

ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE CÁRTAMO TRATADAS POR TERMOTERAPIA

Janine Farias Menegaes*; Ubirajara Russi Nunes**; Rógerio Antônio Bellé**; Rodrigo Roso***.

* Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

** Professor Associado na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

*** Doutorando em Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

*Autor para correspondência e-mail: janine_rs@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Carthamus Tinctorius L
Embalagens
Germinação

KEYWORDS

Carthamus Tinctorius L
Packaging
Germination

RESUMO: A cultura do cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) apresenta ampla aptidão de uso, desde planta ornamental a oleaginosa, com boa adaptabilidade de cultivo no país. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de cártamo tratadas por termoterapia durante o armazenamento em diferentes embalagens. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4x4 (tratamentos de sementes, tipos de embalagens e períodos de armazenamento), com quatro repetições. Os tratamentos das sementes foram: testemunha (sem tratamento), termoterapia via calor úmido (45° C 15 min⁻¹) e termoterapia via calor seco (45° C 24 h⁻¹), em embalagens foram do tipo: frasco de vidro transparente, sacos de papel Kraft, embalagem plástica de garrafa e saco plástico selado a vácuo. Os períodos de armazenamento foram: 0, 4, 8 e 12 meses, em ambiente com refrigeração em câmara fria (15° C e 40% UR). As qualidades foram avaliadas pelos testes de germinação, condutividade elétrica massal, comprimento e massa de plântulas, emergência no campo e sanidade. Observou-se que a partir de quatro meses de armazenamento houve declínio na qualidade fisiológica e sanitária das sementes de cártamo, observado pela diminuição da germinabilidade e da emergência das plântulas no campo. Portanto, o tratamento de sementes por termoterapia é eficaz quando a semeadura realizada na sequência do tratamento (24 h).

SAFFLOWER SEED STORAGE TREATED BY THERMOTHERAPY

The cultivation of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) is widely used, from ornamental to oilseed plants, with good cultivation adaptability in the country. Thus, the objective of this work was to evaluate the physiological and health quality of safflower seeds treated by thermotherapy during storage in different packages. The experimental design used was completely randomized, in a 3x4x4 factorial scheme (seed treatments, types of packaging and storage periods), with four replications. The seed treatments were: control (without treatment), thermotherapy via wet heat (45° C 15 min⁻¹) and thermotherapy via dry heat (45° C 24 h⁻¹), in packages were of the type: transparent glass bottle, bags Kraft paper, plastic bottle packaging and vacuum-sealed plastic bag. The storage periods were: 0, 4, 8 and 12 months, in an environment with refrigeration in a cold chamber (15° C and 40% RH). The qualities were evaluated by germination, mass electrical conductivity, seedling length and mass, field emergence and health tests. It was observed that after four months of storage there was a decline in the physiological and health quality of safflower seeds, observed by the decrease in germination and the emergence of seedlings in the field. Therefore, the treatment of seeds by thermotherapy is effective when sowing is carried out following the treatment (24 h).

Recebido em: 30/04/2020

Aprovação final em: 05/09/2020

DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2021.v24i2.948>

INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma espécie de interesse agroeconômico com boa adaptabilidade de cultivo no país, classificada como planta anual, rústica e oleaginosa, apresenta ampla aptidão de uso, desde óleo alimentar, medicinal e biodiesel a hastes florais para ornamentação. Cultivado economicamente em mais de 60 países, com a produtividade média de sementes de 882 kg ha⁻¹. As produções de hastes florais e sementes têm sido reduzidas em virtude da alta suscetibilidade ao ataque de patógenos, sendo esses o principal agente depreciador da qualidade ornamental na produção de hastes florais e da baixa qualidade fisiológica das sementes (ABUD *et al.*, 2010; GIRARDI *et al.*, 2013; EMONGOR; OAGILE, 2017; FAOSTAT, 2017).

As qualidades dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários determinam a capacidade da semente de originar plantas de alta produtividade e, ao longo do tempo esses atributos vão se modificando. Sendo a conservação da qualidade das sementes fundamental durante todo o período de armazenamento, em que pode ser comprometida pelo teor de água (umidade de secagem), presença e ação de fitopatógenos e insetos, umidade relativa e temperatura do ar, tipos de embalagens, disponibilidade de oxigênio e pelo período de armazenamento (ABREU *et al.*, 2013; BESSA *et al.*, 2015; MARCOS FILHO, 2015).

Contudo, apesar do manejo dos fatores na conservação das sementes, observa-se que a deterioração das sementes ocorre em virtude das condições de armazenamento, sendo esses sintomas, principalmente os fisiológicos evidenciados durante a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. A associação de embalagens com as condições de armazenamento e com o teor de água das sementes influenciam diretamente a longevidade de sementes de diversas espécies, como florestais, hortícolas e florícolas. O uso de embalagens durante o armazenamento de sementes promove um controle na troca de vapor d'água entre as sementes e o ar ambiente (ABREU *et al.*, 2011; MARCOS FILHO, 2015; SILVA *et al.*, 2018).

O tratamento de sementes durante o período de armazenamento pode ser considerado uma vantagem na longevidade das sementes, entretanto, depende do método e da técnica a ser utilizada, por exemplo, uso de produtos químicos apesar da eficiência e facilidade de aplicação, podem causar efeitos fitotóxicos sobre as sementes ao longo do armazenamento (VILLELA; MENEZES, 2009). Para o tratamento de sementes de espécies agroeconômicas utilizam-se produtos de diversas origens, como químico, biológico ou bioquímico, no entanto, no Brasil não há produtos fitossanitários registrados no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura do cártamo. Neste contexto e buscando uma agricultura de baixo impacto ambiental, o uso de tratamentos de sementes por termoterapia, pode ser viável, pois utiliza o binômio temperatura-tempo como medida de controle para a eliminação de patógenos preservando a qualidade fisiológica das mesmas (COUTINHO *et al.*, 2007; GAMA *et al.*, 2014).

Assim, objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de cártamo tratadas por termoterapia durante o armazenamento em diferentes embalagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, no período de janeiro de 2017 a março de 2018, no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado em Santa Maria, RS (29°43' S; 53°43' W e altitude de 95m). As sementes de cártamo utilizadas foram da cultivar Yellow Saffron, colhidas na safra 2016/2017, e armazenadas em câmara fria (15° C e 40% UR) em sacos de papel Kraft (tipo pardo de 1,0 kg), com grau de umidade médio de 9,0% até a execução deste experimento.

Em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3x4x4 (tratamentos de sementes, tipos de embalagens e períodos de armazenamento), com quatro repetições. Os tratamentos de sementes foram: testemunha (sem tratamento); termoterapia via calor úmido: as sementes foram acondicionadas em Becker de vidro de 500 mL contendo água destilada e este mantido em aparelho de banho-maria

termodigital com água aquecida por 45°C 15 min^{-1} . Previamente, as sementes foram embebidas em água destilada não aquecida, durante uma hora, para eliminação de bolsões de ar entre os tecidos mortos superficiais, facilitando a condução de calor nos tecidos das sementes (COUTINHO *et al.*, 2007; Menegaes *et al.*, 2019a). Após o tratamento termoterápico as sementes foram postas para secar sobre papel-toalha a temperatura ambiente pelo período de 24 h; tratamento por termoterapia via calor seco: as sementes foram acondicionados em sacos de papel Kraft (tipo pardo de 1,0 kg) e submetidos à temperatura 45°C 24 h^{-1} , em estufa de circulação forçada, para o procedimento (MENE GAES *et al.*, 2019b).

As embalagens foram do tipo: frasco de vidro de transparente com tampa de rosca (350 mL); sacos de papel Kraft (tipo pardo de 1,0 kg); embalagem plástica de polietileno tereftalato (garrafa PET 600 mL) e saco plástico (polietileno de 500 mL) selado a vácuo. E, os períodos de armazenamento foram: 0, 4, 8 e 12 meses, em ambiente com refrigeração em câmara fria (15°C e 40% UR). A primeira avaliação da qualidade fisiológica e sanitária foi 24 h após a realização dos tratamentos de sementes e embaladas, considerando esta como período de armazenamento zero.

Na sequência avaliaram-se as qualidades pelos seguintes testes:

Massa de mil sementes: determinado pelo método de Brasil (2009a), com quatro repetições.

Grau de umidade das sementes: determinado pelo método de estufa $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h, utilizando-se quatro repetições de 5 g (adaptado BRASIL, 2009a).

Teste padrão de germinação (TPG) e índice de velocidade de germinação (IVG): com quatro repetições de 50 sementes distribuídas em rolo de papel de germinação, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador tipo Box Organism Development (BOD), com fotoperíodo de 24 h (luz constante) e temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2009a). As avaliações de germinação foram aos quatro e aos 14 dias após a semeadura (DAS), e os resultados expressos em percentagem de plântulas normais. O IVG foi realizado com avaliações diárias conforme a metodologia de Maguire (1962) utilizou-se como critério de germinação o alongamento da raiz primária e emergência dos cotilédones (ABUD *et al.*, 2010).

Condutividade elétrica massal (CEM): realizado com quatro repetições de 50 sementes, pesadas e acondicionadas em copos de plástico descartáveis, com capacidade para 200 mL, contendo 50 mL de água destilada. Em seguida, os copos permaneceram em germinador tipo BOD, regulada a 25°C , e as leituras foram realizadas 22 h após a embebição (antecedendo o período de protrusão radicular 24 h após a embebição), em condutivímetro de mesa, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$, conforme metodologia adaptada e descrita por Kryzanowski, Vieira e França Neto (1999).

Comprimento e massa seca de plântula: com quatro repetições de 20 sementes mantidas sob a mesma condição do TPG, aos quatro DAS foram medidos o comprimento da parte aérea e da radícula de dez plântulas normais de cada repetição, os resultados foram expressos em centímetros (cm). Na sequência determinou-se massa seca total por secagem do material em estufa de ventilação forçada a $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 48 h, os resultados foram expressos em mg pl^{-1} (NAKAGAWA, 1999).

Emergência no campo e índice de velocidade de emergência (IVE): com quatro repetições de 50 sementes distribuídas em linhas de 1 m, espaçadas a 0,2 m e com profundidade de 0,03 m, avaliação final foi realizada aos 14 DAS, com resultados expressos em percentagem de emergência de plântulas. O IVE foi realizado com avaliações diárias conforme a metodologia de Maguire (1962) utilizou-se como critério de emergência o desenvolvimento completo dos cotilédones e epicótilo (ABUD *et al.*, 2010).

Para as variáveis de germinação e emergência das plântulas no campo, utilizou-se como referência a Instrução Normativa nº. 45 de 2013 do a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), por pertencer à mesma família botânica do cártamo (Asteraceae), sendo exigidos valores 65%-70% (BRASIL, 2013).

Teste de sanidade: com quatro repetições de 50 sementes distribuídas em caixas plásticas transparentes para germinação sob substrato de papel esterilizado em autoclave e umedecido com água destilada estéril

correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram mantidas em congelador por 24 h à temperatura de $06\pm 1^\circ\text{C}$, na sequência as sementes foram conduzidas em BOD, onde permaneceram por cinco dias com fotoperíodo de 12 h de luz e 12 h de escuro, à temperatura de $20\pm 2^\circ\text{C}$ (Brasil, 2009b). Na sequência as sementes foram avaliadas em lupa (microscópio estereoscópio) de acordo com as características morfológicas dos fitopatógenos em nível de gênero, e os resultados expressos em percentagem de sementes infestadas.

Os dados expressos em percentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{x/100}$. As análises de variância dos dados e a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os três fatores testados neste trabalho, os quais foram tratamentos de sementes, tipos de embalagens e períodos de armazenamento, para a avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cártamo não apresentou significância ($p < 0,05$). Deste modo, analisou-se o desdobramento das interações com significância entre os fatores testados quanto aos períodos de armazenamento e tratamentos de sementes (Tabela 1) e entre os tipos de embalagens e tratamentos de sementes (Tabela 2).

Na Tabela 1, observa-se que a massa de mil sementes de cártamo obteve uma variação ao longo do período de armazenamento, com média geral para todos os tratamentos de sementes que foram de 36,4; 35,7; 34,9 e 31,9 g para os períodos de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente. Scariot *et al.* (2017) verificaram que o grau de umidade de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) é oscilante durante o período de armazenamento, os autores atribuíram esse comportamento a manutenção do equilíbrio higroscópico e a permeabilidade da forma de armazenamento.

A condutividade elétrica massal (CEM) média entre os tratamentos de sementes foi crescente, ao longo do armazenamento, com valores de 134; 196; 249 e 256 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ para os períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente. Constatando-se que conforme o aumento do período de armazenamento, mesmo em condições controladas de umidade relativa do ar e temperatura, houve maior liberação de lixiviação de eletrólitos e, por consequência, houve maior deterioração da qualidade das sementes de cártamo. A redução da expressão percentual da germinação aos 14 DAS e da emergência de plântulas no campo confirma esta deterioração ao longo do período de armazenamento.

Estudos realizados por Abreu *et al.* (2011), corroboram com os resultados deste trabalho, em que os valores de CEM foram crescentes ao longo do período de armazenamento (12 meses) de sementes de girassol, afetando negativamente o percentual de germinação e emergência das plântulas no campo. Marcos Filho (2015) relaciona o teste de condutividade elétrica com a capacidade de reorganização das membranas durante a embebição, e que conforme for à quantidade de íons exsudados liberados neste teste maior é a deterioração das sementes. Pois, a qualidade das sementes está diretamente correlacionada as suas condições de manejo que envolve desde a colheita até a forma de estocagem.

Verificou-se que os tratamentos das sementes de cártamo por termoterapia via calor úmido e a testemunha sofreram uma redução da expressão percentual da qualidade fisiológica referente a germinação aos 4 DAS ao longo dos períodos de armazenamento. O índice de velocidade de germinação (IVG) apresenta desempenho similar, confirmando esta deterioração da qualidade fisiológica das sementes de cártamo com o passar do tempo de armazenagem (Tabela 1).

A qualidade fisiológica inicial do lote de sementes de cártamo utilizado neste trabalho antes do tratamento de sementes e da submissão ao armazenamento era de 70% de germinação e 75% de emergência de plântulas no campo, caracterizando lote comercial segundo a Instrução Normativa nº. 45 de 2013 do MAPA (BRASIL, 2013). Observou-se que os tratamentos de sementes no período zero de armazenamento, favoreceu a expressão do potencial germinativo para 75% e 72% e, de emergência de plântulas no campo

para 80% e 77% para os tratamentos termoterápicos de calor úmido e seco.

Tabela 1 - *Carthamus tinctorius* L. interação significativa entre períodos de armazenamento e tratamentos de sementes.

Tratamento de sementes	Períodos de armazenamento (meses)			
	0	4	8	12
Massa de mil sementes (g)				
Testemunha	36,6 Aa*	36,1 Aa	34,2 Bb	32,6 Ac
Termoterapia calor úmido	36,1 Aa	35,9 Aa	35,7 Aa	31,3 Bb
Termoterapia calor seco	36,5 Aa	35,1 Ba	34,9 Ab	31,7 Ac
CV (%)	5,36			
Condutividade elétrica massal ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)				
Testemunha	139,3 Ac*	212,9 Ac	255,5 Ab	284,3 Aa
Termoterapia calor úmido	131,5 Ac	195,5 Bb	259,5 Aa	262,3 Ba
Termoterapia calor seco	130,2 Ac	179,7 Cb	231,1 Ba	221,1 Ca
CV (%)	8,39			
Germinação aos quatro DAS (%)				
Testemunha	34 Ba*	31 Bb	30 Ab	29 Bb
Termoterapia calor úmido	37 Aa	35 Aa	31 Ab	32 Ab
Termoterapia calor seco	35 Ba	34 Aa	32 Ab	35 Aa
CV (%)	8,1			
Germinação aos 14 DAS (%)				
Testemunha	70 Ba*	62 Bb	61 Bb	52 Bc
Termoterapia calor úmido	75 Aa	71 Aa	63 Bb	56 Bc
Termoterapia calor seco	72 Aa	70 Aa	66 Ab	65 Ab
CV (%)	7,73			
Índice de velocidade de germinação (IVG)				
Testemunha	48,0 Ba*	44,4 Bb	41,4 Bb	31,3 Bc
Termoterapia calor úmido	51,5 Aa	50,5 Aa	43,8 Ab	36,6 Bc
Termoterapia calor seco	49,5 Aa	49,7 Aa	46,4 Aa	46,0 Aa
CV (%)	14,1			
Emergência no campo (%)				
Testemunha	75Ca*	67 Bb	65 Cb	50 Cc
Termoterapia calor úmido	80 Aa	75Ab	67 Bc	58 B
Termoterapia calor seco	77 Ba	74 Ab	70 Ac	78 Aa
CV (%)	7,28			
Índice de velocidade de emergência (IVE)				
Testemunha	26,2 Ba*	23,8 Bb	21,8 Bb	14,5 Cc
Termoterapia calor úmido	27,8 Aa	27,3 Aa	23,9 Ab	20,0 Bb
Termoterapia calor seco	26,7 Aa	26,6 Aa	24,8 Ab	23,8 Ab
CV (%)	12,17			

*Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). DAS: dias após a semeadura. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pelos autores.

Contudo, verificou-se que a partir do quarto mês de armazenamento, iniciou-se o processo de deterioração das sementes de cártamo, sendo intensificado ao longo dos períodos avaliados para todos os tratamentos de sementes. Resultando na expressão germinativa média de 68%; 63% e 57% e de emergência no campo com média de 72%; 68% e 62% para os períodos de armazenamento de 4, 8 e 12 meses, respectivamente (Tabela 1), bem como evidenciado pela condutividade elétrica massal e pelos índices de velocidade de emergência (IVG e IVE).

Abreu et al. (2011, 2013) verificaram decréscimo na percentagem da germinação de sementes de girassol pelo período de armazenamento de 12 meses, o qual foi acentuado a partir do terceiro e quatro meses de armazenamento, respectivamente. Boiago et al. (2013) observaram pelo teste de CEM o aumento da deterioração dos sistemas de membrana das sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) armazenadas por 90 dias, afetando negativamente a expressão do vigor destas sementes.

Almeida et al. (2010) verificaram perdas na qualidade fisiológica de sementes de algodão-herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), amendoim (*Arachis hipogaea* L.), girassol e soja (*Glycine max* (L.) Merr.) após 135 dias armazenadas em condições controladas, atribuindo esta perda pela interação das características genéticas de cada espécie com o ambiente de desenvolvimento a colheita, processamento e armazenamento.

O grau de umidade inicial do lote de sementes de cártamo utilizado neste trabalho antes do tratamento de sementes e do embalagem era de 7,6%. Na Tabela 2, observou-se que o grau de umidade das sementes apresentou diferença estatística entre fatores testados quanto aos tipos de embalagens e tratamentos de sementes por termoterapia, esta diferença ocorreu em função do método de tratamento de sementes, em que o tratamento com termoterapia com calor seco apresentou menor grau de umidade para todos os tipos de embalagens utilizadas no armazenamento.

Bessa et al. (2015) atribuíram a variação do grau de umidade das sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) armazenadas em diferentes embalagens à permeabilidade das embalagens, em que a troca de água ocorre devido as sementes serem higroscópicas.

Almeida et al. (2010) apontam que o armazenamento não melhora a qualidade das sementes, sim tem função de conservá-las, contudo, sementes de espécies oleaginosas a perda da viabilidade é intensificada durante o período de armazenagem conforme a temperatura e a embalagem utilizada. Abreu et al. (2013) observaram que a qualidade das sementes de girassol variou conforme o uso de diferentes tipos de embalagens durante o armazenamento, destacando positivamente as embalagens plásticas seladas a vácuo.

Observou-se que a média entre os tratamentos de sementes para os comprimentos totais de plântulas foram de 8,1; 8,5; 8,4 e 8,4 cm e a média para as massas secas totais de plântula foram de 9,7; 9,8; 10,1 e 9,8 mg pl⁻¹ para as embalagens de frasco de vidro transparente, sacos de papel Kraft, embalagem plástica e saco plástico selado a vácuo, respectivamente (Tabela 2). Constatou-se que houve uma similaridade média do comprimento total de plântulas e da massa seca total de plântula de cártamo nas diferentes embalagens utilizadas para todos os períodos de armazenamento.

A qualidade sanitária inicial do lote de sementes de cártamo utilizado neste trabalho antes do tratamento de sementes e da submissão ao armazenamento era de 35% das sementes totais infestados (SIT). Na Tabela 2, observou-se que as sementes de cártamo apresentaram incidência média de fitopatógenos com 34%; 30%; 33% e 32% das SIT, pelo teste de sanidade, para as embalagens de frasco de vidro transparente, sacos de papel Kraft, embalagem plástica e saco plástico selado a vácuo, respectivamente. Observou-se que houve pouca variação percentual da incidência de fitopatógenos associados as sementes de cártamo durante todo o período de armazenamento, independentemente das embalagens utilizadas.

Os fitopatógenos de maior incidência identificados nas sementes de cártamo foram os dos gêneros *Aspergillus* spp., *Botrytis* spp., *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. com média geral de 61; 22; 8 e 9%, respectivamente, com variação entre os tratamentos de sementes por termoterapia e diferentes embalagens. Vechiato e Parisi (2013) associam a presença de fungos do gênero *Aspergillus* spp. como um indicador

da deterioração da qualidade fisiológica das sementes de espécies florestais durante o armazenamento, assim, corroborando com os resultados observados neste trabalho.

Tabela 2 - *Carthamus tinctorius* L. interação significativa entre tipos de embalagens e tratamentos de sementes.

Tratamento de sementes	Tipos de embalagens			
	Vidro ¹	Papel ²	Plástico ³	Vácuo ⁴
Grau de umidade de sementes (%)				
Testemunha	7,5 Ab*	8,1 Aa	7,5 Ab	7,8 Aa
Termoterapia calor úmido	7,1 Ab	7,7 Aa	7,3 Ab	7,6 Aa
Termoterapia calor seco	7,4 Ab	8,0 Aa	8,0 Aa	7,9 Aa
CV (%)	4,8			
Comprimento total de plântulas (cm)				
Testemunha	8,2 Aa*	8,7 Aa	8,4 Ba	8,3 Aa
Termoterapia calor úmido	7,7 Bb	8,4 Aa	7,9 Bb	8,3 Aa
Termoterapia calor seco	8,5 Aa	8,5 Aa	8,8 Aa	8,6 Aa
CV (%)	4,84			
Massa seca total de plântula (mg pl⁻¹)				
Testemunha	9,3 Ba*	9,6 Ba	9,6 Aa	9,8 Aa
Termoterapia calor úmido	9,2 Bb	9,5 Ba	10,0 Aa	9,0 Bb
Termoterapia calor seco	10,5 Aa	10,5 Aa	10,8 Aa	10,5 Aa
CV (%)	11,95			
Sementes totais infestadas (%)				
Testemunha	34 Aa*	28 Bb	33 Aa	32 Aa
Termoterapia calor úmido	30 Ba	32 Aa	33 Aa	28 Bb
Termoterapia calor seco	37 Aa	30 Bb	32 Ab	35 Aa
CV (%)	9,94			
<i>Aspergillus</i> spp. (%)				
Testemunha	55 Bc*	68 Ab	67 Ab	71 Aa
Termoterapia calor úmido	63 Aa	59 Bb	69 Aa	61 Bb
Termoterapia calor seco	56 Ba	54 Ba	50 Bb	46 Cb
CV (%)	16,62			
<i>Botrytis</i> spp. (%)				
Testemunha	28 Aa*	21 Bb	14 Bc	16 Bc
Termoterapia calor úmido	21 Bb	26 Aa	19 Bb	25 Aa
Termoterapia calor seco	16 Bb	21 Ba	22 Aa	21 Aa
CV (%)	20,55			
<i>Fusarium</i> spp. (%)				
Testemunha	10 Aa*	6 Bb	9 Aa	5 Bb
Termoterapia calor úmido	3 Ba	5 Ba	5 Ba	1 Ba
Termoterapia calor seco	7 Ab	9 Ab	15 Aa	19 Aa
CV (%)	29,4			
<i>Penicillium</i> spp. (%)				
Testemunha	7 Ba*	4 Ab	10 Aa	7 Ba
Termoterapia calor úmido	14 Aa	5 Ab	8 Ab	12 Aa
Termoterapia calor seco	8 Bb	7 Ab	5 Bb	13 Aa
CV (%)	30,05			

*Médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variação. ¹Frasco de vidro de transparente com tampa de rosca (350 mL); ²Sacos de papel Kraft (tipo par-do de 1,0 kg); ³Embalagem plástica de polietileno tereftalato (garrafa PET 600 mL) e ⁴Saco plástico (polietileno de 500 mL) selado a vácuo.

Fonte: elaborado pelos autores.

Reverberi *et al.* (2010) mencionam que os fitopatógenos dos gêneros *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são os que mais contribuem para a deterioração das sementes depreciando sua qualidade fisiológica, sendo os principais gêneros de fungos associados às sementes durante o armazenamento. Borém *et al.* (2006) atribuíram a ocorrência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. nas sementes armazenadas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a aceleração da sua deterioração, resultando em baixos percentuais germinativos desta espécie.

Vechiato e Parisi (2013) relatam a importância da qualidade sanitária das sementes para a formação do estande de plantas, pois a infestação de fungos patogênicos associados às sementes no campo ocasiona podridões, manchas folhares e danos ainda em estágio plantular. Ögüt e Oğuz (2006) apontam uma redução do rendimento de óleo de cártamo para biodiesel em até 75%, em virtude da alta incidência de fitopatógenos durante o ciclo de cultivo.

CONCLUSÃO

A qualidade fisiológica das sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é afetada negativamente a partir de quatro meses de armazenamento. O tratamento por termoterapia para as sementes de cártamo propicia um incremento na germinação e na emergência das plântulas no campo somente quando for semeada em seguida ao tratamento (24 h), não mantendo este benefício ao longo do período de armazenagem. Não houve redução da incidência de fitopatógenos associados as sementes de cártamo armazenados, independente das embalagens utilizadas, sendo que a maior incidência de fitopatógenos foi do gênero *Aspergillus* spp.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo incentivo e financiamento deste trabalho e, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M.; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4 p. 635-642, 2011.
- ABREU, L. A. S.; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p.240-247, 2013.
- ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. G.; REIS, R. G. E. S.; GALLÃO, M. I.; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.2, p.259-265, 2010.
- ALMEIDA, F. A. C.; JERÔNIMO, E. S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P.; SILVA, A. S. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.189-202, 2010.
- BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224-230, 2015. .

BOIAGO, N. P.; FORTES, A. M. T.; KULZER, S. R.; KOELLN, F. T. S. Potencial fisiológico de sementes armazenadas de cultivares de feijão-caupi produzidas no estado do Paraná. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 03, n.02, p. 21-32, 2013.

BORÉM, F. M.; RESENDE, O.; MACHADO, J. C.; FONTENELLE, I. M. R.; SOUSA, F. F. Controle de fungos presentes no ar e em sementes de feijão durante armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.651-659, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 45**. Brasília. MAPA. 2013, 38p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009b. 200p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009a. 395p.

COUTINHO, W. M.; PEREIRA, L. A. A.; MACHADO, J. C.; FREITAS-SILVA, O.; PENA, R. C. M.; MAGALHÃES, F.H.L. Efeitos de hipoclorito de sódio na germinação de conídios de alguns fungos transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v.25, n.3, p.552-555, 2000.

EMONGOR, V.; OAGILE, O. **Safflower production**. Botswana: The Regional Universities Forum for Capacity Building in Agriculture - RUFORUM. 2017. 67p.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Crops: Safflower**. 2017. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n. 2, p.109-112, 2014.

GAMA, J. S. N.; ARAUJO NETO, A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA JUNIOR, L. R. P.; MEDEIROS, J. G. F. Thermotherapy in treating fennel seeds (*Foeniculum vulgare* Mill.): effects on health and physiological quality. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 4, p. 842-849, 2014.

GIRARDI, L. B.; BELLÉ, R. A.; LAZAROTTO, M.; MICHELON, S.; GIRARDI, B. A.; MUNIZ, M. F. B. Qualidade de sementes de cártamo colhidas em diferentes períodos de maturação. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**, Curitiba, v. 11, p. S67-S73, 2013.

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

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. ABRATES: Londrina, 2015. 650p.
MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BELLÉ, R. A.; FERNANDES, T. S.; LUDWIG, E. J.; ZINI, P. B.; BARBI-

ERI, G. F. Thermoherapy via Humid Heat for the Treatment of Safflower Seeds. **Journal of Agricultural Science**; v. 11, n. 11, p. 30-40, 2019a.

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BERTAGNOLLI, C. M.; MUNIZ, M. F. B.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A.L. Physiological and sanitary quality of safflower seeds under different seed treatments. **Journal of Agricultural Studies**, v. 17, n. 4. p. 282-296, 2019b.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: KRZYZANOSWKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO. J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. 1999. 218p.

OGUT H., OGUZ H., **Biodiesel: Third Millennium Fuel**. Nobel Publication, n.745, p.55- 60. 2006.

REVERBERI, M.; RICELLI, A.; ZLALIC, S.; FABBRI, A. A.; FANELLI, C. Natural functions of mycotoxins and control of their biosynthesis in fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, n. 3, p. 899-911, 2010.

SCARIOT, M. A.; RADÜNZ, L. L.; DIONELLO, R. G.; MÜLLER, I.; ALMEIDA, P. M. DE. Desempenho fisiológico de sementes de trigo em função do teor de água na colheita e sistema de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 4, p. 456-464 ,2017.

SILVA, H. W.; SOARES, R. S.; VALE, L. S. R.; RODOVALHO, R. S. Qualidade de sementes de pimenta durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Acta Iguazu**, v.7, n.3, p.76-84, 2018.

VECHIATO, M. H.; PARISI, J.J.D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **Biológico**, v.75, n.1, p.27-32, 2013.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Revista Seed News**, v.8, p.22-25, 2009.