

Substratos para Testes de Emergência de Plântulas de Cártamo Armazenadas por Diferentes Períodos

Substrates for Emergency Tests of Safflower Seedlings Stored for Different Periods

Janine Farias Menegaes^{*a}; Rogério Antônio Bellé^a; Ubirajara Russi Nunes^a

^aUniversidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil.

*E-mail: janine_rs@hotmail.com

Resumo

Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) caracteriza-se por ser uma espécie em que suas sementes oferecem ampla variabilidade de uso, desde a extração de óleo para indústria farmacêutica e de biodiesel e as hastes florais para ornamentação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial fisiológico das sementes de cártamo armazenadas por diferentes períodos pelo teste de emergência de plântulas em diferentes composições de substratos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x4 (composições de substratos: areia e solo, nas proporções volumétricas de 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 e 3:1, respectivamente e períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, em câmara fria a 15° C e 40% UR), com oito repetições. Avaliou-se o potencial fisiológico das sementes em condições de laboratório conforme a legislação brasileira e em casa de vegetação, pelo teste de emergência, com a semeadura em bandeja plástica, com avaliações diárias. Observou-se em condições laboratoriais que o armazenamento afetou negativamente o potencial fisiológico das sementes de cártamo, tendo sua deterioração acentuada a partir do oitavo mês de armazenamento. Este resultado foi confirmando pelos testes de emergência em diferentes composições de substratos, assim, demonstrando viabilidade da execução destes testes em substratos. Deste modo, recomenda-se a composição volumétrica de 1:1, a qual possibilitou a melhor expressão do potencial fisiológico dessas sementes.

Palavras-chave: *Carthamus Tinctorius* L. Germinação. Qualidade Fisiológica.

Abstract

Safflower (Carthamus tinctorius L.) is characterized by being a species in which its seeds offer wide variability in use, from oil extraction to the pharmaceutical and biodiesel industry and floral stems for ornamentation. The objective of this work was to evaluate the physiological potential of safflower seeds stored for different periods by the seedling emergence test in different substrate compositions. The experimental design used was completely randomized, in a 7x4 factorial scheme (compositions of substrates: sand and soil, in volumetric proportions of 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 and 3:1, respectively, and storage periods of 0, 4, 8 and 12 months, in a cold chamber at 15° C and 40% RH), with eight repetitions. The physiological potential of the seeds under laboratory conditions was evaluated according to Brazilian legislation and under greenhouse conditions, by emergency test, with sowing in a plastic tray, with daily evaluations. It was observed under laboratory conditions that storage negatively affected the physiological potential of safflower seeds, with their deterioration accentuated after the eighth month of storage. This result was confirmed by the emergency tests on different substrate compositions, thus demonstrating the feasibility of carrying out these tests on substrates. Thus, a volumetric composition of 1:1 is recommended, which enabled the best expression of the physiological potential of these seeds.

Keywords: *Carthamus Tinctorius* L. Germination. Physiological Quality.

1 Introdução

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), pertencente à família Asteraceae, originário da Ásia, é considerado uma das mais antigas culturas agrícolas, sendo cultivada com diferentes finalidades de uso como corante culinário e têxtil, extração de óleo medicinal e biodiesel e hastes florais para ornamentação (SANTOS; SILVA, 2015; EMONGOR; OAGILE, 2017).

A produção desta espécie estava estagnada até a década 70, no entanto, com a alta demanda de hastes florais pela Europa, bem como, o consumo dos óleos medicinal e comestível, e, sobretudo, para a produção de biodiesel, fez com que a área e a produtividade desta cultura dobrassem em menos de 40 anos. Isto se deve a boa adaptabilidade as diferentes condições climáticas da cultura, compreendendo

uma área de aproximadamente um milhão de hectares e produtividade média de 882 kg ha⁻¹ (RAI; CHARAK; BHARAT, 2016; FAOSTAT, 2017). Apesar do destaque e do investimento internacional, o cultivo de cártamo no Brasil ainda é incipiente. Pesquisas iniciais de melhoramento indicam a espécie como alternativa de cultivo na entressafra, especialmente para a produção de sementes (SANTOS; SILVA, 2015).

Para avaliar a qualidade de sementes, sobretudo, para a produção comercial deve-se realizar testes que expressem seu potencial fisiológico. Entre esses testes, quando realizados em laboratório tem-se o teste padrão de germinação sobre condições ambientais controladas, em que por sua vez pode superestimar a qualidade do lote testado. Entretanto, teste complementar ao da germinação, diretamente, no ambiente

de cultivo, tem-se o teste de emergência realizado sob condições ambientais não controladas, podendo ser em estufa, casa de vegetação ou a campo (HALMER, 2000; BRASIL, 2009; MARCOS FILHO, 2015).

O não controle das condições ambientais exemplifica as condições reais que as sementes estarão expostas ao ambiente de cultivo, e essas condições podem vir a provocar efeitos deletérios nas sementes por desencadear e intensificar suas atividades metabólicas. Deste modo, o teste de emergência pode apresentar variações quanto ao uso de substratos, visando prever os atributos qualitativos do lote de sementes (BERTOLIN *et al.*, 2011; MENEGAES *et al.*, 2017).

Para ocorrer uma boa emergência de plântulas essas necessitam de condições ambientais que englobam umidade, temperatura e substrato. O substrato quando adequado à espécie proporciona um ambiente ideal para o crescimento das raízes, resultando no desenvolvimento de uma planta de qualidade (KÄMPF; TAKANE; SIQUEIRA, 2006; TAKANE; YANAGISAWA; GÓIS, 2013). De acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), os substratos utilizados para auferir a germinação/emergência são papel (mata-borrão, papel toalha e de filtro) e areia, e mais raramente utiliza-se solo, esse último deve-se ter cuidado com a fitotoxidez de cultivo anteriores.

Cada espécie vegetal apresenta características particulares como descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), entretanto, não se tem um substrato ideal para os testes de germinação e emergência de plântulas, sendo necessário realizar pesquisas com essa temática, possibilitando a comparação dos resultados obtidos em laboratórios ou em diferentes lotes. Assim, a escolha do material a ser utilizado como substrato para esse teste, deve ter características físicas e químicas, como aeração, capacidade de retenção de água, ser inerte de patógenos, entre outros (SAMARTZIDIS, 2005; FERMINO; KÄMPF, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial fisiológico das sementes de cártamo armazenadas por diferentes períodos pelo teste de emergência de plântulas com diferentes composições de substratos.

2 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). O clima na região é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen-Geiger.

As sementes de cártamo utilizadas foram da cultivar 'Yellow Saffron', colhidas na safra 2016/2017, e armazenados 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.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, para os testes de caracterização inicial das sementes nos diferentes períodos de armazenamento, em esquema fatorial 7x4 (composições de substratos e períodos de armazenamento), com oito repetições. As composições de substratos: areia textura média e solo Argissolo Vermelho Distrófico arênico, nas proporções volumétricas de 0:1, 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 e 3:1, respectivamente. Os períodos de armazenamento foram: 0, 4, 8 e 12 meses, em ambiente com refrigeração em câmara fria (15 °C e 40% UR).

Em laboratório as sementes de cártamo foram avaliadas pelos seguintes testes: grau de umidade das sementes determinado pelo método de estufa 105±3° C por 24 h (BRASIL, 2009) e teste padrão de germinação (TPG), no qual, semeou-se oito repetições de 50 sementes em rolo de papel, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador tipo BOD (Box Organism Development), com fotoperíodo de 24 h e temperatura de 25±2°C (BRASIL, 2009). A avaliação de primeira contagem de germinação ocorreu aos quatro dias após a semeadura (DAS) e a germinação de plântulas normais aos 14 DAS, sendo os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). Juntamente, com o TPG avaliou-se diariamente até sete DAS, o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962) e o tempo médio de germinação (TMG; dias) (FURBECK; BOURLAND; WATSON, 1993). Utilizou-se como critério o alongamento da raiz primária e emergência dos cotilédones (ABUD *et al.*, 2010).

O teste de condutividade elétrica massal (CEM) foi realizado com oito 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 que ocorre 24 h após a embebição), em condutímetro 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).

Para os testes de comprimento e de massa seca de plântula foram semeadas oito repetições de 20 sementes mantidas na mesma condição do TPG, aos quatro DAS foi medido o comprimento da parte aérea e da radícula de dez plântulas normais de cada repetição com régua milimétrica. A determinação da massa seca ocorreu por secagem desse material em estufa de ventilação forçada a 65±5° C por 48 h (NAKAGAWA, 1999).

Na casa de vegetação, as semeaduras em substratos nas composições supracitadas ocorreram em bandejas plásticas de cor branca nas dimensões de 28x20x06 cm,

com capacidade de três litros, com oito repetições de 50 sementes, sendo a unidade experimental composta por uma bandeja. Utilizou-se 50% da capacidade de retenção de água no recipiente conforme as metodologias de Samartzidis *et al.* (2005) e Brasil (2009). As bandejas foram mantidas em ambiente com aproximadamente 85% de umidade relativa do ar e com temperatura média do ar de 24,5 °C. As contagens de plântulas emergidas ocorreram diariamente até estabilização da emergência (14 DAS), período utilizado para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) (MAGUIRE, 1962), o tempo médio de emergência (TME; dias) (FURBECK; BOURLAND; WATSON, 1993), utilizou-se como critério o desenvolvimento completo dos cotilédones e epicótilo (ABUD *et al.*, 2010).

Para os testes de comprimento e de massa seca de plântula foram selecionadas aleatoriamente dez plântulas normais de cada repetição, sendo medido o comprimento da parte aérea e da radícula com régua milimétrica e, a determinação da massa seca ocorreu por secagem desse material em estufa de ventilação forçada a 65±5° C por 48 h (NAKAGAWA, 1999).

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

A frequência relativa de emergência de plântulas foi determinada pela metodologia adaptada de Labouriau e Valadares (1976), expressa na Equação 1.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (1)$$

em que: Fr: frequência relativa de emergência de plântulas; ni: número de emergência de plântulas por dia; Σni: número total de emergência de plântulas observadas no teste de IVE.

A entropia (índice de sincronização de emergência de plântulas) foi determinada pela metodologia adaptada de Labouriau e Valadares (1976), expressa na Equação 2.

$$E = \sum_{i=1}^k f_i \cdot \log_2 f_i \quad (2)$$

em que: E: entropia informacional (bits); fr: frequência relativa de emergência de plântulas; log2 logaritmo na base 2.

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

3 Resultados e Discussão

Observou-se que os diferentes períodos de armazenamento das sementes de cártamo promoveram a

redução dos percentuais relativos ao grau de umidade das sementes de cártamo (GRU), a primeira contagem (PCC) e a germinação (GER) de plântulas normais (Quadro 1), afetando negativamente a qualidade fisiológica destas sementes. Quando armazenadas, Marcos Filho (2015) relata que as condições de armazenamento, sobretudo, o grau de umidade afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes, resultando em baixo percentual de germinabilidade.

Quadro 1 - Grau de umidade (GRU), primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento radicular (CPR) e de parte aérea (CPA) de plântulas, massa seca parte radicular (MSR) e parte área (MSPA) de plântulas, condutividade elétrica massal (CEM) de sementes de *Carthamus tinctorius* L. armazenadas em diferentes períodos

Períodos (meses)	GRU (%)	PCG (%)	GER (%)	IVG	TMG (dias)
0	9,0	36 a*	78 a*	47,978 a*	4,6 c*
4	8,8	33 b	74 b	47,683 a	4,7 c
8	8,6	31 b	67 c	45,517 b	5,2 b
12	8,3	28 c	48 d	33,183 c	6,9 a
MD	8,7	32	67	43,591	5,3
CV (%)	-	9,11	8,63	13,96	17,24
	CEM (µS cm ⁻¹ g ⁻¹)	CPR (cm)	CPA (cm)	MSR (mg pl ⁻¹)	MSPA (mg pl ⁻¹)
0	135,9 c*	6,2 ns	2,5 ns	2,6 ns	7,7 ns
4	149,2 c	6,7	2,5	2,6	7,5
8	156,1 b	5,9	2,4	2,3	7,1
12	171,9 a	5,8	2,4	2,2	6,9
MD	153,3	6,1	2,5	2,5	7,3
CV (%)	8,47	11,38	10,2	15,71	10,38

* efeito significativo e ns efeito não significativo. Médias não seguidas pela mesma letra minúscula na linha diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). MD: média. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa.

A qualidade fisiológica inicial do lote de semente de cártamo utilizado neste trabalho antes da submissão ao armazenamento era de 78% de germinação (Quadro 1) e média de 83% de emergência de plântulas (Quadro 2), caracterizando lote comercial segundo a Instrução Normativa n.45/2013 do MAPA (BRASIL, 2013) até oito meses após o início do armazenamento. Todavia, verificou-se que nesse lote de semente quando submetido ao armazenamento, especialmente aos 12 meses, houve a intensificação da deterioração das sementes de cártamo, com percentual germinativo de apenas 28% e 48% aos 4 e 14 DAS, respectivamente, com índice de velocidade de germinação (IVG) de 33,183, levando tempo médio de germinação (TMG) de 6,9 dias e condutividade elétrica massa (CEM) 171,9 µS cm⁻¹ g⁻¹.

Quadro 2 - Emergência de plântulas (EPL), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), comprimento de raiz (CPR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca parte radicular (MSR) e parte área (MSPA), entropia de sementes de *Carthamus tinctorius* L. armazenadas em diferentes períodos e submetidas a diferentes composições de substratos (CS: proporções volumétricas de areia e solo)

CS	Períodos de armazenamento (meses)									
	0	4	8	12	MD	0	4	8	12	MD
	EPL (%)					IVE				
0:1	84 Ab*	83 Ac	72 B	62 Cb	75	66,750 Aa*	65,882 Aa	62,898 Ba	53,608 Ca	62,285
1:0	76 Ac	75 Ad	66 Bc	56 Cd	68	56,897 Ac	56,157 Ac	53,613 Ab	45,695 Bb	53,091
1:1	92 Aa	91 Aa	78 Ba	70 Ca	83	67,234 Aa	66,360 Aa	63,354 Aa	53,997 Ba	62,736
1:2	80 Ab	80 Ac	68 Bc	59 Cd	72	59,389 Ab	58,617 Ab	55,961 Ab	47,697 Bb	55,416
1:3	82 Ab	81 Ac	73 Bbb	61 Cb	74	56,513 Ac	55,778 Ac	53,251 Ab	45,387 Bb	52,732
2:1	90 Aa	88 Ab	76 Ba	66 Ca	80	60,265 Ab	59,482 Aa	56,787 Ab	48,400 Bb	56,234
3:1	80 Ab	79 Ac	68 Bc	61 Bb	72	56,341 Ac	55,609 Ac	53,090 A b	45,249 B	52,572
MD	83	82	72	62		60,484	59,698	56,994	48,576	
CV (%)	12,94					10,74				
	TMG (dias)					CPR(cm)				
0:1	5,5 Cb*	6,2 Ba	7,0 Aa	7,1 Aa	6,5	6,3 ^{ns}	6,1	4,8	4,9	5,5 b
1:0	5,8 Ca	6,4 Ba	7,3 Aa	7,4 Aa	6,7	6,0	6,0	5,8	5,9	5,9 a
1:1	5,2 Bb	5,8 Bb	6,6 Ab	6,7 Ab	6,1	6,1	6,3	5,2	5,2	5,7 b
1:2	5,4 Bb	6,0 Ba	6,8 Ab	6,9 Aa	6,3	6,2	5,7	5,6	5,6	5,8 b
1:3	5,2 Bb	5,7 Bb	6,5 Ab	6,6 Ab	6,0	6,6	5,5	5,8	5,9	6,0 a
2:1	5,3 Bb	5,9 Bb	6,7 Ab	6,8 Aa	6,2	6,2	6,6	5,8	5,9	6,1 a
3:1	5,1 Bb	5,7 Bb	6,4 Ab	6,5 Ab	5,9	6,3	6,3	6,2	5,8	6,2 a
MD	5,4	6,0	6,8	6,9		6,3 A	6,1 A	5,6 B	5,6 B	
CV (%)	9,53					6,88				
	CPA (cm)					MSR (mg pl ⁻¹)				
0:1	2,3 ^{ns}	2,1	2,0	2,1	2,1 a	2,6 ^{ns}	2,6	2,5	2,3	2,5 a
1:0	2,4	2,1	2,2	2,1	2,2 a	2,0	2,0	1,9	1,8	1,9 b
1:1	2,3	2,0	2,0	2,0	2,1 a	2,3	2,2	2,2	2,0	2,2 b
1:2	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1 a	3,0	2,9	2,8	2,6	2,8 a
1:3	2,3	2,0	2,0	1,9	2,1 a	2,0	2,0	1,9	1,7	1,9 b
2:1	2,4	2,0	2,1	2,1	2,2 a	2,5	2,5	2,4	2,2	2,4 b
3:1	2,3	2,1	2,0	2,1	2,1 a	2,3	2,2	2,2	2,0	2,1 b
MD	2,3 A	2,1 A	2,0 A	2,1 A		2,4 A	2,3 A	2,3 A	2,1 A	
CV (%)	12,57					14,60				
	MSPA (mg pl ⁻¹)					Entropia (bits)				
0:1	7,2 ^{ns}	7,1	7,0	6,1	6,9 a	1,58 Cb*	1,82 Bb	2,11 Ab	2,13 Ab	1,91
1:0	6,5	6,4	6,3	5,5	6,2 b	1,42 Cd	1,68 Bc	1,91 Ad	1,93 Ad	1,74
1:1	6,4	6,3	6,2	5,4	6,1 b	1,78 Ca	2,00 Ba	2,31 Aa	2,34 Aa	2,10
1:2	5,8	5,7	5,6	4,9	5,5 c	1,50 Cc	1,74 Bc	2,04 Ac	2,03 Ac	1,83
1:3	7,0	6,9	6,8	5,9	6,6 a	1,54 Cc	1,87 Bb	2,07 Ab	2,09 Ab	1,89
2:1	7,0	6,9	6,8	5,9	6,7 a	1,68 Cb	1,95 Ba	2,25 Aa	2,28 Aa	2,04
3:1	6,8	6,7	6,6	5,7	6,5 b	1,54 Cc	1,74 Bc	2,00 Ac	2,04 Ac	1,83
MD	6,7 A	6,6 A	6,5 A	5,6 B		1,58	1,83	2,10	2,12	
CV (%)	8,89					12,07				

* interação significativa e ^{ns} interação não significativa dos fatores. Teste de médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem pelo teste Tukey (5 % de probabilidade de erro). MD: média. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa.

A redução do potencial de germinabilidade e o aumento do valor da CEM ao longo dos períodos de armazenamento, mesmo em condições controladas de umidade relativa do ar e temperatura, indicam que houve maior liberação de lixiviação de eletrólitos e, por consequência, houve maior deterioração da qualidade das sementes de cártamo.

Estudos realizados por Abreu *et al.* (2011, 2013) 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. 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 qualidade fisiológica dessas sementes.

Observou-se que conforme o aumento do período de armazenamento das sementes de cártamo houve uma redução no IVG e um aumento do TMG, isto indica que as sementes, mesmo em condições laboratoriais (controladas) demandaram maior tempo para a reorganização das membranas após a embebição, assim confirmando a sua deterioração. Marcos-

Filho (2015) relata que o processo de deterioração das sementes depende da herança genética desde o rearranjo das membranas para o início do processo trifásico germinativo, somados ao grau de umidade e a exposição ao calor.

Tanto em condições de laboratório (Quadro 1) como de casa vegetação (Quadro 2), nos testes de comprimento e massa fresca das partes radiculares e aéreas das plântulas de cártamo não foram observadas diferenças estatísticas entre os períodos de armazenamento e nem quando submetidas aos testes nas diferentes composições de substratos. Menegaes *et al.* (2017) verificaram resultados semelhantes para diferentes lotes de sementes de cártamo germinadas em diferentes substratos.

No Quadro 2, verificou-se que a emergência de plântulas (EPL) de cártamo em casa de vegetação apresentou redução no percentual de plântulas emergidas com médias de 83%; 82%; 72% e 62% para os períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente nas diferentes composições de substratos. No entanto, ao longo das avaliações referentes aos períodos de armazenamento houve grande variação entre as composições (areia e solo) para a formulação de substratos, mesmo assim, esse lote de semente, após 12 meses de armazenamento, caracteriza-se como lote comercial segundo a Instrução Normativa n.45/2013 do MAPA (BRASIL, 2013).

Observou-se que as composições de substratos nas proporções volumétricas com 100% de areia (0:1) e 100% solo (1:0) apresentaram média de 75% e 68% de plântulas emergidas, respectivamente. Na composição de 1:1 (50% de areia + 50% de solo) esse percentual mostrou-se superior alcançando média de 83%. Deste modo, observou-se que essa última composição proporcionou melhor relação de proporcionalidade de poros e sólidos. De acordo com Takane, Yanagisawa e Góis (2013), as sementes necessitam de substrato sem compactação com boa porosidade e aeração do mesmo, para expressar todo o seu potencial fisiológico.

Apesar disso, em condições de casa de vegetação, Menegaes *et al.* (2017) verificaram que os substratos compostos 100% de areia e 100% de solo proporcionaram melhor emergência de plântulas de cártamo e posterior desenvolvimento inicial de plântulas. Para Kämpf, Takane e Siqueira (2006) a areia apresenta baixa retenção de água, em virtude dos espaços de aeração, em que seu uso estrito se torna limitado, sendo recomendado a utilização de areia em mistura com outros materiais, por exemplo, solo, casca de arroz carbonizada, entre outros.

A escolha da composição dos substratos para a realização dos testes de emergência de plântulas deve garantir condições suficientes para que a semente possa germinar. Para Marcos-Filho (2015), o potencial fisiológico das sementes é expresso pela emergência e está relacionado com a interação das condições climáticas as quais foram expostas, as quais podem beneficiar o desenvolvimento inicial das plantas e a qualidade das mudas.

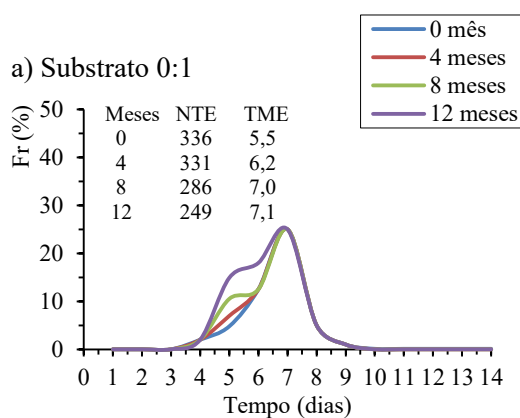
Os índices de velocidade de emergência (IVE) médios

foram de 60,484; 59,698; 56,994 e 48,576 para os períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente (Quadro 2). Observou-se pelos índices de IVE que independentemente da composição de substratos aos 12 meses de armazenamento houve um decréscimo nestes valores, assim, influenciando negativamente a emergência das plântulas e, conseqüentemente, a formação do estande inicial. Ludwig *et al.* (2008) associaram a velocidade de emergência ao vigor e a qualidade do lote de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) como, sendo estes critérios fundamentais para o crescimento inicial e um bom estabelecimento do estande de plantas.

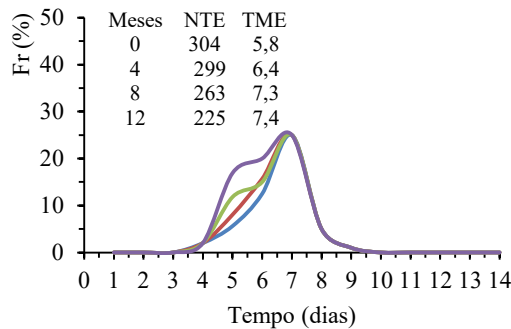
A entropia da sincronização de emergência de plântulas foi similar entre os substratos, com médias de 1,58; 1,83; 2,10 e 2,12 bits para os períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente (Quadro 2). De acordo com Nassif e Perez (2000), quanto menor a entropia, maior é a organização e sincronia do sistema, sendo esse um parâmetro associado a qualidade fisiológica. Neste caso, o aumento da entropia ratifica que, com o passar do tempo de armazenamento, as sementes de cártamo tem seu potencial fisiológico afetado negativamente, conforme auferido pelos testes tanto em condições de laboratório quanto em casa de vegetação (Quadro 1, e 2).

Na Figura 1, a frequência relativa de emergência de plântulas de cártamo se distribuiu homogeneamente no período de avaliação entre quatro e oito DAS, culminando os picos de maior emergência próximo aos sete DAS, tendo as médias do TME de 5,4; 6,0; 6,8 e 6,9 dias para os períodos de armazenamento de 0, 4, 8 e 12 meses, respectivamente (Quadro 2). Esses resultados corroboram com o trabalho de Menegaes *et al.* (2019), que verificaram desempenho similar para duas espécies de celosia (*Celosia argentea* L. e *Celosia cristata* L.) armazenadas por 16 anos, com tempo médio de germinação de 2,9 dias.

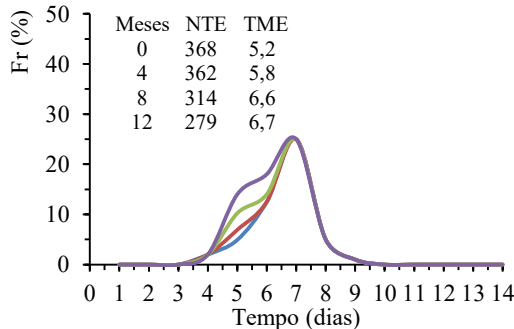
Figura 1 - Frequências relativas (Fr; %) de plântulas emergidas de *Carthamus tinctorius* L. em função de diferentes substratos e períodos de armazenamento. NTE: número total de plântulas emergidas (unidades), TME: tempo médio de emergência (dias).



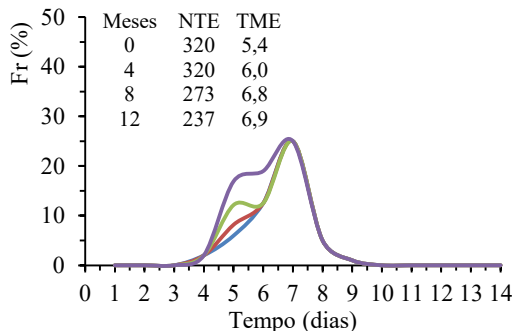
b) Substrato 1:0



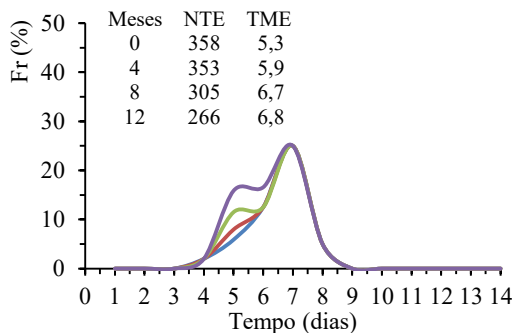
c) Substrato 1:1



d) Substrato 1:2



f) Substrato 2:1



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Lopes e Franke (2011), a moda da distribuição das frequências, neste caso simétrico para as diferentes composições de substratos, demonstra qualidade do potencial fisiológico das sementes, as quais apresentaram sincronia de emergência das plântulas, resultando *a posteriori* na homogeneidade do estande de plantas no campo.

4 Conclusão

O armazenamento por diferentes períodos afeta negativamente o potencial fisiológico das sementes de cártamo, nestas condições, a partir do oitavo mês de armazenamento. O teste de emergência de plântulas para a espécie de cártamo confirma o resultado laboratorial, entretanto, a variação deste teste com diferentes composições de substratos é **viável**. A composição volumétrica de 1:1 de areia e solo destacou-se como o substrato que melhor expressa esse potencial.

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. Ao CNPq pela bolsa de produtividade ao professor orientador.

Referências

- ABREU, L.A.S. *et al.* Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. *Rev. Bras. Sementes*, v.33, n.4 p.635-642, 2011. doi: 10.1590/S0101-31222011000400005
- ABREU, L.A.S. *et al.* Deterioration of sunflower seeds during storage. *J. Seed Scien.*, v.35, n.2, p.240-247, 2013. doi: 10.1590/S2317-15372013000200015
- ABUD, H.F. *et al.* Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. *Rev. Cien. Agrônômica*, v.41, n.2, p.259-265, 2010. doi: 10.1590/S1806-66902010000200013
- BOIAGO, N.P. *et al.* Potencial fisiológico de sementes armazenadas de cultivares de feijão-caupi produzidas no estado do Paraná. *Rev. Var. Scien. Agr.*, v.3, n.2, p.21-32, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa n.º 45*. Brasília. MAPA, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: MAPA, 2009.
- EMONGOR, V.; OAGILE, O. *Safflower production*. Botswana: The Regional Universities Forum for Capacity Building in Agriculture – RUFORUM, 2017.
- 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: 02 mar. 2020.
- FERMINO, M.H; KÄMPF, A.N. Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. *Hort. Bras.*, v.30, n.1, p.75-79, 2012. doi: 10.1590/S0102-05362012000100013
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Cien. Agrotecn.*, v.38, n.2, p.109-112, 2014. doi: 10.1590/S1413-70542014000200001.
- FURBECK, S.M.; BOURLAND, F.M.; WATSON, C.E.J. Relationship of seed and germination measurements with resistance to seed weathering cotton. *Seed Scien. Techn.*, v.21, n.3, p.505-12, 1993.
- HALMER, P. *Commercial seed treatment technology*. In: BLACK, M. and BEWLEY, J.D. (Ed.) *Seed Technology and its Biological Basics*. England: Sheffield Academic Press, 2000.
- KÄMPF, A.N.; TAKANE, R.; SIQUEIRA, P.T.V. *Floricultura*

- técnicas de preparo de substratos. Brasília: Tecnologia Fácil. 2006. 132p.
- KRYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. *Anais Ac. Bras. Cien.*, v.48, n.2, p.263-284, 1976.
- LOPES, R.R.; FRANKE, L.B. Aspectos térmico-biológicos da germinação de sementes de cornichão anual sob diferentes temperaturas. *Rev. Bras. Zootecnia*, v.40, n.10, p.2091-2096, 2011. doi: 10.1590/S1516-35982011001000004
- LUDWIG, M.P. *et al.* Desempenho de plantas de feijão originadas de lotes de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. *Rev. FZVA*, v.15, n.2, p.44-52. 2008.
- 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.
- MARCO FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. ABRATES: Londrina, 2015. 650p.
- MENEGAES, J.F. *et al.* Germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* em diferentes substratos. *Acta Iguazu*, v.6, n.3, p.22-30, 2017.
- MENEGAES, J.F. *et al.* Physiological and sanitary quality of cockscomb seeds stored for different periods. *Ornamental Horticulture*, v.25, n.1, p.34-41, 2019. doi: 10.14295/oh.v25i1.1228
- 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.
- NASSIF, S.M.L.; PEREZ, S.C.J.G. Efeito da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Rev. Bras. Sementes*, v.22, n.1, p.1-6, 2000. doi: 10.17801/0101-3122/rbs.v22n1p1-6
- RAI, S.K.; CHARAK, D.; BHARAT, R. Scenario of oilseed crops across the globe. *Plant Archives*, v.16, n.1, p.125-132, 2016.
- SAMARTZIDIS, C. *et al.* Rose productivity and physiological responses to different substrates for soilless culture. *Scien. Horticult.*, v.106, n.1, p.203-212. 2005. doi: 10.1016/j.scienta.2005.02.020
- SANTOS, R.F.; SILVA, M.A. *Carthamus tinctorius* L.: Uma alternativa de cultivo para o Brasil. *Acta Iguazu*, v.4, n.1, p.26-35, 2015.
- TAKANE, R.J.; YANAGISAWA, S.S.; GÓIS, E.A. *Técnicas em substratos para a floricultura*. Fortaleza: Expressão gráfica, 2013.