



## **Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

### **QUALIDADE FISIOLÓGICA DE DIFERENTES LOTES DE SEMENTES DE AMARANTO PRODUZIDAS EM DOIS MEIOS DE CULTIVO**

**FERNANDA PIRES DE ALVARENGA**

**M  
E  
S  
T  
R  
A  
D  
O**

**Ipameri-GO  
2021**

FERNANDA PIRES DE ALVARENGA

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
DIFERENTES LOTES DE  
SEMENTES DE AMARANTO  
PRODUZIDAS EM DOIS MEIOS  
DE CULTIVO**

Orientador: Prof. Dr. Nei Peixoto

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRA.

Ipameri-GO  
2021

AF363      Alvarenga, Fernanda  
q            QUALIDADE FISIOLÓGICA DE DIFERENTES LOTES DE  
SEMENTES DE AMARANTO PRODUZIDAS EM DOIS MEIOS DE  
CULTIVO / Fernanda Alvarenga; orientador Nei Peixoto.  
-- Ipameri, 2021.  
34 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de  
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2021.

1. Amaranthus cruentus L.. 2. Cultivar. 3. Campo.  
4. Vigor. I. Peixoto, Nei , orient. II. Título.



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** "QUALIDADE FISIOLÓGICA DE DIFERENTES LOTES DE SEMENTES DE AMARANTO PRODUZIDAS EM DOIS MEIOS DE CULTIVO"

**AUTOR(A):** Fernanda Pires de Alvarenga

**ORIENTADOR(A):** Nei Peixoto

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

*Mariana Pina da Silva Berti*

Prof.ª Dr.ª Mariana Pina da Silva Berti  
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Iperani-GO

*Nei Peixoto*  
Prof. Dr. Nei Peixoto (Orientador)  
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Iperani-GO

*Erica F. Leão Araújo*  
Prof.ª Dr.ª Erica Fernandes Leão Araújo  
Instituto Federal Goiano/ Campus Uruaí

Registro de Declaração

Número: 109

Livro: R-01 Folhas: 2A

Data: 25/03/2021

*[Assinatura]*

Data da realização: 25 de março de 2021



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde nestes tempos de pandemia, pela vida, pelas bênçãos proporcionadas e por sempre estar comigo em todos os momentos. Agradeço aos meus pais, Vilson e Maria Aparecida, a minha irmã Bruna, por sempre me apoiarem todos os momentos da minha vida, me dando forças e me motivando para nunca desistir. Aos amigos, Anderson, Fernanda Kotinik, Dani, Thalisson, Monique, Rogério, Luciana e Westefann. Em especial Anderson e West por terem me auxiliado na condução do experimento e por todas as ajudas fornecidas para que este sonho viesse a se tornar realidade. Ao professor e orientador Dr. Nei Peixoto, por ter sido muito mais que um orientador, e sim um pai que o mestrado me proporcionou, me recebendo sempre com um sorriso no rosto, muito obrigada professor pela paciência, pelos ensinamentos diários e por sua dedicação. A Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, seu corpo docente, direção, administração e demais funcionários. E também ao IFG- Campus Rio Verde, por ter cedido laboratório e equipamentos necessários para a realização de análises.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>14</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1. Informações gerais</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2 Testes realizados</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2.1 Peso de Mil Sementes (P1000)</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2.2 Germinação (G)</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2.4 Tempo Médio de Germinação (TMG)</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2.5 Envelhecimento Acelerado (EA)</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.6 Condutividade Elétrica (CE)</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.7 Comprimento de Plântulas (CP)</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2.8 Lixiviação de Potássio (LK)</b> .....	<b>17</b>
<b>4.3 Procedimentos Estatísticos</b> .....	<b>17</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>26</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

## RESUMO

A espécie *Amaranthus cruentus* L. conhecida popularmente como amaranto tem se tornado foco de pesquisas, pela sua qualidade alimentar. Muitos pesquisadores vem se esforçando em prol da produção e consumo de amaranto para mitigar os efeitos da desnutrição em países pobres como a África. Estudos no Quênia evidenciaram o potencial do amaranto quando utilizado na complementação de grupos frágeis, principalmente em crianças. No Brasil, sua utilização vem crescendo nos últimos anos. Tanto os grãos, quanto a folha, possuem um valor extremamente alto em valor nutritivo. Por reduzir níveis de colesterol ruim, é considerado um alimento funcional, e que pode ser incorporado em diversas dietas. O seu consumo pode ser feito de diversas formas, tanto *in-natura*, quanto processado (farinha, flocos). Suas folhas podem ser consumidas como hortaliça, os grãos, como cereais. Podem ser utilizados em diversos preparos, como: pães, molhos de salada, biscoito, bolos, bebidas, dentre outras maneiras, sendo seus grãos utilizados na panificação e na dieta de vegetarianos. O A. cruentus BRS Alegria, primeira recomendação ao cultivo granífero no Brasil, desenvolvida pela Embrapa, com o propósito de atender a demanda interna crescente. Entretanto, há escassez de cultivares disponibilizada aos agricultores e informações da pesquisa relativas ao seu cultivo. Neste trabalho objetivou-se analisar a qualidade fisiológica de sementes de cinco genótipos de amaranto, BRS Alegria, Hopi Red Dye, Rabo de Gato, UEG 01 e UEG 02 produzidas em vasos e a campo. As análises foram realizadas no Laboratório Multidisciplinar II da Universidade Estadual de Goiás, campus Ipameri-GO e no Laboratório de Semente do IFG-Campus Rio Verde. Foram realizadas as seguintes análises: Teste de Germinação (G), Teste de Envelhecimento Acelerado (EA), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Peso de 1000 sementes (P1000), Condutividade Elétrica (CE), Comprimento de Plântulas (CP) e Lixiviação de Potássio (LK). BRS Alegria apresentou maior vigor quando foi cultivada em campo. Já UEG 02, quando foi produzida em vaso, demonstrou melhores resultados para as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** *Amaranthus cruentus* L., Cultivar, Campo, Vigor.

## ABSTRACT

The species *Amaranthus cruentus* L., popularly known as amaranth, became the focus of research, taking off its food quality. Many researchers have worked hard to increase amaranth production and consumption to mitigate the effects of malnutrition in poor countries like Africa. Studies in Kenya have shown the potential of amaranth when used to complement fragile groups, especially in children. Studies do not show the potential of amaranth when used as a complement to marginal groups, especially in children. In Brazil, its use has grown in recent years. Both the grains and the leaf have an extremely high value in nutritional value. As it reduces levels of bad cholesterol, it is considered a functional food, which can be incorporated into several diets. Its consumption can be made in different ways, both in-natura and processed (flour, flakes). Its leaves can be eaten as vegetables, the grains as cereals. They can be used in various preparations, such as: breads, salad dressings, biscuits, cakes, drinks, among other ways, their grains being used in baking and in the diet of vegetarians. A. cruentus BRS Alegria, the first recommendation for the cultivation of grains in Brazil, developed by Embrapa, with the objective of meeting the growing domestic demand. Meanwhile, there is a shortage of cultivars available to farmers and research information about their cultivation. This work aims to analyze the physiological quality of seeds of five amaranth genotypes, BRS Alegria, Hopi Red Dye, Rabo de Gato, UEG 01 and UEG 02 produced in pots in the field. According to analyzes carried out at the Multidisciplinary Laboratory II of the State University of Goiás, Ipameri-GO campus and Semente Laboratory of the IFG - Campus Rio Verde. The following analyzes were performed: Water Content (TA), Germination Test (G), Accelerated Growth Test (EA), Germination Speed Index (IVG), Weight of 1000 seeds (P1000), Electrical Conductivity (CE), Seedling Length (CP) and Potassium Leaching (LK). BRS Alegria showed greater vigor when cultivated in the field. UEG 02, when produced in glass, showed the results for the various analyzed.

**Keywords:** *Amaranthus cruentus* L, Cultivar, Field, Vigor.

## 1. INTRODUÇÃO

O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) do gênero *Amaranthus*, pertence à família Amaranthaceae, se caracteriza por ser um pseudocereal (CARMONA Y ORSINI-VELÁZQUEZ, 2010). Segundo Peralta (2009), o processo domesticação do amaranto pode ter se dado em três locais: América do Norte (México), América Central (Guatemala) e América do Sul (Equador, Peru e Bolívia). Borsch et al.(2015), relatam que a família Amaranthaceae é composta por para 82 gêneros e 840 espécies. O amaranto possui cerca de 75 espécies domesticadas em todo o mundo. Em regiões de clima tropical, pode ser utilizado em rotação de cultura da soja. (FERREIRA e ARÊAS, 2004).

As espécies de *Amaranthus* são de porte subarbuscivo ou herbáceo, anual. Sua reprodução se dá unicamente por semente, com porte médio que pode variar de 0.5 m a 2.00 m. Suas folhas alternas helicoidais, simples, ovaladas ou ligeiramente lanceoladas, que podem ter o ápice emarginado, com significativa concavidade (CARVALHO, 2015).

Tanto os grãos, quanto a folha, possuem um valor extremamente alto em valor nutritivo Por reduzir níveis de colesterol ruim, é considerado um alimento funcional, e que pode ser incorporado em diversas dietas. O seu consumo pode ser feito de diversas formas, tanto *in-natura*, quanto processado. Suas folhas podem ser consumidas como hortaliça, os grãos, como cereais, podem ser utilizados em diversos preparos, como: pães, molhos de salada, biscoito, bolos, bebidas, dentre outras maneiras (AMAYA-FARFAN et al., 2005; FERREIRA et al., 2007). Dado seu valor nutricional, tanto em quantidade quanto na qualidade da sua proteína, pois supera os cereais comumente utilizados como: arroz, milho, trigo e aveia (MORALES et al., 2009).

Valores elevados de proteínas (15%), lipídeos (4%), fibras (13%) e minerais (4%), quando comparado com outros cereais, fazendo com que ele possa se encaixar em diferentes nichos de mercado, devido a sua alta capacidade nutritiva (CAPRILES et al., 2008; MAKOBO et al, 2010).

Três espécies se destacam na produção de grãos: *Amaranthus caudatus* L., na região dos Andes do Peru, *A. hypochondriacus*, na região do centro México e *A.cruentus*, no sul do México e Guatemala, sendo utilizado, há milênios, como alimento básico, por povos nativos da América Central e Norte, principalmente no México e na Guatemala (AGUILERA-CAUICH et al., 2020).

Seu cultivo, na região de origem, se dá em propriedades escassas, não só de água, mas também de tecnologia em produção (OLÁN e al., 2012). De acordo com os dados da Sagarpa-Siacon (2012), a produção de amaranto no México, retornou a níveis notáveis, em função da

procura mundial por alimentos saudáveis. Nos últimos 28 anos a área de semeadura aumentou a uma taxa média anual de 9,82% entre os anos de 1982-2010, este aumento se reflete na produção alimentícia, na indústria de cosméticos e na farmacêutica. A produção se concentra na zona central do México, mais especificamente nos estados de Puebla, Estado de México, Morelos, Tlaxcala y el Distrito Federal. Seu cultivo também é feito de maneira esporádica e em menores proporções em: Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca e Querétaro, Nayarit, Veracruz, e também em hortas familiares na região das montanhas de Sinaloa, Sonora, Chihuahua e Durango (ESPITIA et al., 2010).

Dentre as três principais espécies graníferas de amaranto, a que mais se adapta ao clima brasileiro é o *Amaranthus cruentus* L. Conforme são as condições de cultivo, a emergência das plântulas se dá com três DAS (dias após a semeadura), com ciclo anual de aproximadamente 93 dias (Costa e Dantas, 2009). Essas espécies são pouco conhecidas e difundidas na agricultura brasileira (Spehar et al., 2003), todavia, em virtude de seu valor nutricional, pode se tornar uma excelente alternativa para diversificar e servir de suprimento básico para a população brasileira, pois nossas temos clima semelhantes àqueles de sua região de origem (COSTA; BORGES, 2005).

A qualidade de uma semente é usualmente determinada pelo seu potencial fisiológico, que contém informações sobre a viabilidade e o vigor de um lote de sementes (MARCOS FILHO, 2005).

O teste de germinação é frequentemente utilizado para determinar da viabilidade das sementes, e tem como objetivo obter informações das sementes para a semeadura, sendo assim, também podendo comprar diferentes lotes de sementes pela qualidade fisiológica das mesmas (LIMA et al., 2006). A sua condução ocorre sob condições favoráveis (disponibilidade de água, temperatura e aeração) para a obtenção de plântulas normais, a fim de proporcionar a máxima germinação e que expressem o seu máximo potencial e vigor (MARCOS FILHO, 1999; BRASIL, 2009).

Porém, como o teste é realizado em condições ótimas para as plântulas germinarem, o mesmo pode superestimar o potencial fisiológico das sementes analisadas, por não avaliar as alterações químicas físicas, bioquímicas e fisiológicas, não permitindo diferenciar quanto ao vigor das mesmas (ABRANTES et al., 2010). Por este motivo, a pesquisa tem efetuado estudos para desenvolver e adequar métodos que permitam a avaliação do vigor da semente (KIKUTI et al. 1999; ÁVILA et al. ,2007; OHLSON et al., 2010).

O vigor de uma semente apresenta um conjunto de propriedades que definem a capacidade de emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais sob grande faixa de condições ambientais (BAALBAKI et al., 2009). Sendo assim, seu objetivo é identificar

quais os lotes apresentam maior potencial para sobreviverem e garantirem boa produtividade em condições de campo (MARCOS FILHO, 2005).

Seguindo este contexto, a tecnologia de sementes tem procurado apurar os testes de germinação e vigor de modo a obter resultados certos que expressem o desempenho efetivo das sementes no campo. Sendo assim, os testes de vigor tem se destacado para estes fins, principalmente em programas de controle de qualidade de empresas produtoras de sementes (KIKUTI & MARCOS FILHO, 2012).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

O Amarantho caracteriza-se por ser um antigo pseudocereal de folhas largas, cuja origem se deu na América do Norte e Central (RASTOGI e SHUKLA, 2013), onde tem sido utilizado, há mais de 4000 anos, na alimentação humana e animal, pois suas sementes são ricas em proteínas e amido de qualidade, de fácil digestão (ALEJANDRE ITURBIDE et al., 2012; MAXIMILIAN et al., 2016).

Na região dos Andes, é conhecido como: coime, kiwicha, yuyo, achita, trigo-del-inca, dentre outros. Os cultivos, e estudos que envolvem pesquisas são feitos na sua maioria nas espécies, *Amaranthus cruentus* (México, África, Caribe, Ásia e América do Sul), *A. caudatus* (América do Sul), *A. hypochondriacus* (Índia, México e Estados Unidos) e *A. tricolor* (China e Índia) (FARFAN et al., 2005).

As inflorescências podem ser identificadas pelo toque, e se caracterizam pode ser de dois tipos: axilares ou terminais. As axilares são desenvolvidas a partir das gemas axilares, que não gerará um ramo estendido. Já as terminais são robustas, alongadas, e com uma característica muito típica, podem ser pendentes. As plantas “fêmea”, são espinescentes, por causa de suas brácteas, ao passo que as “macho” possuem inflorescências mais macias, (WARD et al., 2013).

O grão de amaranto possui cerca 1 a 1.5 mm de diâmetro e 0.5 mm de espessura. O peso de 1000 sementes gira em torno de 0.6 a 1 g. Sua coloração varia de acordo com a espécie, podendo ser: brancas, rosadas, cinzas, amarelas, pretas e vermelhas. A camada de sementes é fina e lisa. . O embrião preenche grande parte da semente (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

São plantas de porte subarborescente ou herbáceo, anual, e sua reprodução se dá unicamente por semente, com porte médio que pode variar de 0.5 m a 2.00 m. Suas folhas alternas helicoidais, simples, ovaladas ou ligeiramente lanceoladas, que podem ter o ápice emarginado, com significativa concavidade (CARVALHO, 2015).

Os caules grossos costumam ser retos e ramificados, com 0,1 a 2,0 m de altura, nervurados e tingidos de vermelho (MAKINDE et al., 2010).

Muitos pesquisadores estão se esforçando em prol da produção e consumo de amaranto para minimizar os efeitos da desnutrição em países pobres. Estudos no Quênia evidenciaram o potencial do amaranto quando utilizado na complementação de grupos frágeis, principalmente em crianças (MBURU et al., 2011). Além do consumo do grão inteiro, uma das melhores formas para consumo de amaranto é a farinha integral, que pode ser

utilizada na indústria da panificação, ou pela população de forma direta para incrementar e enriquecer sua alimentação (BIANCHINI et al., 2014).

No México e Peru, ele é utilizado em forma de refeição rápida, misturando as sementes torradas com o melaço da cana. O segundo uso mais comum, é moer os grãos já torrados e assim produzir a farinha. No Peru, as sementes após passarem por um processo de fermentação são utilizadas para fazer cerveja e chicha (refresco típico peruano). O caule seco da planta também pode ser aproveitado como combustível (EARLY, 1990 apud COSTA e BORGES, 2006).

As farinhas (base da indústria de panificação) de amaranto não contém glúten e podem ser utilizadas na fabricação de massas e por pessoas que tem intolerância a esta substância. Pela sua característica de reter bastante umidade e pelo seu sabor forte, recomenda-se o uso como farinha secundária, na elaboração de produtos panificados. Por não ser uma planta de origem brasileira, o conhecimento sobre a mesma, e seu uso é bastante limitado. Porém, existe um esforço científico, no intuito de adaptar as espécies ao clima e solo do cerrado (CHAVEZ-JAUREGUI et al., 2003).

Na região de Cuzco, as flores do amaranto selvagem (airampo) são utilizadas como anti-inflamatório para tratar dor de dente e febre. Após ferver as flores de coloração avermelhadas, são utilizadas para produzir a chicha e também para colorir o milho, para pintar o rosto das dançarinas, durante o carnaval. No equador, as folhas são levadas ao fogo e aquecidas e a água colorida é misturada no rum, a finalidade de se beber é como depurativo do sangue. Ajuda também mulheres a regularem o ciclo menstrual (EARLY, 1990). No Brasil, em Pernambuco, as folhas são utilizadas para se fazer refogados, que são bastante utilizados nos carurus, durante a semana santa utilizadas durante o período da Semana Santa (Jornal do Comércio, 1998).

Ainda não são concretas as melhores e mais eficazes adubações para a cultura do amaranto, há um déficit de estudos nesta parte, para trazer seu máximo potencial produtivo e de rendimento. Em países Andinos, o amaranto é utilizado como rotação de cultura e não se utiliza adubação. Agora nos Estados Unidos, em que a cultura é semeada a níveis comerciais, a adubação é realizada com base na análise de solo (SPEHAR, 2007).

Com base na análise foliar, pode-se afirmar que a cultura do amaranto é muito exigente em magnésio e cálcio, contudo, deve-se tomar cuidado com a calagem em excesso, ou com pH acima de 6,5 que pode acarretar a deficiência de micronutrientes. Em relação ao nitrogênio, os altos valores de proteína nas folhas e sementes, são referência para o suprimento do mesmo. A cultura necessita cerca de 25 kg ha<sup>-1</sup> por 1.000 quilos de grãos ou sementes que se deseja produzir (SPEHAR, 2007). Para fósforo são exigidas doses de 60 a 80

kg ha<sup>-1</sup> de manutenção, em condições ideais de cultivo, já em relação ao suprimento de potássio o amaranto é mais exigente que a cultura da soja, sendo necessários cerca de 80 kg ha<sup>-1</sup> para rendimentos superiores a 2,0 t ha<sup>-1</sup> (SPEHAR, 2007). No caso de uma safrinha, quando é uma atividade de risco, a lavoura é estabelecida sem a utilização de adubo, aproveitando a adubação feita na cultura que estava plantada anteriormente (SPEHAR, 2007).

Essencialmente, a cultura de amaranto se tem a capacidade de se adaptar às mais diversas estruturas de solos; no entanto, se estabelece melhor em solos mais profundos e bem drenados. O pH ideal do solo gira em torno de 4,7 e 5,3 e na faixa de 6,4 tem se o pH ideal para uma produção de máximos rendimentos. O pH também exerce influência sob crescimento do amaranto. A escolha de um solo úmido, com pouca quantidade de argila, e alto teor de matéria orgânica diminui a possibilidade de crostas e melhoram a produção. Para que tenha uma germinação rápida, o amaranto necessita que a semente tenha contato com o solo (DAFF, 2010).

O Amaranto possui características agronômicas, que o possibilitam seu cultivo em condições adversas, onde outros tipos de culturas não se estabelecem (OMAMI et al., 2006; ISLAS GUTIÉRREZ e ISLAS GUTIÉRREZ, 2001), apresentando, inclusive, resistência à seca (MORALES et al., 2009; TURRIZA et al., 1991

Segundo Harrington (1973), a qualidade das sementes está intrinsecamente ligada aos atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários que podem interferir na capacidade da plântula de gerar outra com as mesmas características genéticas que a planta-mãe, isso com altos potenciais produtivos e vigorosos. O que é caracterizado pela sua capacidade de estabelecimento e sobrevivência em campo, vigor e germinação (POPINIGIS, 1985; BEWLEY; BLACK, 1994).zx semente permanece viva em campo é denominado a longevidade. Já o espaço de tempo que a semente verdadeiramente vive, recebe o nome de viabilidade, a qual é uma mistura dos fatores ambientais e genéticos, sendo estimada pelo teste de germinação, que é feito sob condições controladas e favoráveis para o estabelecimento das plântulas e é realizado em laboratório. O tempo de vida de uma semente, que se encontra dentro do período de longevidade, está sujeito as características genéticas expressas pela planta genitora, o vigor das progenitoras, e das condições climáticas durante o período de maturação fisiológica da mesma (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

O uso de sementes com alto potencial fisiológico, garante um estande uniforme e germinação rápida, e conseqüentemente, plântulas mais resistentes à condições ambientais desfavoráveis ao seu estabelecimento, e uma maturidade de colheita uniforme (MARCOS FILHO, 2005).

Diante da ascensão do amaranto (*A. cruentus* L.), torna-se imprescindível o emprego de uma metodologia adequada na avaliação fisiológica das sementes, esta, diariamente avaliada pelos diversos testes de vigor: IVG (índice de velocidade de germinação), CP (comprimento de plântula); CE (condutividade elétrica), LP (lixiviação de potássio); e G (germinação) (MARTINS et al., 2002).

### **3. OBJETIVO**

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de amaranto produzidas em dois meios de cultivo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Informações gerais

As sementes utilizadas foram produzidas, em vaso, na região urbana da cidade de Ipameri- GO, com semeadura em 20/03/2020 e colheita em 29/07/2020, e em condições de campo, na Estância Akenaton, localizada na zona rural, com semeadura em 27/05/2020 e colheita 10/10/2020, ambos no município de Ipameri-GO. As sementes foram mantidas em garrafas PET, sob temperatura ambiente até o momento das avaliações.

Avaliou-se, a qualidade fisiológica de cinco genótipos de amaranto, sendo quatro da espécie *Amaranthus cruentus* (BRS Alegria, Hopi Red Dye, UEG 01 e UEG 02) e uma da espécie *Amaranthus argenteae* (Rabo de Gato), tradicionalmente utilizada como ornamental em Ipameri-GO. Obtida A cultivar Alegria foi desenvolvida pela Embrapa, os genótipos UEG 01 e UEG 02 foram selecionados por seleção massal de uma população obtida a partir de um material heterogêneo comercializado por uma loja de produtos naturais em Natal-RN, enquanto que a cultivar Hopi Red Dye foi adquirida da Baker Creek Heirloom Seeds, uma empresa estadunidense que comercializa sementes crioulas.

Os testes foram realizados em laboratório na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, e as análises de lixiviação de potássio (LK) foram realizadas no laboratório de sementes do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde- GO.

As descrições dos genótipos apresentados nas tabelas e gráficos são: 1 ( BRS Alegria), 2 (Hopi Red Dye), 3 (Rabo de gato), 4 (UEG 01) e 5 (UEG 02).

### 4.2 Testes realizados

#### 4.2.1 Peso de 1000 sementes (P1000)

Foi determinado conforme recomendações de Brasil (2009). Utilizaram-se oito subamostras de 100 sementes de cada tratamento, as quais foram pesadas individualmente em balança de precisão (0,001g) e os resultados dos valores médios expressos em gramas.

#### 4.2.2 Germinação (G)

No teste de germinação (G) foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, em caixas gerbox, umedecidas com água deionizada equivalente a 2,5 vezes o seu peso original. Posteriormente, as caixas gerbox foram colocadas e acondicionadas em BOD sob temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)**

O teste foi estabelecido conjuntamente com o teste de germinação. As contagens das plântulas normais foram realizadas diariamente após a instalação do teste. A partir dos dados do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de germinação, empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962):  $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$ ; onde: IVG = índice de velocidade de germinação; G1, G2, Gn = número de plântulas normais computadas na primeira contagem (07/12/2020), na segunda contagem (10/12/2020) e na última contagem; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura a primeira, segunda e última contagem (21/12/2020).

#### **4.2.4 Tempo Médio de Germinação (TMG)**

Simultaneamente realizado com o teste de germinação e envelhecimento acelerado, foi calculado a média do tempo, em dias, necessário para as sementes germinarem (LABOURIAU, 1983).

#### **4.2.5 Envelhecimento Acelerado (EA)**

O teste de envelhecimento acelerado (EA) foi realizado pelo método descrito por Marcos Filho et al. (1999) adaptando-o para o tamanho das sementes, colocando-se 250 sementes sobre uma tela de sombreamento 80% sobre tela de aço inox ajustada dentro de uma caixa plástica (tipo gerbox) com camada única de sementes preenchendo-a totalmente, sem entrarem em contato com os 40mL de água contidos no seu interior. As caixas foram tampadas e levadas a estufa regulada à temperatura de 41°C, por 72 horas. Após esse período, duas subamostras de 25 sementes para cada tratamento foram submetidas à determinação do teor de água (BRASIL, 2009), com os resultados expressos em porcentagem. Também, no mesmo período, 4 subamostras de 50 sementes para cada tratamento foram semeadas seguindo o mesmo procedimento descrito para o teste de germinação e as plântulas normais avaliadas após 4 dias, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. Após as sementes serem submetidas ao teste de EA, as mesmas foram acompanhadas diariamente até o 14º dia, e assim, foi calculado o IVG e TMG das sementes envelhecidas.

#### **4.2.6 Condutividade Elétrica (CE)**

Teste de condutividade elétrica (CE) foi realizado conforme a metodologia descrita por Araujo et al. (2011), sendo contadas e pesadas 4 subamostras de 50 sementes, de cada tratamento. Posteriormente, as amostras foram colocadas em copos plásticos com 75 mL de

água destilada e levadas para BOD por 3 horas, à temperatura constante de 25°C. Ao final deste período foi determinada a condutividade elétrica na solução de embebição com o uso de condutivímetro, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de sementes.

#### **4.2.7 Comprimento de Plântulas (CP)**

O teste de comprimento de plântulas (CP) utilizou-se quatro subamostras de 25 sementes para cada tratamento, distribuídas sobre três linhas retas traçadas longitudinalmente nos três terços do papel toalha, previamente umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes foram posicionadas com o hilo orientado para a extremidade inferior do papel. Posteriormente as caixas gerbox foram acondicionadas em BOD, temperatura de 25°C, durante cinco dias. Após este período, foi efetuada a medida das partes das plântulas normais emergidas (raiz primária e hipocótilo) com auxílio de régua graduada em milímetros. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros. Foram aplicados os procedimentos descritos por Nakagawa (1999), adaptado de AOSA (1983). Mediu-se raiz e a parte aérea, somando as duas partes para se obter CP.

#### **4.2.8 Lixiviação de Potássio (LK)**

O teste de lixiviação de potássio, foram estudados os efeitos dos períodos de embebição de 3 horas, com volume de água destilada de 50 mL, com quantidade de 25 sementes, com quatro repetições e temperatura de embebição (20 °C). O teste conduzido utilizou-se quatro subamostras de 25 sementes previamente pesadas (precisão de 0,0001 g), colocadas em copos plásticos contendo água destilada e mantidas em germinador durante cada período e temperaturas previstas para a embebição (KIKUTI, 2006). As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro de chama Analyser 910M. Para o cálculo da lixiviação de potássio foram multiplicados a leitura obtida no fotômetro de pelo volume de água destilada utilizado (ml), ( $K \cdot \text{ml}$ ) e dividido pela massa da amostra (g). O resultado final foi expresso em ppm K/g de semente. (ALVES e SÁ, 2010).

#### **4.3 Procedimentos Estatísticos**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de germinação realizado após o envelhecimento acelerado (EA) (Tabela 1), demonstrou efeito significativo entre os fatores estudados (genótipos x meios de cultivo) para as variáveis índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G) e tempo médio de germinação (TMG).

No teste de germinação, sem o EA (Tabela 2), houve efeito significativo da interação para as variáveis peso de mil sementes (P1000), TA, condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (PK), germinação (G), comprimento total (CT) e comprimento da raiz (CR). Neste caso, os fatores, de forma isolada, influenciaram significativamente o IVG, no entanto, o TMG não apresentou interação significativa, tampouco efeito isolado dos fatores estudados.

**Tabela 1.** Análise de variância para índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem final de germinação (PFG) e tempo médio de germinação (TMG), após o envelhecimento acelerado, das sementes de Amaranthos em função do genótipo e do meio de cultivo.

Fonte de Variação	Valores de F		
	IVG	G	TMG
Genótipo (G)	79,891 **	38,021 **	11,601 **
Meio de cultivo (C)	370,294 **	323,295 **	23,122 **
G x C	19,811 **	5,760 **	6,439 **
CV(%)	12,60	11,44	13,40

\*\* = Significativo a 1% de probabilidade, \* = Significativo a 5% de probabilidade e ns = não significativo pelo teste F.

**Tabela 2.** Análise de variância para peso de mil sementes (P1000), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (PK), índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), comprimento total (CT) e comprimento da raiz (CR) das sementes de Amaranthos em função do genótipo e do meio de cultivo.

Fonte de Variação	Valores de F			
	P1000	CE	LK	IVG
Genótipo (G)	427,703 **	2,923 *	13,229 **	18,226 **
Meio de cultivo (C)	17346,762 **	0,964 ns	0,002 ns	117,802 **
G x C	1423,490 **	3,224 *	4,712 **	2,586 ns
CV(%)	0,74	8,20	86,45	32,42
Fonte de Variação	G	TMG	CT	CR
Genótipo (G)	19,214 **	2,287 ns	25,382 **	267,732 **
Meio de cultivo (C)	321,332 **	0,076 ns	86,033 **	395,569 **
G x C	5,768 **	1,450 ns	20,911 **	88,660 **
CV(%)	19,94	27,95	6,29	4,11

\*\* = Significativo a 1% de probabilidade, \* = Significativo a 5% de probabilidade e ns = não significativo pelo teste F.

O IVG (índice de velocidade de germinação) médio de BRS Alegria foi significativamente maior que o das restantes em campo. Já em vaso UEG 02 sobressaiu-se sob

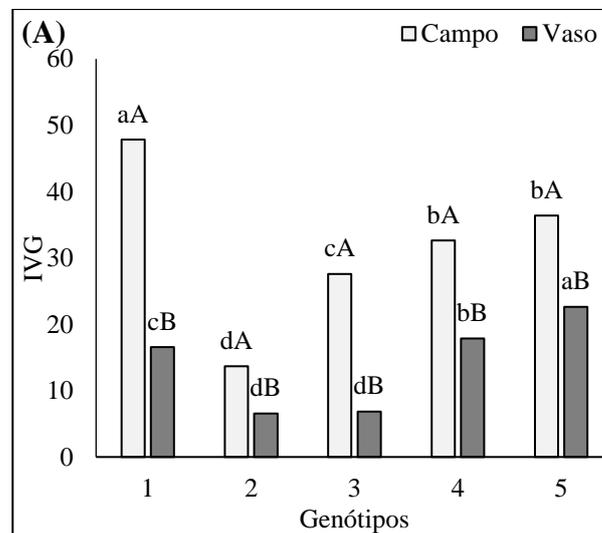
as demais. Campo foi o ambiente que possibilitou maiores IVG's para todos os genótipos testados (Figura 1A).

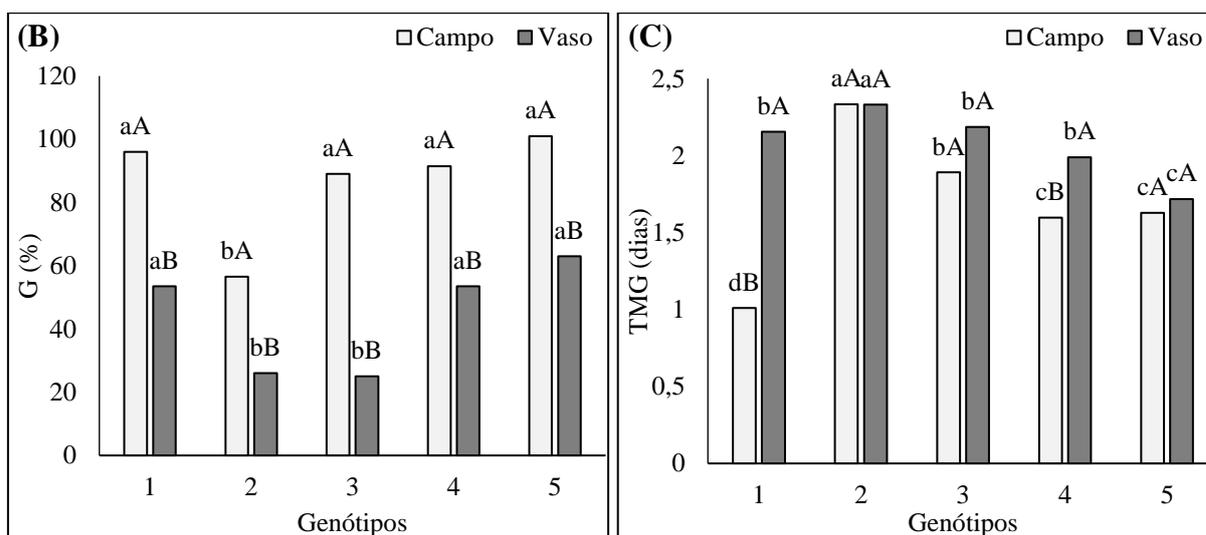
BRS Alegria, Rabo de Gato, UEG 01 e UEG 02 obtiveram maiores médias para a variável G (germinação) em campo, não diferindo significativamente entre si. Já em vaso, o mesmo se repete com exceção de Rabo de Gato. Condições de campo possibilitaram a obtenção de médias superiores de G para quase todos os genótipos, exceto para Hopi Red Dye, no qual vaso e campo não diferem entre si (Figura 1B). O TMG (tempo médio de germinação) foi menor para BRS Alegria em condições de campo. Já Hopi Red Dye obteve maior média, com 1,324 dias de diferença entre ambas. Em contrapartida, UEG 02 apresentou menor TMG em vaso. De forma geral, o ambiente de campo possibilitou menores médias para a variável TMG após serem submetidas ao teste de envelhecimento acelerado (Figura 1C).

Em relação ao teste de germinação padrão, ao final do experimento, pode-se observar que houve diferença significativa entre os cinco genótipos em relação aos dois tipos de ambiente de cultivo. Segundo Martins et. al., 2017, em seu experimento não constataram diferenças significativas no teste de germinação, avaliando cinco lotes de sementes de amaranto (BRS Alegria) produzidas em um único ambiente de cultivo: campo. Resultados com elevado percentual de germinação não significam que as cultivares e lotes avaliados possuem alto vigor, já que o ensaio é conduzido sob condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao lote expressar o máximo seu potencial fisiológico (PONCE et al., 2019).

Diante deste pressuposto, podemos observar que as sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado obtiveram melhores médias para as análises de IVG (índice de velocidade de germinação), G (germinação) e TMG (tempo médio de germinação) quando comparadas ao teste de germinação padrão. O que pode ser explicado pelo fato de que não foi realizada a quebra de dormência das sementes submetidas ao teste de germinação padrão. Dentre os genótipos estudados, BRS Alegria e UEG 02, obtiveram as melhores médias dentre as demais. No teste de IVG e TMG, BRS Alegria, obteve melhor média em campo, e UEG 02 em vaso, respectivamente entre os dois testes. Em PFG, UEG 02, apresentou melhores médias significativas entre os dois ambientes de cultivo. Isso mostra que, quanto maior o IVG do genótipo, menor é o seu TMG, sendo assim, BRS Alegria, se destacou em condições de campo, enquanto a variedade UEG 02 desenvolveu-se melhor em vaso. Esta ressalva fica evidenciada, pelo fato da BRS Alegria ter sido uma planta desenvolvida pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para se adaptar as condições edafoclimáticas do cerrado, visando atender a constante e crescente demanda desse produto (MENEGATTI et. al., 2018).

De acordo com Krzyzanowski et al. (1999) lotes de sementes com porcentagens de germinação similares, geralmente demonstram diferenças em suas velocidades de germinação, sinalizando que existem diferenças de vigor entre eles, isso não ficou evidenciado neste estudo. Neste presente trabalho, após as sementes serem submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, BRS Alegria, mesmo obtendo as melhores médias significativas para IVG e TMG, não apresentou uma média significativa para G quanto UEG 02. Segundo Rosa et. al., (2018), a porcentagem final de germinação, após serem expostas ao teste de envelhecimento acelerado, ter aumentado com o tempo de exposição à alta temperatura e umidade, como ocorre em testes de envelhecimento acelerado, pode ser explicada pelo fato de ocorrer uma dormência secundária induzida, em períodos de 24 e 48 horas de alta umidade e temperatura. A combinação dos fatores: temperatura, luz, disponibilidade de água, dentre outros, está atrelada ao potencial germinativo de uma semente ou lotes de sementes (GUILLEMIN et. al., 2013). Sementes expostas a baixas ou a temperaturas elevadas podem vir a sofrer alterações metabólicas, que afetam a expressão de enzimas responsáveis pelo processo de germinação (MERTZ et. al., 2009).





**Figura 1.** Desdobramento das médias para índice de velocidade de germinação (A), germinação (B) e tempo médio de germinação (C), após o envelhecimento acelerado, das sementes de Amaranthos em função do genótipo e do meio de cultivo. Letras minúsculas comparam as médias do meio de cultivo dentro de cada genótipo e as letras maiúsculas comparam as médias dos genótipos dentro de cada meio de cultivo.

Para a variável P1000 (peso de 1000 sementes) em condições de campo, UEG 01, diferiu-se estatisticamente das demais, Hopi Red Dye, apresentou menor média quanto à variável cultivadas nas mesmas condições, porém em vaso, Hopi Red Dye, apresentou o P 1000 médio significativamente maior que o das demais. Campo propiciou as melhores médias para todos os genótipos (Figura 2A). Obtiveram maiores médias para a variável TA (teor de água), BRS Alegria, Hopi Red Dye, UEG 01 e UEG 02, para cultivo em campo. Em vaso, apenas Rabo de Gato, obteve melhor média dentre as demais. Condições de campo possibilitaram a obtenção de médias superiores de TA para os genótipos Rabo de Gato e UEG 02 (Figura 2B). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o peso das sementes pode estar associado ao tamanho das mesmas, sendo que sementes maiores possuem maior quantidade de reservas, e que por consequência disto, são mais vigorosas. Este vigor das sementes favorece o desenvolvimento das plantas, persistindo até a produção final, com isso, plantas advindas de lotes mais vigorosos, obtém maiores produtividades o que persiste até o desenvolvimento das plantas (BRAZ e ROSSETTO, 2009). Porém há controvérsias em relação ao tamanho de sementes e vigor das mesmas, pois se uma semente é maior, ela possui um embrião maior também, e este precisa consequentemente de mais reservas para dar origem a uma planta normal.

No que se refere a CE (condutividade elétrica) dos genótipos, apenas BRS Alegria e UEG 02 tiveram as melhores médias significativas. Em vaso, todos os genótipos estudados

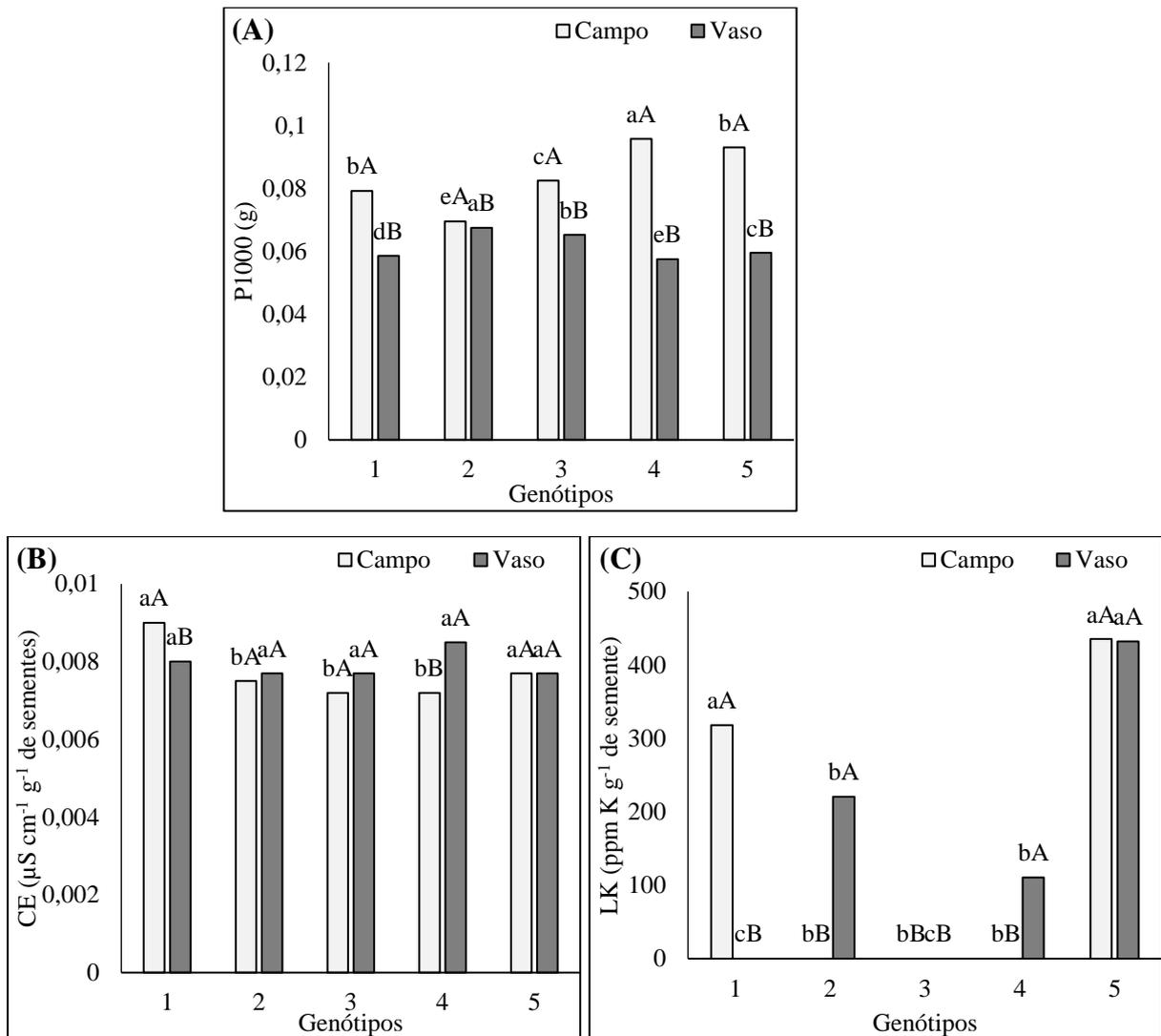
obtiveram médias significativas. Vaso proporcionou melhores médias para: BRS Alegria e UEG 01 (Figura 2C). Os dados do teste de LK (lixiviação de potássio), envolvendo as combinações volume de água/período de avaliação, constataram que quando o genótipo foi cultivado em campo, BRS Alegria e UEG 02 apresentaram resultados significativos. Em vaso, UEG 02, obteve melhor média dentre os demais, contudo, não se diferiu de Hopi Red Dye e UEG 01, após serem submetidas ao teste de germinação (Figura 2D).

Segundo Marcos Filho e Novembre (2009), é de extrema necessidade para constatar se o teste de condutividade elétrica será capaz de separar os lotes em diferentes níveis de vigor. Se esses lotes apresentarem grandes diferenças na porcentagem final de germinação, esses mesmos resultados do teste de germinação, serão capazes de identificar os diferentes potenciais fisiológicos das sementes. Como ficou evidenciado no trabalho, após as sementes serem submetidas ao teste de condutividade elétrica, as mesmas apresentaram diferença significativa, porém essa diferença não foi tão grande entre as variedades e entre os ambientes de cultivo.

O teste de lixiviação de potássio tem como finalidade evidenciar a integridade das membranas celulares das sementes, considerado um teste rápido para avaliação de vigor. Sementes vigorosas apresentam menor liberação de exsudatos para o exterior da célula (VIEIRA, 1994; BARBIERI et al., 2012). Com o trabalho é possível observar que houve diferença significativa entre os genótipos de sementes de amaranto e o meio de cultivo das mesmas. BRS Alegria e UEG 02, apresentarem valores para a variável lixiviação de potássio quando as mesmas foram cultivadas em campo, porém, quando o meio de cultivo de cultivo mudou, em vaso BRS Alegria, não apresentou valores para esta variável, já UEG 02, não mostrou diferença significativa quando cultivar em campo ou em vaso.

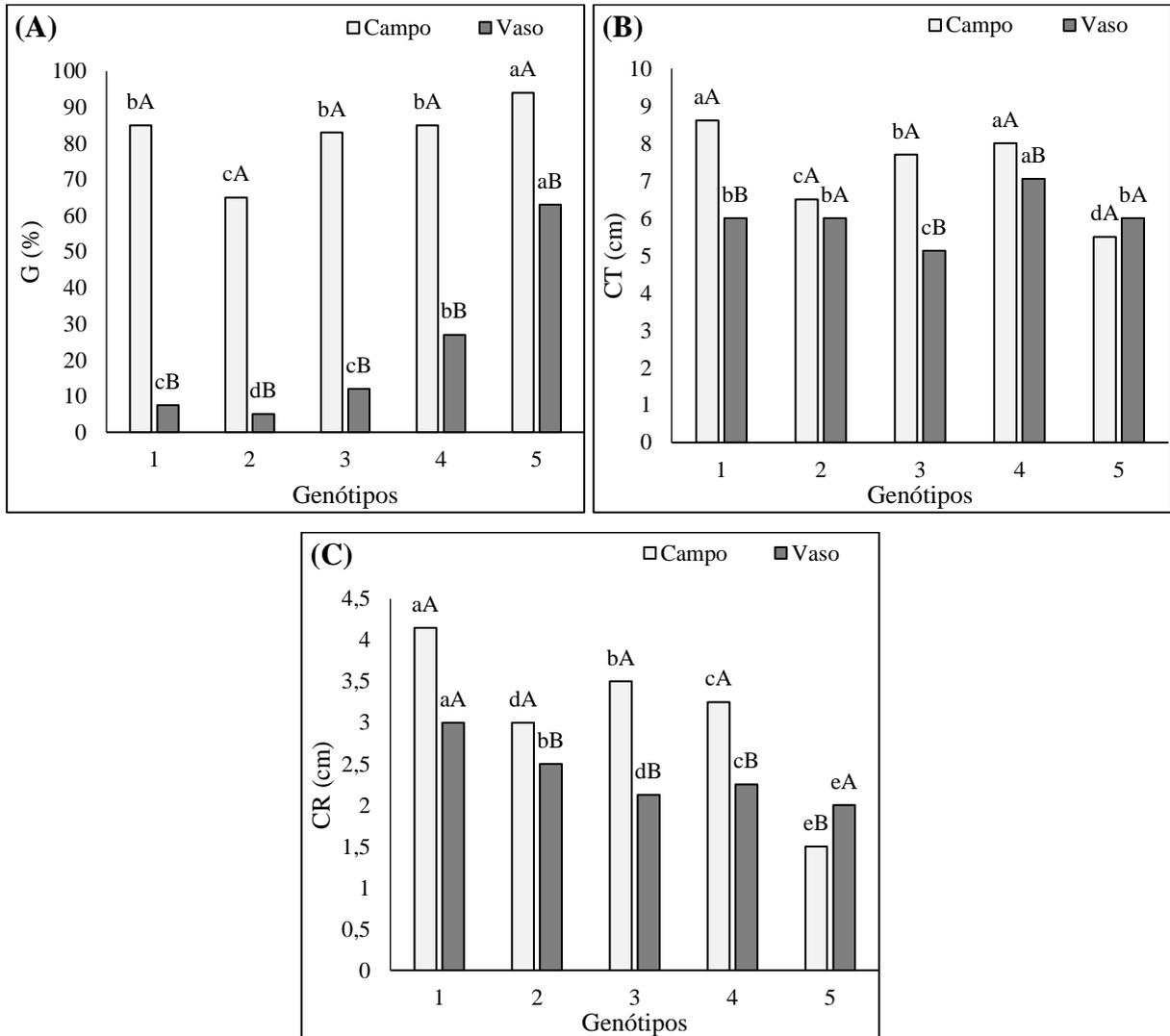
A avaliação de crescimento de plântulas consiste em outra forma de avaliar vigor das mesmas de acordo com Nakagawa (1999). Na figura 3 (B; C), nota-se que nas avaliações de comprimento de plântula e raiz, houve diferenças significativas.

São necessários mais estudos na área, visto que essas espécies podem diversificar o sistema produtivo no Brasil, já que são espécies de rápido estabelecimento, tolerantes ao déficit hídrico, produção de biomassa, e, contudo, são utilizadas tanto na alimentação humana quanto animal.



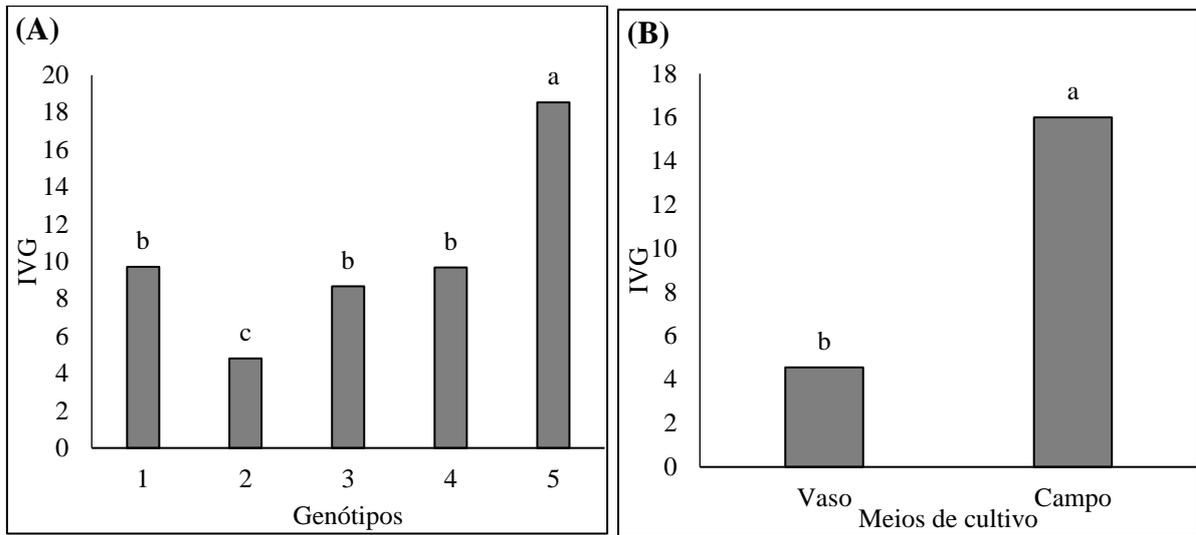
**Figura 2.** Desdobramento das médias para peso de mil sementes (A), condutividade elétrica (B) e lixiviação de potássio (C), das sementes de Amaranthos em função do genótipo e do meio de cultivo. Letras minúsculas comparam as médias do meio de cultivo dentro de cada genótipo e as letras maiúsculas comparam as médias dos genótipos dentro de cada meio de cultivo.

UEG 02 obteve maior média para a variável G (germinação) em campo e em vaso. Condições de campo possibilitaram a obtenção de médias superiores de G para todos os genótipos (Figura 3A). Para a variável CT (comprimento total) cultivadas em campo, Alegria e UEG 01, apresentaram valores significativos. Apenas UEG 01, em vaso, obteve valores significativos. Campo foi o ambiente que possibilitou maiores médias significativas para BRS Alegria, Rabo de Gato e UEG 01 (Figura 3B). No que se refere a CR (comprimento de raiz), dos genótipos testados, BRS Alegria em condições de campo e vaso, diferenciou-se estatisticamente das demais. Em relação ao meio de cultivo, o CR obteve média significativa para todos os genótipos quando as mesmas foram cultivadas em campo, com exceção de BRS Alegria, que em vaso e campo não se diferenciou entre os demais, após serem submetidas ao teste de germinação (Figura 3C).



**Figura 3.** Desdobramento das médias para germinação (A), comprimento total (B) e comprimento da raiz, das sementes de Amaranthos em função do genótipo e do ambiente de cultivo. Letras minúsculas comparam as médias do meio de cultivo dentro de cada genótipo e as letras maiúsculas comparam as médias dos genótipos dentro de cada meio de cultivo.

Conforme a Figura 4, no IVG (índice de velocidade de germinação), UEG 02, apresentou maior média significativa, seguida de BRS Alegria, Rabo de gato e UEG 01 (Figura 4A). Campo foi o ambiente que possibilitou maiores IVG's para todos os genótipos testados (Figura 4B).



**Figura 4.** . Médias para índice de velocidade de germinação em função dos genótipos (A) e do meio de cultivo (B).

## 6. CONCLUSÕES

Os dois genótipos que obtiveram os melhores resultados para as variáveis de qualidade fisiológicas analisadas foram BRS Alegria, seguida de UEG 02. Em relação aos meios de cultivo, campo foi o local de produção que mais favoreceu as características de vigor das variedades.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F.L.; KULCZYNSKI, S.M.; SORATTO, R.P.; BARBOSA, M.M.M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.106-115, 2010.
- AGUILERA-CAUICH, E. A; SOLÍS-FERNÁNDEZ, K. Z; IBARRA-MORALES, A.; CIFUENTES-VELÁSQUEZ, R. Amarantho: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). **Acta Botanica Mexicana**. Num .128. 2020.
- ALEJANDRE ITURBIDE, G; VALDÉS LOZANO, C. Y GARCÍA PEREYRA J. (2012). Selección y adaptación de variedades criollas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) en el noreste de México, en E. Espitia Rangel (ed.), Amarantho: ciencia y tecnología (pp. 249-256). Libro científico Núm. 2. México: inifap/sinarefi.
- ALVAREZ-JUBETE, L., ARENDT, E. K., GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**. 2010;21(2):106–113.
- ALVES, C. Z.; DE SÁ, M. E. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, p. 108-116, 2010.
- AMAYA-FARFAN, J.; MARCÍLIO, R.; SPEHAR, C. R. Deveria o Brasil investir em novos grãos para sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 12, n. 1, p.47-56, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, E.R. et al. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso. **Circular Técnica IMA-MT**, n.19, p.1-8, 2015.
- ARAUJO, R. F., et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.
- ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MANDARINO, J.M.G.; ALBRECHT, L.P.; VIDIGAL FILHO, P.S. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleo e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n.3, p.111-127, 2007.
- BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J., McDONALD, M.B. Seed vigor testing handbook. Association of Official **Seed Analysts**. (Contribution, 32 to the Handbook on Seed Testing), 346 p.,2009.
- BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. D.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. D. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2012.
- BELISLE, DEANNE. Amaranth. Saskatchewan Agriculture, **Food and Rural Revitalization**. 3085 Albert Street, Regina, Saskatchewan, Canada S4S 0B1. February, 1990.

BIANCHINI, M. G. A., BELEIA, A. D. P., BIACHINI, A. Modificação da composição química de farinhas integrais de grãos de amaranto após a aplicação de diferentes tratamentos térmicos. **Ciência Rural**, v.44, n.1, jan, 2014

BORSCH, T., P. HERNÁNDEZ-LEDESMA, W. G. BERENDSOHN, H. FLORES-OLVERA, H. OCHOTERENA, F. O. ZULOAGA, S. VON MERING Y N. KILIAN. 2015. An integrative and dynamic approach for monographing species-rich plant groups-Building the global synthesis of the angiosperm order Caryophyllales. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 17(4): 284-300.

BRAMBILLA, T, R.; CONSTANTINO, A. P.; OLIVEIRA, P. S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 29, n. 4, p. 761- 768, 2008.

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

CAPRILES, V. D.; COELHO, K. D.; GUERRA-MATIAS, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 7, p.H160-H164, 2008.

CARMONA, W. e G. Orsini-Velázquez. 2010. Sinopse do subgênero *Amaranthus* (*Amaranthus*, *Amaranthaceae*) na Venezuela. **Acta Botanica Venezuelica** 33 (2): 329-356.

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

CARVALHO, S.J.P. Características biológicas de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. In.: INOUE, M.H.; OLIVEIRJA JÚNIOR, R.S.; MENDES, K.F.; CONSTANTIN, J. **Manejo de Amaranthus**. São Carlos: RiMa Editora, 2015. p.21-36.

CASAS, A., VALIENTE-BANUET, A., VIVEROS, J. L., CABALLERO, J., CORTÉS, L., DÁVILA, P., LIRA, R. Y RODRÍGUEZ, I. (2001). Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*, 55(1): 129-166.

COSTA, D. M. A.; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Holos*, v.3, n.1, 2006, p. 97-111.

COSTA, D. M. A; BORGES, A. S. Avaliação da produção agrícola do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *Holos*. Rio Grande do Norte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, ano 21, maio, 2005.

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

DAFF. *Amaranthus: production guideline*. Republic of South Africa: Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2010. Disponível em: . Acesso em: 23 DEZ. 2020.

OLÁN, M. L.O, ESPITIA R., E., RIVAS V., P. Y ELÍAS T., M. N. (2012). Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito

Federal en A. V. AYALA G., G. ALMAGUER V., M. H. ROMERO G., R. LÓPEZ T. (coords.), Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal (pp. 187-202).

E.N. OMAMI & P.S. HAMMES (2006) Interactive effects of salinity and water stress on growth, leaf water relations, and gas exchange in amaranth (*Amaranthus* spp.), **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, 34:1, 33-44, DOI: 10.1080/01140671.2006.9514385.

EARLY, DANIEL K. Amaranth Production in Mexico and Peru. P. 140-142. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR. 1990.

ESPITIA R., E., MAPES SÁNCHEZ, C., ESCOBEDO L., D., DE LA O OLÁN, M., RIVAS-VALENCIA, P., MARTÍNEZ, T. G., CORTÉS, L. Y HERNÁNDEZ, J. M. (2010). Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. **México: inifap**.  
EWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 443p.

FERREIRA, T. A. P. C.; ÁREAS, J. A. G. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 1, 2004, p. 53-59.

FERREIRA, T. A. P. C.; GUERRA-MATIAS, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Características nutricionais e funcionais do Amaranto (*Amaranthus* sp.). **Nutrire**, São Paulo, 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.

GUILLEMIN, JP; GAEDARIN, A .; GRANGER, S .; REIBEL, C .; MUNIER-JOLAIN, N .; COLBACH, N. Avaliando o período de germinação potencial de ervas daninhas com temperaturas de base e potenciais de água de base. **Weed Research** , v.53, n.1, p. 76-87, 2013

HARRINGTON, J. F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

HENDERSON, T. L.; SCHNEITER, A. A.; AND RIVELAND, N. Row Spacing and Population Effects on Yield of Grain Amaranth in North Dakota. P. 219-221. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.) *New Crops* Wiley, New York. 1993.

ISLAS GUTIÉRREZ, J. E ISLAS GUTIÉRREZ, F. (2001). Rentabilidad de los cultivos de amaranto y maíz para grano en la zona central de México. *Agricultura Técnica en México* 27(2). Disponible en ISSN 0568-2517.

**Jornal do Comércio**. Consumidor II. JC-Online. Recife, 10 de Abril de 1998.

KAUFFMAN, C. S. AND WEBER, L. E. Grain Amaranth. p. 127-139. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in New Crops*. Timber, Portland, OR. 1990.

KIKUTI, A.L.P.; VON PINHO, E.V.R.; REZENDE, M.L. Estudos de metodologias para a condução do teste de frio em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.175-179, 1999. KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO J. Testes de vigor em sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.44-50, 2012.

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

KIKUTI, H.; MEDINA, P. F.; KIKUTI, A. L. P.; RAMOS, N. P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina- PR, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2008.

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

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Série de Biologia. Monografia 24. 1983.

LIMA, T.C.; MEDINA, P.F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.106- 113, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MAKINDE, E. A., AYENI L. S., OJENIYI S. O., Morphological characteristics of *Amaranthus cruentus* L. as influenced by kola pod husk, organomineral and NPK fertilizers in southwestern Nigeria. *N Y Sci J*. 2010;3(5):130–134.

MAKOBO, N. D; SHOKO, M. D.; MTAITA, T. A. Nutrient content of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) under different processing and preservation methods. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 6, p.639-643, 2010. Disponível em: . Acesso em: 22 dez. 2020.

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, p.3.1-3.24, 1999.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p. 291 -348, 2005.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 2009. p.185-246.

MARTINS, A. B. N., XAVIER, F. M., DIAS, L. W., MENEGUZZO, M. R. R., VERA. M. J. G., MORAES, D. M. Qualidade fisiológica de lotes de sementes de amaranto. 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa. **Revista da Jornada da Pós Graduação e Pesquisa**. URCAMP. 2017.

MARTINS, C. C.; MARTINELLI-SENEME, A.; CASTRO, M. M.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p.96-101, 2002.

MAXIMILIAN, C., DĂNĂILĂ GUIDEA, S. M., RĂDUCAN, C., BĂBEANU, N. E. RESEARCH ON PROTEIN CONTENT OF *Amaranthus cruentus* CALLUS. **Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii**. Tom. 32, No. 2/2016.

MBURU, M.W. et al. Properties of a complementary food based on amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) grown in Kenya. **J. Agr. Food Technol.**, v.1, n.9, p.153-178, 2011. Disponível em: Acesso em out. 2020.

MENEGATTI, R. D., SILVA, B. E. P., FAJARDO, Y.C.G., REOLON, F., MORAES, D. M. Qualidade fisiológica de sementes de amaranto BRS ALEGRIA por meio do teste de condutividade elétrica. **Anais do 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – SIEPE**. Universidade Federal do Pampa ú Santana do Livramento, 6 a 8 de novembro de 2018.

MERTZ, LC; HENNING, FA; SOARES, RC; BALDIGA, RF; PESKE, F .; MORAES, DM Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes** , v.31, n.2, p.254-262, 2009.

MORALES, G. J. C., VÁZQUEZ, N. M. Y BRESSANI, R. C. (2009). El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional. **Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición**, Salvador Zuribán.

MYERS, R. L. Amaranth: New Crop Opportunity. P. 207-220. In: **J. Janick** (ed.), *Progress in New Crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). Amaranth: modern prospects for an ancient crop. Washington: National Academy Press, 1984. p. 1-81. WILLIAMS, J. T.; BRENNER, D. Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: WILLIAMS, J. T. (Ed.). *Underutilized crops: cereals and pseudocereals*. London: Chapman & Hall, 1995. p. 128-186.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010.

PERALTA, E. 2009. Amarantho y ataco: Preguntas y respuestas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Quito, Ecuador. Pp. 1-7.

PONCE, R. M.; LIMA, L. H. D. S.; DA COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. Potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. **Revista de Ciências Agrárias**, 42.3: 676-683. 2019

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

PUTNAM, D.H., E.S. OPLINGER, J.D. DOLL, AND E.M. SCHULTE. 1989. Amaranth. Alternate field crops manual. Univ. Wisconsin Coop. Ext., Minnesota Ext. Serv., Univ. Minnesota, St Paul.

RASTOGI A., SHUKLA S., Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. v. 53, n 3, p. 109-25, 2013.

ROSA, T. D. A., NADAL, A. P., MALDANER, R. H., SOARES, V. N., GADOTTI, G. I., VILLELA, F. A. Condutividade elétrica e envelhecimento acelerado em sementes de amaranto (*Amarantus cruentus* L.). **Journal of Seed Science**. vol.40 no.1 Londrina Jan./Mar. 2018.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (Siacon). (2012). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. **Base de datos**. México.

SPEHAR, C. R. et al. Amaranto BRS Alegria –alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 85-91, 2003.

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**, Brasília, v. 38, n. 5, p.659-663, 2003.

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

STECKEL, L. E. 2007. The dioecious *Amaranthus* spp.: here to stay. **Weed Technol.** 21:567–570.

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

TURRIZA E L; C M BURGOS, H A RODRÍGUEZ, M R GUTIÉRREZ Y R M NAAL (1991) Adaptación de cuatro variedades de amaranto de grano (*Amaranthus hypochondriacus* L. y *A. cruentus*).

VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: **FUNEP**, p.103-132. 1994.

WARD, S. M. et al. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*): a review. **Weed Technol.**, v.27, n.1, p.12-27, 2013.

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