

METODOLOGIA DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SEMENTES DE SORGO GRANIFERO

ARTHUR RODRIGUES MARQUES¹ e ALEK SANDRO DUTRA¹

¹Universidade Federal do Ceará/Centro de Ciências Agrárias/Departamento de Fitotecnia

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p. 147-156, 2018

RESUMO - A condutividade elétrica da solução de embebição de sementes é um procedimento recomendado para avaliar o vigor de sementes, porém, ainda não se tem um procedimento padrão para diversas espécies. Objetivou-se determinar o tempo e a temperatura adequadamente combinados para o teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). A condutividade elétrica da água de embebição foi medida usando um condutivímetro, com temperatura na estufa incubadora BOD de 20, 25 e 30 °C em períodos de 2, 4, 8, 16, 20 e 24 horas usando 50 e 25 mL de água destilada. O experimento foi designado em um esquema fatorial de 3x6x2 e aleatoriamente agrupado, com cinco repetições de 50 sementes por amostra. Os resultados evidenciaram que o aumento do tempo de embebição das sementes e da temperatura causou um aumento nos valores de condutividade elétrica. A temperatura afetou significativamente os valores de condutividade elétrica e os melhores resultados foram obtidos a 25 e 30 °C. As sementes embebidas em 25 mL de água destilada apresentaram maiores valores de condutividade elétrica independentemente da temperatura para todos os períodos de tempo. Concluiu-se que a temperatura de 30 °C no período de embebição de 16 horas e volume de 25 mL de água é a combinação mais adequada para realizar o teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo. **Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, germinação, vigor.

METHODOLOGY FOR THE TEST OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN GRAIN SORGHUM SEEDS

ABSTRACT - The electrical conductivity of the seed imbibing solution is a recommended method of evaluating seed vigour, but there is still no standard method for the different species. The aim of this study was to determine a suitably combined time and temperature for the test of electrical conductivity in sorghum seeds (*Sorghum bicolor* L.). The electrical conductivity of the imbibition water was measured using a conductivity meter, at temperatures in the BOD incubator of 20, 25 and 30 °C, and at periods of 2, 4, 8, 16, 20 and 24 hours, using 50 and 25 mL of distilled water. The experiment was designed as a 3x6x2 randomly grouped factorial scheme, with five replications of 50 seeds per sample. The results showed that increases in seed imbibition time and temperature caused an increase in the values of electrical conductivity. The temperature had a significant effect on the values of electrical conductivity, with the best results obtained at 25 and 30 °C. The seeds soaked in 25 mL of distilled water showed higher values for electrical conductivity independently of temperature for all periods. It was concluded that a temperature of 30 °C at an imbibition time of 16 hours, and volume of 25 mL of water is the most suitable combination to carry out the test of electrical conductivity on sorghum seeds.

Keywords: *Sorghum bicolor*, germination, vigour.

O sorgo é uma cultura adaptada a regiões semiáridas e com uma produção significativa em regiões com temperaturas altas, chuvas irregulares, solos com baixa fertilidade e com baixa capacidade de retenção de água. Essas condições causam efeitos adversos para germinação, emergência e crescimento de plântulas (Mutava et al., 2011).

Um simples, rápido e confiável método para determinar o vigor de sementes é essencial para a produção de sementes de qualidade, pois é através desse teste padrão de germinação que vai ser estimada a performance da emergência da cultura em condições de campo. Por essa razão, diversos testes de vigor, como o de envelhecimento acelerado, controle de deterioração e teste de frio, têm sido desenvolvidos para determinar o desempenho dos lotes de sementes. O teste de condutividade elétrica é um procedimento que tem sido sugerido como um método de avaliar o vigor das sementes de ervilha e soja (Hampton & TeKrony, 1995). E esse teste também pode ser utilizado para analisar o desempenho de diversas culturas nos laboratórios de sementes em razão da sua simplicidade e rapidez e pelo potencial de implementação (Panobianco et al., 2007; Milosevic et al., 2010). O teste de condutividade elétrica se propõe indiretamente em avaliar o grau de injúria na membrana celular e a deterioração das sementes. Sementes com baixa viabilidade tendem a ter uma grande quantidade de eletrólitos lixiviados e como consequência uma baixa estabilidade na membrana celular (Vieira et al., 1996).

Apesar de indispensável, o teste de condutividade elétrica esbarra em uma grande dificuldade na determinação de parâmetros para todas as culturas com potencial agrícola. Isto se deve ao fato de que cada espécie possui uma característica única e inerente ao seu material genético, sendo importante o desenvolvimento de diversos estudos para a determinação

desses parâmetros específicos para cada cultura. Baseado em parâmetros realizados para outras espécies, a pesquisa se apoiou na hipótese de que é possível determinar um binômio que atingisse valores estatisticamente similares aos valores padrões determinados. Sendo assim, obtendo um binômio específico para a cultura do sorgo com finalidades pré-determinadas.

Os testes rápidos mais estudados são os que relacionam os eventos iniciais do processo de deterioração das sementes, como os de perda da integridade da membrana celular, a redução da respiração celular e a dos processos biossintéticos (Tokushisa et al., 2009).

Segundo Panobianco et al. (2007), diversos fatores afetam os resultados dos testes de condutividade elétrica, como o tamanho das sementes, a temperatura, o período de embebição, o teor inicial de água contido nas sementes e a temperatura de armazenagem das sementes. Entretanto, não se tem informações suficientemente claras sobre a influência que a presença de patógenos nas sementes analisadas pode refletir no resultado final. Sementes de soja que germinam com patógenos possuem uma redução no potencial fisiológico (Galli et al., 2007).

Em um teste de vigor de sementes, o potencial do substrato água é um agente do processo de estabilização das mudas no campo (Soares et al., 2010). Para Lopes et al. (2012), a água é o fator primordial para a germinação das sementes, e sua absorção promove a reidratação dos tecidos, os quais trazem como consequência a intensificação da taxa de respiração e de outros caminhos metabólicos, e o suplemento de energia e nutrientes necessários vem desencadeando um crescimento no eixo embrionário.

Neste contexto, objetivou-se determinar o tempo e a temperatura adequadamente combinados para o teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza-CE, utilizando as cultivares de sorgo EA03 e EA955. As avaliações da qualidade das sementes foram realizadas por meio dos seguintes testes: Germinação – utilizaram-se cinco repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel toalha, tipo Germitest, umedecidos com água o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocados para germinar a 25 °C. As avaliações foram realizadas no quarto e no décimo dia, após a semeadura (Regras..., 2009). Primeira contagem de germinação – conduzido juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais, no quarto dia após a semeadura. Emergência de plântulas – para essa avaliação, quatro repetições de 50 sementes por tratamento foram semeadas em canteiro de 10 x 1,0 m com 20 cm entre repetições. As irrigações foram feitas sempre que necessário, visando o fornecimento de água para a germinação das sementes e emergência das plântulas. A avaliação foi realizada no décimo dia após a semeadura, sendo computada a porcentagem de plântulas normais. Índice de velocidade de emergência – foram feitas contagens diárias das plântulas emergidas a partir da instalação do teste de emergência de plântulas (Nakagawa, 1999), até o décimo dia após a semeadura. Foram consideradas emergidas as plântulas cujo coleóptilo estava sobre a superfície do solo. O índice foi calculado conforme Maguire (1962).

Inicialmente foram separados os lotes das duas cultivares usando quatro repetições de 50 sementes, as quais foram obtidas de frações puras (Vieira, 1994; Loefflet et al., 1988). Foi determinado um teor de

água entre 10% a 14% para evitar que ocorresse o efeito do teor de água inicial sobre os resultados da condutividade elétrica. As amostras foram subdivididas em subamostras e pesadas, usando uma balança de precisão com duas casas decimais e em seguida colocadas para serem embebidas em um recipiente com 25 mL e 50 mL contendo água destilada (condutividade = 8,88 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$); as subamostras foram levadas para uma BOD a temperaturas de 20, 25 e 30 °C, durante os períodos de 2, 4, 8, 16, 20 e 24 horas. Após a embebição das sementes nos tempos propostos, fez-se as leituras da condutividade elétrica, com um condutivímetro MA-521, com um eletrodo (sensor) com constância de 1,0, na solução de embebição. O aparelho foi calibrado 30 minutos antes das leituras e para a calibração foi utilizada uma solução de calibração de KCl de 146,5 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1} \pm 0,5\%$, a 25 °C. Foram retiradas 15 amostras por vez, sendo realizadas medições imediatamente após a retirada da BOD, para que não ocorresse nenhuma influência do ambiente externo do laboratório. Cada amostra foi levemente agitada (10 a 15 segundos) antes da leitura, homogeneizando toda a solução, para reduzir a taxa de erro. O parâmetro determinado para a leitura foi de acordo com o valor obtido no binômio de 24 horas em 25 °C em 50 mL de substrato. Após a leitura do condutivímetro, o resultado de cada amostra foi subtraído da condutividade da água e dividido pelo peso da amostra, cujo resultado foi expresso em $\mu\text{S/cm}$. Segundo Hampton e Tekrony (1995), as condutividades entre as repetições não podem variar para mais ou para menos de 5 $\mu\text{S/cm}$.

O experimento foi conduzido sobre um esquema fatorial 2x3x6 (dois volumes de água, três temperaturas e seis períodos de embebição das sementes) com 5 repetições. Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variâncias utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7, 2014 (Silva,

2014), e as médias foram comparadas pelo teste de Turkey a 5% probabilidade.

Resultados e Discussão

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que nos testes de primeira contagem, emergência de plântulas e o índice de velocidade de emergência de plântulas não houve diferenças para as duas cultivares de sorgo ($P \leq 0,05$). Entretanto, foi observado que a germinação das sementes apresentou valores de por-

centagem estatisticamente iguais. A germinação das sementes das duas cultivares foi de 99%. O valor máximo de condutividade elétrica foi observado em sementes da cultivar EA03, embebidas em 25 mL a 25 °C por 24 horas com 99.3855 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ (Tabela 2). Segundo Tajbakhsh (2000), quando os resultados apresentam um aumento na condutividade elétrica dos lixiviados, percebe-se uma menor viabilidade das sementes. Logo, as sementes com baixa viabilidade apresentam altos valores de condutividade elétrica.

Tabela 1 - Dados médios de germinação, primeira contagem de germinação, emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de sorgo.

Cultivar	Germinação	Primeira contagem	Emergência	IVE
-----%-----				
EA03	99 a	90 b	91 b	10,70 b
EA955	99 a	95 a	97 a	9,83 a

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de sorgo cultivar EA03 na interação de volume e tempo sobre a temperatura.

Volume	Tempo (h)	Temperatura		
		20 °C	25 °C	30 °C
25 mL	2	40,52 dC	61,88 eA	68,17 dB
	4	45,91 cC	74,05 dB	78,20 cA
	8	53,84 bC	80,34 cB	88,11 bA
	16	61,06 aC	85,33 bB	93,98 aA
	20	59,47 aB	99,17 aA	96,91 aA
	24	61,33 aB	99,38 aA	97,82 aA
50 mL	2	25,08 hC	33,65 hA	35,93 hA
	4	29,58 gB	33,99 hA	37,11 ghA
	8	32,44 fgB	37,59 ghA	39,96 ghA
	16	35,59 efB	41,00 gA	41,61 gA
	20	37,71 deB	46,33 fA	47,29 eB
	24	41,69 cdB	45,75 fA	47,30 eC

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula na coluna e maiúscula na linha). Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

O valor mais elevado determinado foi na EA03 na combinação de 25 °C a 24 horas em 25 mL (Tabela 2). As sementes embebidas em 25 mL deram valores de condutividade elétrica mais altos durante 20 e 24 horas, pelo fato de terem um volume menor, que possui uma maior concentração dos lixiviados. Um tempo prolongado resultou em um aumento dos valores da condutividade elétrica nas sementes de sorgo; isso foi devido à influência da temperatura no processo de lixiviação de íons da semente. Estes resultados são relatados por Santipracha et al. (1997) na cultura do milho, e por Cisse e Ejeta (2003) na cultura do sorgo.

Os resultados obtidos com o teste de condutividade elétrica nas cultivares EA955 (Tabela 3) permitiu verificar, de maneira geral, que as diversas combinações de temperaturas e períodos de embebição apresentaram semelhança ao potencial fisiológico das cultivares analisada. O tempo de exposição prolongado causou um aumento nos valores de condutividade elétrica de sementes de sorgo. Os menores valores de condutividades elétricas de sementes foram medidos

a 25 °C em 50 mL durante 2 horas, para a cultivar EA955 (Tabela 3).

Analisando a Figura 1, pode-se observar que as sementes embebidas em 25 mL apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, por causa da maior concentração na solução em um menor volume de água, o que demonstra uma maior concentração dos eletrólitos lixiviados pelas sementes. Dutra e Vieira (2006) encontraram a mesma resposta estudando a cultura da abobrinha. Foi observado que na cultivar EA955 houve um maior equilíbrio no valor da condutividade elétrica quanto à elevação da temperatura (Figura 1). Quando ocorre a elevação da temperatura de embebição, pode-se provocar um dano térmico às membranas, causando um aumento da energia de ativação das moléculas, o qual vai alterando a viscosidade da água e, conseqüentemente, incrementa os valores de condutividade elétrica; em contrapartida, verifica-se que, em temperaturas mais baixas, o processo de reorganização das membranas é mais lento e o período de perda de lixiviados pelas sementes é mais duradouro.

Tabela 3 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de sorgo da cultivar EA955 na interação de volume e tempo sobre a temperatura.

Volume	Tempo (h)	Temperatura		
		20 °C	25 °C	30 °C
25 mL	2	37,94eA	52,96 dB	58,68 cA
	4	44,15eB	60,02cdA	62,22 cA
	8	62,21dB	67,30 cB	78,76 bA
	16	71,20cC	79,40 bB	87,98 aA
	20	81,87bB	93,11 aA	92,40 aA
	24	93,82aA	92,51 aA	91,95 aA
50 mL	2	24,68gB	24,21 hB	31,38 eA
	4	25,77fgA	26,16ghA	27,31 eA
	8	31,56fA	33,34 fgA	32,92 eA
	16	36,71eA	38,27 efB	41,93 dAB
	20	37,56eA	43,84 eA	43,69 dA
	24	37,86eA	43,97 eA	43,92 dA

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula na coluna e maiúscula na linha). Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

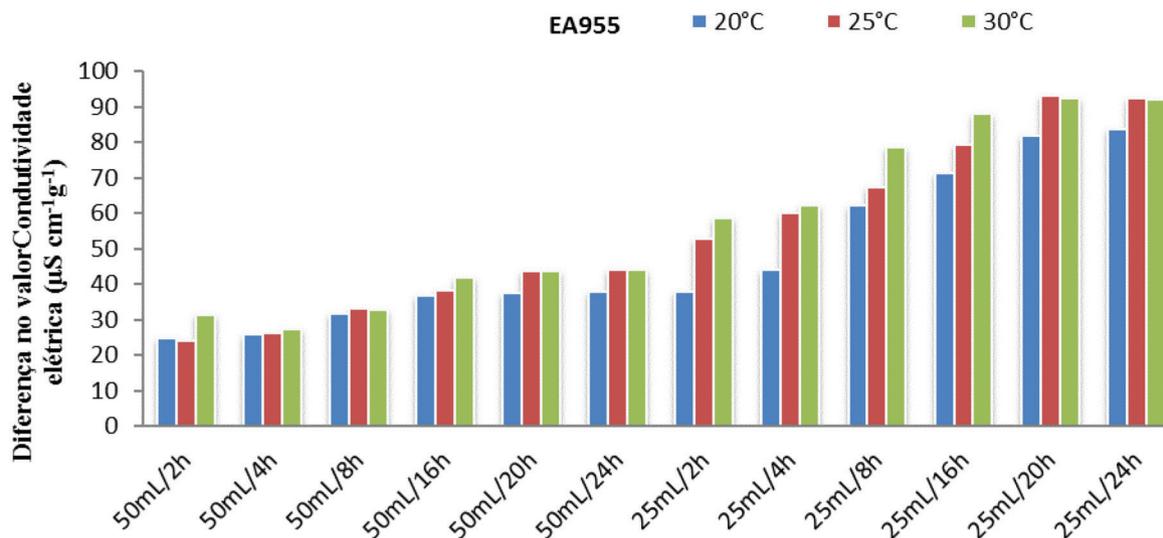


Figura 1 - Valores medidos de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) com sementes de sorgo, cultivar EA955, imersas em água.

Na Figura 1, observa-se que com 20 e 24 horas de embebição é possível afirmar que ocorreu lixiviação significativa para determinar o nível de vigor, pois o processo de lixiviação se estabilizou tanto para 25 mL como 50 mL de volume de embebição; isso pode ter ocorrido em razão do tamanho das sementes ou por características exclusivas das cultivares estudadas. Logo, tem-se uma redução no período de condicionamento das sementes, em relação ao período de 24 horas, adotado pela pesquisa como padrão para testes de condutividade elétrica para ervilha e soja (Hampton & TeKrony, 1995; Vieira & Krzyzanski, 1999). Resultados similares foram encontrados por Dutra et al. (2008) em sementes de feijão caupi cv. Setentão.

Com relação à temperatura, observou-se que na cultivar EA03 a elevação da temperatura de 20 °C para 25 °C ou 30 °C proporcionou variação na lixiviação dos exsudados, porém manteve a classificação da cultivar (Figura 2). Observou-se que os tratamentos de sementes de sorgo com temperatura mais alta (25 e 30 °C) resultaram em alterações na condutivi-

dade elétrica para todos os períodos, revelando aumento da perda de lixiviados ao longo do tempo e a liberação de uma maior quantidade de exsudados para a solução de imersão, o que segundo Panobianco et al. (2007), mostra que quanto maior a intensidade de desorganização dos sistemas de membrana celular menor será o potencial fisiológico.

Outro fator que pode ter influenciado a lixiviação dos eletrólitos ao longo dos tempos de embebição, e se intensificado com o aumento da temperatura, é o início do processo de deterioração, no qual se pode observar uma hidrólise gradual dos açúcares solúveis. Esta hidrólise dos açúcares observada nas sementes levaria a um acúmulo de açúcares redutores, que por fim ameaçaria a integridade das proteínas como resultado da formação dos produtos que proporcionam o sabor desejado (Sun & Leopold, 1995).

Analisando a Figura 2, verifica-se que há um aumento nos valores de condutividade elétrica ao longo do tempo, isso ocorre por causa da hidratação das sementes, que ocorre quando o mecanismo da estrutura da membrana celular permite a reorganiza-

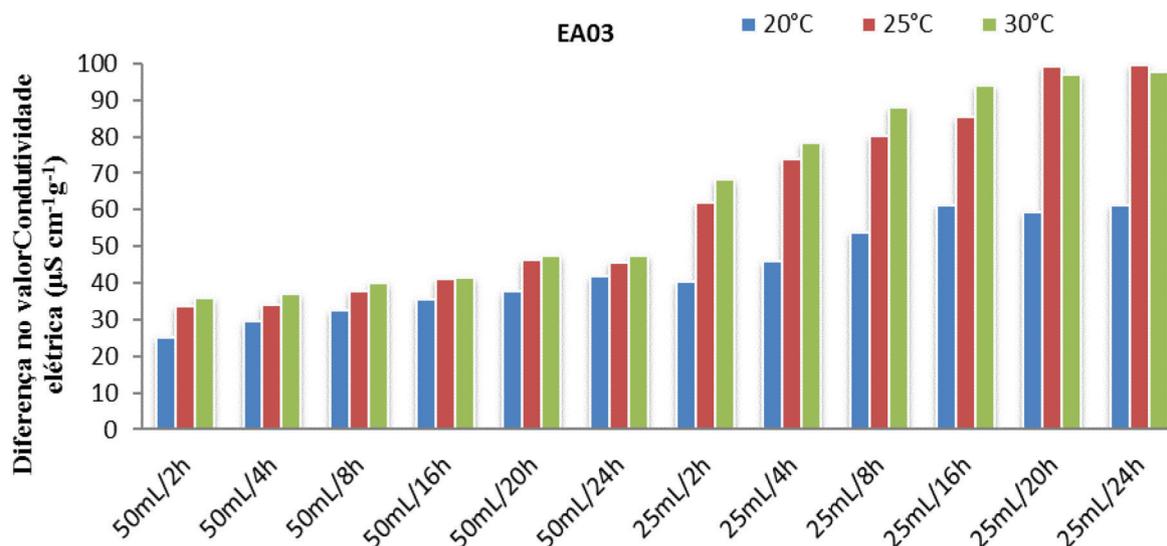


Figura 2 - Valores medidos de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) com sementes de sorgo, cultivar EA955, imersas em água.

ção, reduzindo assim a permeabilidade e consequentemente a libertação de lixiviados (Bewley & Black, 1994). Outro possível fator influenciador é a correlação existente entre a deterioração de sementes e a lixiviação de eletrólitos de sementes, a qual pode estar relacionada ao aumento da condutividade elétrica, pois é devida à perda de capacidade de reorganizar as membranas celulares completamente e rapidamente durante a embebição precoce (Tajbakhsh, 2000).

Observa-se, na Figura 3, a diferença numérica da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em todas as temperaturas e tempos estudados, sendo observadas diferenças de mais de $50\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ na cultivar EA03 nas temperaturas de 25 e 30 °C nos tempos de 20 e 24 horas. Em todas as combinações do teste de condutividade elétrica (temperatura, tempo de embebição e volume de água) houve um aumento na quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes com o decorrer da embebição. A transição de um período de relativa estabilidade da membrana para o envelhecimento dinâmico das sementes pode ocorrer através da perda do estado vítreo. O estado vítreo pode ser por causa

da influência de um aumento no teor de água, na temperatura, ou por uma separação dos açúcares envolvidos (Bernal-Lugo & Leopold, 1998), fato também relatado por diversos autores (Dias & Marcos Fiho, 1996; Dutra et al., 2008; Araújo et al., 2011).

Na Figura 4, a diferença observada possui valores maiores de $45\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ na cultivar EA955 nas temperaturas de 25 e 30 °C, nos tempos de 16, 20 e 24 horas. Em geral, a maior diferença foi registrada às 24 horas. De acordo com Soares et al. (2010), o teste de condutividade elétrica só deve ser utilizado às 16 horas ou mais. As variações na condutividade elétrica que ocorreram entre cultivares foram verificadas, também, por outros autores (Panobianco & Vieira, 1996; Vieira et al., 1996), em sementes de soja e feijão. Essas diferenças podem estar correlacionadas a características da própria cultivar, como o teor de lignina no tegumento da semente (Alvarez et al., 1997), uma vez que existe uma estreita relação entre esse teor no tegumento de sementes de soja e os resultados do teste de condutividade elétrica (Panobianco et al., 1999).

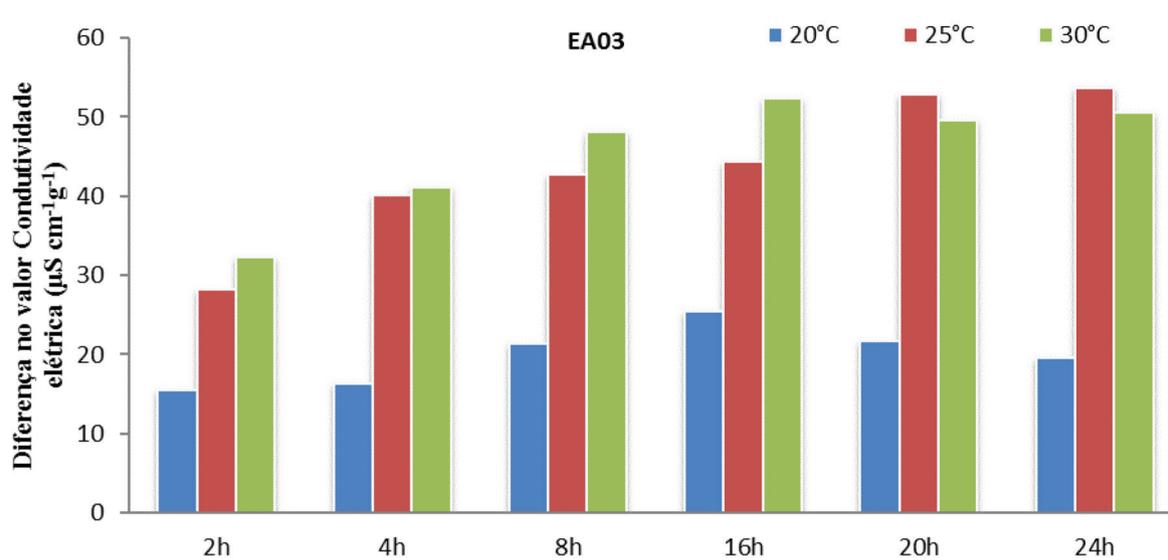


Figura 3 - Concentração de lixiviados medidos na condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de sorgo, cultivar EA03.

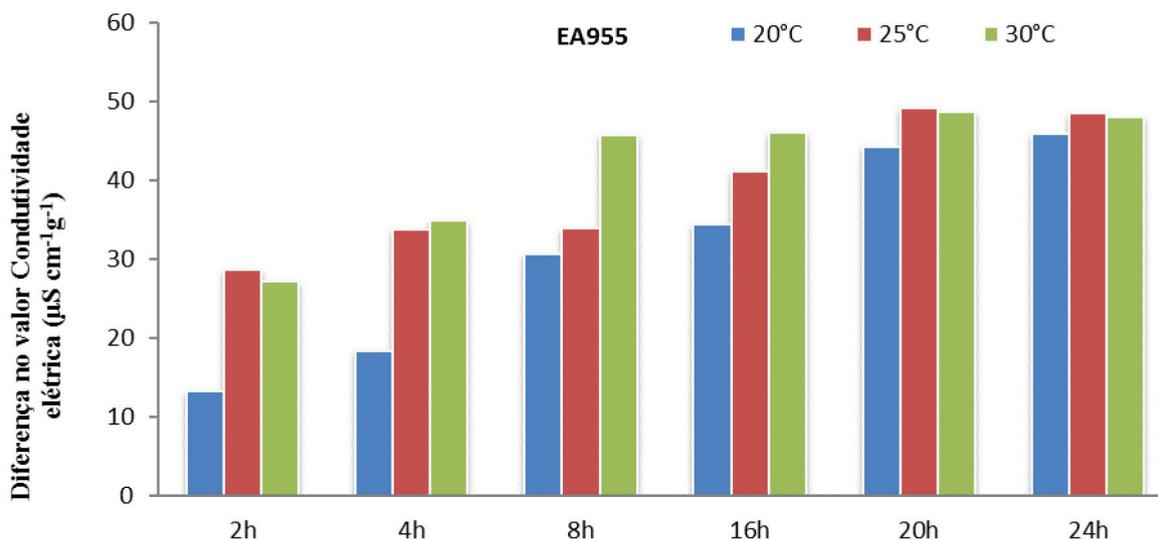


Figura 4 - Concentração de lixiviados medidos na condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em sementes de sorgo, cultivar EA03.

Conclusão

A condição mais adequada para condução do teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo é a embebição das sementes por 16 horas a 30 °C em 25 mL de água.

Referências

- ALVAREZ, P. J. C.; KRYZANOWSKI, F. C.; MANDARINO, J. M. G.; FRANÇA NETO, J. B. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, p. 209-214, 1997.
- ARAÚJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; HEBERLE, E.; ZONTA, F. M. G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011.
DOI: [10.1590/S0101-31222011000100014](https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100014).
- BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. The dynamics of seed mortality. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, n. 326, p. 1455-1461, 1998.
DOI: [10.1093/jxb/49.326.1455](https://doi.org/10.1093/jxb/49.326.1455).
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 444 p.
- CARVALHO, L. F.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S.; DIAS, D. C. F. S.; MOREIRA, M. A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 9-17, 2009.
DOI: [10.1590/S0101-31222009000100001](https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100001).
- CISSE, N. D.; EJETA, G. Genetic variation and relationships among seedling vigor traits in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 3, p. 824-828, 2003.
DOI: [10.2135/cropsci2003.8240](https://doi.org/10.2135/cropsci2003.8240).
- DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.
DOI: [10.1590/S0103-90161996000100005](https://doi.org/10.1590/S0103-90161996000100005).
- DUTRA, A.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica para a avaliação do vigor de sementes de abobrinha. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 117-122, 2006. DOI: [10.1590/S0101-31222006000200015](https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200015).
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M. Condutividade elétrica em sementes de feijão caupi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p.166-170, 2008.
- GALLI, J. A.; PANIZZI, R. C.; VIEIRA, R. D. Efeito de *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Phomopsis sojae* na qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 1, p. 40-46, 2007. DOI: [10.1590/S0100-54052007000100006](https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000100006).
- HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. 3rd. ed. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.
- LOEFFLER, T. M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. 1981. 181 f. Dissertação (Mestrado) - University of Kentucky, Lexington, 1981.
- LOPES, M. M.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. Methods for evaluating the physiological potential of Scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 40, n. 1, p. 86-94, 2012. DOI: [10.15258/sst.2012.40.1.09](https://doi.org/10.15258/sst.2012.40.1.09).
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MILOSEVIC, M.; VUJAKOVIC, M.; KARAGIC, D. Vigour tests as indicators of seed viability. **Genetika**, v. 42, n. 1, p. 103-118, 2010. DOI: [10.2298/GENSR1001103M](https://doi.org/10.2298/GENSR1001103M).
- MUTAVA, R. N.; PRASADA, P. V. V.; TUINSTRAB, M. R.; KOFOIDC, K. D.; YUA, L. J. Characterization of

- sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 123, n. 1, p. 10-18, 2011.
DOI: [10.1016/j.fcr.2011.04.006](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.04.006).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇANETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p.1-24.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean seed. I - Effect of the genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 9, p. 621-627, 1996.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANCA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.
- PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; PERECIN, D. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2007.
DOI: [10.1590/S0103-90162007000200003](https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000200003).
- REGRAS para análise de sementes. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Departamento Nacional de Defesa Vegetal, Coordenação de Laboratório Vegetal, 1992. 365 p.
- TAJBAKSH, M. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling growth (Viability and vigour) in Omid wheat. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 67-71, 2000.
- TOKUSHISA, D.; SEDIYAMA, C. A. Z.; HILST, P. C.; DIAS, D. C. F. S. Teste de condutividade de elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 137-145, 2009.
DOI: [10.1590/S0101-31222009000200016](https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000200016).
- SANTIPRACHA, W.; SANTIPRACHA, Q.; WONGVARODOM, V. Hybrid corn seed quality and accelerated aging. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, p. 203-208, 1997.
- SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: versão 7.7 beta**. 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 28 nov. 2016.
- SOARES, M. M.; CONCEIÇÃO, P. M.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Testes para avaliação do vigor de sementes de sorgo com ênfase à condutividade elétrica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 391-397, 2010. DOI: [10.1590/S1413-70542010000200017](https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200017).
- SUN, W. Q.; LEOPOLD, A. C. The Maillard reaction and oxidative stress during aging of soybean seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 1, p. 94-104, 1995.
DOI: [10.1111/j.1399-3054.1995.tb00789.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1995.tb00789.x).
- VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 4, p. 1-26.
- VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeito de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.