

Adaptação do Teste de Envelhecimento Acelerado em Sementes de Quinoa

Adaptation of the Accelerated Aging Test on Quinoa Seeds

Janete Denardi Munareto^{*a}; Ubirajara Russi Nunes^a; Sandro Petter Medeiros^a; Janine Farias Menegaes^a; Geovana Facco Barbieri^b; André Luis Tischler^a

^aUniversidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil.

^bUniversidade Federal de Pelotas. RS, Brasil.

*E-mail: jdmunareto@gmail.com

Resumo

O potencial germinativo de um lote de sementes representa um auxílio importante a todo o segmento produtivo, entre os alimentos de alto valor nutritivo se destaca a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), em que existem poucas informações científicas sobre esta cultura, especialmente, no que se refere aos testes de qualidade de sementes. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi adequar a condução do teste de envelhecimento acelerado visando avaliar a qualidade fisiológica de sementes de quinoa e, assim, possibilitar a estratificação de lotes. O experimento foi conduzido com quatro lotes de sementes do genótipo Q13-31, que foram caracterizados através dos testes de primeira contagem de germinação; germinação; emergência de plântulas em substrato; comprimento de parte aérea e radicular, massa de mil sementes e teor de água inicial. O teste de envelhecimento acelerado foi realizado com as temperaturas de 41 e 45 °C por períodos 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e as médias analisadas pelo teste Scott-Knott. Realizou-se análise de correlação simples entre as características dos lotes e as combinações estudadas. O teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45 °C, por 12 h é eficiente para detectar diferenças de vigor entre os lotes de sementes de quinoa.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa*. Germinação. Temperatura.

Abstract

The germinative potential of a batch of seeds represents an important aid to the entire productive segment, among foods of high nutritional value, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) stands out, in which there is little scientific information about this crop, especially in what refers to seed quality tests. Thus, the objective of the present work was to adapt the accelerated aging test conduction in order to evaluate the quinoa seeds physiological quality and, thus, to enable the batches stratification. The experiment was carried out with four batches of seed of the Q13-31 genotype that were characterized by tests of first germination count; germination; seedlings emergence in substrate; aerial and root length, thousand seed mass and initial water content. The accelerated aging test was performed at temperatures of 41 and 45 °C for the periods 12, 24, 36, 48, 60 and 72 h. The experimental design was completely randomized, with four replications and the means analyzed by the Scott-Knott test. A simple correlation analysis was performed between the batches characteristics and the studied combinations. The accelerated aging test conducted at 45 °C, for 12 h is efficient to detect differences in vigor among batches of quinoa seed.

Keywords: *Chenopodium quinoa*. Germination. Temperature.

1 Introdução

A qualidade da semente é um fator que influencia no estabelecimento das culturas, especialmente, quando as condições ambientais são estressantes. Para minimizar os riscos de utilizar sementes de baixo vigor, a tecnologia de sementes tem procurado aprimorar os testes de vigor para complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação, que isoladamente, não determina a qualidade real da semente encontrada a campo. O teste de vigor, além de avaliar o potencial fisiológico da semente, deve ser de fácil execução, rápido e econômico, apresentando resultados confiáveis e que auxiliem na tomada de decisão durante o processo produtivo (MARCOS FILHO, 2015).

Entre os testes utilizados e, também, considerado um dos mais sensíveis para a avaliação do vigor de sementes,

o teste de envelhecimento acelerado fornece informações importantes acerca do potencial de conservação das sementes. Esse teste expõe as sementes a temperaturas elevadas (40 a 45 °C) e umidade relativa (~100%) em diferentes períodos de tempo, seguido pelo teste de germinação. A exposição das sementes à temperatura e umidade elevadas provoca expressivas alterações no metabolismo da semente, desencadeando a desestruturação e perda da integridade do sistema de membranas celulares, reações de oxidação de lipídios e geração de radicais livres (BEWLEY *et al.*, 2013; MARCOS FILHO, 2015).

O teste de envelhecimento acelerado é bem-sucedido, nas mais variadas espécies, como sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (BERTOLIN *et al.*, 2011), arroz (*Oryza sativa* L.) (TUNES *et al.*, 2012), crambe (*Crambe maritima* L.) (AMARO *et al.*, 2014), coentro (*Coriandrum sativum* L.)

(RADKE *et al.*, 2016) e celósias (*Celosia argentea* e *C. cristata*) (MENEAGS *et al.* 2018). Por isso, empresas produtoras de sementes e laboratórios oficiais têm incluído esse teste em programas de controle de qualidade, ou para garantir a qualidade das sementes destinadas para a comercialização (MARCOS FILHO, 2015).

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), um pseudocereal de alto valor nutritivo, vêm se destacando no cenário mundial, pela sua importância econômica e social, adaptabilidade a diferentes ambientes e variabilidade genética (LIDÓRIO *et al.*, 2020). No entanto, a manutenção da qualidade de sementes, entre safras, tem limitado a implantação e expansão da quinoa em regiões tropicais, pois suas sementes perdem a viabilidade, em condições de alta temperatura e umidade, entre 180 a 300 dias. Após esses períodos, as sementes diminuem sua capacidade germinativa com o aumento do período de armazenamento (CECCATO *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2016; STRENSKE *et al.*, 2015).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo adaptar a metodologia para a condução do teste de envelhecimento acelerado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de quinoa e, assim, possibilitar a estratificação do lote de sementes.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes localizado no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS. Foram utilizados quatro lotes de sementes de quinoa do genótipo Q13-31. Os lotes foram provenientes dos experimentos conduzidos na área experimental do Departamento. Lote 1 (semeadura 01/12/2016 e colheita 10/02/2017); lote 2 (semeadura 01/05/2017 e colheita 09/08/2017); lote 3 (semeadura 07/10/2017 e colheita 02/01/2018); lote 4 (semeadura 09/11/2017 e colheita 06/02/2018).

As amostras de sementes de cada lote foram avaliadas, inicialmente, quanto às características físicas e fisiológicas iniciais dos lotes, através da realização dos seguintes testes:

a) massa de mil sementes: segundo metodologia descrita nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

b) teor de água das sementes: foram efetuadas antes e após a instalação dos testes de germinação e envelhecimento acelerado, pelo método estufa a 105 ± 3 °C por 24 h, utilizando-se duas repetições de 2 g de sementes de cada lote, conforme a metodologia adaptada de Brasil (2009). Os teores de água antes e após o período de envelhecimento acelerado servem apenas para a caracterização dos lotes, por isso não foram analisados estatisticamente.

c) teste de germinação: realizado em quatro repetições de 50 sementes, em regime de luz constante, em caixas plásticas transparentes (caixas gerbox), sobre duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada (2,5 vezes a

massa do substrato). As sementes foram mantidas em câmara de germinação a 20 °C, com avaliações aos quatro dias para a primeira contagem e seis dias para a contagem final (RODRIGUES *et al.*, 2019) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais, conforme Brasil (2009).

d) comprimento de raiz e de parte aérea: avaliou-se o comprimento médio de 10 plântulas normais (parte aérea e raiz) retiradas ao acaso no quarto dia do teste de germinação a 20 °C, em rolo de papel germitest. As plântulas foram mensuradas com o auxílio de uma régua graduada em milímetros.

e) massa seca de plântula: foram realizados em 10 plântulas provenientes do teste anterior, acondicionadas em sacos de papel, em estufa de circulação de ar a 60 ± 5 °C, até atingir massa seca constante. Em seguida, as plântulas foram pesadas em balança de precisão (0,001 g) e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas.

f) emergência de plântulas em substrato: foi constituída por 50 sementes distribuídas em substrato comercial Plantmax® em bandejas de propileno em sulcos a 1 cm de profundidade em fileiras espaçadas entre si a 5 cm, com quatro repetições de cada lote de sementes, em temperatura ambiente em estufa de vidro com irrigação periódica. A contagem de plântulas emergidas foi feita aos 14 dias.

g) envelhecimento acelerado: foram utilizadas 2g de sementes de cada lote distribuídas em camada única sobre tela de aço inox, em caixas tipo gerbox, contendo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas em câmara de envelhecimento (tipo BOD) a 41 e 45 °C por períodos de 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h. Após esses períodos de exposição, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, e avaliadas no quarto dia, conforme descrito anteriormente (RODRIGUES *et al.*, 2019). Para fins de monitoramento do teste, foi determinado, também, o grau de umidade das sementes antes e após os períodos de envelhecimento.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados em porcentagem de germinação foram submetidos à transformação arco-seno $\sqrt{x/100}$ antes da análise. As médias obtidas nas avaliações de cada lote foram comparadas pelo Scott-Knott ($p < 0,05$). Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2014). A correlação de Pearson ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) entre as variáveis primeira contagem de germinação (PC), germinação (GER) e emergência em substrato (ES) foi realizada através do programa R (R CORE TEAM, 2018).

3 Resultados e Discussão

O teor de água inicial (TAI) das sementes de quinoa (Quadro 1) antes do período de envelhecimento foi semelhante, condição assumida com probabilidade de erro de 0,06%. Essa variação proporciona segurança na execução

do teste de vigor, pois Marcos Filho (2015) recomenda que quanto mais uniforme for o teor de água inicial das sementes, mais consistente será o resultado. Dessa forma, verificou-se

que houve agrupamento significativo entre os lotes avaliados, com exceção do teste de massa seca total de plântulas (MST), que não apresentou significância.

Quadro 1 - Teor de água inicial (TAI), massa de mil sementes (MMS), primeira contagem (PC), germinação (GER), emergência em substrato (ES), comprimento da radicular (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca total de plântulas (MST), em quatro lotes de quinoa (*C. quinoa*)

Lotes de Sementes	TAI (%)	MMS (g)	PC (%)	GER (%)	ES (%)	CR(cm)	CPA(cm)	MST(g)
1	12,0	3,2 a*	96 a	96 a	92 a	2,8 a	2,7 a	0,0088 ^{ns}
2	12,2	2,6 c	72 c	74 b	68 c	1,9 b	1,7 b	0,0068
3	12,3	2,8 b	96 a	96 a	90 a	2,0 b	1,8 b	0,0061
4	12,5	2,8 b	85 b	89 a	82 b	1,8 b	1,9 b	0,0073
Médias	12,0	2,9	87,2	89	85	2,1	2,0	0,0072
CV %	-	1,96	6,5	7,1	8,5	19,9	10,5	22,9

* efeito significativo e ^{ns} não significativo entre os lotes de sementes. Médias não seguidas da mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao avaliar o vigor dos lotes pelos testes de massa de mil sementes (MMS), primeira contagem (PC) e emergência em substrato (ES) se demonstraram sensíveis separando os lotes em três níveis de vigor. O teste de PC identificou o lote 1 e 3 como de alto vigor (96%), lote 4 como intermediário (85%) e o lote 2 de baixo vigor (72%). Resultado confirmado pelo teste de ES, como um bom indicador do vigor das sementes, entretanto, pela MMS não foi possível identificar diferenças de vigor entre os lotes 3 e 4 observada nos testes de PC e ES. Nesse resultado é possível observar que o tamanho da semente da quinoa não foi determinante na germinação das plântulas (Quadro 1).

O resultado dos testes de germinação, comprimento radicular (CR) e parte aérea (CPA) foram menos sensíveis que os testes de PC e ES e classificaram os lotes em dois níveis de vigor alto e baixo. Os altos índices de germinação (\geq a 89%, Quadro 1) eram esperados, pois os lotes foram colhidos na maturidade fisiológica e não foram expostos a índices elevados de umidade no campo, com exceção do lote 2, que foi cultivado em condições de elevada umidade, condição favorável para a deterioração. Apesar dos lotes não serem homogêneos, o teste de germinação não foi sensível o suficiente para detectar pequenas variações de vigor entre lotes 1, 3 e 4 confirmando a limitação do teste.

Tekrony (2003) e Marcos Filho (2015) mencionam que a

perda da capacidade germinativa é a última consequência do processo de deterioração das sementes, por isso a importância de realizar mais de um teste de vigor. A sensibilidade do teste de PC de germinação e emergência de plântulas em substrato (areia) foi relatado como eficiente por Leal *et al.* (2012), quando avaliou lotes de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.).

O lote 1 foi superior em todos os testes iniciais realizados (Quadro 1). Este desempenho pode ser atribuído a maior MMS do lote. Carvalho e Nakagawa (2012) relatam que as sementes maiores armazenam mais reservas, para o crescimento do eixo embrionário e, consequentemente, geram plântulas mais vigorosas. Os valores encontrados para a MMS, em todos os lotes, estão de acordo com os relatados por Spehar *et al.* (2011) na cultivar de quinoa BRS Syetetuba (2,5 a 3,3 g) adaptada às condições do Cerrado Brasileiro.

Os teores de umidade alcançados após o envelhecimento acelerado estão apresentados no Quadro 2. Analisando os resultados se observou um aumento no teor de água das sementes, à medida que o tempo de exposição aumentava. Segundo Marcos Filho (2015), sementes com excesso de água tendem a acelerar o processo de envelhecimento, além de propiciar condições favoráveis para o estabelecimento de patógenos. Os altos teores de água nas sementes, após o envelhecimento, foram semelhantes aos relatados por Souza *et al.* (2017), em sementes de quinoa.

Quadro 2 - Teor de água (%) de sementes de quinoa (*C. quinoa*) após os períodos de envelhecimento acelerado

Lotes de Sementes	Períodos do Teste de Envelhecimento Acelerado					
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
41 °C (%)						
1	16,93	25,52	28,92	29,77	30,55	31,24
2	18,41	22,46	26,41	28,02	30,21	31,76
3	18,26	22,45	26,51	27,80	19,16	31,85
4	19,86	20,81	27,08	27,47	28,08	29,86
45 °C (%)						
1	19,86	30,43	31,03	33,11	34,58	34,66
2	19,18	22,46	32,66	32,89	33,73	34,82
3	19,14	22,45	30,89	30,98	31,12	32,66
4	23,02	20,81	30,88	31,35	32,38	32,78

Fonte: Dados da pesquisa.

O incremento de água foi mais acentuado nas primeiras 24 h. Entre os períodos de 24 e 48 h houve uma tendência de estabilização no teor de água nas sementes, e que este voltou a aumentar, entre 60 e 72 h, seguindo o padrão trifásico de embebição proposto por Bewley e Black (1994).

Variação semelhante ao verificado no teor de água da quinoa (Quadro 2), após 24 h de teste, também foi observado por Ribeiro e Carvalho (2005), em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L.) e cenoura (*Daucus carota* L.).

De modo geral, dentro de cada temperatura testada (41 a 45 °C), o envelhecimento causou estresse suficiente para reduzir a germinação das sementes de quinoa, com o

aumento do período de exposição (Quadro 3), fato também observado por Bertolin *et al.* (2011) em sementes de feijão. A combinação dos fatores temperatura e umidade causam efeitos deletérios no processo germinativo. Marcos Filho (2015) relata que, quando as sementes são expostas a longos períodos de armazenamento, podem sofrer alterações metabólicas, que interferem no processo germinativo. Independente da combinação de períodos de embebição e temperaturas utilizados, o Lote 1 sempre apresentou viabilidade superior aos demais lotes (Quadro 3). Godoy *et al.* (2016) comprovaram que lotes vigorosos terão melhores oportunidades de crescer e se desenvolver em diferentes situações de estresse em diferentes regiões agroecológicas e de armazenamento.

Quadro 3 - Percentual de germinação obtido pelo teste de envelhecimento acelerado a 41 e 45 °C em seis períodos de exposição para cultivar de quinoa (*C. quinoa*)

Lote de Sementes	Períodos do Teste de Envelhecimento Acelerado					
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
41 °C (%)						
1	97 Aa*	93 Aa	92 Aa	97 Aa	92 Aa	94 Aa
2	76 Ab	73 Ac	71 Ab	66 Bc	62 Bc	61 Bc
3	92 Aa	93 Aa	90 Aa	94 Aa	86 Bb	80 Cb
4	92 Aa	87 Bb	92 Aa	88 Bb	93 Aa	83 Bb
CV(%)	4,88					
45 °C (%)						
1	90 A a	78 Ba	64 Ca	44 Da	31Ea	15 Fa
2	66 Ac	37 Bc	9 Cb	2 Db	0 Db	0 Db
3	92 Aa	76 Ba	62 Ca	40 Da	32 Ea	11 Fa
4	83 Ab	70 Bb	58 Ca	41Da	28 Ea	9 Fa
CV(%)	6,45					

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott- Knott ($p < 0,05$). *Letras maiúsculas são interpretadas na linha; letras minúsculas na coluna.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na temperatura de 41 °C (Quadro 3), a partir das 12 h, foi possível classificar os lotes em diferentes níveis de vigor. Entretanto, nos períodos 24 e 48 h o comportamento dos lotes foi semelhante aos obtidos nos testes de PC e ESC (Quadro 1), ou seja, lotes 1 e 3 com vigor superior, lote 2 menor vigor e o lote 4 com vigor intermediário (Quadros 1 e 3).

As sementes envelhecidas a 45 °C tiveram a sua germinação drasticamente reduzida, a partir de 24 h em todos os lotes (Quadro 3). A maioria das culturas apresenta germinação máxima entre 20 e 30° C, mas as germinações diminuem, significativamente, em temperaturas mais altas. Ceccato *et al.* (2011) e Hasanuzzaman *et al.* (2013) observaram que a exposição prolongada de sementes a temperaturas de germinação supra ótimas pode levar ao aumento da exposição a patógenos do solo, desnaturação proteica, disfunção da membrana redução capacidade seletiva, peroxidação de lipídios e diminuição da eficiência metabólica, fatores estes que podem causar diminuição da emergência em plântulas.

Carvalho e Nakagawa (2012) e Marcos Filho (2015) relatam que o aumento da temperatura, além do ideal, ocorre redução do crescimento e vigor, aumentos no número de plântulas anormais e sementes mortas em função da diminuição

dos processos vitais, principalmente, nas sementes menos vigorosas. Estas informações corroboram com os resultados encontrados neste trabalho, quando verificado a qualidade fisiológica do lote 3 (Quadro 3).

Embora o período de 12 ou 24 h de envelhecimento a 45 °C (Quadro 3), tenha classificado os lotes em diferentes níveis de vigor, o período de 24 h, demonstrou ser mais efetivo, principalmente, para o lote com menor potencial germinativo (Lote 2), ao contrário, da combinação 45 °C a 12 h, apresentou grande semelhança com os resultados obtidos nos testes de PC e ES (Quadro 1), ou seja, altas porcentagens de germinação.

González *et al.* (2017) verificaram que os resultados de alta porcentagem de germinação permitem supor que as sementes de quinoa podem germinar em condições climáticas adversas, com maior probabilidade de sucesso que a maioria das culturas, desde que seja observada a profundidade ideal (1 a 2 cm) de semeadura.

Pela análise de correlação entre os resultados encontrados em laboratório (Quadros 1 e 4), e a emergência de plântulas em substrato, verificou-se que o teste de envelhecimento acelerado a 41 e a 45 °C se correlacionou, de forma positiva, com os testes de PC, GER e ES. As maiores correlações foram obtidas no

período de 12 h a 45 °C, no entanto, este resultado difere dos 41 °C no período de 48 h, relatados por Souza et al (2017).

Quadro 4 - Correlações entre os dados obtidos no teste de envelhecimento acelerado e o teste de primeira contagem (PC), germinação (GER) e emergência de plântulas em substrato (ES) em sementes de quinoa (*C. quinoa*)

Testes	Períodos do Teste de Envelhecimento Acelerado					
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
			41° C			
PC	0.66 ns	0.80**	0.74**	0.82**	0.72*	0.64 ns
GER	0.68*	0.80**	0.74**	0.81**	0.74**	0.64 ns
ES	0.80**	0.72*	0.87**	0.86**	0.78**	0.82**
			45° C			
PC	0.83**	0.82**	0.80**	0.78**	0.81**	0.81**
GER	0.80**	0.81**	0.80**	0.79**	0.81**	0.84**
ES	0.89**	0.89**	0.88**	0.84**	0.85**	0.84**

** e *significativo a ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$), respectivamente, pelo teste t. ^{ns} não significativo.

Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados contraditórios dentro da mesma espécie são comumente encontrados na literatura. Portanto, mais estudos adicionais são necessários, a fim de padronizar o teste de envelhecimento, o que permitirá que lotes de qualidade estejam disponíveis para iniciar o cultivo comercial de quinoa. E, o presente trabalho cumpre com seu objetivo de fornecer informações, que podem orientar as empresas produtoras de sementes na avaliação das sementes de quinoa.

4 Conclusão

O teste de envelhecimento acelerado a 45 °C, por 12 h de exposição em sementes de quinoa, permite a estratificação dos lotes em níveis de vigor, auxiliando na tomada de decisão quanto à comercialização de lotes de sementes.

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

AMARO, H.T.R. *et al.* Teste de envelhecimento acelerado em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. *Rev. Ceres*, v.61, n.1, p.202-208, 2014. doi: 10.1590/S0034-737X2014000200007.

BERTOLIN, D.C., SÁ, M.E., MOREIRA, E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. *Rev. Bras. Sem.*, v.33, p.104-112, 2011. doi:10.1590/S0101-31222011000100012.

BEWLEY, J.D. *et al.* *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. New York: Springer, 2013.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press, 1994.

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

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

CECCATO, D.V.; BERTERO, H.D.; BATLLA, D. Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds:

two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. *Seed Sc. Res.*, v.21, n.2, p.133-141, 2011. doi: 10.1017/S096025851100002X.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Cienc. Agrotecn.*, v.38, n.2, p.109-112, 2014. doi:10.1590/S1413-70542014000200001.

GODOY, L.B. Water deficit stress-induced changes in carbon and nitrogen partitioning in *Chenopodium quinoa* Willd. *Planta*, v.243, n.1, p. 591-603, 2016. doi: 10.1007/s00425-015-2424-z.

GONZÁLEZ, J.A. *et al.* Quantifying cardinal temperatures in *Chenopodium quinoa* cultivars. *Lilloa*, v.54, n.1, p. 179-194, 2017. doi: 10.30550/j.lil/2017.54.2/8.

HASANUZZAMAN, M. Biochemical and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Inter. J. Mol. Scie.*, v.14, n.2, p.9643-9684, 2013. doi: 10.3390/ijms14059643.

LEAL, C.C.P. *et al.* Validação de testes de vigor para sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). *Rev. Bras. Bioc.*, v.10, n.1, p.421-424, 2012.

LIDÓRIO, H.F. *et al.* Aqueous extracts of plants on the physiological and sanitary quality of chenopodium quinoa seeds as an alternative to conventional seed treatment. *J. Agric. Stud.*, v.8, n.3, p.237-250, 2020. doi: 10.5296/jas.v8i2.15848.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, 2015.

MENEGAES, J.F. *et al.* Accelerated aging of *Celosia argentea* and *Celosia cristata* seeds. *Ornam. Hort.*, v. 24, n. 4, p. 459-465, 2018. doi: 10.14295/oh.v24i4.1231.

R CORE TEAM (2018). R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 22 ago. 2019.

RADKE, A.K. *et al.* Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. *Cien. Rur.*, v. 46, n.1, p. 95-99, 2016. doi:10.1590/0103-8478cr20140188.

RIBEIRO, F.C.; CARVALHO, N.M. O teste de envelhecimento acelerado com solução salina saturada parece ter ação muito fraca na germinação de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.), alface (*Lactuca sativa* L.) e brócolis (*Brassica oleracea* var. italica Plenck). *Científica*, v.33, n.2, p. 208-2012, 2005.

RODRIGUES, D. B. *et al.* Production Potential and Quality of *Chenopodium quinoa* Willd. Seed Cultivated in Different Seeding Seasons. *J. Agr. Sci.*, v. 11, n. 1, p. 251-260, 2019. doi: 10.5539/jas.v11n1p251.

- SOUZA, F.F.J. *et al.* Accelerated ageing test for the evaluation of quinoa seed vigour. *Seed Sc. Tec.*, v. 45, n. 1, p. 212-221, 2017. doi:10.15258 / sst.2017.45.1.18.
- SOUZA, F.F.J. *et al.* Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. *Afr. J. Agr. Res.*, v. 11, n. 2, p. 1299-1308, 2016. doi: 10.5897/AJAR2016-10870.
- SPEHAR, C.R.; ROCHA, J.E.S.; SANTOS, R.L.B. Desempenho agrônômico e recomendações para o cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado. *Pes. Agr. Trop.*, v.41, n.1, p.145-147, 2011. doi:10.5216/pat.v41i1.9395.
- STRENSKE, A. *et al.* Germinação de sementes de quinoa com diferentes períodos de armazenamento. *Sc. Agr. Par.*, v.14, n.2, p.286-290, 2015. doi:10.18188/sap.v14i0.13319.
- TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigor testing. *Seed Sc. Tec.*, v.31, n.1, p.435-447, 2003.
- TUNES, L.M.; TAVARES, L.C.; BARROS, A.C.S.A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. *Rev. Ciên. Agr.*, v. 35, n. 1, p.120-127, 2012.