

Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio

Analysis of seed vigor of two Sorghum bicolor L. varieties using the cold test

LETÍCIA ALVES ZACARIAS
Discente de Agronomia (UNIPAM)
leticiaaz@unipam.edu.br

WELLINGTON FERRARI DA SILVA
Professor orientador (UNIPAM)
wellingtonferrari@unipam.edu.br

Resumo: O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma cultura altamente adaptada a condições de altas temperaturas e déficit hídrico, sendo essencial a utilização de sementes de elevada qualidade fisiológica para garantir um bom estabelecimento inicial da lavoura. Este trabalho teve como objetivo avaliar o vigor de sementes de duas variedades de sorgo (SHS 570 e SHS 410) por meio do teste de frio, considerando diferentes temperaturas e tempos de exposição. O experimento foi conduzido no Laboratório Núcleo de Pesquisa e Análise de Sementes do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial de $2 \times 2 \times 2$, sendo duas variedades de sorgo (SHS 570 e SHS 410), com duas temperaturas (8 e 15 °C) e dois tempos de exposição (7 e 10 dias), com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com um total de 32 parcelas experimentais. Após o teste foram avaliados a porcentagem de plântulas normais, o comprimento da parte aérea e o comprimento da raiz. As médias foram submetidas à análise de variância através do programa computacional SISVAR, e posteriormente submetidas ao teste de Tukey, a nível de 5% de significância. Os resultados indicaram que a variedade SHS 570 destacou-se pelo maior vigor, apresentando maior porcentagem de plântulas normais e maior desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular e demonstrando maior tolerância ao estresse causado por baixas temperaturas. Em contrapartida, a variedade SHS 410 mostrou-se mais sensível ao frio. A condição térmica de 8 °C proporcionou a melhor distinção do potencial fisiológico entre os genótipos, enquanto o tempo de exposição (7 e 10 dias) não influenciou os resultados. Concluiu-se que a variedade SHS 570 apresentou maior vigor e tolerância ao frio em comparação à SHS 410. A temperatura de 8 °C foi mais eficiente para discriminar o potencial fisiológico das sementes, enquanto o tempo de exposição (7 ou 10 dias) não afetou significativamente os resultados.

Palavras-chave: sorgo; temperatura; condições adversas; germinação; qualidade fisiológica.

Abstract: Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is a crop highly adapted to high temperatures and water deficit, and the use of seeds with high physiological quality is essential to ensure proper initial stand establishment. This study aimed to evaluate the vigor of seeds from two sorghum varieties (SHS 570 and SHS 410) using the cold test, considering different temperatures and exposure times. The experiment was conducted at the Seed Research and Analysis Laboratory of the Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). The experimental design was completely randomized in a $2 \times 2 \times 2$ factorial arrangement, consisting of two sorghum varieties (SHS 570 and SHS 410), two temperatures (8 and 15 °C), and two exposure periods (7 and 10 days), with four repetitions of 50 seeds per treatment, with a total of 32 experimental plots. After the test, the percentage of normal seedlings, the length of the aerial part and the length of the root were evaluated. The means were submitted to variance analysis through the SISVAR computational program, and subsequently submitted to Tukey's test, at a 5% significance level. The results indicated that the SHS 570 variety stood out for its greater vigor, presenting a higher percentage of normal seedlings and greater development of the aerial part and the root system, and demonstrating greater tolerance to stress caused by low temperatures. In contrast, the SHS 410 variety proved to be more sensitive to cold. The thermal condition of 8 °C provided the best distinction of physiological potential between the genotypes, while the exposure time (7 and 10 days) did not influence the results. It was concluded that the SHS 570 variety presented greater vigor and tolerance to cold in comparison to SHS 410. The temperature of 8 °C was more efficient for discriminating the physiological potential of the seeds, while the exposure time (7 or 10 days) did not significantly affect the results.

four replications of 50 seeds per treatment, totaling 32 experimental units. After the test, normal seedling percentage, shoot length, and root length were evaluated. Means were subjected to analysis of variance using SISVAR software and then compared by Tukey's test at a 5% significance level. The results indicated that SHS 570 exhibited higher vigor, with greater percentages of normal seedlings and greater development of shoot and root systems, demonstrating higher tolerance to cold stress. In contrast, SHS 410 showed greater sensitivity to low temperatures. The 8 °C condition provided the best discrimination of physiological potential between genotypes, whereas exposure time (7 or 10 days) did not influence the results. It was concluded that the SHS 570 variety presented greater vigor and cold tolerance compared with SHS 410. The temperature of 8 °C was more effective for distinguishing seed physiological potential, while exposure time did not significantly affect the outcomes.

Keywords: sorghum; temperature; adverse conditions; germination; physiological quality.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, com origem no continente africano e em algumas regiões da Ásia. Destaca-se por sua elevada tolerância à seca e a altas temperaturas, características que a tornam uma cultura estratégica para regiões com escassez de recursos hídricos (Carvalho *et al.*, 2000). Atualmente, o sorgo é o quinto cereal mais cultivado do mundo (FAO, 2009), sendo amplamente utilizado tanto na alimentação humana quanto animal.

No Brasil, durante a safra 2023/2024 a produção de sorgo alcançou aproximadamente 5 milhões de toneladas, posicionando o país como o quarto produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos, Nigéria e Índia (USDA, 2024). Os Estados de Goiás e Minas Gerais concentram cerca de 60% da produção nacional (IBGE, 2025), refletindo a importância econômica e agrícola da cultura no cenário brasileiro.

O uso de sementes com qualidade superior é um dos principais fatores para sucesso na implantação de qualquer cultura, pois favorece o desenvolvimento uniforme e satisfatório das plantas, mesmo diante de variações no ambiente, o que permite a cultivar atingir sua capacidade produtiva máxima (Barbosa *et al.*, 2012). Entre os atributos de qualidade, destacam-se a pureza genética, a sanidade e o vigor de germinação das sementes, aspectos essenciais a serem avaliados, tanto que, após a colheita, as sementes estão sujeitas a transformações físicas, bioquímicas e funcionais que podem comprometer seu desempenho no campo (Rodrigues *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a análise da qualidade fisiológica das sementes, especialmente por meio do teste de germinação, tem se consolidado como uma ferramenta eficiente para o controle da qualidade e da comercialização. Ao longo do tempo, esse teste passou por aprimoramentos, alcançando níveis satisfatórios de confiabilidade nos resultados obtidos (McDonald, 1993). Contudo, o teste de germinação, embora fundamental, nem sempre é suficiente para detectar diferenças sutis no desempenho de sementes, especialmente sob condições adversas de armazenamento ou campo (Carvalho; Nakagawa, 2000).

Assim, torna-se imprescindível complementar essa análise com testes de vigor, os quais permitem uma avaliação mais abrangente da capacidade de desempenho das sementes. Entre os testes de vigor, o teste de frio se destaca por sua eficácia em simular

condições adversas, como baixas temperaturas e alta umidade, possibilitando a identificação de lotes com maior potencial fisiológico (Dias *et al.*, 2006). Esse teste avalia a resistência das sementes ao estresse térmico, sendo aquelas que apresentam melhor desempenho consideradas mais vigorosas e aptas a garantir uma boa implantação da lavoura (Peres, 2010).

Para culturas adaptadas a clima quente, como o sorgo, a exposição a baixas temperaturas representa um fator limitante ao crescimento inicial. No Brasil, essa cultura está presente em regiões com temperatura média superior a 20° C (EMBRAPA, 2022). Em função dessa sensibilidade térmica, o teste de frio se apresenta como uma ferramenta promissora não apenas para avaliar o vigor das sementes, mas também para selecionar genótipos mais tolerantes ao frio. Essa abordagem tem sido aplicada com sucesso em outras espécies de cereais, como arroz (Najeeb *et al.*, 2021) e trigo (Ahad *et al.*, 2023), contribuindo para o entendimento dos mecanismos fisiológicos de resistência ao estresse térmico e para o aprimoramento genético de cultivares.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. por meio da aplicação do teste de frio, considerando diferentes faixas de temperatura e tempos de exposição.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no Laboratório Núcleo de Pesquisas e Análise de Sementes. O período do desenvolvimento prático ocorreu durante os meses de maio a julho de 2025. Foram utilizadas sementes de sorgo com as seguintes variedades: SHS 570 híbridos forrageiro e SHS 410 um híbrido granífero. Os testes foram submetidos aos métodos seguintes.

Para determinar o teor de umidade, foi utilizado um medidor de umidade do modelo GEHAKA G800 para as duas variedades de sorgo. Esse equipamento realiza a leitura automática da umidade, com os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

O teste de germinação padrão foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por variedade. As sementes foram dispostas em rolos de papel germitest previamente umedecidos com um volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a semeadura, os rolos foram identificados, embalados em sacos plásticos e transferidos para uma câmara germinadora com temperatura constante de 25 °C. As avaliações de germinação foram realizadas no 4° e 10° dia após a semeadura, considerando-se a porcentagem de plântulas normais, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Para a avaliação do vigor, foi empregado o teste de frio, com o mesmo arranjo experimental do teste de germinação (4 repetições de 50 sementes). As sementes foram acondicionadas em rolos de papel germitest e, posteriormente, colocadas em sacos plásticos para evitar a perda de umidade. Os rolos foram submetidos a duas temperaturas distintas (8 e 15 °C) e a dois períodos de exposição (7 e 10 dias), conforme detalhado na Figura 1. Após o período de estresse térmico, os rolos foram transferidos para uma câmara germinadora ajustada à temperatura de 25 °C, onde permaneceram 7 dias. Os resultados incluíram a porcentagem de plântulas normais, o comprimento da

parte aérea e o comprimento das raízes, conforme metodologia descrita por Barros *et al.* (1999).

Figura 1: Distribuição dos tratamentos aplicados às variedades SHS 570 e SHS 410, indicando a temperatura (°C) e o tempo de exposição (dias) para cada combinação experimental. “Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais

Tratamento	Variedade	Temperatura (°C)	Tempos (dias)
1	SHS 570	8	7
2	SHS 570	15	10
3	SHS 570	8	10
4	SHS 570	15	7
5	SHS 410	8	7
6	SHS 410	15	10
7	SHS 410	8	10
8	SHS 410	15	7

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial de 2 x 2 x 2, sendo dois níveis variedades (SHS 570 e SHS 410), duas temperaturas (8 e 15 °C) e dois tempos de exposição (7 e 10 dias), totalizando oito tratamentos. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, com um total de 32 parcelas experimentais.

Os dados foram submetidos pelo programa estatístico Sisvar, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Ferreira, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios do teor de umidade e da porcentagem de germinação obtidos para as sementes das duas variedades de *Sorghum bicolor* L., SHS 570 e SHS 410. A análise dos dados de germinação revela que ambas as variedades apresentaram elevados índices germinativos, com SHS 570 atingindo 93% e a SHS 410, 90%. Esses resultados indicam que os lotes avaliados apresentam qualidade fisiológica satisfatória para os testes de vigor subsequentes. De acordo com Ramos *et al.* (2004), é recomendável que, em estudos de avaliação de vigor, os lotes de sementes utilizados apresentem percentuais de germinação semelhantes, preferencialmente superiores a 85%. Essa uniformidade é essencial para minimizar interferências nos testes e possibilitar a detecção precisa de diferenças relacionadas exclusivamente ao vigor das sementes.

Tabela 1: Percentuais médios de teor de umidade (TU) e germinação para sementes de sorgo. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais. “Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio”.

Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais

Variedades	TU	Germinação
		(%)
SHS 570	11,2 a	93 a
SHS 410	10,8 a	90 a

Quanto ao teor de umidade, os valores obtidos foram de 11,2% para a variedade SHS 570 e 10,8% para a SHS 410, ambos dentro dos limites aceitáveis para a realização de testes fisiológicos. Segundo de Marcos Filho (1999) é essencial que as amostras utilizadas em testes apresentem níveis iniciais de umidade semelhantes, sendo admissíveis variações de até 1 a 2%. Essa uniformidade é fundamental para garantir que o processo de umedecimento ocorra de forma equilibrada, evitando interferências nos resultados causadas por diferentes graus de deterioração das sementes.

3.1 TESTE DE FRIO

Conforme os dados apresentados, evidenciou-se que a variedade SHS 570 registrou uma maior proporção de plântulas normais em comparação com a SHS 410, sob diferentes condições de temperatura e tempo de exposição. Não foram observadas diferenças significativas entre os períodos de exposição (7 e 10 dias) dentro de cada condição de temperatura e variedade, indicando que esse fator não alterou expressivamente o comportamento das sementes. Em relação às temperaturas, observou-se que a condição de 8 °C permitiu maior distinção entre as variedades, especialmente para a SHS 570, reforçando sua maior capacidade fisiológica de suportar ambientes com temperaturas reduzidas.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios da porcentagem de plântulas normais computados após o teste de frio, conduzidos em duas temperaturas e dois períodos de exposição, permitindo a comparação entre as cultivares avaliadas.

Tabela 2: Médias de plântulas normais computadas, após o teste de frio, para duas temperaturas e dois períodos de exposição. “Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio”.

Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais

Variedades	8 °C	
	7 dias	10 dias
SHS 570	30,75 Aa ¹	32,75 Aa ¹
SHS410	13,75 Ba ¹	14,50 Ba ¹
	15 °C	
SHS 570	21,75 Aa ²	22,50 Aa ²
SHS 410	12,25 Ba ¹	15,50 Ba ¹
CV (%)	23,44	
DMS (%)	3,52	

Desdobramento das variedades em cada nível de temperatura e tempo (médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas). Desdobramento do tempo dentro de cada nível de variedades e temperatura (médias seguidas de mesma letra minúscula na linha).

Desdobramento de temperatura dentro de cada nível de cultivares e tempo (médias seguidas de mesmo número sobrescrito na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

As evidências observadas indicam que a importância da qualidade fisiológica das sementes como fator determinante para o desempenho inicial das plântulas sob condições adversas. Estudos anteriores, como os de Piana e Silva (1998), Tonin *et al.* (2000) e Braccini *et al.* (1996; 1998), demonstraram que variedades com sementes de melhor qualidade fisiológica tendem a apresentar maior tolerância a estresses ambientais. Assim, é plausível considerar que o melhor desempenho da variedade SHS 570 em ambientes com baixa temperatura pode estar associado a essa característica intrínseca, indicando seu potencial para uso em regiões ou épocas sujeitas a condições climáticas desfavoráveis. Essa correlação entre vigor fisiológico e resiliência ao estresse reforça a relevância da seleção criteriosa de variedades para garantir o sucesso da implantação da cultura.

O aumento do comprimento das plântulas a 15 °C indica que a temperatura menos adversa favoreceu processos metabólicos associados à emergência e ao crescimento inicial, refletindo maior vigor expressado no pós-frio. No entanto, a 8 °C, o estresse térmico limitou o alongamento, nivelando o desempenho das variedades e suprimindo diferenças genotípicas. A ausência de efeito significativo do tempo de exposição (7 e 10 dias) sugere que, em cada temperatura, o estresse imposto foi suficiente para discriminar o potencial fisiológico já aos 7 dias, e a extensão para 10 dias não acrescentou sensibilidade estatística. A melhor performance consistente da SHS 570 sobre a SHS 410 em 15 °C aponta para uma maior capacidade da SHS 570 de retomar o crescimento quando as condições térmicas são moderadas, característica desejável em ambientes sujeitos a frio transitório seguido de temperaturas mais amenas. Em conjunto, os resultados reforçam que a temperatura é o fator crítico para a expressão do vigor após o teste de frio, enquanto o tempo de exposição pode ser mantido no menor nível testado sem perda de capacidade discriminatória. Além disso, a SHS 570 apresenta maior vigor relativo que a SHS 410 quando a temperatura não é excessivamente restritiva.

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados do comprimento da parte aérea, apurados após a influência dos diferentes intervalos de exposição e a baixas temperaturas.

Tabela 3. Comprimento da parte aérea de plântulas computadas, após o teste de frio, para duas temperaturas e dois períodos de exposição. “Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais

Variedades	8 °C	
	7 dias	10 dias
SHS 570	10,93 Ab ¹	15,21 Aa ²
SHS410	9,76 Ab ¹	12,29 Ba ¹
	15 °C	
SHS 570	11,91 Aa ¹	19,59 Aa ¹
SHS 410	10,21 Ab ¹	13,41 Ba ¹
CV (%)	12,05	
DMS (%)	1,14	

Desdobramento das variedades em cada nível de temperatura e tempo (médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas). Desdobramento do tempo dentro de cada nível de variedades e temperatura (médias seguidas de mesma letra minúscula na linha).

Desdobramento de temperatura dentro de cada nível de cultivares e tempo (médias seguidas de mesmo número sobrescrito na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A uma temperatura de 8 °C, o estresse provocado pelo frio reduziu o crescimento das plântulas, tornando o desempenho das variedades semelhante e dificultando a expressão de diferenças genéticas. Segundo Marcos-Filho (1999b), esse efeito ocorre porque as baixas temperaturas comprometem a absorção de nutrientes e retardam os processos fisiológicos associados ao desenvolvimento inicial. O sucesso de sementeiras realizadas em condições de baixa temperatura do solo depende da escolha de variedades com boa capacidade de estabelecimento inicial.

Nesse cenário, a variedade SHS 570 evidenciou desempenho expressivo, demonstrando capacidade de estabelecimento inicial mesmo sob condições de baixa temperatura, como em 8 °C. Esse comportamento indica maior adaptabilidade e resistência ao estresse térmico, atributos que se tornam estratégicos em situações de sementeira antecipada ou em ambientes com oscilações climáticas. Nesses casos, a eficiência fisiológica em temperaturas reduzidas é um fator decisivo para o êxito na emergência e desenvolvimento inicial da cultura. De acordo com Schaffasz *et al.* (2019), o sorgo apresenta sensibilidade significativa ao frio durante os estágios iniciais, sendo que variedades com maior eficiência fisiológica em temperaturas reduzidas tendem a apresentar melhor emergência e desenvolvimento inicial, como observado neste estudo.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes ao comprimento das raízes, permitindo a análise dos efeitos dos diferentes períodos de exposição ao frio sobre o desenvolvimento radicular das plântulas.

Tabela 4. Resultado do comprimento da raiz de plântulas computadas, após o teste de frio, para duas temperaturas e dois períodos de exposição. “Análise do vigor de sementes de duas variedades de *Sorghum bicolor* L. através do teste de frio”.

Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Minas Gerais

Variedades	8 °C	
	7 dias	10 dias
SHS 570	9,66 Ab ¹	16,39 Aa ¹
SHS410	6,79 Bb ¹	9,26 Ba ¹
	15 °C	
SHS 570	9,83 Ab ¹	16,00 Aa ¹
SHS 410	5,68 Bb ¹	9,39 Ba ¹
CV (%)	9,33	
DMS (%)	1,42	

Desdobramento das variedades em cada nível de temperatura e tempo (médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas). Desdobramento do tempo dentro de cada nível de variedades e temperatura (médias seguidas de mesma letra minúscula na linha).

Desdobramento de temperatura dentro de cada nível de cultivares e tempo (médias seguidas de mesmo número sobrescrito na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Os dados apresentados indicam que o comprimento da raiz foi influenciado tanto pela variedade quanto pela temperatura e tempo de exposição ao frio. A variedade SHS 570 apresentou raízes de forma constante mais longas que a SHS 410, demonstrando maior vigor inicial. Nas duas variedades avaliadas, a ampliação do período de exposição de 7 para 10 dias promoveu um aumento expressivo no comprimento das raízes. Durante o período inicial de 7 dias, a temperatura demonstrou influência mais acentuada sobre a variedade SHS 410, indicando maior sensibilidade dessa variedade às condições de baixa temperatura. Esses resultados sugerem que a variedade SHS 570 possui maior tolerância ao estresse por frio, refletida em um melhor desenvolvimento radicular, especialmente com maior tempo de exposição.

De acordo com Magalhães, Durães e Schaffert (2000), o sistema radicular do sorgo apresenta profundidade e elevada ramificação, sendo fortemente influenciado pela temperatura do ar e pela disponibilidade de fotoassimilados. Variedades com maior desenvolvimento radicular tendem a apresentar melhor desempenho sob condições de estresse, evidenciado pelos resultados observados para a SHS 570.

Segundo os autores Hernández, Onofre e Cárdenas (2023), o sorgo aciona mecanismos fisiológicos e moleculares frente ao frio, como alterações na membrana celular, ajustes metabólicos e expressão de genes associados à tolerância térmica. Essas respostas explicam a capacidade de algumas variedades manterem o crescimento em condições menos favoráveis. No presente estudo, a SHS 570 apresentou maior comprimento radicular em todos os tratamentos, especialmente após dez dias de exposição, evidenciando maior vigor inicial e tolerância ao estresse térmico. Em contrapartida, a SHS 410 mostrou maior sensibilidade às baixas temperaturas, com redução expressiva no crescimento radicular já no período de sete dias de exposição.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que a variedade SHS 570 apresentou maior vigor e tolerância ao frio em comparação à SHS 410. A temperatura de 8 °C foi mais eficiente para discriminar o potencial fisiológico das sementes, enquanto o tempo de exposição (7 ou 10 dias) não afetou significativamente os resultados.

REFERÊNCIAS

AHAD, A.; GUL, A.; BATOOL, T. S.; HUDA, NOOR-UL; NASEEER, F.; SALAM, UZMA ABDUL; SALAM, MARIA ABDUL; ILYAS, MAHNOOR; UNAL, BENGU TURKYILMAZ; OZTURK, M. Molecular and genetic perspectives of cold tolerance in wheat. **Molecular Biology Reports**, v. 50, p. 6997-7015, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08584-1>.

BARBOSA, R. M.; SILVA, C. B. da.; MEDEIROS, M. A. de.; CENTURION, M. A. P. da. C.; VIEIRA, R. D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 45-51, jan. 2012.

BARROS, A. S.; DIAS, M. C. L.; CÍCERO, S. M. Teste frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, 1999. p. 5.1-5.1.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 10-16, 1996.

BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V. S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1451-1459, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

CARVALHO, L. F. de; MEDEIROS-FILHO, S.; ROSSETTI, A. G.; TEÓFILO, E. M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n. 1, p. 185-192, 2000.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

- DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C.; TOKUHISA, D.; HILST, P. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 154-162, 2006.
- EMBRAPA. **Sistema de produção**: cultivo do sorgo. 2 set. 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748792/1/Sorgo-Plantio.2025>.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO statistical database**. 2009. Disponível em: <https://www.fao.org>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap, procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. ISSN 1413-7054.
- HERNÁNDEZ, P. F. V.; ONOFRE, L. E. M; CÁRDENAS, F. F. R. Responses of sorghum to cold stress: a review focused on molecular breeding. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1124335.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em abril, IBGE prevê safra de 328,4 milhões de toneladas para 2025**. Rio de Janeiro, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/43400-em-abril-ibge-preve-safra-de-328-4-milhoes-de-toneladas-para-2025>.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Ecofisiologia**: sistema radicular. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 24 p. (Circular Técnica, 28).
- MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (org.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES/Comitê de Vigor, 1999a. p. 1.1-1.21.
- MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C. *et al.* **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999b. p. 3.1-3.24.
- MCDONALD, M. B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.
- NAJEEB, S., MAHENDER, A., ANANDAN, A., HUSSAIN, W., LI, Z.; ALI, J. Genetics and Breeding of Low-Temperature Stress Tolerance in Rice. **Rice Improvement**, 2021.
- PERES, W. L. R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

PIANA, Z.; SILVA, W. R. Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1525–1531, 1998.

RAMOS, N.P.; FLOR, E.P.O.; MENDONÇA, E.A.F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2004.

RODRIGUES, G. B.; RESENDE, O.; SILVA, L. C. M.; FERREIRA JUNIOR, W. N. Physiological quality of graniferous sorghum seeds during storage **Research, Society and Development**, Rio Verde, v. 9, n. 6, e27963152, 2020.

SCHAFFASZ, A.; MELCHER, L.; RIEDE, C.; WINKLER, J.; MELCHER, P. Reproductive cold stress tolerance in sorghum F1 hybrids is a heterotic trait. **Agronomy**, v. 9, n. 9, p. 508, 2019. DOI: 10.3390/agronomy9090508.

TONIN, G. A.; CARVALHO, N. M.; KRONKA, S. N.; FERRAUDO, A. S. Influência do cultivar e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 276-279, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE.2024. **Commodity Production**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0410000>.