W. (Ed.). **Tecnologia de Sementes de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. p.155-182.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed Biology**. v.3. New York: Academic Press, 1972., p.145-245.

HE, H.P.; CAI, V.; SUN, M. CORKE, H. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p. 368-372, 2002.

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.

JOHNS, T., EYZAGUIRRE, P.B. Biofortification, biodiversity and diet: a search for complementary applications against poverty and malnutrition. **Food Policy**, v. 32, p.1–24, 2007.

KAUFFMAN, C. The status of grain amaranth for the 1990's. **Food Review International**, v. 8, n. 1, p. 165-185, 1992.

KAYDAN, D.; YAGMUR, M. Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. **African Journal Biotechnology**, v.7, p.2862-2868, 2008.

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

KROHN, N. G.; MALAVASI, M. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v. 26, n. 2, p. 91- 97, 2004.

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

KOZIOL, M.J. Composicion quimica. In: WAHLI, C. (Ed). **Quinoa hacia su cultivo comercial**. 1990. p 137-159.

LIMA, D.C., DUTRA, A.S., PONTES, F.M., BEZERRA, F.T.C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.2, p.361-369, 2014.

LIMA, D.C.; DUTRA, A.S.; CAMILO, J. M. Physiological quality of sesame seeds during storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 138-145, 2014.

LINS, S.R.O.; CARVALHO, M.L.M.; CARDOSO, M.G.; MIRANDA, D.H.; ANDRADE, J.P. Physiological, enzymatic, and microstructural analyses of sunflower seeds during storage. **Australian Journal**,v. 8, p.1038-1048, 2014.

LISBOA, C.F.; CUNHA, D.A.; TEIXEIRA, I.R.; DEVILLA, I.A.; CAMPOS, A.J. Physiological deterioration of pigeon pea seeds during storage. **African Journal Agricultural Research** v.9, n. 48, p.3473-3479, 2014.

MARCÍLIO, R., FARFAN AMAYA, J., SPEHAR, C.R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v.12, p. 47-56, 2005.

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

MARCOS FILHO, J. Relações água/semente. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p.169-196.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2007. p.469.

MARTINS, A.B.N; MARINI, P.; BANDEIRA, J.M.; VILLELA, F.A; MORAES, D.M. Review: Analysis of seed quality: a nonstop involving activity. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p.114-118, 2014.

MARTINS, C. C.; CASTRO, M. M.; SENEME, A. M.; NAKAGAWA, J. Metodologia para avaliação do vigor de sementes de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 301-304, 2006.

MARTIROSYAN, D.M.; SARGSYAN, A.V.; PASADANYAN, R.A. Functional food for the prevention of hypertension. In: MARTIROSYAN, D.M.(Ed.). **Book Functional Foods for Cardiovascular Diseases**. Dallas, USA; 2005. p. 200–205.

MEDEIROS, A.C.S.;EIRA, M.T.S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2006. (Circular técnica, 127).

MEDEIROS, A.C.; ZANON, A. Armazenamento de sementes de sapuva (*Machaerium stipitatum*). **Boletim Pesquisa Florestal**,v. 40, p.57-66, 2000.

MUJICA SANCHES, A.; DIAZ, M.B.; IZQUIERDO, J. **El cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*):** producción, mejoramiento genético y utilización. Santiago: Oficina Regional de la FAO para America Latina y El Caribe, 1997. 145p.

MYERS, R. L. Amaranth: new crop opportunity. In: JANICK, J. (Ed.). **Progress in New Crops**. Alexandria, VA: ASHS Press,1996. p.207-220.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Amaranth**: Modern prospects for an ancient crop. Washington: National Academy Press, 1984. 81p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4-1–4-26.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p.49-86, 1994.

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**, v. 29, p.175-179, 2007.

NOBRE, D.A.C., DAVID, A.M.S.S., SOUZA, V.N.R., OLIVEIRA, D., GOMES, A.A.M., AGUIAR, P.M., MOTA, W.F. Influência do ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amaranto. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n.2, p. 216-219, 2013.

OJO, D.K. **Studies on soybean seed quality and longevity improvement in the humid tropics**. Ph.D. Thesis, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria, 2000.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.306-310, 1998.

PEREIRA, M.F.S.; TORRES, S.B.; LINHARES, P.C.F.; PAIVA, A.C.C.; PAZ, A.E.S.; DANTAS, A.H. Qualidade fisiológica de sementes de coentro [*Coriandrum sativum* (L.)]. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, v.13, n. esp, p.518-522, 2011.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de sementes**. Curso de Especialização por tutoria à distância. Brasília-D.F.: ABEAS. 1998, 76 p.

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

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

QUINI, A.R.; DELAZARI, D.S.; FARINAZZI-MACHADO, F.M.V.; BARBALHO, S.M. Revisão de literatura: Importância nutricional de algumas espécies de *Amaranthus* sp. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.6, n.1, p.69-81, 2013.

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**, v.46, n.1, p.95-99, 2016.

RAMIREZ, R.C. **Monografía de la cadena de amaranto**.. Mexico: Secretaria de Desarrollo Rural Del Estado de Puebla, 2007.  
Disponível em: < <http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/cadenasAdropecuarias>>.

REGALO, M.J.; BRENA, S.R. The influence of drying methods and storage condition on the seed viability and longevity of Mestizo Hybrid Rice (*Oryza sativa* L.). **Philippine Agricultural Science**, v. 89, n 4, p.309-318, 2006.

REIS, J.C.L. **Pastagens em terras baixas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 34p. (Circular Técnica, 7).

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

SAMIYI, M.; ASHRAF, H.R.L. Iranian breads supplemented with amaranth flour. **Institute of Food Science Technology**, v. 28, p.625–628, 2007.

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**, v. 33, n. 2, p. 322-323, 2011.

SAUER, J.D. **Historial geography of crop plants**: Aselct rostec.: Boca Raton, EUA: CRC Press, 1993. 309 p..

SAUNDERS, R.M.; BECKER, R. *Amaranthus*: a potential food and feed resource. In: **Advances in Science and Technology**. v 6., p.357-396, 1984.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.446–453, 2014.

SEGURA-NIETO, M.; VASQUEZ, N.; RUBIOVELAZQUEZ, H.; OLGUIN-MARTINEZ, L.E.; RODRIGUES-NESTER, C.E.; HERRERA- ESTRELA, L. Characterizion of amaranth (*A.hypochondriacus* L.) seed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n.9, p.1553-1558, 1992.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560p.

SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA F. T. C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p.45- 56, 2010.

SILVA, M.; SOUZA, H. R. T.; DAVID, H. M. S. S.; SANTOS, L. M.; SILVA, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro Ambiente**, v.8, p.97-103, 2014.

SILVA, T.C.; ALVES, M.C.S.; TEODORO, M.S.; LACERDA, M.N. Avaliação e potencial fisiológico de sementes de *Crotalaria juncea* L. em três períodos diferentes de armazenamento. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.11, n.20, p.40-52, 2015.

SOUZA, F.F.J.; DEVILLA, I.A.; SOUZA, R.T.G.; SPEHAR, C.R. Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.15, p.1299-1308, 2016.

SPEHAR, C.R. **Amaranto**: opção para diversificar a agricultura e os alimentos. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 136 p.

SPEHAR, C.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E. A. L. Amaranth BRS Alegria: alternative for diversification of cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p.659-663, 2003.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L. **Diferenças entre o pseudocereal amaranto e espécies de planta daninha, Amaranthaceae**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 69).

SPEHAR, C.R.; CABEZAS, W.A.R.L. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L. (Ed.). **Plantio direto na integração lavoura pecuária**. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. p. 179-189.

SRAVANTHI, B.; JAYAS, D.S.; ALAGUSUNDARAM, K.; CHELLADURAI, V.; WHITE, N.D.G. Effect of storage conditions on red lentils. **Journal of Stored Products Research**, v. 53, p.48-53, 2013.

STALLKNECHT, G.F. SCHULZ-SCHAEFFER, J.R. Amaranth Rediscovered. In: J. JANICK; J. E. SIMON (Ed.), **New Crops**. Wiley, New York: Editora, 1993. p. 211-218.

TAPIA-BLACIDO, D.R.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Potential of *Amaranthus cruentus* BRS Alegria in the production of flour, starch and protein concentrate: chemical, thermal and rheological characterization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, p.1185-1193, 2010.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R.; SOUZA, L. A. C. Caracterização agrônômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p.45-51, 2003.

TEUTONICO, R.A.; KNORR, D. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop. **Food crop: food technology**, v.39, n.4, p.49-60,1985.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes**: tecnologia da produção. São Paulo: Ceres, 1977. 233p.

TONIN, G.A.; PEREZ, S.C.J.G.A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p.26-33, 2006.

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**, v. 34, n. 2, p. 319-326, 2012.

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

TORRES, S.B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Ciência Agrônômica**, v.36, n.1, p.98 - 104, 2005.

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

TUNES, L.M.T.; 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**, v.31, n.3, p.457-460, 2013.

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. *italica* Plenk). **Bioscience Journal**, v.28, n.2, p.173-179, 2012.

TUNES, L.M.; PEDROSO, D.C.; BARBIERI, A.P.P.; CONCEIÇÃO, G.M.; ROETHING, E.; MUNIZ, M.F.B.; BARROS, A.C.S.A. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. **Revista Brasileira de Biociência**, v.9, n.1, p.12-17, 2011.

VENSKUTONIS, P.R.; KRAUJALIS, P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.12, n.4, p.381-412, 2013.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-281.

WARHM, E.J.A. Comparison of packing materials for seed with particular reference to humid environments. **Seed Science and Technology**, v.14, n.1, p.191-211, 1996.

WU, H.; SUN, M.; YUE, S.; SUN, H.; CAI, Y.; HUANG, R.; BRENNER, D.; CORKE, H. Field evaluation of an *Amaranthus* genetic resource collection in China. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 47, n.1, p.43–53, 2000.

YÁNEZ, E.; ZACARÍAS, I.; GRANGER, D.; VÁSQUEZ, M.; ESTÉVEZ, A.M. Caracterización química y nutricional del amaranto (*Amaranthus cruentus*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 44, n.1, p. 57-62, 1994.

ŽIAROVSKÁ, J., ZÁHORSKÝ, M., HRICOVÁ, A. Prosystemin . identification in *Amaranthus cruentus* and *A. hypochondriacus x hybridus* based on data mining and sequence alignment. **Genetika**, v. 48, n.1, p.211-218, 2016.