UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO

Mirelle Vaz Coelho
Bióloga

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Julho de 2019

sistema de bibliotecas ufg

PRPG
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

UFG

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **[x] Dissertação** **[ ] Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Mirelle Vaz Coelho

Título do trabalho: TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento [ ] SIM [x] NÃO[1]

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Mirelle Vaz Coelho

Assinatura do(a) autor(a)[2]

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)[2]

Data: 08 / 08 / 2019

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

[2] A assinatura deve ser escaneada.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO

Mirelle Vaz Coelho

Orientador: Prof. Dr. Givanildo Zildo da Silva
Coorientadora: Profª. Drª. Carla Gomes Machado

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Julho de 2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Coelho, Mirelle Vaz
TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO [manuscrito] / Mirelle Vaz Coelho. - 2019.
iii, 45 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Givanildo Zildo da Silva; co-orientadora Dra. Carla Gomes Machado.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Jataí, 2019.
Bibliografia.
Inclui siglas, fotografias, símbolos, gráfico, tabelas.

1. Carthamus tinctorius. 2. Controle de qualidade. 3. Potencial fisiológico. 4. Testes de vigor. I. Silva, Givanildo Zildo da, orient. II. Título.

CDU 631/635

UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO - REGIONAL JATAÍ

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **013/2019-PPGA** da sessão de Defesa de Dissertação de **MIRELLE VAZ COELHO** que confere o título de Mestra em **AGRONOMIA**, na área de concentração em **Produção Vegetal**.

Ao décimo nono dia do mês de julho do ano de dois mil e dezenove, a partir das 08:30 horas, no Auditório do Prédio da Pós-Graduação na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **"TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO"**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor GIVANILDO ZILDO DA SILVA (UFG/REJ), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor DIEGO ISMAEL ROCHA (UAECIBIO/UFG-REJ), membro titular interno e Professora Doutora DANIELA PEREIRA DIAS (CIAGRA/UFG), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Givanildo Zildo da Silva, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao décimo nono dia do mês de julho do ano de dois mil e dezenove.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Não houve alteração

Documento assinado eletronicamente por **Diego Ismael Rocha, Professor do Magistério Superior**, em 19/07/2019, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Daniela Pereira Dias, Professora do Magistério Superior**, em 19/07/2019, às 12:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **GIVANILDO ZILDO DA SILVA, Usuário Externo**, em 23/07/2019, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0777372** e o código CRC **1895AA62**.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MIRELLE VAZ COELHO - filha de João Vaz de Oliveira e Helena Maria Coelho Oliveira, nasceu na cidade de Carmo do Paranaíba, estado de Minas Gerais, em 07 de abril de 1994. Ingressou no curso de Ciências Biológicas no Centro Universitário de Patos de Minas em 2014 e obteve o título de licenciada em Ciências Biológicas em 2017. Em agosto de 2017, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, Área de Produção Vegetal, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. Em julho de 2019 submeteu-se à banca examinadora para a defesa final da dissertação intitulada: Testes de envelhecimento acelerado e de frio na determinação do vigor de sementes de cártamo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

À minha filha Júlia,

DEDICO.

Aos meus pais Vaz e Helena,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me guiado e abençoado.

Aos meus pais, Helena e Vaz, e minhas irmãs, Anielle e Maria Vitória, por serem meu alicerce, por todo amor e por sempre me apoiarem e incentivarem a ir em busca do conhecimento.

Ao meu orientador, Dr. Givanildo Zildo da Silva, pelos ensinamentos, orientações, incentivo, amizade, dedicação e companheirismo. Obrigada por não medir esforços para me ajudar.

À minha coorientadora, Dra. Carla Gomes Machado, pelos ensinamentos (pessoais e acadêmicos), orientações, amizade, palavras de incentivo, paciência e dedicação. Obrigada por me acolher e me receber em seu laboratório de portas abertas.

Vocês são pessoas maravilhosas, as quais usarei como espelho para me tornar melhor em tudo faço. Tenho muito orgulho e satisfação em dizer que fui orientada por vocês. Vocês foram essenciais para eu realizar esse sonho.

À Universidade Federal De Goiás – Regional Jataí, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e o curso de mestrado. Aos docentes, pelos ensinamentos transmitidos, apoio e atenção.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Diego Ismael Rocha, muito obrigada pelos ensinamentos e contribuições, por sempre estar à disposição, respondendo minhas dúvidas e me incentivando a acreditar que tudo daria certo. Ao Cássio, Mariana e Andrey pelos ensinamentos e ajudas.

Aos meus colegas do Laboratório de Análise de Sementes que tanto me ajudaram e foram essenciais para a realização deste trabalho: Gabriela, Amália, Thainá, Yuri, João Miguel, Lucas, Alan, Jacqueline e, em especial, a Ingrid.

Aos meus amigos Alex, João Pedro, Bruna e Fabiana pelo apoio, companhia e momentos de distração.

E, especialmente, ao meu marido Rogério e minha filha Júlia pelo amor, compreensão, apoio e incentivo. Amo vocês!

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não tenham seus nomes citados aqui, minha gratidão e reconhecimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 3

2.1 *Carthamus tinctorius* L. 3

2.2 Qualidade fisiológica de sementes 5

2.3 Vigor em sementes 6

2.4 Efeitos da variação de temperatura no estresse em testes para avaliação de lotes de sementes 7

2.5 Teste de envelhecimento acelerado 8

2.6 Teste de frio 10

3. MATERIAL E MÉTODOS 11

3.1. Caracterização da qualidade inicial dos lotes 11

3.1.1 Preparo das amostras 11

3.1.2 Determinação do grau de umidade das sementes 11

3.1.3 Massa de 1000 sementes 11

3.1.4 Teste de germinação 11

3.1.5. Primeira contagem de germinação 12

3.1.6 Emergência de plântulas em campo 12

3.2. Envelhecimento acelerado 14

3.2.1 Envelhecimento acelerado tradicional 14

3.2.2 Envelhecimento acelerado com solução saturada de sal (NaCl) 15

3.3 Teste de frio 15

3.4 Análises estatísticas 16

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 16

4.1 Caracterização da qualidade inicial dos lotes 16

4.1.1 Emergência de plântulas em campo 18

4.2 Envelhecimento acelerado 25

4.2.1 Envelhecimento acelerado tradicional 25

4.2.2 Envelhecimento acelerado com solução saturada de sal (NaCl) 27

4.2.3 Análise de Componentes Principais 30

4.3 Teste de frio 33

4.3.1 Análise de Componentes Principais 35

5. CONCLUSÃO 37

6. REFERÊNCIAS 38

TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO E DE FRIO NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE CÁRTAMO

RESUMO - Na avaliação da qualidade de lotes de sementes os testes de vigor são complementares ao teste de germinação e identificam diferenças no grau de deterioração dos mesmos. No entanto, para cártamo há poucas informações em relação a esses testes. Assim, no presente estudo objetivou-se adequar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado e do teste de frio para avaliação do vigor de sementes de cártamo. Para isso, verificou-se o melhor período de exposição para a classificação dos lotes em níveis de vigor, em ambos os testes. Doze lotes foram, inicialmente, caracterizados quanto ao grau de umidade, massa de mil sementes, germinação e emergência de plântulas em campo. Para o teste de envelhecimento acelerado foram utilizados os métodos tradicional e salino. As amostras foram acondicionadas em câmara de germinação nos períodos de 0, 8, 16, 24, 32 e 48 horas à 42 °C. No teste de frio, as amostras foram acondicionadas à 10 °C nos períodos de 0, 3, 5 e 7 dias. Após os períodos de acondicionamento as amostras foram submetidas ao teste de germinação, com avaliação de plântulas normais ao 3º dia. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e para comparação das médias foi utilizado o método de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para verificar a eficiência das metodologias foi realizada a análise de componentes principais. O teste de envelhecimento acelerado tradicional à 42 °C por 24 horas e o teste de frio à 10 °C por 7 dias são promissores para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cártamo.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius*, controle de qualidade, potencial fisiológico, testes de vigor

ACCELERATED AGING AND COLD TESTS ON THE VIGOR DETERMINATION OF SAFFLOWER SEEDS

SUMMARY – During the evaluation of the seed lots quality, vigor tests are complementary to the germination test and identify differences in the deterioration degree of the them. For safflower there is little information in relation to these tests. The present research had as objective to establish methodologies for stress tests in order to identify differences between levels of vigor in safflower seed lots. Twelve seed lots were used for evaluate the water content, one thousand seed mass, germination, first germination count and seedlings emergence in field. For the accelerated aging test the traditional and saline methods were used. For this, the seeds were conditioned, in a germination chamber, in the periods of 0, 8, 16, 24, 32 and 48 hours at 42 ° C. In the cold test, the seeds were conditioned in the periods of 0, 3, 5 and 7 days at 10 ° C. Afterwards they were submitted to the germination test, with evaluation of normal seedlings on the 3rd day. The data were submitted to analysis of variance and for comparison of the means was used the Scott-Knott test at 1 and 5% probability. To verify the efficiency of the methodologies, the principal component analysis was realized. The traditional accelerated aging test at 42 °C for 24 hours and the cold test at 10 °C for 7 days are promising for evaluating the physiological quality of safflower seeds.

Keywords: *Carthamus tinctorius*, physiological potential, quality control, vigor tests

1. INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma planta oleaginosa, anual, pertencente à família Asteraceae (YAO et al., 2018). Devido às diversas formas de utilização, possui alto valor econômico e é cultivado como um produto comercial em vários países (BIDGOLY et al., 2018). Além de ser usado como planta ornamental, o seu óleo pode ser empregado como óleo comestível e industrial, suas flores são usadas na produção de corantes naturais para alimentos e tecidos, seus grãos são utilizados na alimentação de pássaros, farelo na alimentação de ruminantes e pode também ser utilizado como planta medicinal (SINGH; NIMBKAR, 2016; SOLEYMANI, 2017). Seu grão possui teor de óleo de 35 a 50% e é difundido na forma de capsulas *in natura* visando aos benefícios à saúde (GALAVI, 2012). O óleo pode ser também destinado à produção de biodiesel (CAMPANELLA et al., 2015).

Esta cultura apresenta diversas características importantes, tais como: tolerância a solos salinos, a altas temperaturas, a déficit hídrico e a baixa umidade (KIZIL et al., 2008; BAGHERI; SAM-DAILIRI, 2011). A planta de cártamo possui a capacidade de suportar uma grande amplitude de temperatura (-7 a 40 °C), conforme o seu estádio de desenvolvimento, e se adapta a diferentes tipos de solo (CORONADO, 2010; EMONGOR, 2010). Visto isso, pode ser usado como alternativa para a rotação de culturas (ANICÉSIO et al., 2015; BONFIM-SILVA et al., 2015). Como o cártamo apresenta potencial para diversos ramos da indústria, torna-se relevante estudos que ajudem a manejar a cultura efetivamente (SCHAFFNER et al., 2017).

A semente é um dos principais insumos da agricultura e sua qualidade é um dos fatores primordiais ao estabelecimento de qualquer cultura (MEDEIROS et al., 2019). A qualidade das sementes está diretamente ligada a quatro atributos: genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Avaliar a qualidade fisiológica das sementes é fundamental para a tomada de decisões quanto ao aproveitamento das mesmas como material de propagação e para as operações subsequentes a que serão submetidas (FRANDOLOSO et al., 2017). O potencial fisiológico pode ser avaliado por meio dos testes de germinação e de vigor. No entanto, como o teste de germinação é realizado em condições ótimas, os testes de vigor são relevantes para complementar à avaliação do potencial de lotes de sementes.

Flávio & Paula (2010) ressaltaram que a avaliação feita pelos testes de vigor permite detectar possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes que apresentem capacidade germinativa similar, porém, podendo apresentar comportamento diferente em condições de campo ou ao longo do armazenamento. Portanto, o uso de testes de vigor associado ao de germinação vem sendo utilizado rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes dentro do controle interno de qualidade, a fim de estimar o potencial de desempenho em campo, tanto em condições favoráveis como adversas (GRZYBOWSKI et al., 2015).

Os testes de vigor são classificados em físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência a estresse. Sendo que, os testes de frio e envelhecimento acelerado são classificados como testes de vigor de resistência, no qual avaliam o desempenho de sementes exposta a estresses. O teste de envelhecimento acelerado é considerado um dos mais sensíveis e eficientes para avaliação do vigor de sementes de diversas espécies. Ele foi desenvolvido para avaliar o vigor de sementes, visando estimar o potencial de armazenamento das mesmas, principalmente em relação à umidade e temperaturas elevadas (MARCOS FILHO, 2015). O teste de frio foi criado para avaliar o potencial fisiológico de sementes de milho, simulando condições adversas do solo, como excesso de água e baixas temperaturas (AOSA, 2002).

No Brasil, nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), não existem testes de vigor padronizados. Nas Regras Internacionais (ISTA, 2014) há padronização para o teste de condutividade elétrica para ervilha, favas e soja; teste de envelhecimento acelerado para soja; teste de deterioração controlada para *Brassica* spp. e surgimento de raízes primárias de milho. Para cártamo não há nenhum teste padronizado. Assim, objetivou-se adequar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado e do teste de frio para avaliação do vigor de sementes de cártamo. Para isso, verificou-se o melhor período de exposição para a classificação dos lotes em níveis de vigor, em ambos os testes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Carthamus tinctorius* L.

O cártamo (*Carthamus tinctorius*) é uma planta oleaginosa, anual e predominantemente autógama pertencente à família Asteraceae (YAO et al., 2018; BIDGOLY et al., 2018). É conhecido popularmente como açafrão, açafrão bastardo, dentre outras denominações. É tolerante a baixa disponibilidade de água no solo, a temperaturas elevadas e ao frio, possui raízes profundas e pode chegar a 150 cm de altura (PEREIRA; LICHSTON, 2013). Sua disseminação se dá através das sementes que é eurispérmica, pois apresenta formato irregular com ápice achatado e base arredondada (ABUD et al., 2010a).

O *Carthamus*, nome do gênero em árabe, se refere à cor avermelhada. É usado como corantes em tecidos e alimentos, bem como, para colorir outros objetos. O epíteto específico, refere-se à tintura ou cor. O corante é constituído basicamente por ácido cartamínico e inocartamina (CORONADO, 2010). A espécie era cultivada, originalmente, na região do Egito. No entanto, por volta de meados do último século, seu cultivo foi estendido para Ásia, Europa, Austrália e Américas, devido ao seu reconhecimento como fonte de óleo de excelente qualidade, tanto para o uso industrial, quanto para alimentação (SEHGAL; RAINA, 2005).

A produção mundial de sementes de cártamo é 690,846 mil toneladas, na safra 2017, sendo 51,7% na Ásia, 40,5% nas Américas, 4,4% na Europa, 2% na África e 1,3% na Oceania. Os maiores produtores são a Índia, México, Estados Unidos, Cazaquistão e Argentina com produção de 211, 130, 122, 80, 33 e 30 mil toneladas, respectivamente. No Brasil não há constatação dos dados (FAOSTAT, 2017)

Esta espécie possui alto valor econômico devido as diversas formas de utilização. Além de ser usado como planta ornamental, o seu óleo é utilizado tanto como comestível quanto industrial. Suas sementes são usadas na alimentação de pássaros, farelo na alimentação de ruminantes e como planta medicinal (MÜNDEL et. al., 2004; EKIN, 2005). O cártamo também é utilizado na produção de silagem para alimentação de ruminantes e monogástricos (ARANTES, 2011).

São realizadas pesquisas com diversas plantas que possuem um teor de óleo significativo na produção do biodiesel, visando à rentabilidade desse produto

(GOMES FILHO et al., 2015). O cártamo se destaca entre as oleaginosas, devido ao elevado teor de óleo (35 a 50%) com 70% de ácido linoléico e 30% de ácido oléico, ideais para a produção de biodiesel (GALAVI, 2012).

Suas sementes foram incluídas nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), com recomendações para a realização do teste de germinação. Estas não possuem dormência (OBA et al., 2017) e sua produção, que varia de acordo com a disponibilidade de nutrientes e água, é de uma a três toneladas por hectare com a população de 180 a 250 mil plantas (VIVAS, 2002). Ramos et al. (2018) afirmou que a faixa de temperatura ideal para o cultivo dessa oleaginosa varia entre 20 a 35 ºC, exigindo em média de 300 a 600 mm de chuva por ciclo vegetativo (EMONGOR, 2010).

Sampaio et al. (2016) ressaltou que o cártamo pode ser uma boa opção em regiões semiáridas ou áridas, pois suporta baixa disponibilidade hídrica. Sua raiz penetra profundamente o solo e, por isso, a espécie tem capacidade de tolerar um alto estresse hídrico (DAJUE; MÜNDEL, 1996). Visto isso, a cultura se adapta em diferentes tipos de solo possibilitando seu cultivo em praticamente no decorrer de todo ano no Brasil (BONAMIGO et al., 2013).

Sampaio et al. (2017) destacaram que devido a sua capacidade de tolerância às adversidades climáticas, o cártamo tem ganhado destaque para a produção de biodiesel. Além disso, Bonfim-Silva et al. (2015), ressaltaram que esta cultura pode ser introduzida no Cerrado Brasileiro, no período da entressafra, para a diversificação nas propriedades rurais. O custo de produção desta cultura pode-se tornar menor, visto que o seu manejo é similar ao manejo das oleaginosas e cereais já cultivados no Brasil. Portanto a semeadura e a colheita podem ser realizadas com os mesmos maquinários empregados da cultura anterior, com pequenas adaptações (SANTOS; SILVA, 2015).

Embora já tenha alguns estudos nos quais analisam a emergência de plântulas (MAZIERO et al., 2017; LENZ et al. 2017; LEITE, 2017; SANTOS; SILVA, 2015) e germinação (RAMOS et al., 2018; MONTIEL et al., 2017; MULLER et al., 2017), o cártamo é uma espécie oleaginosa que necessita ainda de pesquisas com o objetivo de aumentar a produtividade de sementes.

2.2 Qualidade fisiológica de sementes

A qualidade da semente é o conjunto de atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (LOPES et al., 2017). O potencial fisiológico dos lotes de sementes é avaliado pelo teste de germinação. Este é conduzido sob condições favoráveis de umidade, temperatura, substrato e luz permitindo expressar o potencial máximo de produzir plântulas normais (BRASIL, 2009). No entanto, este teste possui limitações como a inabilidade para detectar diferenças de qualidade entre lotes com germinação semelhantes (HAMPTON; TEKRONY, 1995).

O teste de germinação é confiável para avaliação da qualidade de sementes, servindo como base na tomada de decisão para a comercialização e para a determinação da densidade de semeadura (GIRARDI et al., 2013). Contudo, os resultados desse teste podem não correlacionarem com a emergência de plântulas no campo, na qual as condições nem sempre são favoráveis.

Para obter resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica é fundamental utilizar sementes com potencial fisiológico elevado. A análise de sementes é uma das ferramentas essenciais para alcançar esses resultados. A tecnologia de sementes tem aprimorado os procedimentos para avaliar a qualidade de sementes, com o objetivo de obter resultados que expressem o desempenho potencial de um lote, destacando-se em particular, os estudos relativos aos testes de vigor (VIEIRA et al., 1994).

Visto que a qualidade está relacionada com o grau de pureza física e varietal, poder de germinação, vigor e estado fitossanitário, o aprimoramento dos métodos de análise da qualidade fisiológica é essencial, pois oferece maior segurança e precisão nos resultados obtidos de germinação e vigor das mesmas (BINOTTI et al., 2008). A qualidade fisiológica de um lote de sementes não é facilmente mensurável, uma vez que, apenas uma avaliação individual não é suficiente para definir o vigor do lote (MARINHO et al., 2019). Logo, ressalta-se a relevância de utilizar mais de um teste de vigor para complementar o teste de germinação na avaliação do potencial de lotes de sementes.

2.3 Vigor em sementes

Os testes de vigor associados ao de germinação são utilizados rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes dentro do controle interno de qualidade, com o intuito de estimar o potencial de desempenho em campo, tanto em condições favoráveis como adversas (GRZYBOWSKI et al., 2015). Esses testes têm como objetivo identificar possíveis diferenças no grau de deterioração de sementes que apresentem potencial germinativo semelhante, podendo estimar sua capacidade de armazenamento e emergência de plântulas em campo (MARCOS FILHO, 2015).

Existem também, testes dirigidos à avaliação do comportamento das sementes, quando submetidas a condições específicas de ambiente, geralmente, estresses (BINOTTI et al., 2008). Nesse contexto, o uso de testes que forneçam uma estimativa do desempenho das sementes em campo e/ou armazenamento é um aspecto importante a ser considerado em um programa de produção de sementes (BHERING, 2003).

Visto que a velocidade de germinação é reduzida a medida que a deterioração da semente avança, a primeira contagem do teste de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor. Sendo assim, lotes que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na data da primeira contagem podem ser considerados mais vigorosos (NAKAGAWA, 1999). Por ser conduzido simultaneamente ao teste de germinação, este teste de vigor é considerado simples e de fácil execução.

Os testes de rápida avaliação do vigor das sementes, como o teste de envelhecimento acelerado, teste de frio e condutividade elétrica, fornecem respostas complementares às obtidas pelo teste de germinação em prazo relativamente curto (GONÇALVES et al., 2008).

Deve-se considerar, portanto, que os requisitos de um teste de vigor eficiente incluem alta sensibilidade a diferenças no potencial fisiológico não detectadas por testes de viabilidade e a capacidade de classificar lotes de acordo com seu potencial de desempenho (MARCOS FILHO, 2015). Dentre as metodologias para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, o teste de envelhecimento acelerado e o teste de frio estão sendo amplamente utilizados. Isto devido ao fato destes testes submeterem as sementes há uma situação de estresse, principalmente por

temperatura, simulando as condições adversas que as sementes encontram no campo.

2.4 Efeitos da variação de temperatura no estresse em testes para avaliação de lotes de sementes

Além da água, a temperatura em que ocorre a germinação das sementes influencia no referido processo, interferindo tanto na dinâmica da absorção de água, como nos limites dos processos fisiológicos que determinam o processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). De acordo com Marcos Filho (2016), a variação de temperatura provoca decréscimo da velocidade e da porcentagem de germinação e afeta a uniformidade. Essa redução deve-se a embebição das sementes ocorrer mais lentamente, da mesma forma que a mobilização de reservas durante o processo germinativo (ZUCARELI et al., 2011). Assim, a emissão da raiz primária é retardada e o estabelecimento das plântulas é prejudicado (MARINI et al., 2012).

A germinação ocorre em determinados limites de temperatura, dentro das quais existe uma faixa de temperatura ótima em que o processo ocorre com maior eficiência. Logo, a temperatura ótima é aquela que possibilita a combinação mais eficiente entre a porcentagem e a velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2016).

Portanto, conforme a temperatura se afasta dessa faixa ótima, a velocidade e a porcentagem de germinação são reduzidas (COCHRANE et al., 2014). A temperatura ótima situa-se, para a maioria das espécies, entre 20 e 30 °C. As temperaturas máximas entre 35 e 40 °C e as mínimas geralmente abaixo de 15 °C (MARCOS FILHO, 2016). Para o cártamo, a temperatura entre 15 e 30 ºC mostrou-se favorável à germinação (RAMOS et al., 2018).

Logo, a temperatura é um fator relevante para a conservação da qualidade de sementes armazenadas e seu aumento acelera a maioria das reações bioquímicas (BORTOLI, 2017). Por conseguinte, ao ocorrer variação brusca de temperatura, as sementes menos vigorosas serão mais afetadas e terão menor porcentagem de germinação quando comparadas às mais vigorosas. Deste modo, será possível realizar a estratificação dos lotes de sementes em diferentes níveis de vigor.

2.5 Teste de envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi desenvolvido para avaliar o vigor de sementes, visando estimar o potencial de armazenamento das sementes que foram acondicionadas em umidade e temperaturas elevadas (MARCOS FILHO, 2015). Este teste estabelece que a taxa de deterioração é elevada quando as sementes são expostas a temperatura e umidade relativa elevadas, fatores estes que são preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração (MACHADO et al., 2019). Logo, sementes com menor potencial fisiológico deterioram-se mais rápido que as com maior vigor, causando reflexos na germinação após o período de envelhecimento artificial.

Este teste consiste em submeter às sementes a condições adversas de alta temperatura (40 a 45 ºC) e umidade relativa do ar (95 a 100% e 76% para o envelhecimento tradicional e salino, respectivamente) durante certo período e, em seguida, observar a resposta através do teste padrão de germinação (MARCOS FILHO, 2015). A substituição da água pela solução saturada de sal, no envelhecimento acelerado salino, possibilita a obtenção de valores de umidade relativa em níveis menores do que os observados no envelhecimento acelerado tradicional. A baixa umidade relativa do ar impede o crescimento de microorganismos, minimizando os efeitos de patógenos associados às sementes, no teste de envelhecimento acelerado (JIANHUA & McDONALD, 1996).

A eficiência deste teste é avaliada pela diferença de sensibilidade apresentada pelas sementes ao envelhecimento. Sementes mais vigorosas retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas a tratamentos de envelhecimento acelerado, enquanto as de baixo vigor apresentam maior redução de sua viabilidade (MARCOS FILHO, 2015; VIEIRA; CARVALHO, 1994). A observação da capacidade germinativa das sementes em condições de estresse é uma das metodologias mais difundidas para se determinar a tolerância das plantas (FANTI; PEREZ, 2004), visto que a germinação corresponde a uma das fases mais críticas do ciclo de vida dos vegetais (MOTERLE et al., 2008).

A interação entre temperatura e tempo de exposição das sementes às condições de envelhecimento são fatores importantes para a eficiência do teste em avaliar o vigor e, para muitas espécies, ainda não foi estabelecida (VIEIRA;

CARVALHO, 1994). Portanto, o aprimoramento da metodologia tem sido um esforço constante, testando-se diferentes temperaturas e tempos de exposição das sementes ao estresse, comparando a resultados de emergência de plântulas a campo, bem como a outros testes de vigor.

Há poucos estudos que realizaram envelhecimento acelerado em sementes de cártamo. Girardi et al. (2013) avaliaram três lotes à 41 e 43 °C nos tempos 0, 24, 48, 72 e 96 horas; sendo 41 °C de 24 a 48 horas eficiente para diferenciação da qualidade fisiológica das sementes. Khavari et al. (2009) realizaram o envelhecimento de cinco lotes à 38 °C por 72 horas. Godakahriz et al. (2012) estudaram apenas um lote à 40 °C, por 0, 4 e 6 dias, constatando que o aumento dos níveis de envelhecimento causa redução da porcentagem de germinação. Demir (2014) envelheceu artificialmente três lotes à 41, 43 e 45 °C por 24, 48, 72 e 96 horas, sendo que 45 ° C por 96 horas foi a combinação mais eficaz para distinguir o vigor das sementes.

Portanto, nota-se que além de avaliarem poucos lotes, não há consenso entre as metodologias utilizadas nos trabalhos que realizaram o teste de envelhecimento acelerado em sementes de cártamo. Kaya et al. (2019), no entanto, realizaram o teste de envelhecimento acelerado em 34 lotes de sementes de cártamo, porém utilizou períodos longos de acondicionamento, sendo 48, 72, 96, 120 e 144 horas.

Logo, ainda não se dispõe de uma metodologia para o teste de envelhecimento acelerado utilizando uma maior quantidade de lotes e períodos mais curtos. Esses fatores são relevantes visto que quanto maior o número de lotes a serem avaliados, mais eficiente será a distinção dos mesmos em diferentes níveis de vigor. E quanto menor o período, mais rápida e aplicável dentro da rotina de laboratório será a metodologia utilizada.

Outro ponto a ser salientado é que os testes de vigor devem ser rápidos, possibilitando tomada de decisões importantes sobre a destinação dos lotes dentro de uma empresa de sementes. Além disso, em períodos longos já pode estar ocorrendo germinação visto que na primeira fase ocorre rápida absorção, devido a diferença de potencial existente entre a semente e o meio (VERTUCCI; LEOPOLD, 1983).

2.6 Teste de frio

O teste de frio é um dos mais antigos e mais populares testes de vigor de sementes. Foi criado para avaliar o potencial fisiológico de sementes de milho, simulando condições adversas do solo, como excesso de água, baixas temperaturas e presença de fungos no solo que ocorrem com frequência durante a época de semeadura no Cinturão do Milho dos EUA (AOSA, 2002).

Além de avaliar o potencial de desempenho das sementes em campo e selecionar lotes para semeadura, esse teste é utilizado para avaliar a eficiência de fungicidas, auxiliar na seleção de materiais genéticos (em função da habilidade para germinar em solo úmido e frio), avaliar a deterioração resultante do armazenamento prolongado e efeitos de danos mecânicos (CASEIRO; MARCOS FILHO, 2000).

O teste de frio tem como princípio básico a exposição das sementes a baixa temperatura, alta umidade e agentes patogênicos (quando se utiliza terra procedente de áreas de cultivo da espécie). É considerado um teste de resistência, pois o lote de sementes que melhor resistir às condições adversas é considerado o de maior potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2015)

A baixa temperatura dificulta a reorganização das membranas celulares durante a embebição, tornando mais lentos tanto esse processo como o de germinação (BURRIS; NAVRATIL, 1979). Deste modo, as sementes mais vigorosas têm maior probabilidade de sobrevivência.

Atualmente, o teste de frio é amplamente utilizado, principalmente para a cultura do milho. Em função da confiabilidade dos resultados fornecidos, há interesse em padronizá-lo para outras espécies.

Há apenas um estudo que reportou o teste de frio em sementes de cártamo, no qual 34 lotes foram submetidos à 10 °C por sete dias (KAYA et al., 2019). No entanto na literatura há indicação dos períodos três, cinco e sete dias para algodão, soja e milho, respectivamente (BARROS et al., 1999). Logo, como eles avaliaram apenas um período, faz-se necessário novos estudos, variando os tempos de acondicionamento, para determinar qual será mais eficiente para distinguir os lotes de sementes de cártamo em diferentes níveis de vigor, determinando assim a metodologia para o teste de frio.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da qualidade inicial dos lotes

Foram utilizados doze lotes de sementes de cártamo que são provenientes da safrinha 2017/2018 produzidos na Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Estes lotes foram encaminhados para Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, onde foi conduzido os experimentos.

3.1.1 Preparo das amostras

De acordo com as prescrições das Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), as amostras foram inicialmente homogeneizadas, utilizando o divisor de solo, passando-as três vezes pelo aparelho. Foram divididos até a obtenção de quatro subamostras, as quais corresponderam às repetições estatísticas dos experimentos executados.

3.1.2 Determinação do grau de umidade das sementes

Foi determinado pelo método da estufa conforme metodologia indicada pelas RAS (BRASIL, 2009). As sementes foram colocadas na estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas, com a utilização de duas subamostras para cada lote.

3.1.3 Massa de 1000 sementes

Utilizou-se quatro repetições de 8 subamostras de 100 sementes por lote. As massas foram determinadas em balança de precisão 0,001g conforme instruções das RAS (BRASIL, 2009). A massa foi corrigida para 8% de umidade.

3.1.4 Teste de germinação

Foram semeadas, em substrato entre papel, oito repetições de 25 sementes sobre uma folha de papel ‘mata-borrão’ umedecida com um volume de água (mL)

equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (g) (BRASIL, 2009), cobertas com uma folha do mesmo papel, dentro de uma caixa plástica transparente (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), com contagem final aos oito dias, conforme Gama (2018).

Nas câmaras de germinação, após a instalação dos testes, as caixas plásticas transparentes permaneceram acondicionadas dentro de sacos plásticos de 45 x 35 cm, fechados, para evitar a desidratação (COIMBRA et al., 2007).

Ao final do teste foram contabilizadas o número de plântulas normais, anormais e sementes mortas conforme descrito na RAS (BRASIL, 2009).

3.1.5. Primeira contagem de germinação

Foi efetuada em conjunto com o teste de geminação, com contagem aos três dias, contabilizando o número de plântulas normais, conforme Gama (2018).

3.1.6 Emergência de plântulas em campo

Realizou-se dois testes de emergências de plântulas em campo. Para cada teste semeou-se quatro subamostras de 50 sementes por lote em sulcos de um metro de comprimento. O primeiro foi em outubro/novembro de 2018, com dois centímetros de profundidade na semeadura, e o segundo em março/abril de 2019, com quatro centímetros de profundidade. Houve irrigação apenas no dia da semeadura.

As temperaturas máximas, médias e mínimas e a precipitação pluvial vigentes no período de condução dos testes de emergência de plântulas em campo estão apresentadas na Figura 1.

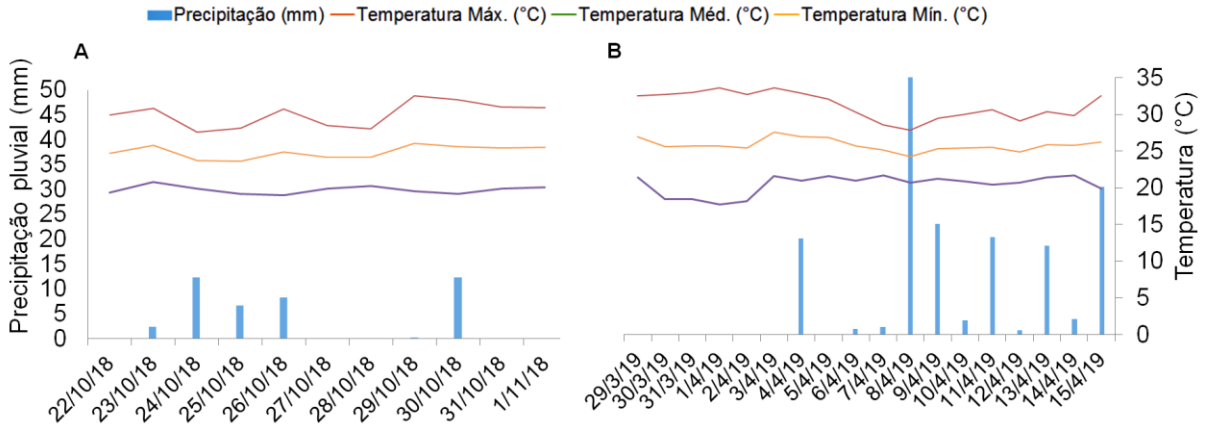

Figura 1. Temperaturas máximas, médias e mínimas e precipitação pluvial vigentes no período de condução dos testes de emergência de plântulas em campo com 2 cm de profundidade (A) e 4 cm de profundidade (B). Jataí – GO, 2019. Fonte: INMET (2019).

As avaliações foram efetuadas com a contagem das plântulas normais emergidas diariamente após a semeadura até a estabilização da emergência de plântulas em cada lote, quando calculou-se a porcentagem de emergência de plântulas em campo (NAKAGAWA, 1994). Considerou-se emergidas àquelas que apresentaram cotilédones acima do solo.

Avaliou-se também:

Primeira contagem de emergência – contabilizada quando emergiu 50% + 1 do total de plântulas para maioria dos lotes.

Índice de Velocidade de Emergência (IVE) - calculado a partir dos dados de contagem diária de plântulas emersas do teste de emergência de plântulas em campo e determinada por meio da fórmula de Maguire (1962):

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \ldots + \frac{Gn}{Nn}; \text{ onde:}$$

IVE = índice de velocidade de emergência;

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira, na segunda e na última contagem, respectivamente;

N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura na primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

Tempo inicial, final, médio e frequência relativa da emergência de plântulas - a partir dos dados de contagem diária de plântulas emersas do teste de emergência de plântulas em campo foram determinados o tempo inicial, final, médio e frequência relativa da emergência. O tempo inicial corresponde ao primeiro dia de emergência após a semeadura e o tempo final ao último dia emergência após a semeadura, para cada lote. Para tempo médio e frequência relativa de emergência, utilizou-se as fórmulas descritas por Santana & Ranal (2004):

$$tm = \Sigma_{i=1}^{k} ni\,ti \,/\, \Sigma_{i=1}^{k} ni; \text{ onde:}$$

tm = tempo médio;

ti = tempo entre o início do experimento e a i-ésima observação (dia ou hora);

ni = número de sementes que emergem no tempo ti (não o número acumulado, mas o número referido para a i-ésima observação);

k = último tempo de emergência das sementes.

$$fr = ni \,/\, \Sigma_{i=1}^{k} ni; \text{ sendo:}$$

fr = frequência relativa da emergência;

ni = número de sementes emergidas no dia i;

k = último dia de observação.

3.2. Envelhecimento acelerado

3.2.1 Envelhecimento acelerado tradicional

Foram conduzidos seis experimentos independentes, nos quais representam os períodos de acondicionamento, sendo eles: 0, 8, 16, 24, 32 e 48 horas. Estes períodos foram selecionados visando compatibilidade ao horário de expediente de laboratório. Dentro de cada período, avaliou-se os 12 lotes de sementes em delineamento inteiramente casualizado.

Foi desenvolvido utilizando 150 sementes para cada lote que foram distribuídas em uma camada simples em caixa de plástico transparentes (11,0 x

11,0 x 3,5 cm) adaptado com uma bandeja de tela de alumínio (MCDONALD JR; PHANEENDRANATH, 1978). Adicionou-se no interior da caixa 40 mL de água destilada. Em seguida, os recipientes foram levados a incubadoras reguladas a 42 ºC e acondicionadas nos períodos 0, 8, 16, 24, 32 e 48 horas. Decorridos esses períodos, 100 sementes foram divididas em 4 subamostras de 25 sementes e instalado o teste de germinação conforme descrito em 3.1.4. A contagem do número de plântulas normais foi realizada após 3 dias de permanência das sementes no germinador, mantidas a 25 ˚C. Após o envelhecimento das sementes foi realizado a determinação do grau de umidade utilizando duas subamostras de cada lote que foram colocadas na estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.2.2 Envelhecimento acelerado com solução saturada de sal (NaCl)

Foi realizado semelhante ao método tradicional. No entanto, foi adicionado no interior de cada caixa plástica 40 mL de solução saturada de NaCl, em substituição à água destilada. Essa solução foi preparada na proporção de 40g de NaCl para 100ml de água, estabelecendo um ambiente com 76% de umidade relativa do ar (JIANHUA; McDONALD, 1996).

3.3 Teste de frio

Foram conduzidos quatro experimentos independentes, nos quais representam os períodos de acondicionamento, sendo eles: 0, 3, 5 e 7 dias. Dentro de cada período, avaliou-se os 12 lotes de sementes em delineamento inteiramente casualizado.

As sementes foram semeadas em substrato entre papel, ou seja, sobre uma folha de papel ’mata-borrão’ umedecida com um volume de água (mL) equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (g) cobertas com uma folha do mesmo papel, dentro de uma caixa plástica transparente (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) (BRASIL, 2009). Utilizou-se quatro subamostras de 25 sementes para cada lote. As caixas foram mantidas em câmara regulada a 10 ºC por quatro períodos (0, 3, 5 e 7 dias). Após esses períodos as caixas foram colocadas em câmara germinadora do tipo BOD

(Biochemical Oxygen Demand) regulada a 25 °C, na qual foi realizada a contagem de plântulas normais aos três dias.

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos na caracterização inicial e nos testes de envelhecimento acelerado e de frio, no qual avaliou-se os 12 lotes dentro de cada período, em experimentos independentes, foram submetidos a análises de variância a 5% de probabilidade pelo teste F e para comparação das médias foi utilizado o método de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade e quando necessário foram transformados a $(x+0,5)^{0,5}$, sendo mostrado na tabela os dados originais.

Para verificar a eficiência das metodologias foi realizada a análise de componentes principais, processada no programa R (R CORE TEAM, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da qualidade inicial dos lotes

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise variância referente à massa de mil sementes, germinação, plântulas anormais, sementes mortas e primeira contagem de germinação. Observou-se significância apenas para a variável sementes mortas.

Carvalho & Nakagawa (2012) ressaltaram que o peso das sementes está relacionado a quantidade de reservas, sendo que sementes de uma mesma espécie de maior peso apresentam quantidade de tecidos de reservas superior, conferindo assim, maior qualidade a estas sementes. Por esse motivo, lotes com massa de mil sementes semelhantes, em geral, apresentam porcentagem de germinação semelhante, como observado neste trabalho.

Tabela 1. Resumo das análises de variância dos dados de massa de mil sementes, germinação, plântulas anormais, sementes mortas e primeira contagem de germinação de doze lotes de sementes de cártamo

Fonte De Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio				
		Massa de mil sementes	Germinação	Plântulas Anormais[1]	Sementes Mortas[1]	Primeira Contagem
Lotes (L)	11	$1,76^{ns}$	$35,96^{ns}$	$0,76^{ns}$	2,23*	$97,79^{ns}$
Resíduo	36	0,74	29,00	0,80	1,04	84,33
CV(%)		2,51	5,89	56,97	45,35	10,75

[1] Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$. ^{ns}; * Não significativo e significativo a 5% pelo teste de F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação.

A porcentagem de germinação manteve superior a 60% que é o mínimo exigido para a produção e a comercialização de sementes de espécies de grandes culturas inscritas no registro nacional de cultivares não contemplados com padrão específico, assim como o cártamo (BRASIL, 2013).É importante que as amostras avaliadas tenham germinação semelhante e compatível com os padrões estabelecidos para a comercialização, pois, um dos objetivos dos testes de vigor é identificar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes comercializáveis (MARCOS FILHO, 2015).

Embora a primeira contagem do teste de germinação seja considerada um indicativo do vigor, sabe-se que durante o processo de deterioração das sementes, a redução da velocidade de germinação não está entre as primeiras alterações na semente durante a deterioração, como relacionado por Delouche & Baskin (1973). Sendo assim, é um teste que, normalmente, não detecta pequenas diferenças de vigor.

Os lotes 1, 3, 4 e 7 apresentaram menor porcentagem de sementes mortas (Tabela 2). As Regras de Análises de Sementes definem sementes mortas como aquelas que no final do teste não germinaram, não estavam duras nem dormentes, e geralmente apresentavam-se amolecidas e atacadas por microrganismos (BRASIL, 2009). No entanto, não foi avaliada cada semente individualmente, logo, estas poderiam estar tanto mortas, quanto malformadas.

As sementes dos 12 lotes de cártamo apresentaram graus de umidade entre 5,23 e 6,18% (Tabela 2), sendo a variação inferior a um ponto percentual entre os lotes. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Macedo (2018) o qual relata variação do grau de umidade de sementes de cártamo foi de 5,96 a 7,05%. Essa variação é considerada aceitável e desejável. Pois, segundo Marcos Filho (2015)

diferenças de 1 a 2% entre as amostras não comprometem os resultados do teste, uma vez que, a uniformização do grau de umidade inicial das sementes é um fator primordial para a padronização das avaliações a serem realizadas posteriormente.

Tabela 2. Dados médios de grau de umidade inicial das sementes (GU), massa de 1000 sementes (MM), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM) e primeira contagem de germinação (PC) de doze lotes de sementes de cártamo

Lotes	GU (%)	MM (g)	G (%)	PA (%)	SM (%)	PC (%)
1	6,18	34,72 a	97 a	1 a	2 b	94 a
2	5,94	33,03 a	88 a	3 a	9 a	77 a
3	5,47	33,92 a	94 a	4 a	2 b	91 a
4	5,57	33,69 a	91 a	7 a	2 b	80 a
5	5,57	33,96 a	91 a	2 a	7 a	87 a
6	5.79	34,89 a	91 a	2 a	7 a	87 a
7	5,47	33,49 a	96 a	3 a	1 b	88 a
8	5,55	34,18 a	89 a	3 a	8 a	82 a
9	5,63	34,31 a	88 a	1 a	11 a	84 a
10	5,62	34,28 a	90 a	3 a	7 a	82 a
11	5,23	34,06 a	89 a	2 a	9 a	83 a
12	5,69	35,53 a	93 a	2 a	5 a	90 a
CV(%)	-	2,51	5,89	56,97	45,35	10,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade. - não submetido a análise estatística. CV: Coeficiente de variação.

4.1.1 Emergência de plântulas em campo

Na Tabela 3 está apresentado o resumo da análise variância referente à emergência de plântulas em campo, primeira contagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempos inicial, médio e final dos dois testes de emergência de plântulas em campo com dois e quatros centímetros de profundidade.

Na emergência de plântulas em campo com dois centímetros profundidade, observou-se diferenças entre os lotes de sementes para o índice de velocidade de emergência e para porcentagem de emergência, corroborando com Maziero et al. (2019) que também obtiveram significância nestas variáveis analisando a emergência de seis cultivares de cártamo. Contudo, Abud et al. (2010b) ao trabalhar com diferentes tamanhos de sementes não observaram diferença significativa para a porcentagem e índice de velocidade de emergência de cártamo.

Tabela 3. Resumo das análises de variância dos dados de emergência de plântulas em campo (E), primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), tempos inicial, médio e final dos dois testes de emergência em campo, com dois e quatros centímetros de profundidade, de doze lotes de sementes de cártamo. Jataí-GO, 2018/2019

FV	GL	Quadrados médios					
		Emergência de plântulas em campo com dois centímetros profundidade					
		E (%)	PCE (%)	IVE	Tempos		
					Inicial	Médio	Final
Blocos	3	29,02^{ns}	263,50*	0,06^{ns}	0,00^{ns}	0,09*	1,19^{ns}
Lotes (L)	11	90,82**	141,23^{ns}	1,17**	0,00^{ns}	0,03^{ns}	0,38^{ns}
Resíduo	33	24,73	77,60	0,39	0,00	0,03	0,54
CV (%)	-	5,87	21,47	6,60	0,00	3,82	13,06
		Emergência de plântulas em campo com quatro centímetros profundidade					
Blocos	3	284,30*	817,77**	1,14*	1,47**	1,96**	2,58 ^{ns}
Lotes (L)	11	43,17 ^{ns}	70,60^{ns}	0,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Resíduo	33	73,33	76,62	0,28	0,24	0,12	1,21
CV (%)	-	11,26	23,55	11,63	7,39	4,11	9,56

*,**, ^{ns} Significativo a 5, 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação.

Nakagawa (1999) ressaltou que é tanto mais vigoroso um lote de sementes, quanto mais rápida for a emergência das plântulas no campo. Portanto, no teste de emergência com dois centímetros profundidade foi possível classificar os lotes 1, 2, 3 e 11 como menos vigorosos (Tabela 4). Os tempos médios de emergência, assim como o tempo inicial e final, não apresentaram diferença, corroborando com Lenz et al. (2017) que avaliaram a germinação de quatro diferentes genótipos de cártamo em seis profundidades de semeadura.

Silva (2012) afirmou que um mesmo lote de sementes pode apresentar respostas diferenciadas quanto aos seus resultados de emergência de plântulas em campo, quando semeado em diferentes condições ambientais. Portanto, devido as condições edafoclimáticas diferentes e maior profundidade de semeadura, na emergência de plântulas em campo com quatro centímetros profundidade nenhuma das variáveis analisadas apresentaram diferença estatística.

Tabela 4. Dados médios de emergência de plântulas em campo (E), primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo inicial (TO), tempo final (TF) e tempo médio (TM) de doze lotes de sementes de cártamo em duas épocas. Jataí-GO, 2018/2019

Emergência de plântulas em campo dois centímetros profundidade						
Lotes	E (%)	PCE (%)	IVE	TO (dias)	TF (dias)	TM (dias)
1	80 b	40 a	8,93 b	4 a	6 a	5 a
2	77 b	39 a	8,63 b	3 a	8 a	5 a
3	80 b	43 a	9,00 b	3 a	6 a	5 a
4	87 a	45 a	9,77 a	3 a	6 a	5 a
5	87 a	39 a	9,70 a	3 a	6 a	5 a
6	87 a	29 a	9,44 a	3 a	6 a	5 a
7	93 a	52 a	10,56a	3 a	6 a	5 a
8	88 a	35 a	9,58 a	3 a	6 a	5 a
9	85 a	45 a	9,57 a	3 a	6 a	5 a
10	85 a	40 a	9,52 a	3 a	6 a	5 a
11	79 b	39 a	8,88 b	3 a	6 a	5 a
12	88 a	49 a	9,99 a	3 a	6 a	4 a
CV(%)	5,87	21,47	6,60	9,49	14,68	3,82
Emergência de plântulas em campo quatro centímetros profundidade						
1	72 a	42 a	4,43 a	7 a	11 a	8 a
2	75 a	34 a	4,47 a	7 a	11 a	9 a
3	75 a	34 a	4,42 a	7 a	12 a	9 a
4	70 a	39 a	4,35 a	7 a	11 a	8 a
5	76 a	39 a	4,54 a	7 a	12 a	9 a
6	79 a	30 a	4,54 a	7 a	12 a	9 a
7	82 a	42 a	4,98 a	7 a	12 a	8 a
8	77 a	40 a	4,59 a	7 a	12 a	9 a
9	75 a	33 a	4,39 a	7 a	12 a	9 a
10	78 a	34 a	4,58 a	7 a	12 a	9 a
11	80 a	41 a	4,79 a	7 a	12 a	9 a
12	77 a	41 a	4,71 a	6 a	12 a	8 a
CV(%)	11,26	23,55	11,63	7,39	9,56	4,11

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação.

A porcentagem de emergência dos testes da primeira e segunda emergência em campo situou-se entre 77 e 93% e entre 70 e 82%, respectivamente (Tabela 4). Sendo que no primeiro houve diferença significativa entre os lotes e, no segundo, os mesmos não diferiram.

O teste de emergência de plântulas em campo permite a classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, detectando diferenças não evidenciadas pelo teste de germinação. Este teste é considerado um parâmetro indicador da eficácia dos testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes (MARTINS et

al., 2014). No entanto, nem sempre há correlação entre os resultados dos testes de vigor com o observado em campo, como encontrado por Ávila et al. (2005) em sementes de canola. Marcos Filho et al. (2015) ressaltam que o uso exclusivo da análise de correlação na avaliação da eficiência comparativa dos testes de vigor pode contribuir para a obtenção de informações pouco consistentes.

Na emergência em campo de plântulas com dois centímetros profundidade, verificou-se, pelos polígonos da frequência relativa de emergência (Figura 2), que as plântulas começaram a emergir no 4° dia após a semeadura. A distribuição apresentou comportamento unimodal, com apenas um pico, para todos os lotes, demonstrando alta uniformidade do estande inicial. Por meio das frequências, é possível observar se ao longo do tempo as sementes germinam até atingirem um valor máximo e depois declinam (SANTANA; RANAL, 2004).

Pode-se notar que, para todos os lotes estudados, a emergência se concentrou nos períodos de três a seis dias após a semeadura. Sendo que no lote 6 observou pico de emergência no quinto dia, apresentando maior porcentagem da frequência relativa. Para os outros lotes, o pico se situou entre o quarto e quinto dia, no qual observou-se a maior porcentagem. A uniformidade na emergência das plântulas corrobora com o trabalho de Oliveira (2013) que também encontrou emergência homogênea em girassol.

Não houve deslocamento do polígono em nenhum dos casos, pois os tempos médios foram semelhantes, opondo-se ao estudo de Oliveira, Silva & Alves (2017) que analisando a emergência de plântulas de mucuna-preta, observou deslocamento dos tempos médios.

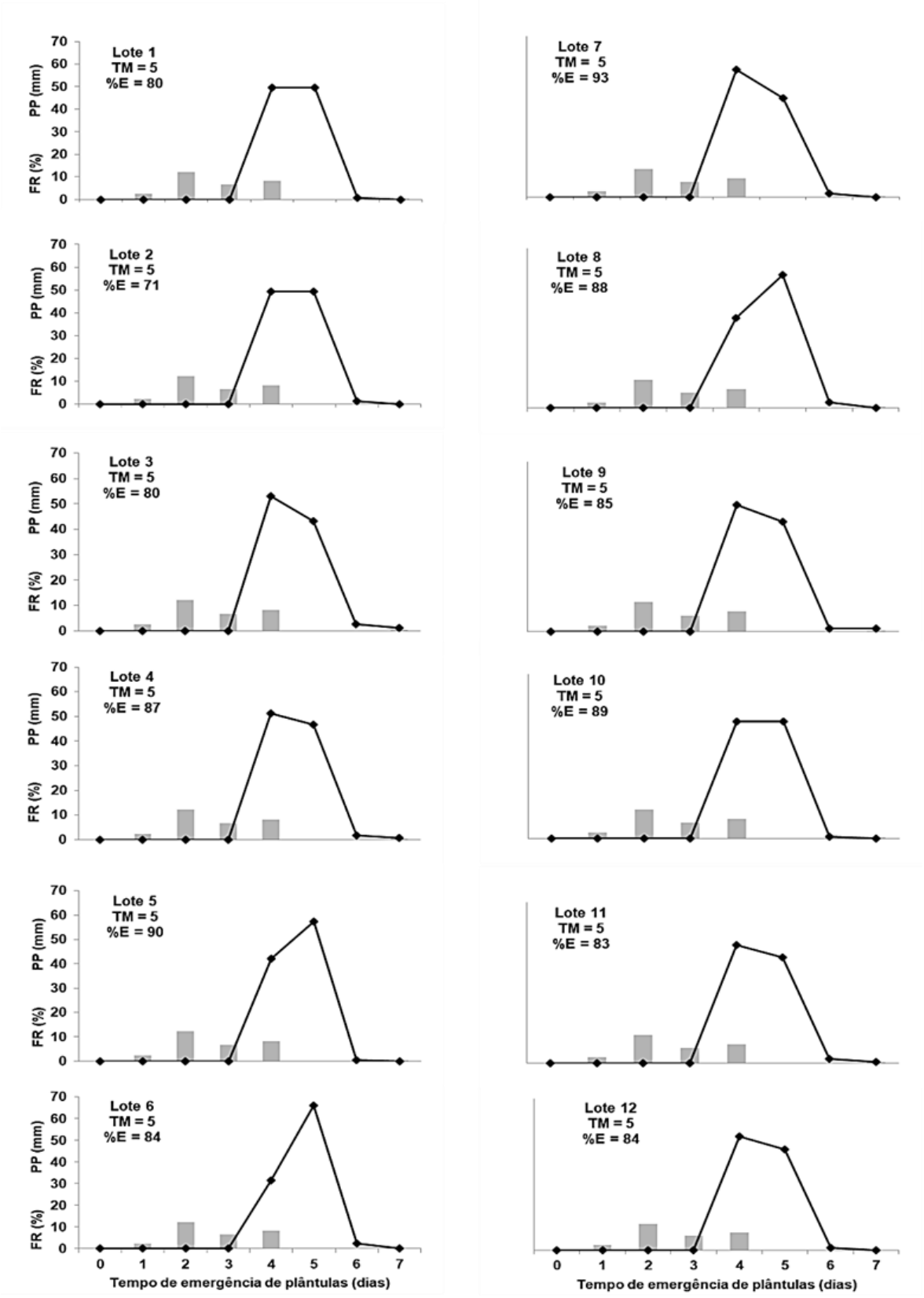

Figura 2. Distribuição da frequência relativa (FR) de emergência de plântulas em campo semeadas com dois centímetros de profundidade de 12 lotes de sementes de cártamo e precipitação pluvial (PP) durante a condução do experimento. (Tm=tempo médio de germinação; %E= porcentagem de emergência).

Na emergência em campo de plântulas com quatro centímetros profundidade verificou-se, pelos polígonos da frequência relativa de emergência (Figura 3), que as plântulas começaram a emergir entre o 6° e 7° dia após a semeadura, enquanto o tempo para a última emergência variou de 11 a 14 dias. A distribuição apresentou comportamento polimodal, com mais de um pico de emergência, com exceção do lote 8, demonstrando que não houve homogeneidade na emergência; assim como encontrado por Dapont et al. (2014) em sementes de *Schizolobium amazonicum* e Aguiar et al. (2014) em maracujazeiro-amarelo. Esse fato é explicado pois o processo germinativo não é perfeitamente sincronizado, distribuindo-se ao longo do tempo (OLIVEIRA; SILVA; ALVES, 2017).

Não houve deslocamento do polígono em nenhum dos casos, pois os tempos médios foram semelhantes, opondo-se ao estudo de Silva et al. (2017) que trabalhando com sementes de tamarindo, observaram deslocamento dos tempos médios. De uma forma geral, o deslocamento da linha poligonal para a direita ou esquerda do tempo médio, evidencia um atraso no processo germinativo, em consequência da redução do vigor das sementes (BERGER, 2014).

Nesta segunda emergência de plântulas em campo, diferentemente da primeira, a emergência se concentrou em diferentes períodos. O início foi mais tardio e manteve por um maior período de tempo. Esta divergência pode ser esclarecida visto que, além de um maior período de estiagem, na segunda emergência a profundidade foi maior (4 cm) que na primeira (2 cm). Pode-se notar que os picos de emergência foram relacionados com os períodos de precipitação pluvial (Figura 1).

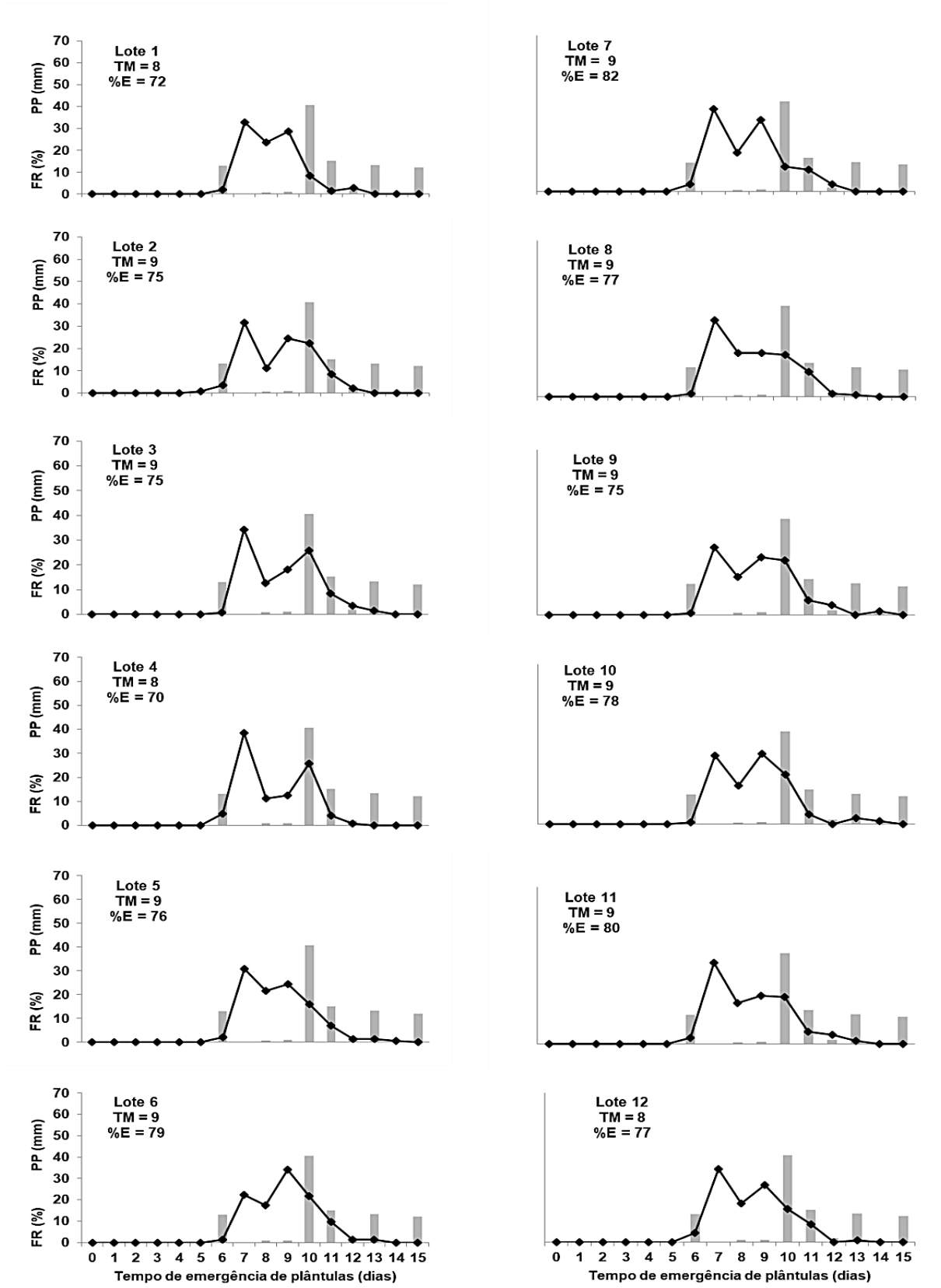

Figura 3. Distribuição da frequência relativa (FR) de emergência de plântulas em campo semeadas com quatro centímetros de profundidade de 12 lotes de sementes de cártamo e precipitação pluvial (PP) durante a condução do experimento. (Tm=tempo médio de germinação; %E= porcentagem de emergência).

4.2 Envelhecimento acelerado

4.2.1 Envelhecimento acelerado tradicional

Pode-se observar que houve um acréscimo do grau de umidade das sementes após o teste de envelhecimento acelerado convencional (Tabela 5), assim como observado por Gomes Júnior & Lopes (2017) em sementes de canudo-de-pito e por Araújo et al. (2017) em sementes de leucena. Marcos Filho (2016) afirmou que o grau de umidade corresponde ao ponto de equilíbrio, o qual aumenta com a elevação da umidade relativa do ar e vice-versa. 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).

Tabela 5. Grau de umidade (%) das sementes de cártamo submetidas ao teste de envelhecimento acelerado convencional a 42 °C por 0, 8, 16, 24, 32 e 48 horas

Lotes	Períodos de envelhecimento (horas)					
	0	8	16	24	32	48
1	6,18	12,91	11,74	11,84	17,95	14,92
2	5,94	12,65	14,35	13,89	17,24	17,78
3	5,47	11,76	11,31	13,93	17,78	14,19
4	5,57	12,28	13,15	11,15	18,53	14,26
5	5,57	11,52	12,43	14,77	17,79	13,23
6	5.79	11,80	12,35	13,44	17,81	16,15
7	5,47	12,20	11,83	11,40	17,54	14,76
8	5,55	12,36	11,35	13,31	17,19	17,28
9	5,63	11,72	10,82	12,95	17,30	16,27
10	5,62	11,44	12,83	14,70	17,40	14,31
11	5,23	12,38	14,65	14,39	16,48	16,69
12	5,69	12,84	13,82	12,15	17,74	16,07

Na Tabela 6 encontram-se o resumo da análise de variância do teste de envelhecimento acelerado tradicional em doze lotes de sementes de cártamo e seis períodos de envelhecimento, na temperatura de 42 °C.

Tabela 6. Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação de 12 lotes de sementes de cártamo após submetidos ao teste de envelhecimento acelerado tradicional em seis períodos

FV	GL	Quadrados médios					
		Períodos de envelhecimento (horas)					
		0	8	16	24	32	48
Lotes (L)	11	97,79^{ns}	122,42**	269,75**	445,88**	253,96**	738,34**
Resíduo	36	84,33	30,92	76,90	24,97	26,73	34,31
CV (%)	-	10,75	6,55	10,92	6,14	6,42	8,02

^{ns},** Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV: Coeficiente de variação.

Pode-se observar, na Tabela 7, a comparação de médias referente a porcentagem de germinação de doze lotes de sementes de cártamo, após seis períodos de acondicionamento (0, 8, 16, 32, 24 e 48 horas) à temperatura de 42 °C para o teste de envelhecimento acelerado tradicional.

Tabela 7. Germinação (%) de sementes de doze lotes de cártamo, após seis períodos de acondicionamento (0, 8, 16, 32, 24 e 48 horas) à temperatura de 42°C para o teste de envelhecimento acelerado tradicional

Lotes	Períodos de envelhecimento (horas)					
	0	8	16	24	32	48
1	94 a	76 b	72 b	79 a	76 b	68 b
2	77 a	84 a	84 a	71 b	68 c	88 a
3	91 a	87 a	88 a	86 a	83 b	81 a
4	80 a	87 a	88 a	83 a	80 b	56 c
5	87 a	91 a	87 a	88 a	83 b	51 c
6	87 a	91 a	60 c	86 a	83 b	50 c
7	88 a	88 a	81 a	86 a	81 b	85 a
8	82 a	80 b	83 a	88 a	92 a	84 a
9	84 a	91 a	81 a	90 a	83 b	79 a
10	82 a	77 b	73 b	86 a	87 a	77 a
11	83 a	79 b	81 a	52 c	64 c	80 a
12	90 a	89 a	85 a	82 a	88 a	77 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na comparação de média dos 12 lotes, apenas não observou ranqueamento dos lotes para as sementes não envelhecidas (tempo 0). Com oito horas de envelhecimento, as sementes dos lotes 1, 8, 10 e 11 obtiveram germinação inferior diferindo dos demais. No período de 16 horas, evidenciou um maior distanciamento do lote 6, no qual as sementes apresentaram menor porcentagem de plântulas normais ao terceiro dia, após serem submetidos ao estresse, diferindo-o dos lotes 1

e 10 que foram intermediários em relação aos outros lotes. Após 24 horas de envelhecimento, as sementes do lote 11 apresentaram comportamento inferior e as do lote 2, classificaram como intermediárias, diferindo das demais.

No período de 32 horas, as sementes dos lotes 2 e 11 foram inferiores e os lotes 8, 10 e 12 superiores em relação aos outros lotes que obteve germinação intermediária. Após 48 horas de envelhecimento, as sementes dos lotes 4, 5 e 6 apresentaram maior distanciamento do lote 1, que foi intermediário aos demais. Estes resultados são semelhantes ao verificado por Rocha et al. (2015) que também diferenciaram lotes de sementes de girassol em diferentes níveis de vigor com o uso do teste de envelhecimento acelerado, corroborando com o encontrado em sementes de alface (BARBOSA et al., 2011) e salsa (TUNES et al., 2013).

Com o aumento da temperatura e maior tempo de permanência em condições de envelhecimento, a germinação tende a ser afetada negativamente (FLÁVIO; PAULA, 2010). No entanto, não pode-se generalizar esta informação, visto que no presente trabalho, assim como encontrado por Araújo et al. (2017) em sementes de leucena, alguns lotes aumentaram a porcentagem de germinação com a ampliação do período de exposição ao envelhecimento acelerado. Explica-se, este fato, em decorrência da maior tolerância ao estresse desses lotes, conferindo-os, assim, maior potencial fisiológico.

No presente trabalho, o tempo de 8 horas, ranqueou os lotes em dois níveis de vigor. Já os períodos de 16, 24, 32 e 48 horas de envelhecimento acelerado tradicional estratificaram os lotes em três classes, sendo, assim, mais eficientes na diferenciação dos lotes em níveis de vigor. Marcos Filho (2015) enfatiza que o teste de vigor deve ser simples, rápido, de baixo custo, objetivo e reproduzível.

4.2.2 Envelhecimento acelerado com solução saturada de sal (NaCl)

Notou-se que a umidade das sementes também aumentou pelo método de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal, porém em menor proporção que o método tradicional (Tabelas 5 e 8). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Frandoloso et al. (2017), Tunes et al. (2013) e Radke et al. (2016), que ao realizar o teste de envelhecimento acelerado em sementes de alface, salsa e coentro, respectivamente, também notaram que o método tradicional aumenta mais o grau de umidade que o método salino. Dessa maneira, é possível verificar que a

utilização de solução de NaCl proporcionou a redução na absorção de água pelas sementes, conforme proposto por Jianhua e McDonald (1996). Isso porque a água é osmoticamente retida na solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais a torna cada vez menos disponível (RIBEIRO et al., 2001).

Tabela 8. Grau de umidade (%) das sementes de cártamo submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução saturada salina à 42 °C por 0, 8, 16, 24, 32 e 48 horas

Lotes	Períodos de envelhecimento (horas)					
	0	8	16	24	32	48
1	6,18	7,39	7,12	7,58	7,20	7,59
2	5,94	6,81	6,81	7,85	7,28	7,34
3	5,47	7,43	6,68	6,96	7,39	7,41
4	5,57	7,68	7,16	7,53	7,02	7,48
5	5,57	7,40	6,79	7,21	6,99	7,39
6	5.79	7,59	6,99	7,50	7,55	7,45
7	5,47	7,21	7,62	7,50	7,09	7,74
8	5,55	7,82	7,32	7,67	7,39	7,50
9	5,63	7,18	6,33	8,21	7,32	7,40
10	5,62	7,74	7,04	7,54	6,76	7,48
11	5,23	7,49	6,98	7,76	7,25	8,03
12	5,69	7,28	6,73	7,21	7,12	7,52

Marcos Filho (2016) recomenda que a diferença do grau de umidade das sementes após o envelhecimento seja inferior a quatro pontos percentuais. Neste sentido, pode-se notar que os dados do envelhecimento salino são mais uniformes, pois a variação do grau de umidade foi inferior a 4%. Já no envelhecimento tradicional, no período de 48 horas, as sementes apresentaram variação maior que o recomendado.

Na Tabela 9 encontram-se o resumo da análise de variância do teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal em doze lotes de sementes de cártamo após seis períodos de tempo ao envelhecimento, avaliados individualizados, na temperatura de 42 °C.

Tabela 9. Resumo da análise de variância do teste de envelhecimento acelerado com solução salina de 12 lotes de sementes de cártamo em seis períodos

FV	GL	Quadrados médios					
		Períodos de envelhecimento (horas)					
		0	8	16	24	32	48
Lotes (L)	11	97,79^{ns}	96,38*	88,34**	177,17**	112,74**	75,14^{ns}
Resíduo	36	84,33	39,13	18,23	16,19	26,35	41,56
CV (%)	-	10,75	7,74	5,01	4,95	6,27	8,05

^{ns}; *; ** Não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Para os períodos de 0 horas, quando as sementes não foram envelhecidas, e 48 horas não observou-se estratificação dos lotes em níveis de vigor (Tabela 10). Após oito horas de envelhecimento salino, as sementes dos lotes 1, 2, 6, 10 e 12 obtiveram germinação inferior em relação aos outros. No período de 16 horas, as sementes dos lotes 2, 5, 6, 7 e 12 foram inferiores aos demais. Após 24 horas de envelhecimento, as sementes dos lotes 2, 3, 5, 8 e 9 apresentaram maior porcentagem de germinação, diferindo dos demais. Para as sementes envelhecidas por 32 horas, os lotes 5 e 6 exibiram maior distanciamento, mostrando serem inferiores aos lotes 1, 2, 3 e 12, que obtiveram germinação intermediária.

Tabela 10. Germinação (%) de sementes de doze lotes de cártamo, após seis períodos de acondicionamento (0, 8, 16, 32, 24 e 48 horas) à temperatura de 42°C para o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl

Lotes	Períodos de envelhecimento (horas)					
	0	8	16	24	32	48
1	94 a	72 b	87 a	75 b	79 b	79 a
2	77 a	79 b	78 b	88 a	81 b	75 a
3	91 a	85 a	93 a	90 a	80 b	87 a
4	80 a	82 a	87 a	80 b	88 a	81 a
5	87 a	85 a	81 b	88 a	71 c	79 a
6	87 a	77 b	80 b	81 b	75 c	76 a
7	88 a	88 a	83 b	79 b	85 a	79 a
8	82 a	81 a	90 a	84 a	86 a	73 a
9	84 a	86 a	89 a	89 a	84 a	85 a
10	82 a	74 b	88 a	76 b	88 a	84 a
11	83 a	83 a	85 a	69 b	85 a	85 a
12	90 a	79 b	80 b	76 b	80 b	78 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Martins et al. (2018) também obtiveram sucesso na estratificação de lotes de sementes de amaranto em diferentes níveis de vigor. No entanto, Moraes et al. (2016), ao realizar envelhecimento acelerado salino na espécie *Tabernaemontana fuchsiaefolia*, não encontrou diferença estatística entre os lotes analisados em nenhum período, demonstrando que a espécie trabalhada é mais resistente ao estresse.

No método de envelhecimento acelerado com solução saturada de sal, os tempos de 8, 16 e 24 horas estratificaram os lotes de sementes de cártamo em dois níveis de vigor e o período de 32 horas ranqueou em três níveis.

4.2.3 Análise de Componentes Principais

Com base nos resultados obtidos pela análise de componentes principais (Tabela 11), verificou-se a necessidade de três componentes, uma vez que estes resumem efetivamente a variância amostral total e podem ser utilizados para o estudo do conjunto de dados, pois segundo Hongyu et al. (2015) os autovalores destes componentes foram superiores a 1. Os três componentes principais foram responsáveis por 64,41% da variação acumulada, sobre a discriminação dos lotes em relação a sua qualidade, em que o CP1 foi responsável por 27,13%, CP2 por 20,14% e o CP3, por 17,14% das variações dos dados. Os três primeiros componentes principais explicaram próximo de 70% da variância total dos dados, estando de acordo com Rencher (2012).

Ainda na Tabela 11, como intuito de se entender a importância de cada variável na construção dos três componentes adotados foram calculados os autovetores entre as variáveis originais e os componentes principais, sendo considerados relevantes com valores acima de $0,5/(\text{Autovalor})^{0,5}$ (OVALLES; COLLINS, 1988). Foram considerados significativos autovetores superiores a 0,128; 0,32 e 0,35 para os componentes 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 11. Matriz de autovetores e autovalores dos componentes principais (CP) e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de 12 lotes de cártamo com ênfase no teste de envelhecimento acelerado

Variáveis		CP 1	CP 2	CP3
Primeira contagem de germinação		0,18	**0,43**	0,22
Germinação		0,12	**0,42**	0,25
Emergência de plântulas em campo		**0,39**	0,09	0,04
Envelhecimento Tradicional	8 horas	**0,41**	-0,16	-0,28
	16 horas	0,08	**-0,44**	0,10
	24 horas	**0,49**	0,07	0,14
	32 horas	**0,42**	0,11	0,22
Envelhecimento Salino	8 horas	0,24	**-0,43**	0,02
	16 horas	0,02	-0,14	**0,62**
	24 horas	**0,33**	0,31	-0,13
	32 horas	-0,19	0,24	**0,39**
	48 horas	-0,09	-0,19	**0,43**
Autovalores		3,26	2,42	2,06
Variância (%)		27,13	20,14	17,14
Variância Acumulada (%)		27,13	47,27	64,41

Variáveis representativas do componente baseada no módulo da relação $0,5/(\lambda)^{0,5}$, destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

As variáveis de emergência de plântulas em campo, envelhecimento acelerado tradicional por 8, 24 e 32 horas, além do salino por 24 horas tiveram maior poder discriminatório para o componente principal 1. Sendo as variáveis envelhecimento acelerado tradicional por 24 e 32 horas com interação entre si e correlacionadas com a emergência em campo, uma vez que seus vetores estão no mesmo sentido e formando ângulos agudos entre si (Figura 4). Esses testes são promissores na avaliação de sementes de cártamo, uma vez que, os lotes 2 e 11 foram classificados de forma semelhante.

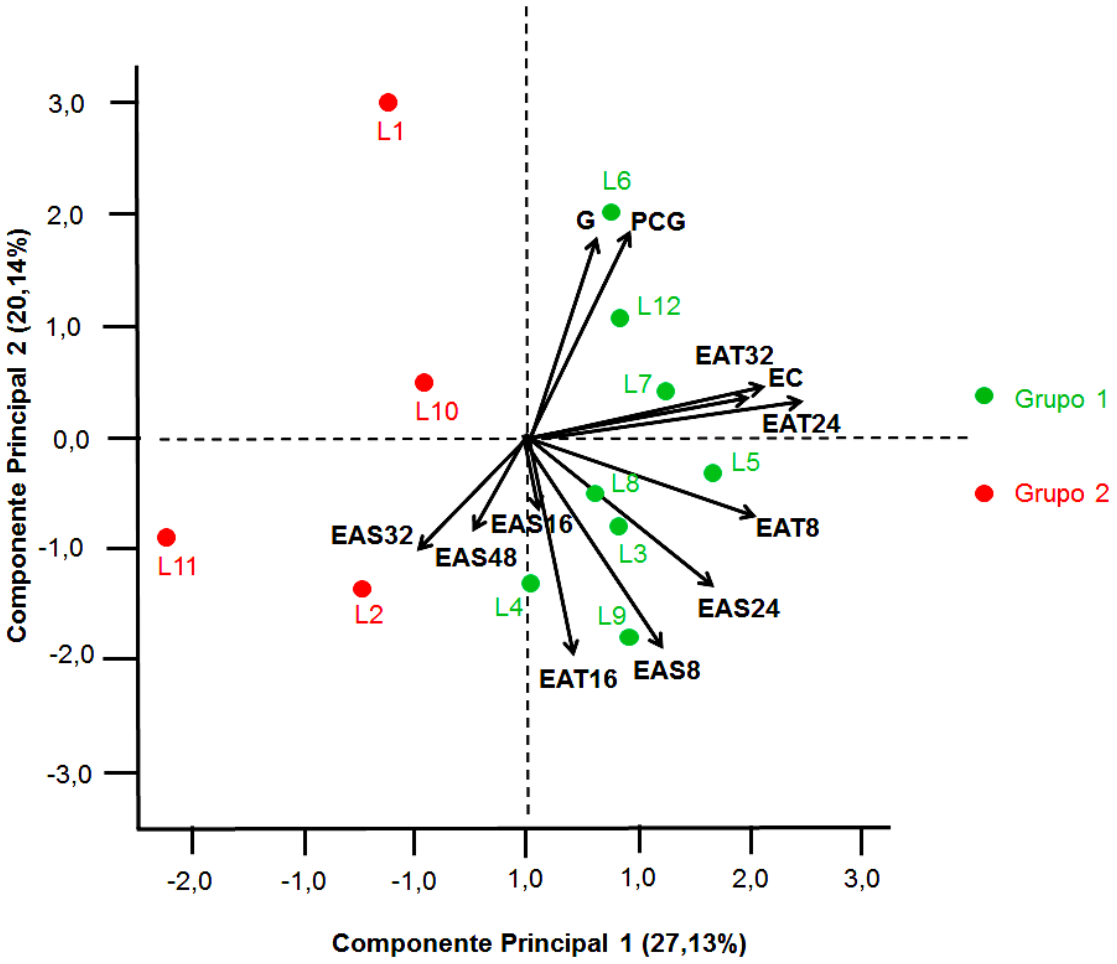

Figura 4. Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência de plântulas em campo (EC), envelhecimento acelerado tradicional nos períodos 8, 16, 24 e 32 horas (EAT8, EAT16, EAT34 e EAT32, respectivamente) e salino nos períodos 8, 16, 24, 32 e 48 horas (EAS8, EAS16, EAS34, EAS32 e EAS48, respectivamente) na avaliação de 12 lotes de sementes de cártamo.

As variáveis primeira contagem de germinação, germinação, envelhecimento tradicional por 16 horas e salino por 8 horas apresentaram poder discriminatório para o componente principal 2. As duas primeiras variáveis estão correlacionadas entre si, assim como as duas últimas, verificando-se ângulos agudos entre os vetores (Figura 4). No entanto, essas variáveis de envelhecimento, mesmo apresentando poder discriminatório para o componente principal 2, verifica-se sinal negativo, ou seja, quanto maior a porcentagem de plântulas obtidas após o envelhecimento menor os valores das variáveis germinação e primeira contagem.

Logo, estas variáveis não seriam eficientes para avaliar qualidade de sementes de cártamo.

Para o componente principal 3 as variáveis que tiveram maior poder discriminatório foram envelhecimento acelerado salino por 16, 32 e 48 horas (Tabela 11). Verifica-se que a medida que aumenta o número de componentes utilizados, estes têm menor variância acumulada. Logo, as variáveis destes componentes teriam menor poder discriminatório na avaliação de lotes de sementes de cártamo.

4.3 Teste de frio

Apresenta-se, na Tabela 11, o resumo da análise de variância do teste de frio de 12 lotes de sementes de cártamo submetidos a quatro períodos de acondicionamento, na temperatura de 10 °C. Observa-se que os lotes se diferenciaram dentro dos períodos 3, 5 e 7 dias.

Tabela 12. Resumo da análise de variância do teste de frio de 12 lotes de sementes de cártamo submetidos por 0, 3, 5 e 7 dias à 10 °C. Jataí-GO, 2019

FV	GL	Quadrados médios			
		Períodos de acondicionamento (dias)			
		0	3	5	7
Lotes (L)	11	97,78^{ns}	168,70**	195,59**	286,77**
Resíduo	36	84,33	24,16	27,09	21,32
CV (%)	-	10,75	5,97	6,45	5,63

^{ns}; ** Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

A tabela de comparação de médias (Tabela 12) demonstra o comportamento germinativo dos lotes em função dos períodos nos quais as sementes foram submetidas para o teste de frio. O resultado médio geral obtido de 81% de plântulas normais revelou a alta qualidade fisiológica das sementes de cártamo, perante o teste de frio, visto que, mesmo em condições de estresse, a porcentagem de germinação manteve superior a 60% que é o mínimo exigido para a produção e a comercialização de sementes de espécies de grandes culturas inscritas no registro nacional de cultivares não contemplados com padrão específico, assim como o cártamo (BRASIL, 2013).

Tabela 13. Germinação (%) de sementes de doze lotes de cártamo, após quatro períodos de condicionamento (0, 3, 5 e 7 dias) à temperatura de 10 °C para o teste de frio

Lotes	Períodos de acondicionamento (dias)			
	0	3	5	7
1	94 a	76 c	75 c	80 b
2	77 a	67 d	71 c	63 d
3	91 a	90 a	92 a	81 b
4	80 a	79 b	73 c	76 c
5	87 a	81 b	83 b	82 b
6	87 a	82 b	83 b	73 c
7	88 a	88 a	85 b	93 a
8	82 a	87 a	77 c	91 a
9	84 a	87 a	85 b	93 a
10	82 a	83 b	75 c	84 b
11	83 a	88 a	79 c	84 b
12	90 a	80 b	92 a	87 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo método de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Medeiros et al. (2019) afirmou que esse teste tem alta sensibilidade em diferenciar os lotes de sementes, visto que é conduzido em condições estressantes. Logo, os lotes que apresentam melhores desempenhos sob baixa temperatura, são considerados os mais vigorosos. Sem a exposição das sementes ao frio, período de zero dia, não observou-se diferença entre os lotes. Com três dias de acondicionamento à 10 °C, notou-se que houve estresse nas sementes, ranqueando os lotes em quatro níveis de vigor, sendo os lotes 3, 7, 8, 9 e 11 classificados como mais vigorosos, seguidos dos lotes 4, 5, 6, 10 e 12, que diferiram dos lotes 1 e 2, sendo este último classificado como de menor vigor. No período de cinco dias, os lotes 1, 2, 4, 8, 10 e 11 apresentaram menor porcentagem de plântulas normais, diferindo dos lotes 5, 6, 7 e 9 que foram intermediários em relação aos demais. Com sete dias, os lotes foram estratificados em quatro níveis, no qual os lotes 7, 8 e 9 apresentaram maior porcentagem de germinação, seguido dos lotes 1, 3, 5, 10, 11 e 12 que foram superiores aos lotes 4 e 6 que diferiram do lote 2.

Corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, o teste de frio também foi eficiente para estratificação dos lotes de sementes de *Brachiaria decumbens* (SILVA et al., 2019) e de melão (PINHEIRO; DIAS; ARAÚJO, 2017). Isso porque temperaturas muito baixas ou muito altas podem alterar tanto a velocidade quanto a porcentagem final de germinação (VASCONCELOS et al., 2018). Guan et al. (2009) afirmaram que baixas temperaturas induzem danos à

membrana celular e limitam o processo de germinação. Logo, as sementes de menor vigor germinam mais lentamente sob temperatura subótima, particularmente, no início da embebição, com efeitos negativos na germinação e no desenvolvimento das plântulas (DIAS; ALVARENGA, 1999).

No presente trabalho, ao realizar o teste de frio, o período de 5 dias diferenciou os lotes de sementes de cártamo em três grupos. No entanto, os tempos de 3 e 7 dias estratificaram os lotes em quatro níveis de vigor, sendo, portanto mais promissores.

4.3.1 Análise de Componentes Principais

Na análise de componentes principais (Tabela 14) verificou-se a necessidade de três componentes que totalizaram 73,98% da variação acumulada, na qual o CP1 foi responsável por 39,99%, CP2 por 19,86% e o CP3 por 14,13% das variações dos dados. De modo similar, Lorentz & Nunes (2013), trabalhando com vigor em sementes de arroz, constataram a necessidade de três componentes principais.

Tabela 14. Matriz de autovetores e autovalores dos componentes principais (CP) e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de 12 lotes de cártamo com ênfase no teste de frio

Variáveis	CP1	CP2	CP3
Primeira contagem de germinação	**0,35**	0,35	**-0,47**
Germinação	**0,32**	**0,51**	-0,18
Emergência de plântulas em campo 2 cm	**0,32**	-0,20	0,29
Primeira contagem de emergência de plântulas em campo 2 cm	**0,31**	0,23	0,38
Emergência de plântulas em campo 4 cm	0,22	**-0,45**	**-0,60**
Primeira contagem de emergência de plântulas em campo 4 cm	0,24	0,34	**0,51**
Teste de frio 3 dias	**0,37**	**-0,38**	-0,11
Teste de frio 5 dias	**0,39**	-0,09	-0,42
Teste de frio 7 dias	**0,43**	-0,22	0,23
Autovalores	3,60	1,79	1,27
Variância (%)	39,99	19,86	14,13
Variância Acumulada (%)	39,99	59,85	73,98

Variáveis representativas do componente baseada no módulo da relação $0,5/(\lambda)^{0,5}$, destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

Estudos sobre testes de vigor para sementes de outras espécies como soja (BARBOSA et al., 2013), capim-piatã (SILVA et al., 2017) e capim-decumbens

(SILVA et al., 2019) também verificaram variância acumulada próximo de 70%, valor este indicado por Rencher (2012) para determinação do número de componentes a serem adotados.

Foram calculados os autovetores entre as variáveis originais e os componentes principais conforme este pressuposto Ovalles & Collins (1988) foram considerados significativos autovetores superiores a 0,26; 0,37 e 0,44 para os componentes 1, 2 e 3, respectivamente.

Somente as variáveis emergência de plântulas em campo 4 cm e primeira contagem de emergência de plântulas em campo 4 cm não tiveram poder discriminatório para o componente principal 1. As variáveis teste de frio por 3, 5 e 7 dias correlacionaram com os dois testes de emergência em campo, uma vez que seus vetores estão no mesmo sentido e quadrante, além de formarem ângulos agudos entre si (Figura 5). O teste de frio por 7 dias é promissor na avaliação de sementes de cártamo, uma vez que, apresentou maior autovetor no CP1.

As variáveis germinação, emergência de plântulas em campo 4 cm e teste de frio 3 dias apresentaram poder discriminatório para o componente principal 2. Foi observado maior correlação entre as duas últimas, pelo ângulo agudo dos seus vetores (Figura 5). No entanto, a variável de teste de frio por 3 dias, mesmo apresentando poder discriminatório para o componente principal 2, verifica-se sinal negativo. Logo, quanto maior a porcentagem de plântulas obtidas após o teste de frio, menor os valores da variável germinação. Portanto, esta variável não seria eficiente para avaliar a qualidade de sementes de cártamo.

Para o componente principal 3 as variáveis que tiveram maior poder discriminatório foram primeira contagem de germinação, primeira contagem de emergência de plântulas em campo 4 cm (Tabela 14). Nota-se que a medida que aumenta o número de componentes utilizados a variância acumulada é reduzida. Portanto, as variáveis destes componentes teriam menor poder discriminatório na avaliação de lotes de sementes de cártamo.

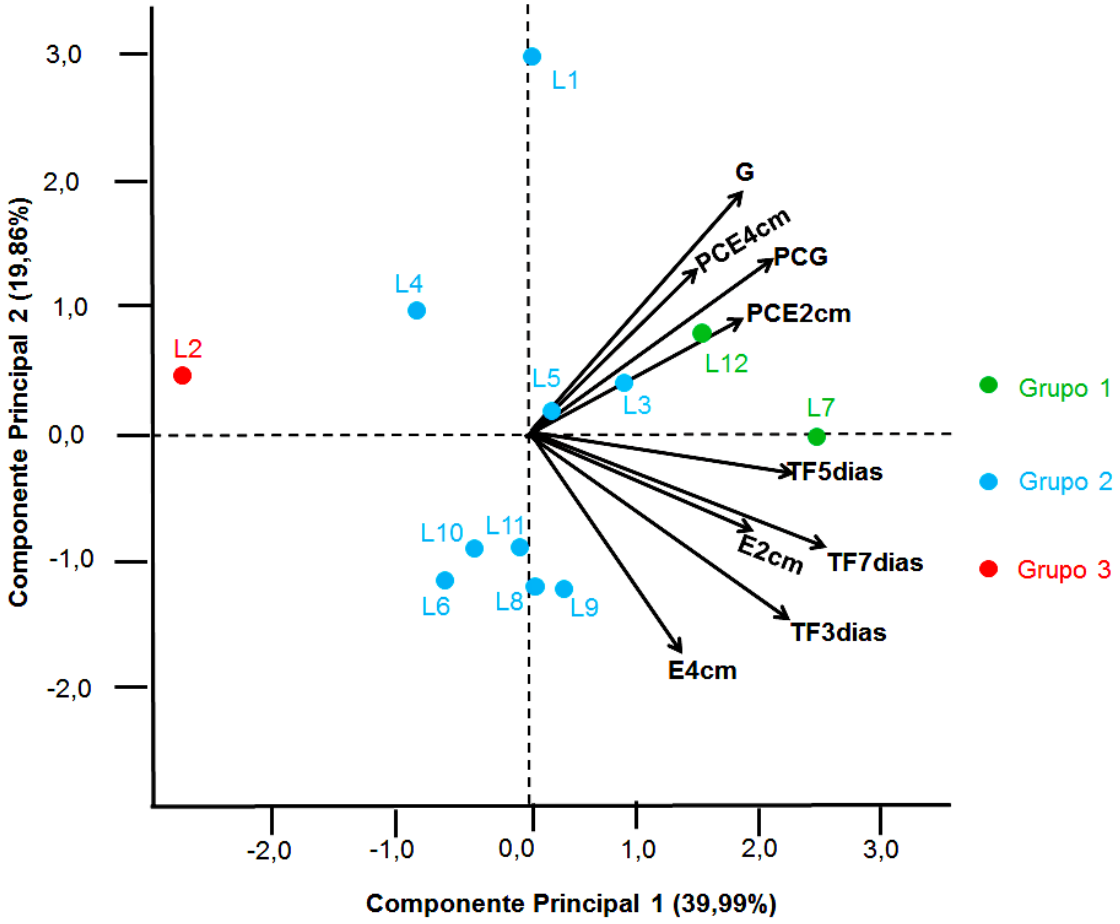

Figura 5. Dispersão de autovetores ao longo de um plano circular e formação de grupos obtidos por análise de componentes principais de acordo com as variáveis: primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), emergência de plântulas em campo 2 cm (E2cm), primeira contagem de emergência de plântulas em campo 2 cm (PCE2cm), emergência de plântulas em campo 4 cm (E4cm), primeira contagem de emergência de plântulas em campo 4 cm (PCE4cm), teste de frio 3 (TF3dias), 5 (TF5dias) e 7 (TF3dias) dias na avaliação de 12 lotes de sementes de cártamo.

5. CONCLUSÃO

O teste de envelhecimento acelerado tradicional à 42 °C por 24 horas e o teste de frio à 10 °C por 7 dias são promissores para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cártamo.

6. REFERÊNCIAS

ABUD, H. F; GONÇALVES, N. R; REIS, R. G. E; GALLÃO, M. I; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista de Ciências Agronômica.** v. 41, n. 2, p.259-265, 2010a.

ABUD, H. F.; REIS, R. de G. E.; INNECCO, R.; BEZERRA, A. M. E. Emergência e desenvolvimento de plântulas de cártamos em função do tamanho das sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 95-99, 2010b.

AGUIAR, R. S. de; YAMAMOTO, L. Y.; PRETI, E. A.; SOUZA, G. R. B. de; SBRUSSI, C. A. G.; OLIVEIRA, E. A. de P.; ASSIS, A. M. de; ROBERTO, S. R.; NEVES, C. S. V. J. Extração de mucilagem e substratos no desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 605-612, 2014.

ANICÉSIO. E. C. A.; Bonfim-Silva, E. M.; Silva, T. J. A. da.; Koetz, M. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 6, p. 552-560. 2015.

ARANTES, A. M. **Cártamo (*Carthamus tinctorium* L.) produção de biomassa, grãos, óleo e avaliação nutritiva da silagem.** 34f. 2011. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – São Paulo, 2011.

ARAÚJO, F. dos S.; FÉLIX, F. C.; FERRARI, C. dos S.; BRUNO, R. de L. A.; PACHECO, M. V. Adequação do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de leucena. **Agrária**, v. 12, n. 1, p. 92-97, 2017.

Association of Official Seed Analysts [AOSA]. **Seed Vigor Testing Handbook.** AOSA, Lincoln, NE, USA. (Contribuition, 32). 2002.

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; MARTORELLI, D.T.; ALBRECHT, L.P.Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005.

BAGHERI, H.; SAM-DALIRI, M. Effect of Water Stress on Agronomic Traits of Spring Safflower Cultivars (*Carthamus Ttinctorius* lL.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences,** v. 5, n. 12, p. 2621-2624, 2011.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; FERRAUDO, A. S.; CORÁ, J. E.; VIEIRA, R. D. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 302-310, 2013.

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

BARROS, A. S. do R.; DIAS, M. C. L. de L.; CICERO, S. M., KRZVZANOWSKI, F. C. Testes de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, cap. 7, 1999.

BERGER, A. P. de A.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. de. Variabilidade na dormência relativa dos diásporos de *Lithraea molleoides* (Vell.) Eng. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 1-13, 2014.

BHERING, M.C. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lanatus Scherad*.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.1-6, 2003.

BIDGOLY, R.O.; BALOUCHI, H.; SOLTANI, E.; MORADI, A. Effect of temperature and water potential on Carthamus tinctorius L. seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and modeling using hydrothermal time. **Industrial Crops & Products**, v. 113, n. 3, p. 121-127, 2018.

BINOTTI, F. F. da S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum**. **Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BONAMIGO, T; FORTES, A. M.T; PINTO, T. T; GOMES, F. M; SILVA, J; BATURI, C. V. Interferência alelopática de folhas de cártamo sobre espécies oleaginosas. **Biotemas**, v. 26, n. 2, p. 1-8, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; PALUDO, J. T. S.; SOUSA, J. V. R.; de FREITAS SOUSA, H. H.; da SILVA, T. J. A.; Development of Safflower Sujected to Nitogen Rates in Cerrado Soil. **American Journal of Plant Sciences,** v. 6, n. 13, p. 2136-2143, 2015.

BORTOLI, M. de. Soja: A influência da temperatura e umidade na qualidade da semente. 2017. Disponível em: https://www.sementesaurora.com.br/noticias/4/soja-a-influencia-da-temperatura-e-umidade-na-qualidade-da-semente. Acesso em: 08 jul. 2019.

BRASIL. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.** Instrução normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. N. 183, Seção 1, pág. 6. 2013.

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

BURRIS, J.S.; NAVRATIL, R.J. Relationship between laboratory cold test methods and field emergency in maize inbreds. **Agronomy Journal**, v. 71, n. 6, p. 985-988, 1979.

CAMPANELLA, L. C. de A.; SILVA, A. C.; FREYGANG, J.; MAGRO, D. D. D. Efeito da suplementação de óleo de cártamo sobre o peso corporal, perfil lipídico, glicídico e antioxidante de ratos wistar induzidos a obesidade. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada,** v. 35, n. 1, p. 141-147, 2015.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 588p.

CASEIRO, R.F.; MARCOS-FILHO, J. Alternative methods of the cold test for evaluation of corn seed vigor. **Scientia Agricola,** v. 57, n. 3, p. 459-466, 2000.

COCHRANE, A.; HOYLE, G.L.; YATES, C. J.; WOOD, J.; NICOTRA, A.B. Predicting the impact of increasing temperatures on seed germination among populations of Western Australian Banksia (Proteaceae). **Seed Science Research**, v. 24, n. 3, p. 195-205, 2014.

COIMBRA, R. A.; TOMAZ, C. A.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. - TTeste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos visando a otimização dos resultados. **Revista Brasileira de Sementes,** v. 29, n. 1, p. 92-97, 2007.

CORONADO, L. M. **El cultivo Del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México.** Instituto nacional de investigacion esforestales, agrícolas y pecuárias. México, Septiembre, 2010. 98p.

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.

DAJUE, L; MÜNDEL, H. H. **Safflower (*Cartamus tinctorius* L.)**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crop. IPGRI: International Plant Genetic Resource Institute. Rome, 1996. 81p.

DAPONT, E. C.; SILVA, J. B. da; OLIVEIRA, J. D. de; ALVES, C. Z.; DUTRA, A. S. Métodos para acelerar e uniformizar a emergência de plântulas de *Schizolobium amazonicum*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 598-605, 2014.

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

DEMIR, M. Conformity of vigor tests to determine the seed quality of safflower (*'Carthamus tinctorius'* L.) cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 3, p. 455-459. 2014.

DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Teste de germinação a baixa temperatura. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, cap. 7, 1999. p. 1-4.

EKIN, Z. Resurgence of Ssafflower (*Carthamus tinctorius* L.). Utilization: A global view. **Journal of Agronomy**, v. 4, n. 2, p. 83-87. 2005.

EMONGOR, V. Safflower (*Carthamus tinctorius* L,) the underutilized and neglected crop: A review. **Asian Journal of Plant Science**, v. 9, n. 6, p. 299-306, 2010.

FANTI, S. C.; PEREZ, J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 903-909, 2004.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics, 2017. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize. Acesso em: 20 jun. 2019.

FLÁVIO. J. J. P.; PAULA, R. C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 391-399, 2010.

FRANDOLOSO, D. C. L.; RODRIGUES, D. B; ROSA, T. D; ALMEIDA, A da S.; SOARES, V. N.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. V. M. de. Qualidade de sementes de alface avaliada pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 703-713, 2017.

GALAVI, M.; ROMROUDI, M.; TAVASSOLI, A. Effect of micronutrientes foliar application on yield and seed oil contente of safflower (*Carthamus tinctorius*). **African Journal of Agricultural Research,** v. 7, n. 3, p. 482-486, 2012.

GAMA, G. F. **Substratos e tempo de condução para o teste de germinação de sementes de cártamo.** 2018 – Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Goiás. 2018.

GIRARDI, L. B.; LAZAROTTO, M.; DURIGON, M. R.; PEDROSO, D. C.; MÜLLER, J.; MUNIZ, M. F. B. Envelhecimento acelerado em sementes de cártamo. **Revista da FZVA Uruguaiana**, v. 19, n. 1, p. 43-54, 2013.

GODAKAHRIZ, S. J.; RASTEGAR. Z.; SHAHVERDIKANDI, M. A. Effect of seed aging on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed vigor and germination parameters. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences,** v. 3, n.3, p. 445-449, 2012.

GOMES FILHO, J. C.; PEITER, A. S.; PIMENTEL, W. R. O.; SOLETTI, J. I., CARVALHO, S. H. V.; MEILI, L. Biodiesel production from Sterculia striata oil by ethyl transesterification method. **Industrial Crops and Products,** v. 74, p. 767-772, 2015.

GOMES JÚNIOR, D.; LOPES, J. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliar o potencial fisiológico de sementes de canudo-de-pito. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1105-1115, 2017.

GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DESMATLÊ, M. E. S. P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n.2, p. 265-276, 2008.

GRZYBOWSKI, C. R. de S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 590-596, 2015.

GUAN, Y.; HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. **Seed Science Center**, v.10, n.6, p.427-433, 2009.

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

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: Resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 15, p. 83-90, 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas Acesso em: 15 de abril de 2019.

International Seed Testing Association [ISTA]. 2014. **Seed Vigour Testing.** International Rules for Seed Testing, Zurich, Switzerland. 2014.

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

KAYA, M. D.; KULAN, E. G.; ILERI, O.; AVCI, S. Prediction of viability and emergence capacity of safflower seed lots. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 29, n. 3, p. 714-720, 2019.

KHAVARI, F.; GHADERI-FAR,. F.; SOLTANI, E. Laboratory tests for predicting seedling emergence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. **Seed Technology,** v. 31, n. 2, p. 189-193, 2009.

KIZIL, S; CAKMAK, O; KIRICI, S; INAN, M. Comprehensive study on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in semi-arid conditions. **Biotechnology & Biotechnological Equipment,** v. 4, n. 1, p. 947-953, 2008.

LEITE, L. A. B.; PRIOR, M., SANTOS, R. F., MAZIERO, C. L., NASCIMENTO, L. F. J. DO. Avaliação na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) com aplicação de fungicida e inseticida. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 287-298, 2017.

LENZ, N. B. G.; SANTOS, R. F.; LENZ, M. L.; TOKURA, L.; SAMPAIO, M. C. Sowing Depth on Emergence of Different Safflower Genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 12, p. 135-151, 2017.

LOPES, C. A.; CARVALHO, M. L. M. de; SANTOS, H. O. dos; ANDRADE, D. B. de. Importance of amylases for physiological quality in maize seeds. **Biotemas**, v. 30, n. 3, 2017.

MEDEIROS, M. L. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PEREIRA, M. D.; PÁDUA, G. V. G. de. Adequação do teste de lixiviação de potássio em sementes de *Moringa oleífera*. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 941-949, 2019.

LORENTZ, L. H.; NUNES, U. R. Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 798-804, 2013.

MACEDO, V. G. K. **Influência do beneficiamento em mesa de gravidade na qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de cártamo** (*Carthamus tinctorius* L.). 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

MACHADO, C. G.; SILVA, G. Z. da; OLIVEIRA, S. S. C. de; MARTINS, C. C. Accelerated aging test for forage pea seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 5, p. 1819-1828, 2019.

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

MARCOS FILHO, J. **Seed physiology of cultivated plant.** Londrina: ABRATES, 2016. 616 p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia agrícola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MARINHO, J. de L.; COSTA, D. S. da; CARVALHO, D. U. de; CRUZ, M. A. da; ZUCARELI, C. Evaluation of vigor and tolerance of sweet corn seeds under hypoxia. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 180-186, 2019.

MARINI, P.; MORAES, C. L.; MARINI, N.; MORAES, D. M. de; AMARANTE, L. do. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 722-730, 2012.

MARTINS, A. B. N.; COSTA, C. J.; XAVIER, F. da M.; BRUNES, A. P.; DIAS, L. W.; RADKE, A. K.; EBERHARDT, P. E. da R.; CAVALCANTE, J. A.; VERA, M. J. G.; TUNES, .L. V. M. de; MORAES, D. M. de. Accelerated aging test in amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 444-448, 2018.

MARTINS, A.B.N; MARINI, P.; BANDEIRA, J.M.; VILLELA, F.A; MORAES, D.M. Review: Analysis of seed quality: a nonstop envolving activity**. African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 49, p. 3549-3554, 2014.

MAZIERO, C. L.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; LEWANDOSKI, C. F.; BUENO, P. de L.; BENETOLI, T. R.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, D. M.; ROSSETO,

R. E. Initial growth and agronomic performance of some important North American safflower cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 5, p. 726-731, 2019.

MAZIERO, C. L.; SANTOS, R. F.; LEITE, L. A. B.; NASCIMENTO, L. F. J. DO; MASIERO, M. A. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 104-113, 2017.

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

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers Plant Science**, v. 5, n. 4, p. 112, 2014.

MONTIEL, C. B.; SANTOS, R. F. dos; SIMONETTI, A. P. M. M.; SECCO, D.; BUENO, P. Diferentes condições de temperatura na germinação de sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius*). **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 262-270, 2017.

MORAES, C. E.; LOPES, J. C.; FARIAS, C. C. M.; MACIEL, K. S. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* a. DC em função do teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Florestal,** v. 26, n. 1, p. 213-223, 2016.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 32, n. 6, p. 1810-1817, 2008.

MULLER, F.; SEABRA JÚNIOR, E.; POZZO, D. M. D.; SANTOS, R. F.; SILVEIRA, L. da. Potencial alelopático de folhas de manga (*Mangifera indica*) sob a germinação, emergência e desenvolvimento inicial de plantas de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 159-165, 2017.

MÜNDEL, H. H; BLACKSHOW, R. E; BYERS, J. R; HUANG, H. C; JOHNSON, D. L; KEON, R. **Safflower production on the Canadian Prairies.** Lethbridge: Canadá, 2004. 43p.

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, 1999. p. 49-85.

OBA, G. C.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; HARTMANN FILHO, C. P.; PATRICIO, V. S.; SARATH, K. L. L. Dormancy of safflower seeds: effect of storage and cold stratification. **Journal of Seed Science,** v. 39, n. 4, 2017.

OLIVEIRA, C. M. de. **Qualidade de sementes de girassol em função da posição do capítulo e da densidade de plantas.** 2013. 60 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

OLIVEIRA, J. D. de; SILVA, J. B. da; ALVES, C. Z. Tratamentos para incrementar, acelerar e sincronizar a emergência de plântulas de mucuna-preta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 531-539, 2017.

PEREIRA, G. M.; LICHSTON, J. E. Influência do armazenamento de aquênios de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) na sua morfofisiologia e qualidade do óleo. **XVI Seminário Regional Integrador, II em Desenvolvimento e Meio Ambiente.** 2013.

PINHEIRO, D. T.; DIAS, D. C. F. dos S.; ARAÚJO, J. de O. Germination of melon seeds under water and thermal stress. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 4, p. 440-447, 2017.

R CORE TEAM. **R:** a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: < https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 jul. 2019.

RADKE, A. K.; REIS, B. B. dos; GEWEHR, É.; ALMEIDA, A. da S.; TUNES, L. M. de; VILLELA, F. A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural,** v. 46, n. 1, p. 95-99, 2016.

RAMOS, A. R.; SILVA, G. H. da; FERREIRA, G.; ZANOTTO, M. D. Efeito da temperatura na germinação de sementes de diferentes genótipos de *Carthamus tinctorius*. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 1, p. 22-31, 2018.

RENCHER, A. C.; CHRISTENSEN, W. F. **Methods of multivariate analysis.** 3.ed. New York: John Wiley Professio, 2012. 758p.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

ROCHA, C. R. M. da; SILVA, V. N; CICERO, S. M. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 970-976, 2015.

SAMPAIO, M. C.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; VASCONSELOS, E. S. de.; SILVA, M. de A.; SECCO, D.; SILVA, T. R. B. da. Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 589-595, 2016.

SAMPAIO, M. C.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; VASCONSELOS, E. S. DE; SILVEIRA, L. DA; LENZ, N. B. G.; LEWANDOSKI, C. F.; TOKURO, L. K. Effect of plant density on oil yield of safflower. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 25, p. 2147-2152, 2017.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação:** um enfoque estatístico. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2004. 248 p.

SANTOS, R. F.; SILVA, M. de A. *Carthamus tinctorius* L.: Uma alternativa de cultivo para o Brasil. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 26-35, 2015.

SCHAFFNER, R. de A.; SEABRA JÚNIOR, E.; POZZO, D. M. D.; SANTOS, R. F.; NEVES, A. C.; MADALENA, L. C. de S. Extrato de capim napier (*Pennisetum purpureum*) aplicado no desenvolvimento inicial do Ccártamo (*Carthamus tinctorius*). **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 223-230, 2017.

SEHGAL, D.; RAINA, S.N. Genotyping safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars by DNA fingerprinting. **Euphytica,** v. 146, n. 1, p. 67-76, 2005.

SILVA, D. D. A.; MACHADO, C. G.; CRUZ, S. C. S.; VESPUCCI, I. L.; ARAUJO, Y. J. D. de. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de tamarindo. **Revista ESPACIOS,** v. 38, n. 14, p. 4, 2017.

SILVA, F. A. N. **Potencial do teste de emergência em canteiro para estimar o estabelecimento da cultura do milho no campo.** 2012. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SILVA, G. Z. da; MARTINS, C. C.; BRUNO, R. de L. A.; PEREIRA, F. E. C. B.; JEROMINI, T. S. Multivariate analysis and vigor tests to determine the quality of *Brachiaria decumbens* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 291-299, 2019.

SILVA, G. Z. da; MARTINS, C. C.; CRUZ, J. O.; JEROMINI, T. S.; BRUNO, R. de L. A. B. Evaluation the physiological quality of Brachiaria brizantha cv. BRS 'Piatã' seeds. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 3, p. 572-580, 2017.

SINGH, V.; NIMBKAR, N. **Safflower**. In: Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production (Gupta, S. K. ed.). Elsevier, 2016, p.147-165.

SOLEYMANI, A. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed vigor tests for the prediction of field emergence. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 378-386, 2017. http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.022.

TUNES, L. M. de; 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.

VASCONCELOS, M. C.; COSTA, J. C.; SILVA-MANN, R.; FERREIRA, R. A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* por diferentes metodologias. **Agropecuária Científica no Semiárido,** v. 14, n. 4, p. 311-317, 2018.

VIEIRA, R. D. et al. Teste de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994. p. 31-47.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: Funep/Unesp, 1994. p. 31-47.

VIVAS, M. J. Culturas Alternativas – Cártamo, Sésamo e Camelina. **Melhoramento**, v. 38, p. 183-192, 2002.

YAO, Y.; YAO, J.; DU, ZHENYUN.; WANG, P.; DING, KAN. Structural elucidation and immune-enhancing activity of an arabinogalactan from flowers of *Carthamus tinctorius* L. **Carbohydrate Polymers**, v. 202, p. 134-142, 2018.

ZUCARELI C., CAVARIANI, C.; OLIVEIRA, E. A. de P.; NAKAGAWA, J. Métodos e temperaturas de hidratação na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica,** v. 42, n. 3, p. 684-692, 2011.