

Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho¹

Stress testing in the evaluation of vigour in maize seed

Camila Ribeiro de Souza Grzybowski^{2*}, Roberval Daiton Vieira³ e Maristela Panobianco⁴

RESUMO - Na semeadura da cultura do milho, fatores adversos como o alagamento do solo e temperaturas abaixo da recomendada podem prejudicar o estabelecimento do estande. Assim, há a necessidade de se buscar alternativas para a determinação do vigor da semente em condições adversas, visando auxiliar o sistema de produção. No trabalho objetivou-se estimar a qualidade fisiológica de sementes de milho em condições de estresses hídrico e térmico, estudando a metodologia dos testes de submersão em água e germinação a baixa temperatura. Para condução dos experimentos foram utilizados dez lotes de dois híbridos simples (30F35R e 30P70H), sendo cinco de cada. A avaliação da qualidade inicial dos lotes foi determinada pelo teor de água e testes de germinação, frio e emergência de plântulas e, as metodologias estudadas para a avaliação do vigor foram: a) submersão das sementes em água, combinando diferentes períodos (24; 36; 48 e 72 horas) e temperaturas (20; 25 e 30 °C); b) germinação a baixa temperatura, testando-se 15 °C por oito dias e 16; 17 e 18 °C por sete dias. O teste de submersão em água é promissor para avaliação do vigor de sementes de milho em condições de estresse, mediante imersão das sementes em água por 48 horas, a 25 °C.

Palavras-chave: *Zea mays* L.. Germinação. Submersão em água. Baixa temperatura.

ABSTRACT - When sowing maize, such adverse factors as flooding and temperatures below those recommended can hinder establishment of the stand. There is therefore a need to find alternatives for the determination of seed vigour under adverse conditions, with a view to helping the system of production. This work aimed to estimate the physiological quality of maize seed under conditions of hydric and thermal stress, studying the methodology of testing by submersion in water and germination at low temperatures. To carry out the experiments, ten lots of two single hybrids (30F35R and 30P70H) were used, giving five lots of each. Evaluation of the initial quality of the lots was determined by water content, the cold test and the tests of germination and seedling emergence; the methodologies studied to evaluate vigour were: a) submersing the seeds in water, combining different periods (24, 36, 48 and 72 hours) and temperatures (20, 25 and 30 °C); and b) germination at low temperature, testing at 15 °C for eight days and at 16, 17 and 18 °C for seven days. The test for submersion in water is promising for the evaluation of the vigour of maize seeds under conditions of stress through immersion of the seeds in water for 48 hours at 25 °C.

Key words: *Zea mays* L.. Germination. Submersion in water. Low temperature.

DOI: 10.5935/1806-6690.20150042

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 27/02/2014; aprovado em 26/03/2015

Trabalho de Dissertação da primeira autora apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Produção Vegetal, da Universidade Federal do Paraná

²Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba-PR, Brasil, 80.035-050, camilaribeirodesouza@gmail.com

³Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil, rdvieira@fcav.unesp.br

⁴Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná/UFPR, Curitiba-PR, Brasil, maristela@ufpr.br

INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, a semeadura do milho é realizada normalmente de setembro a novembro, período em que é comum a ocorrência de chuvas intensas, podendo vir acompanhada de baixa temperatura no solo. A ativação do processo germinativo da semente depende diretamente da disponibilidade de água (ÁVILA *et al.*, 2007), temperatura (NASCIMENTO, 2013) e oxigênio (BRASIL, 2009), de forma que a alteração de algum desses fatores influenciará o estabelecimento do estande desejado.

A embebição de sementes maduras e viáveis promove a reativação dos sistemas metabólicos existentes, levando à síntese de novos componentes que promovem expansão e divisão celular enquanto a plântula se estabelece (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Entretanto, a resposta das sementes pode ser variada pelos diferentes graus de embebição, podendo ocorrer germinação, deterioração ou, em níveis mais críticos, a morte das mesmas (COSTA *et al.*, 2008b; MOTTA; SILVA, 1999), pois a condição adversa de alagamento do solo favorece a perda da viabilidade e vigor da semente, por reduzir a disponibilidade de oxigênio.

A germinação ocorre em limites relativamente amplos de temperatura, sendo que os extremos dependem principalmente da espécie e de suas características genéticas (MATHEUS; LOPES, 2009), uma vez que para as sementes de cada cultura há temperaturas cardeais para a germinação, ou seja, temperaturas máxima, mínima e ótima para que o processo ocorra (MARCOS FILHO, 2005). A temperatura ótima garante a melhor combinação entre porcentagem e velocidade de germinação (NASCIMENTO, 2013); acima da temperatura máxima e abaixo da temperatura mínima, as sementes não germinam e geralmente morrem em poucos dias (VAZ-DE-MELO *et al.*, 2012).

Em razão do milho ser uma cultura de verão, sua sensibilidade a baixas temperaturas é maior, consequentemente, a germinação e o estabelecimento do estande de plântulas podem ser afetados por temperaturas inferiores, estando diretamente relacionados com a qualidade fisiológica da semente. Nessa situação, a reorganização das membranas celulares durante a embebição pode ser dificultada, tornando o processo mais lento, principalmente em lotes menos vigorosos (CARVALHO *et al.*, 2009).

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.

Para sementes de milho, o teste de frio é o mais aceito e utilizado na avaliação do vigor; entretanto, os laboratórios utilizam diferentes metodologias para

a condução do teste na análise de rotina, reduzindo sua eficiência e gerando diferenças de resultados entre laboratórios (NIJENSTEIN; KRUSE, 2000). Acarretando a necessidade de pesquisas para identificar novos testes para avaliação do vigor de sementes de milho.

Diante das condições de estresse, possíveis de ocorrer em campo na época de implantação da cultura do milho, os testes de submersão em água (CUSTÓDIO *et al.*, 2009; DANTAS *et al.*, 2000a e b) e de germinação a baixa temperatura (ILBI; KAVAK; ESER, 2009) podem ser considerados opções para avaliar o vigor das sementes.

Com a finalidade de se disponibilizar alternativas eficientes para estimar a qualidade de sementes de milho, o objetivo no trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho em condições de estresses hídrico e de temperatura, estudando a metodologia dos testes de submersão em água e germinação a baixa temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, utilizando-se sementes de dois híbridos de milho (30F35R e 30P70H), representados por cinco lotes cada.

Inicialmente, os lotes foram homogeneizados pelo método manual, baseando-se nos critérios das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e divididos em quatro repetições. Durante o período experimental, as sementes foram armazenadas em sacos de papel do tipo Kraft, em ambiente controlado (16 °C e 55% de Umidade Relativa do ar) e inicialmente submetidas às seguintes avaliações:

a) Teor de água: realizado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas (BRASIL, 2009), com duas repetições de 10 sementes por lote.

b) Germinação: 200 sementes por lote (divididas em oito subamostras de 25 sementes) foram semeadas em rolo de papel umedecido com água de torneira na quantidade equivalente de 2,5 vezes à massa do substrato não hidratado e colocadas para germinar a 25 °C no escuro, com contagem realizada aos cinco dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009).

c) Emergência de plântulas em campo: conduzida com quatro repetições de 100 sementes por lote, em canteiros preparados sem correção, distribuídas em profundidade uniforme de três centímetros. As avaliações foram realizadas aos 14 dias após a semeadura, por meio da contagem das plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem.

d) Teste de frio em rolo de papel com solo: utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes por lote, semeadas em rolo de papel toalha umedecido com água de torneira na quantidade equivalente a três vezes a massa do substrato seco, contendo uma camada fina de solo obtido de área cultivada anteriormente com a cultura. Os rolos foram colocados em sacos de plástico e levados para câmara fria a 10 °C, onde permaneceram por sete dias (BARROS *et al.*, 1999); decorrido este período, foram retirados dos sacos e colocados em germinador a 25 °C no escuro por cinco dias, quando foram computadas a porcentagem de plântulas normais.

Os testes de estresse por excesso hídrico e baixa temperatura foram:

1) Submersão em água: quatro repetições de 50 sementes por lote foram colocadas em copos de plástico (capacidade de 180 mL) e submersas em 100 mL de água de torneira durante os períodos de 24; 36; 48 e 72 horas, a 20; 25 e 30 °C. Após cada período de submersão, determinou-se o teor de água das sementes e as quatro repetições por tratamento foram colocadas para germinar conforme descrito no item b, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a semeadura.

2) Germinação a baixa temperatura: quatro repetições de 50 sementes por lote foram semeadas em rolo de papel umedecido com água de torneira em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado e colocadas para germinar a 15 °C por oito dias e a 16; 17 e 18 °C por sete dias. Após cada período de condicionamento computou-se a porcentagem de plântulas normais maiores do que 4,0 cm.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e para correlacionar as médias obtidas no teste de emergência de plântulas em campo com as dos testes de frio, submersão em água e germinação a baixa temperatura utilizou-se o modelo de *Spearman*. Os coeficientes de correlação (ρ) foram considerados significativos a 5% de probabilidade pelo teste T, sendo que os dados de teor de água não foram analisados estatisticamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados referentes à qualidade inicial dos lotes de sementes de milho, avaliada pelo teor de água e testes de germinação, emergência de plântulas em campo e de frio pode-se observar que os valores do teor de água inicial entre os lotes de cada híbrido foram próximos, fato importante para a execução das demais avaliações da qualidade fisiológica (Tabela 1). Em testes que expõem as

sementes a acentuada hidratação, como o de submersão em água, não é recomendado executá-los com amostras cujo teor de água tenha uma variação acentuada, pois sementes mais secas estão sujeitas a maior deterioração, uma vez que o contato com a água permite rápida embebição, podendo reiniciar o metabolismo de maneira defeituosa ou provocando ruptura nas membranas celulares, interferindo assim na interpretação dos resultados (MARCOS FILHO, 2005).

Analisando-se os dados do híbrido 30F35R (Tabela 1), observa-se que a germinação dos lotes foram semelhantes e considerados como de alta qualidade (96 a 100% de plântulas normais). Na condução de estudos com testes de vigor de sementes é importante que os lotes utilizados tenham poder germinativo semelhante e sejam comercialmente aceitos, uma vez que o principal objetivo destes testes é complementar os resultados do teste de germinação, identificando diferenças de qualidade entre lotes com o potencial de germinação similar (MARCOS FILHO, 2005).

Na emergência de plântulas em campo, os lotes foram classificados em três níveis: alto (lote 1), intermediário (lotes 2; 3 e 4) e baixo (lote 5), por outro lado, o teste de frio não separou os lotes de forma semelhante ao de emergência de plântulas em campo, com correlação não significativa (0,20), não sendo capaz de identificar o lote de pior qualidade (lote 5), classificando-o como de médio desempenho.

Para o híbrido 30P70H também não houve diferenças na germinação dos lotes (Tabela 1), enquanto que a emergência de plântulas em campo identificou o lote 6 como o mais vigoroso e os lotes 9 e 10 com vigor inferior. A diferença entre os resultados da germinação e emergência em campo é normalmente esperada, visto que o teste de germinação é conduzido em condições ótimas, a fim de proporcionar a máxima germinação da amostra analisada; essas condições referem-se à disponibilidade de água, aeração e temperatura (BRASIL, 2009).

No teste de emergência de plântulas em campo, as sementes ficam expostas a fatores adversos de clima e solo (LARRÉ; ZEPKA; MORAES, 2007), o que permite separar os lotes em diferentes níveis de vigor (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Quanto ao teste de frio, novamente o mesmo não se correlacionou significativamente com a emergência, tendo um coeficiente de 0,15 (Tabela 1), classificando todos os lotes como sendo de mesma qualidade.

Para se identificar a eficiência de um teste de vigor, preconiza-se que os resultados obtidos sejam próximos da emergência de plântulas em campo, pois assim o teste estaria estimando o comportamento dos lotes após a semeadura em amplas condições de ambiente (ILBI; KAVAK; ESER, 2009). O teste de frio é o mais utilizado para avaliar o vigor de sementes de milho, especialmente nas regiões sul e sudeste do país,

onde é frequente a ocorrência de temperaturas baixas na semeadura realizada entre o início do mês de setembro e meados de outubro. Entretanto, pode-se observar que os resultados obtidos no trabalho para o teste de frio não tiveram correlação significativa com a emergência de plântulas em campo para os dois híbridos (Tabela 1).

Nijënstein e Kruse (2000), estudando a padronização do teste de frio em sementes de milho, ressaltaram a necessidade de novas pesquisas para se determinar metodologia padrão de condução do teste de frio, uma vez que é mundialmente utilizado e pode ser influenciado pelo genótipo e pelas diferenças de zonas climáticas.

Os coeficientes de correlação de *Spearman* (ρ) entre os dados médios obtidos nos testes de emergência de plântulas em campo e de submersão em água estão na Tabela 2. Para o híbrido 30F35R verificou-se correlação significativa (0,82) quando se utilizou a metodologia de submersão das sementes em água por 48 horas a 25 °C ranqueando os lotes de forma semelhante à emergência de plântulas em campo; nessa metodologia, após o período de submersão, as sementes estavam com teor de água uniforme, entre 36,0 e 37,4% (Tabela 3).

Para o híbrido 30P70H (Tabela 2), o teste de submersão em água foi eficiente para classificar os

lotes, semelhantemente ao teste de emergência de plântulas em campo, quando a condução foi a 25 °C, por 24 e 48 horas, permitindo determinar o potencial fisiológico dos lotes de modo semelhante à emergência. Nota-se que a combinação 25 °C/48 horas foi também a que proporcionou os melhores resultados para as sementes do híbrido 30F35R (Tabela 2). O teor de água das sementes ficou muito próximo (Tabela 4), variando entre 32,9 e 33,5%, e entre 34,7 e 37,0%, respectivamente, após os períodos de 24 e 48 horas.

Durante o período de submersão, a disponibilidade de oxigênio é reduzida (LIMA *et al.*, 2004) e ocorre a entrada de água rapidamente e em grande quantidade no interior da semente, devido à diferença de potencial hídrico entre a mesma e o meio, induzindo o metabolismo fermentativo e ocasionando dano por embebição (COSTA *et al.*, 2008a e b). A semente com algum tipo de injúria tem menor energia disponível para a germinação, a qual será afetada negativamente pelo processo de submersão em água, resultando assim em baixo vigor (CUSTÓDIO *et al.*, 2009).

Assim, a condução do teste de submersão em água com a metodologia de 25 °C por 48 horas pode ser recomendada para sementes de milho, uma vez que foi

Tabela 1 - Teor de água, germinação e vigor (emergência de plântulas em campo e teste de frio) de sementes de lotes de milho, híbridos 30F35R e 30P70H

Lotes	Teor de água	Germinação	Emergência em campo	Teste de frio
	----- % -----			
Híbrido 30F35R				
1	9,4	97 a	98 a	96 a
2	9,7	97 a	95 ab	93 ab
3	10,5	100 a	97 ab	90 b
4	11,3	96 a	96 ab	86 c
5	9,7	99 a	93 b	92 b
CV (%)	-	2,38	2,18	1,55
Coeficiente de correlação (ρ)*				0,20
Híbrido 30P70H				
6	10,6	99 a	98 a	97 a
7	10,6	98 a	97 ab	99 a
8	10,5	97 a	96 ab	99 a
9	12,6	99 a	95 b	99 a
10	11,9	98 a	94 b	98 a
CV (%)	-	1,69	1,61	1,08
Coeficiente de correlação (ρ)*		0,15		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *Coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ) entre os dados médios de emergência em campo e teste de frio

eficiente na determinação do vigor, independentemente do híbrido, ou seja, verificou-se que o ranqueamento do vigor dos lotes de milho obtido por essa metodologia foi

semelhante à emergência. Além disso, o teste foi eficiente para identificar níveis de vigor entre lotes de sementes com poder germinativo semelhante e elevado (acima de 95%).

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre os dados médios obtidos nos testes de emergência em campo e de submersão em água dos lotes de sementes de milho, híbridos 30F35R e 30P70H

Períodos de submersão (h)	Temperaturas de submersão em água (°C)		
	20	25	30
Coeficiente de correlação (ρ): emergência X submersão em água			
Híbrido 30F35R			
24	0,79	0,63	0,22
36	0,41	0,66	0,41
48	0,56	0,82*	0,56
72	0,60	0,70	0,60
Híbrido 30P70H			
24	0,36	0,95*	0,74
36	0,36	0,52	0,70
48	-0,10	0,87*	0,30
72	0,36	0,80	0,20

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T

Tabela 3 - Teor de água de lotes de sementes de milho, híbrido 30F35R, após cada período de submersão em água

Lotes	Teor de água (%)			
	Períodos de submersão			
	24 h	36 h	48 h	72 h
Temperatura de 20 °C				
1	33,6	35,5	36,5	38,4
2	33,3	34,4	36,1	37,5
3	33,1	34,2	36,6	37,9
4	33,8	34,8	36,3	39,1
5	33,5	33,9	36,1	37,9
Temperatura de 25 °C				
1	33,8	35,9	37,0	38,2
2	33,6	35,7	37,0	38,2
3	33,3	35,2	36,0	38,0
4	34,4	36,9	37,4	39,4
5	33,3	35,0	36,4	37,7
Temperatura de 30 °C				
1	35,8	37,1	35,3	38,6
2	35,5	36,5	37,8	38,3
3	36,0	37,5	37,5	38,6
4	36,4	37,2	38,4	39,1
5	35,0	36,7	36,8	37,7

O teste de submersão em água pode ser facilmente recomendado no controle interno de qualidade de empresas de sementes, pois os materiais e equipamentos necessários para a sua condução e os critérios para avaliação são os mesmos do teste padrão de germinação, sendo que o tempo para obtenção dos resultados é de seis dias, ou seja, menor que o do teste de frio que requer 12 dias para a finalização.

Os resultados da correlação entre os testes de germinação à baixa temperatura e emergência de plântulas em campo estão na Tabela 5, pelos quais se observa que

para o híbrido 30F35R a condução do teste por sete dias a 16 °C teve correlação significativa. Por outro lado, no híbrido 30P70H a metodologia mais adequada para avaliação do vigor foi à de 18 °C, por sete dias (correlação significativa com a emergência em campo). Neste sentido, com os resultados obtidos no presente estudo não foi possível definir uma metodologia consistente para a condução da germinação a baixa temperatura em sementes de milho, provavelmente pelo fato da eficiência do teste ser passível de variações de acordo com o genótipo.

Tabela 4 - Teor de água de lotes de sementes de milho, híbrido 30P70H, após cada período de submersão em água

Lotes	Teor de água (%)			
	Períodos de submersão			
	24 h	36 h	48 h	72 h
Temperatura de 20 °C				
6	32,1	33,5	35,0	36,1
7	32,5	33,3	34,8	35,8
8	31,3	33,4	33,6	35,9
9	35,5	33,5	36,4	37,4
10	33,8	34,3	35,8	37,4
Temperatura de 25 °C				
6	33,4	34,8	35,3	38,7
7	32,7	34,5	35,9	38,7
8	32,9	34,1	34,7	37,0
9	33,5	34,4	37,0	38,7
10	33,8	35,2	36,7	39,1
Temperatura de 30 °C				
6	33,6	34,6	36,9	38,0
7	33,6	36,0	36,2	37,1
8	33,5	34,3	35,9	36,6
9	35,6	36,8	38,1	38,7
10	36,7	37,1	38,1	38,3

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre os dados médios obtidos nos testes de emergência de plântulas em campo e de germinação a baixa temperatura, dos lotes de sementes de milho, híbridos 30F35R e 30P70H

Germinação a baixa temperatura	Híbridos	
	30F35R	30P70H
Coeficiente de correlação (ρ): emergência X baixa temperatura		
15 °C (8 dias)	0,50	0,50
16 °C (7 dias)	0,95*	0,21
17 °C (7 dias)	0,20	0,30
18 °C (7 dias)	0,50	0,82*

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T

Temperaturas abaixo da ótima recomendada para germinação tornam o processo de embebição mais lento (ZUCARELI *et al.*, 2011), podendo dificultar a reorganização das membranas celulares (CARVALHO *et al.*, 2009), sendo este fato influenciado pela qualidade fisiológica (vigor) e genética (cultivar) da semente.

Portanto, há a necessidade de novos estudos visando determinar uma metodologia consistente para a condução do teste de germinação a baixa temperatura, independentemente do genótipo. A continuidade dos estudos justifica-se pelo fato do teste apresentar a vantagem da semelhança ao teste padrão de germinação, facilitando a sua utilização, uma vez que a instalação e os critérios para interpretação são os mesmos.

CONCLUSÃO

O teste de submersão em água por 48 horas a 25 °C é promissor para avaliação do vigor de sementes de milho.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro e a empresa Pioneer Sementes pelo fornecimento dos lotes de sementes de milho.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, M. R. *et al.* Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.

BARROS, A. S. R. *et al.* Testes de frio. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1.ed. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 5, p. 1-15.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CARVALHO, L. F. *et al.* Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 9, p. 149-162.

COSTA, C. J. *et al.* Expressão de isoenzimas após a pré-hidratação de sementes de ervilha. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 130-138, 2008 a.

COSTA, C. J. *et al.* Pré-hidratação de sementes de ervilha e sua interferência na avaliação do potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 198-207, 2008 b.

CUSTÓDIO, C. C. *et al.* Water submersion of bean seeds in the vigour evaluation. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 261-266, 2009.

DANTAS, B. F. *et al.* Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 88-96, 2000 a.

DANTAS, B.F. *et al.* Teste de alagamento para avaliação do vigor em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 288-292, 2000 b.

ILBI, H.; KAVAK, S.; ESER, B. Cool germination test can be an alternative vigour test for maize. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 516-519, 2009.

LARRÉ, C. F.; ZEPKA, A. P. S.; MORAES, D. M. Testes de germinação e emergência em sementes de maracujá submetidas a envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 708-710, 2007.

LIMA, S. M. P. *et al.* Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob condições ideais de estresse térmico. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 3, p. 505-514, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 115-122, 2009.

MOTTA, C. A.; SILVA, W. R. Desempenho fisiológico e sanidade de sementes de trigo submetidas a tratamento de hidratação/desidratação. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 3, p. 398-406, 1999.

NASCIMENTO, I. L. Determinação de metodologias para teste de germinação e vigor de sementes de quixabeira (*Bumelia obtusifolia* Roem et Schult. var. excelsa (DC) Mig.). **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 701-706, 2013.

NIJENSTEIN, J. H.; KRUSE, M. The potencial for standardization in cold testing of maize (*Zea mays* L.). **Seed Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 837-851, 2000.

OLIVEIRA, A. C. S. *et al.* Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Science Place**, v. 2, n. 4, p. 1-21, 2009.

VAZ-DE-MELO, A. *et al.* Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 687-695, 2012.

ZUCARELI, C. *et al.* Métodos e temperaturas de hidratação na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 684-692, 2011.