

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE RÚCULA

SIQUEIRA, R. C. P.¹; MARTINS, V. M.¹; RIBEIRO, J. B. Q.¹; COUTINHO, J. V.¹;
WESGUEBER, N. O.¹; LIMA, C. B.²

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), Bandeirantes/PR;
¹Graduandos em Agronomia: rsiqueira1994@gmail.com, victor.matheus.martins@hotmail.com, julianabrisollas2@gmail.com; jeanvitorcoutho@hotmail.com; natalydeoliveirawesgueber@gmail.com
²Professor Associado: crislima@uenp.edu.br

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a metodologia (volume de água e tempo de embebição) e, o uso da análise estatística na interpretação dos resultados do teste de condutividade elétrica, para a classificação do vigor de lotes de sementes de rúcula. Oito lotes de sementes de rúcula, sendo quatro lotes da cv. gigante e quatro da cv. Cultivada, adquiridos isentos de tratamento sanitário, categoria S2 foram submetidos às avaliações de teor de água, teste de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. O teste de condutividade elétrica foi executado com quatro repetições de 50 sementes para cada lote/cultivar, pesadas em balança analítica e colocadas em copos plásticos (200 mL) com 50 e 75 mL de água deionizada. Os copos foram mantidos em câmara de germinação sob a temperatura de 25 °C durante os períodos de 4, 8 e 12 horas, medindo em seguida a condutividade elétrica da solução. Com os valores obtidos os resultados foram calculados e expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente. Os resultados do teste de condutividade elétrica variaram em função do volume de água e do tempo de embebição das sementes, porém, não foi possível estabelecer somente pela análise estatística, classes de vigor semelhantes às indicadas pelo teste de envelhecimento acelerado. A ausência de parâmetros indicativos de valores como referência de condutividade elétrica, associados ao nível de vigor dos lotes de sementes de rúcula, pode favorecer uma interpretação equivocada sobre sua real condição fisiológica.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Mill; Qualidade fisiológica; Análise de sementes.

INTRODUÇÃO

Sementes de alta qualidade e vigor possuem rápida germinação, emergência de plântulas uniformes e toleram condições de campo adversas, sendo imprescindíveis para o estabelecimento rápido e uniforme de uma lavoura (MARCOS-FILHO, 2015), porém, lotes de sementes com elevados percentuais de germinação podem demonstrar resultados distintos no campo ou no armazenamento, em função do nível de vigor de cada lote. As diferenças entre a germinação e o vigor de um lote de sementes ocorrem pelo fato de que, as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração, acontecem antes que sejam verificados declínios na capacidade germinativa (VIEIRA et al., 2002).

O vigor está relacionado a uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos que determinam respostas diferenciadas da semente durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, visto que a germinação é realizada em condições ideais de água, temperatura e luminosidade (BRASIL, 2009). Na avaliação do vigor, busca-se, identificar manifestações de um processo fisiológico específico que possa ocorrer em campo ou durante o armazenamento (KRZYZANOWSKI et al., 2021). O vigor das sementes é uma característica de maior complexidade que a germinação e fornece informações precisas, para determinar o real potencial fisiológico de um lote de sementes. O vigor representa a manifestação de um conjunto de características que determinam a capacidade das sementes apresentarem desempenho adequado, quando expostas a diferentes condições de ambiente (MARCOS-FILHO, 2020). A partir da maturidade fisiológica atingida no campo, a análise do vigor é imprescindível para o monitoramento da qualidade das sementes.

Os testes de vigor foram desenvolvidos para detectar diferenças sutis entre lotes, que apresentam elevados percentuais de germinação, uma vez que o teste de germinação é conduzido seguindo as recomendações das regras para análise de sementes (BRASIL, 2009), que indicam as condições de ambiente ideal para cada espécie. As empresas que comercializam sementes procuram por testes de vigor que sejam rápidos, eficientes e de fácil execução para garantir a qualidade comercial do lote de sementes que será disponibilizado ao produtor (MATTIONI et al., 2015). Os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica então entre os testes de vigor validados pela International Seed Testing Association (ISTA), para se classificar lotes de sementes. O teste de envelhecimento acelerado (EA) avalia o nível de tolerância das sementes submetidas às condições de elevada temperatura e umidade relativa, por determinado tempo. Marcos-Filho (2015) afirma que este é o único teste em que há possibilidade da utilização de parâmetros que indicam adequação nos procedimentos adotados, fato essencial para sua padronização. Os lotes que apresentam menor vigor obtém acentuada redução no percentual de germinação, após o envelhecimento acelerado, enquanto os lotes mais vigorosos, mantém a capacidade de originar plântulas normais (MARCOS-FILHO et al., 2020).

No teste de condutividade elétrica, os valores das leituras das soluções contendo água e sementes medem a intensidade da corrente elétrica, determinada pela quantidade de lixiviados, indicando o nível de organização do sistema de membranas celulares e, indiretamente, o nível de vigor da amostra de sementes, desse modo, quanto maiores os valores de condutividade elétrica, menor o vigor das sementes (MATTIONI et al., 2015). Fatores importantes como o volume de água e o período de embebição das sementes, durante a execução do teste de condutividade podem influenciar os resultados obtidos para amostras de mesmo lote, analisadas em laboratórios diferentes, fazendo com que o teste de condutividade elétrica ainda não esteja padronizado, com metodologia específica para sementes de várias espécies (CARVALHO et al., 2009).

No caso de sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill) diferentes autores estudaram a metodologia do teste de condutividade elétrica, no que se refere a influência do volume de água e tempo de embebição. Alves e Sá (2009) recomendaram a combinação 50 sementes em 50 mL de água, durante quatro horas a 25° C. Torres e Pereira (2010), indicaram a mesma combinação de sementes, volume de água e temperatura, porém, durante oito horas de embebição. Entretanto, a maneira correta de interpretar os resultados do teste de condutividade

elétrica para sementes de rúcula, ou seja, classificar o vigor destes lotes, não está definida na literatura científica disponível.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a metodologia (volume de água e tempo de embebição) e, o uso da análise estatística na interpretação dos resultados do teste de condutividade elétrica, para a classificação do vigor de lotes de sementes de rúcula.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do *Campus* Luiz Meneghel, da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP-CLM), Bandeirantes/PR. Foram utilizados 8 lotes de sementes de rúcula, sendo quatro lotes da cv. Gigante e quatro lotes da cv. Cultivada, adquiridos isentos de tratamento sanitário, categoria S2 de empresa registrada. Para a caracterização inicial dos lotes, as sementes foram avaliadas da seguinte forma:

Determinação do teor de água (TA) – Realizada pelo método de estufa, a 105 ± 3 °C por 24 horas, com duas amostras de 2,0 g de sementes para cada lote/cultivar.

Teste de germinação (TG) – Realizado com quatro repetições de 50 sementes de cada lote/cultivar distribuídas de modo equidistante sobre uma folha de papel filtro, previamente umedecida com água destilada na proporção de duas vezes e meio o peso do papel seco, acondicionadas em recipientes plásticos transparentes tipo gerbox, mantidos sob temperatura de 20 °C na câmara de germinação. As avaliações foram realizadas aos quatro e sete dias após a instalação, registrando-se o percentual de plântulas normais (com radícula e cotilédones aparentes). Primeira leitura da germinação (PLG) – Onde foi contabilizado o número de plântulas normais no quarto dia após a instalação, conduzido juntamente com o teste de germinação.

Teste de envelhecimento acelerado (EA) – Utilizando 220 sementes para cada lote/cultivar, distribuídas uniformemente sobre tela metálica em recipientes plásticos transparentes tipo gerbox, contendo 40 mL de solução salina (40 g de NaCl + 100 mL de água destilada). Os recipientes foram mantidos em câmara de germinação a 41 °C durante o período de 48 horas. Após o período de envelhecimento, as sementes foram analisadas pelo teste de germinação, sendo considerada apenas a primeira leitura, realizada no quarto dia após a instalação. A classificação dos lotes ao final do EA foi realizada com base na recomendação de Marcos-Filho (2020), sendo a classe de alto vigor indicada para lotes com germinação maior ou igual a 85%, médio entre 65 e 85% e baixo vigor para percentuais inferiores a 65%.

Teste de condutividade elétrica – Executado com quatro repetições de 50 sementes para cada lote/cultivar, pesadas em balança analítica, colocadas em copos plásticos (com capacidade para 200 mL), utilizando-se 50 mL e 75 mL de água deionizada. Os copos foram mantidos em câmara de germinação sob a temperatura de 25 °C durante os períodos de 4, 8 e 12 horas. Os volumes de água e os tempos de embebição foram adaptados do descrito por Marcos-Filho (2020). Na sequência, a condutividade elétrica das soluções foi medida com o auxílio de um condutímetro de bancada, calibrado com solução padrão à $146,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (constante $K = 1$). Após cada medição, foi realizada a limpeza do eletrodo de condutividade com água deionizada. O resultado da medição de cada amostra ($\mu\text{S}/\text{cm}$) foi dividido pelo seu peso inicial (g), portanto, os valores de CE para cada lote foram apresentados em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições para cada lote/cv/teste. Os dados originais foram submetidos à análise de variância e, as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar[®] (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água dos lotes de sementes de rúcula variou de 5,1 a 6,3% (Tabela 1), sendo inferiores ao percentual máximo de 8%, considerado ideal para o armazenamento de ortodoxas. Segundo Marcos-Filho (2015), o teor de água da semente é uma característica estritamente associada à deterioração e, de modo geral, devem ser mantidos entre 10 a 13%, porém, em sementes de hortaliças onde o armazenamento é efetuado com embalagens impermeáveis, o grau de umidade pode ser reduzido para até 5,0%.

Os percentuais médios de germinação indicaram que os lotes analisados possuem bom desempenho germinativo, com no mínimo 83,5% na primeira leitura e, 86,0% no teste de germinação (Tabela 1), atendendo o requisito mínimo de 75% de germinação exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para comercialização de sementes de rúcula (BRASIL, 2019). Este resultado valida a utilização destes lotes nesta pesquisa, pois, segundo Araújo et al., (2011), a utilização de lotes com desempenho germinativo semelhantes é fundamental em estudos que visem avaliar o vigor de sementes, pois, o intuito é classificar o vigor de lotes que tenham elevados percentuais de germinação. O resultado do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 1) permitiu classificar os lotes de ambas as cultivares, como sendo de alto vigor, pois, de acordo com Marcos-Filho (2020) esta é a indicação para lotes com médias superiores a 85%.

Tabela 1. Percentuais médios do teor de água (TA) e de plântulas normais verificados nos testes de primeira leitura da germinação (PLG), germinação em laboratório (GL) e, envelhecimento acelerado (EA) de lotes de sementes de rúcula. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2022.

Cultivar	Lote	TA	PLG ^{ns}	GL ^{ns}	EA ^{ns}
Cultivada	1	5,3	98,5	99,0	95,0
	2	6,1	96,5	98,0	90,0
	3	5,4	93,5	94,5	88,0
	4	5,5	95,5	96,5	89,5
Gigante	1	5,3	97,5	97,5	93,0
	2	5,4	97,5	98,0	89,5
	3	5,4	83,5	86,0	85,5
	4	5,1	95,0	96,5	93,5
CV (%)			4,5	4,4	5,7

CV = Coeficiente de variação; NS= não significativo.

A maior média no volume de água de 50 mL foi de 157,9 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ e no volume de 75 mL foi de 117,5 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, com o aumento do período de embebição ocorre um aumento nos valores da CE em relação ao tempo inicial (Tabela 2). Este resultado era esperado uma vez que, o maior volume de água possibilita maior diluição do soluto liberado e, com o passar do tempo aumenta a liberação de solutos pelas sementes durante o processo de hidratação. De acordo com Marques et al. (2002), o aumento do volume de água, promove maior diluição e conseqüente redução nos valores de condutividade, assim como, a concentração de solutos tende a aumentar com o passar do período de embebição, o que provoca um aumento nos valores de CE.

Tabela 2. Valores médios do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), realizado com diferentes volumes de água e períodos de embebição de sementes de rúcula. UENP/CLM, Bandeirantes-PR, 2022.

Cultivar	Lote	50 mL			75 mL		
		4 horas	8 horas	12 horas	4 horas	8 horas	12 horas
Cultivada	1	84,6 Ac	132,9 Ab	157,5 Aa	75,6 Ab	85,2 Bb	106,0 Aa
	2	75,0 Bb	112,6 Ba	129,0 Ba	58,9 Bb	74,3 Bb	91,2 Ba
	3	96,3 Ab	144,6 Aa	157,9 Aa	88,0 Ab	103,3 Aa	117,5 Aa
	4	66,2 Ac	104,0 Bb	139,4 Ba	58,0 Bb	78,3 Ba	86,1 Ba
CV (%)		11,7					
Gigante	1	89,5 Ab	150,6 Aa	156,2 Ba	71,8 Ac	91,3 Bb	111,9 Aa
	2	83,3 Ab	114,4 Ba	130,3 Ca	70,9 Ab	85,3 Ba	92,6 Ba
	3	95,6 Ac	153,9 Ab	174,6 Aa	79,7 Ab	118,8 Aa	116,3 Aa
	4	76,9 Ab	135,7 Aa	131,9 Ca	68,2 Ab	85,5 Ba	88,8 Ba
CV (%)		12,4					

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. CV = Coeficiente de variação.

Os valores médios do teste de condutividade elétrica (CE) diferiram estatisticamente entre os lotes de cada cultivar, em todos os períodos de embebição para ambos os volumes de água, exceto para os lotes da cultivar gigante com 4 horas de embebição nos volumes de 50 e 75 mL de água (Tabela 2). Ao utilizar somente o critério estatístico para estratificar os lotes é preciso considerar que, as menores médias correspondem ao maior vigor, pois, indicam menor liberação de solutos, porém, as médias dos lotes, nos testes de viabilidade (PLG e TG) e de vigor (EA) demonstraram que os lotes são viáveis e de alto vigor (Tabela 1). Neste contexto, nenhum resultado do teste de CE permitiu interpretar se os lotes de ambas as cultivares, possuem alto vigor, por exemplo, o período com 4 horas de embebição com 50 e 75 mL de água não diferenciou os lotes da cultivar gigante, mas, isso não significa que eles possam ser

classificados como sendo de alto, médio ou baixo vigor, pois, não existe um parâmetro referência para explicar qual nível de vigor os valores entre 76,9 a 95,6 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ observados com 50 mL e, os valores de 68,2 a 79,7 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ observados com 75 mL, representam.

Os resultados do presente estudo evidenciaram que a classificação dos lotes a nível de vigor pelo teste de CE, apenas em função da diferença ou semelhança estatística, pode ocasionar interpretações equivocadas e, decisões incorretas sobre a finalidade dos lotes, por parte das empresas que comercializam sementes de rúcula em território nacional. Para Marcos-Filho (2015), o desenvolvimento de estudos visando identificar valores de referência de CE é muito importante, pois, permite estabelecer parâmetros associados ao nível de vigor dos lotes de sementes, a comparação com resultados obtidos em outros testes e o, conseqüente estabelecimento de padrões a serem seguidos no controle interno de programas de qualidade em empresas produtoras de sementes. Deste modo, é necessário que sejam determinados valores de referência de CE específicos, que permitam interpretar como classificar corretamente o vigor de lotes de sementes de rúcula, pelos resultados do teste de condutividade elétrica, a exemplo do que já ocorre para sementes de soja e ervilha (ISTA, 2011).

CONCLUSÃO

Os resultados do teste de condutividade elétrica variaram em função do volume de água e do tempo de embebição das sementes, porém, não foi possível estabelecer somente pela análise estatística, classes de vigor semelhantes às indicadas pelo teste de envelhecimento acelerado. A ausência de parâmetros indicativos de valores como referência de condutividade elétrica, associados ao nível de vigor dos lotes de sementes de rúcula, pode favorecer uma interpretação equivocada sobre sua real condição fisiológica.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à Fundação Araucária e a UENP, pela concessão das bolsas de PIBIC e PIBITI aos autores graduandos.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 203-215, 2009.

ARAUJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; HEBERLE, E.; ZONTA, F. M. G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 123-130, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 42, de 17 de setembro de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2019, p.11. Seção 1.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/DAS/ACS, 2009. 399p.

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**, v. 31, n. 1, p. 9-1, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

ISTA. International Seed Testing Association. **International rules for seed testing**. Bassersdorf: International Seed Testing Association, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO. Deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v. 25, n. 1, 2021.

MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2ed. Londrina: ABRATES, 2020. Cap.1, p.17-77.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (VELL) Fr. All. Ex Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.271-278, 2002.

MATTIONI, N. M.; MERTZ, L. M.; BARBIERI, A. P. P.; HAESBAERT, F. M.; GIORDANI, W.; LOPES, S. J. Individual electrical conductivity test for the assessment of soybean seed germination. **Semina**, v. 36, n. 1, p. 31-38, 2015.

TORRES, S. B.; PEREIRA, R. A. Condutividade elétrica em sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 058-070, 2010.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 1333-1338, 2002.