

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CEBOLA

REGINA CERES TORRES DA ROSA¹
JULIANA FERREIRA DE MOURA²
ANA PATRÍCIA DOS SANTOS GONÇALVES¹
LUCIANA MELO SARTORI GURGEL¹
TEREZA CRISTINA DE ASSIS¹
DOMINGOS EDUARDO GUIMARÃES TAVARES DE ANDRADE¹
ALICE MARIA GONÇALVES SANTOS¹

¹Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, LAPAS, Recife, Pernambuco.

²Bolsista de Desenvolvimento Técnico Industrial - DTI do CNPq/ Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA

Autor para correspondência: regina.rosa@ipa.br

Resumo: O trabalho teve por objetivo adequar o teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de diferentes cultivares de cebola, considerando os efeitos da temperatura, volume e período de imersão de água. As sementes de cebola de cinco cultivares, foram submetidos à determinação de umidade, germinação, primeira contagem, emergência de plântulas em solo, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. O teste de condutividade elétrica foi realizado com 50 sementes foram imersas em 50 e 75 mL de água destilada, nas temperaturas de 20°, 25 ° e 30°C, por 2, 4, 6, 8, 24, 48, 72 e 96 horas de imersão. O uso do teste de condutividade elétrica utilizando 50 sementes imersas em 50 mL de água destilada, a 20°C, a partir de 48 horas de imersão, constituiu um opção promissora para avaliação da qualidade de sementes de cebola.

Termos para indexação: *Allium cepa*, teste vigor, lixivação, temperatura, período de imersão.

ELETRICAL CONDUCTIVITY TEST FOR PHYSIOLOGICAL QUALITY OF ONION SEEDS

Abstract: The study aimed to adjust the electrical conductivity test to evaluate the seed vigor of different onion cultivars, considering the effects of temperature, volume and period of soaking water. The seeds of onion of five

cultivars were submitted to moisture, germination, first germination count, seedling emergence in soil, accelerated aging and electrical conductivity. The test of electrical conductivity was carried out on 50 seeds imbibed in 50 and 75 mL of distilled water at 20°, 25° e 30 °C for 2, 4,6, 8, 24, 48, 72 and 96 hours. The electrical conductivity test carried out under immersion of 50 seeds after 48hours in 50mL at 20°C of distilled water, was a promising option for assessing the quality of onion seeds.

Index terms: *Allium cepa*, vigor test, leakage, temperature, imbibition period.

INTRODUÇÃO

A busca pela maior produtividade e qualidade dos produtos olerícolas brasileiros tem feito da utilização de sementes de alta qualidade a base para o sucesso do sistema produtivo. Na avaliação da qualidade de sementes têm sido utilizados procedimentos oficiais, com destaque para o teste de germinação, que verifica a capacidade das sementes produzirem plântulas normais. No entanto, este método não evidencia diferenças no desempenho entre lotes de sementes durante o armazenamento ou no campo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Segundo Hampton & Tekrony (1995) a maior limitação deste teste, é sua inabilidade para detectar diferenças de qualidade entre lotes com alta germinação.

Assim o teste de germinação tem sido complementado pelos testes de vigor por fornecerem índices mais sensíveis do potencial fisiológico. Nos últimos anos, vários métodos foram estudados para testar o vigor de sementes, sendo a escolha do mais adequado fundamentada na rapidez, confiabilidade e facilidade de execução. Geralmente, os testes rápidos estão relacionados com os primeiros eventos do processo de deterioração, proposta por Delouche & Baskin (1973), como a degradação das membranas celulares e a redução das atividades respiratórias e biosintéticas. Na condutividade elétrica, a qualidade da semente é avaliada indiretamente por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de imersão das sementes, devido, à perda da integridade dos sistemas celulares (VIEIRA et al., 2002). Desta forma, baixa condutividade significa alta qualidade da semente, enquanto que alta condutividade está relacionada com a maior saída de lixiviados e sugerindo o menor vigor da mesma (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). Para algumas espécies de hortaliças, o teste de condutividade elétrica tem sido apontado como eficiente na avaliação do vigor, permitindo a identificação segura de

diferenças no potencial fisiológico das sementes (ALVES & SÁ, 2009).

O teste de condutividade elétrica, mesmo mostrando resultados reproduzíveis entre laboratórios, pode ser influenciado por alguns fatores que interferem nos resultados, tais como: presença de sementes danificadas fisicamente (TAO, 1978; LOEFFLER et al., 1988), tamanho da semente (TAO, 1978; DESWAL & SHEORAN, 1993), genótipo (PANOBIANCO & VIEIRA, 1996; VIEIRA et al., 1996, 1998; PANOBIANCO et al., 1999), tratamento químico de sementes (LOEFFLER et al., 1988; ZANG & HAMPTON, 1999), teor de água inicial das sementes (Association of Official Seed Analysts, 1983; LOEFFLER et al., 1988; HAMPTON et al., 1992; CARVALHO, 1994), período de imersão (LOEFFLER et al., 1988; WANG et al., 1994) e temperatura de imersão (MURPHY & NOLAND, 1982; GILVELBERG et al., 1984).

A temperatura é um dos fatores que influencia na avaliação do teste de condutividade, pois afeta diretamente a quantidade e velocidade de liberação de exsudados durante a imersão (LEOPOLD, 1980; MURPHY & NOLAND, 1982). Com sementes relativamente pequenas, a exemplo de certas hortaliças, a lixiviação máxima pode ocorrer em período inferior a duas horas (MURPHY & NOLAND, 1982), ao passo que em sementes maiores, como as de soja, verifica-se aumento da lixiviação até 24-30 horas após o início da imersão, numa temperatura de 25°C (LOEFFLER et al., 1988).

O período de embebição de água pela semente pode ser afetado pela variabilidade na permeabilidade do tegumento entre os genótipos, e essa variação na absorção pode ser atribuída à forma, tamanho e funcionalidade dos poros e a quantidade de material seroso da epiderme do tegumento (CALERO et al. 1982). A condutividade, também, pode ser afetada pelo volume de água que influencia na concentração dos lixiviados da solução de imersão, consequentemente, afetando o valor da mesma. Torres et al. (2015) ao estudarem a eficiência do teste de condutividade elétrica para verificação do potencial fisiológico de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) sobre diferentes condições (número de sementes, volume de água e período de imersão) contataram que esse teste é eficiente quando conduzido com 50 sementes imersas em 50 mL de água destilada, a 25 °C, após duas horas de imersão. Em estudo para avaliar o período de imersão e volume de água usado no teste de condutividade elétrica de sementes de cebola (*Allium cepa*

L.), cultivar Baía Periforme, verificou-se que o período mais eficiente para a classificação dos lotes em níveis de desempenho foi de 24 horas, apresentando algumas alterações na ordenação dos lotes em função do grau de umidade das sementes e do volume de água utilizado para a condução do teste (DIAS et al., 2006).

Desta forma, trabalho teve como objetivo estudar os procedimentos do teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor em sementes de cebola, visando o estabelecimento de metodologia específica para condução desse teste.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes e de Patologia de Sementes do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, utilizando cinco cultivares (Roxa IPA – 03, Composto IPA – 06, Franciscana IPA – 10, Vale ouro IPA – 11 e Brisa IPA – 12), cujas sementes não foram tratadas com agrotóxicos.

Determinação da umidade – As sementes tiveram as umidades determinadas pelo método de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, de acordo com as Regras de Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro amostras de 5 g por repetição, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Germinação – quatro repetições, contendo 100 sementes cada, foram semeadas em caixas gerbox contendo duas folhas do papel mata-borrão umedecidas. Em seguida as caixas foram acondicionadas em germinador, a 20°C . A contagem foi realizada aos sete e doze dias após a semeadura segundo os critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

Vigor – A determinação do vigor consistiu da utilização de testes rotineiramente utilizados nos laboratórios, que foram os seguintes: 1) **Primeira contagem de germinação** – conduzido juntamente com o teste de germinação, considerando a porcentagem de germinação de plântulas normais avaliadas aos sete dias após a semeadura; 2) **Emergência de plântulas em solo esterilizado**: utilizou-se quatro repetições, com 10 sementes, semeadas em bandejas plásticas, cada uma contendo uma mistura de solo de cultivo e areia fina lavada (2:1), previamente esterilizada. As bandejas foram mantidas em sala de germinação, com temperatura de 20°C , e sem controle da umidade

relativa do ar, por um período de 12 dias. Após o período de incubação, foi avaliada a porcentagem de plântulas normais emergidas.

Envelhecimento acelerado (EA) - foram utilizadas caixas tipo gerbox, possuindo no interior uma bandeja com tela metálica, onde as sementes, após pesadas, serão distribuídas de maneira a formarem uma camada uniforme. Dentro de cada gerbox se adicionou 40 mL de água destilada, sendo as caixas colocadas em uma câmara tipo BOD, a 35°C, por 24 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, e avaliadas, conforme descrito anteriormente, para germinação.

Condutividade elétrica (CE) - Foram estudadas as variações nos lotes de sementes de cebola, na temperatura (20, 25, e 30°C) e no tempo de imersão (2,4, 6, 8, 24, 48, 72 e 96 horas) para dois volume de água destilada (50 e 75 mL). Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes, fisicamente puras, previamente pesadas. Em seguida, foram colocadas para embeber em água e mantidas em câmara de germinação tipo BOD, durante cada período de imersão. Após este período de acondicionamento a condutividade elétrica da solução foi determinada, por meio de leituras em condutivímetro, com os resultados expressos em $\mu\text{S. cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente. A leitura de cada subamostra foi realizada logo após a retirada do material da incubadora, de modo gradativo, agitando-se, cuidadosamente, cada recipiente, com o intuito de uniformizar os eletrólitos lixiviados.

Os dados foram analisados pelo delineamento do tipo inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5 x 2 x 8 x 3 (cinco lotes, dois volume, oito períodos de imersão e três temperaturas). A comparação das médias foi realizada por intermédio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Também foram realizadas regressões e testados os modelos lineares, quadráticos e logarítmicos entre os parâmetros avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que ao serem relacionadas todas as determinações, a cultivar Brisa IPA-12 destacou-se com maiores percentuais quando comparada com as demais. Ressaltando-se que no teste de germinação, a mesma não diferiu estatisticamente da cultivar Roxa IPA-3. E nos testes de envelhecimento acelerado e emergência de plântulas em solo esterilizado a mesma não diferiu de Roxa IPA-3 nem de Franciscana IPA-10.

Tabela 1. Determinações iniciais (grau de umidade – GU, germinação – G, vigor de primeira contagem – PC, índice de velocidade de germinação – IVG, emergência de plântula em solo – EPS e envelhecimento acelerado – EA), em cinco cultivares de cebola

Cultivar	Determinações (%)					
	GU ¹	G ¹	PC ¹	EPS ¹	EA ¹	TF ¹
IPA – 3	8,39 ab	93,50 a	88,75 b	86,0 a	96,50 a	96,0 ab
IPA – 6	8,48 b	58,25 c	18,50 e	36,0 b	63,50 b	56,8 d
IPA – 10	8,51 b	81,25 b	72,50 c	72,0 a	86,50 a	85,5 b
IPA – 11	8,40 ab	71,00 b	36,00 d	36,0 b	66,50 b	70,5 c
IPA – 12	8,28 a	97,50 a	96,75 a	90,0 a	96,00 a	98,0 a
CV (%)	0,85	6,60	4,48	25,3	6,48	6,76

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem ao nível de significância P = 0,05 para o teste de Tukey.

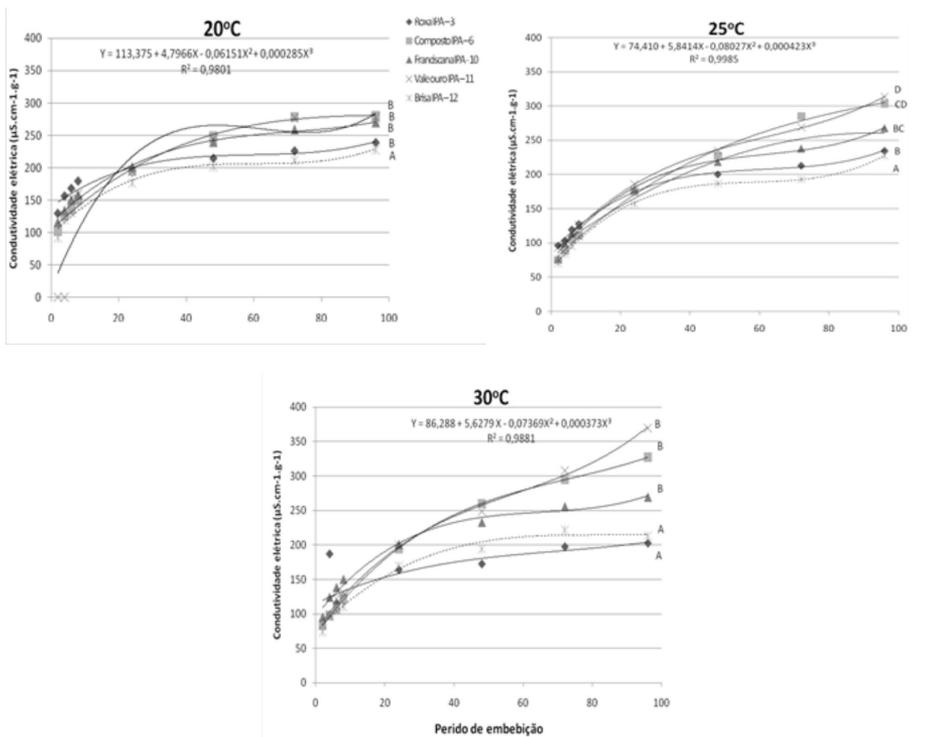
P = pureza; GU = grau de umidade; G = germinação; PC = vigor de primeira contagem; EPS = emergência de plântulas em solo; TF = teste a frio; EA = envelhecimento acelerado.

Nota-se também, que, para no teste de vigor de primeira contagem, houve a diferenciação das cultivares em cinco níveis, com destaque para Brisa IPA–12.

A condutividade elétrica, dentro das três temperaturas estudadas apresentou-se significativa para todos os parâmetros avaliados, individualmente, e em conjunto, excetuando a interação cultivar x volume x período de imersão.

Analisando os dados referentes às cultivares e períodos de imersão, constatou-se que, a partir de 2h, ocorreu um aumento da condutividade, ou seja, maior liberação de eletrólitos, progredindo ao longo do tempo (Figura 1). Contudo, a diferenciação entre os períodos variou de acordo com a cultivar e temperatura analisada. Tal fato já havia sido relatado por Rodo (2002) que verificou uma significativa liberação de eletrólitos durante as primeiras horas de imersão de sementes de cebola, cultivar Petrolina, que, no seu caso, permitiu a classificação dos lotes de maneira semelhante ao observado no teste de emergência de plântulas em campo.

Figura 1. Condutividade elétrica – CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de cinco cultivares de cebola em diferentes temperaturas.



A partir de 48 horas, as cultivares puderam ser estratificadas em dois níveis de vigor (Tabela 2). No período de 48 e 96 horas de imersão, houve uma estratificação semelhante para temperatura de 20°C, o mesmo não ocorrendo nas demais temperaturas. Lima (1993) não se observou sensibilidade do teste para separação de lotes de sementes de cebola com alto e baixo vigor, em leituras realizadas após quatro e vinte quatro horas de imersão. Costa et al. (2007) verificaram que a condutividade elétrica em sementes de cebola, cultivar Bola Precoce, em períodos de imersão, variando de 15-30 minutos, a 20°C, não foram adequados para avaliar o potencial fisiológico. Segundo Rodo (2002), a diferença discrepante nos resultados de estudos com teste de condutividade elétrica, dentro de uma mesma espécie, vem sendo atribuída a efeitos de genótipos, que pode estar associado às características do tegumento da semente. Em brássicas, Thorthon et al.(1990) destacaram que o tegumento restringe, em grau variável, a liberação de eletrólitos, durante a imersão, dependendo da cultivar analisada.

Tabela 2. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de cinco cultivares de sementes de cebola, em diferentes períodos de imersão, independente do volume de água utilizado, sob diferentes temperaturas

CULTIVAR	PERÍODO DE IMERSÃO (horas)										Média da cultivar
	2	4	6	8	24	48	72	96			
20 °C											
Roxa IPA - 3	129,70aA	156,55abA	168,34abcA	179,65bcdA	193,71bcdeA	214,84cdeAB	226,39deAB	239,19eAB	188,55B		
Composto IPA - 6	102,43aA	125,55abA	135,37abA	149,93bcA	195,15cA	248,27dAB	279,95dC	278,19dB	189,36B		
Franciscana IPA - 10	115,86aA	133,86aA	150,15aA	158,06abA	200,98bcA	239,57cdAB	258,86dBC	269,88dAB	190,90B		
Vale ouro IPA - 11	99,05aA	135,63abA	152,98bcA	159,34bcA	195,21cA	244,74dB	277,38dC	277,69dB	192,75B		
Brisa IPA - 12	91,73 aA	120,30abA	130,85abcA	143,29bcA	176,66cdA	201,23deA	211,45deA	227,98eA	162,94A		
CV (%) = 16,73											
25 °C											
Roxa IPA - 3	96,47 aA	103,60 aA	119,99 aA	128,04 aA	174,84 bA	200,36 bcAB	213,04 cdAB	234,85 dA	158,90 B		
Composto IPA - 6	74,95 aA	88,91 abA	104,13abA	110,94 bA	174,74 cA	227,24 dBD	285,17 eC	303,37 eC	171,18 CD		
Franciscana IPA - 10	76,69 aA	99,28 abA	113,48 bA	125,89 bA	178,44 cA	218,34 dBD	237,98 deB	267,84 eB	164,74 BC		
Vale ouro IPA - 11	93,45 aA	98,55 aA	112,95 aA	126,67 aA	186,10 bA	234,88 cD	269,13 dC	313,75 eC	179,43 D		
Brisa IPA - 12	69,99 aA	83,82 abA	95,70 abA	108,86 bA	156,94 cA	186,72 cdA	192,89 dA	227,85 eA	140,35 A		
CV (%) = 13,55											
30 °C											
Roxa IPA - 3	82,48 aA	186,99 cB	114,86abA	119,58 abA	164,03 bcA	172,51 bcA	197,46 cA	202,58 cA	155,06 A		
Composto IPA - 6	83,02 aA	97,59 aA	106,81 aA	122,38 aA	194,82 bA	260,26 bcC	294,80 cdB	327,19 dCD	185,86 B		
Franciscana IPA - 10	95,17 aA	123,99 aA	138,14abA	149,98 abA	200,92 bcA	233,07 cdBC	255,92 cdAB	269,78 dBC	183,37 B		
Vale ouro IPA - 11	84,51 aA	96,44 aA	121,88 aA	130,94 aA	199,90 bA	248,77 bcBC	307,98 cdB	369,60 dD	195,00 B		
Brisa IPA - 12	73,96 aA	99,53 aA	111,57abA	110,44 abA	169,67 bcA	194,32 cAB	221,72 cA	213,42 cAB	148,08 A		
CV (%) = 25,01											

¹As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna e dentro de cada temperatura, não diferem ao nível de significância $P = 0,05$ para o teste de Tukey. A interação cultivar x volume x período de imersão não foi significativa.

O fato das sementes das cultivares estudadas apresentarem teor inicial de umidade em torno de 8,5% pode ter ocasionado o aumento do período de imersão para ocorrer a estratificação. Dias et al. (2006) estudando diferentes teores de umidade inicial em sementes de cebola, cultivar Baia Periforme, recomendaram a avaliação da condutividade elétrica para as sementes com teores de água de 10%, após 24 horas de imersão, independente do volume.

Na tabela 2, para os valores das médias da condutividade elétrica das cultivares dentro de cada temperatura, verificou-se que a 20°C e 25°C a cultivar Brisa IPA-12 se destacou por apresentar maior potencial fisiológico, diferindo estatisticamente das demais cultivares. Contudo ao aumentar a temperatura para 30°C a mesma não diferiu da Roxa IPA-3. Observamos, também, uma grande variação de níveis na média da cultivar dentro da temperatura de 25°C o mesmo não ocorrendo nas demais. Talvez isso se deva aos efeitos da temperatura sobre a água de imersão e perda de solutos, que afetam a quantidade e velocidade de eletrólitos lixiviados, podendo estar relacionado com alterações na viscosidade da água (MURPHY & NOLAND, 1982). Ao compararmos os dados obtidos na condutividade elétrica na temperatura de 20°C (Tabela 2) com as demais determinações (Tabela 1) constatamos que a estratificação dos níveis de vigor das cultivares se assemelham indicando assim que esta temperatura pode ser utilizada para sementes de cebola.

Nesta pesquisa, a condutividade elétrica média nos volumes empregados, dentro de cada temperatura, apresentou maior concentração de eletrólitos no volume de 50 mL, uma vez que, ao diminuir a quantidade de água, aumenta-se a concentração dos lixiviados na solução (Tabela 3). Ainda dentro de cada temperatura, analisando-se o volume em função do período de imersão, constatou-se que, até oito horas de imersão, apenas na temperatura de 30°C, não ocorreu diferença estatística significativa entre os volumes. Nas demais temperaturas, em todas as condições estudadas, houve diferenças significativas para cada período de imersão nos volumes empregados. Quando foram relacionados os volumes com as cultivares, a 20°C, a cultivar Brisa IPA-12 destacou-se nos dois volumes estudados, mas o maior volume não diferiu da Roxa IPA-3 e Vale Ouro IPA-11. Na temperatura de 25°C, mais uma vez, a cultivar Brisa IPA-12 apresentou menor condutividade que as demais, sem diferir estatisticamente da Roxa IPA-3 no menor volume. Quando se aumentou a temperatura para 30°C não ocorreu diferenciação entre Roxa

Tabela 3. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) para diferentes períodos de imersão e dois volumes de água, sob diferentes temperaturas, independente da cultivar empregada

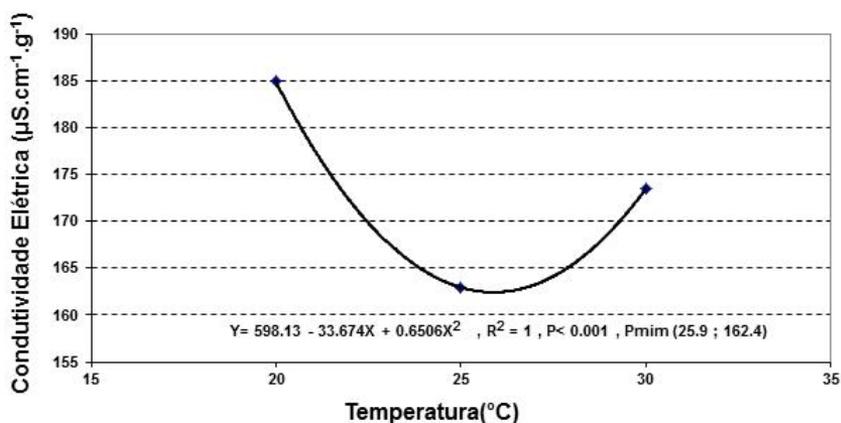
Volume (mL)	PERÍODO DE IMERSÃO (horas)								Média do volume
	2	4	6	8	24	48	72	96	
50	125,40 aB	154,54 abB	169,56 bB	179,61 bB	223,91 cB	268,68 dB	294,17 cdB	303,06 eB	214,87 B
	90,11 aA	114,22 abA	125,51 bA	136,50 bcA	160,78 cA	190,78 dA	207,44 dA	214,11 dA	154,93 A
CV (%) = 16,73									
50	94,51 aB	105,69 abB	121,84 bcB	135,44 cB	205,91 dB	251,14 eB	271,88 eB	309,09 fB	186,94 B
	70,11 aA	83,97 abA	96,66 bA	104,72 bA	142,52 cA	175,88 dA	207,42 eA	229,97 fA	138,91 A
CV (%) = 13,55									
50	84,93 aA	127,07 abA	130,60 bA	135,84 bA	210,11 cB	250,97 cdB	287,98 deB	310,63 eB	190,73 B
	82,73 aA	114,74 abA	106,70 abA	117,49 bcA	161,63 cdA	192,61 deA	219,17 eFA	242,39 fA	156,22 A
CV (%) = 25,01									

¹As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem ao nível de significância $P = 0,05$ para o teste de Tukey.

IPA -3 e Brisa IPA-12, nos dois volumes empregados (Tabela 4).

Fazendo-se a análise de regressão e testando diferentes modelos para as temperaturas 20, 25 e 30°C, constatou-se que o cúbico $Y = 113,375 + 4,7966X - 0,06151X^2 + 0,000285X^3$ ($R^2 = 0,9801$), $Y = 74,410 + 5,8414X - 0,08027X^2 + 0,000423X^3$ ($R^2 = 0,9985$) e $Y = 86,288 + 5,6279X - 0,07369X^2 + 0,000373X^3$ ($R^2 = 0,9881$), respectivamente, foram às equações que melhor descreveram o comportamento da condutividade elétrica para sementes de cebola (Figura 1). A equação $Y = 598,13 - 33,674X + 0,6506 X^2$, $R^2 = 1$, melhor representou a influencia da temperatura sobre a condutividade, indicando o decréscimo da mesma até 25°C, com aumento até 30°C (Figura 2).

Figura 2. Comportamento da condutividade elétrica de sementes de diferentes cultivares de cebola em relação a temperatura.



Pelos resultados obtidos, conclui-se que o teste de condutividade elétrica, conduzido com 50 sementes de diferentes cultivares de cebola, em 50 mL de água, a 20°C, a partir de 48 horas de imersão, passou a constituir uma opção promissora para avaliação da qualidade de sementes de cebola.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa e pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C.Z. & SÁ, M. E. Teste de condutividade elétrica na avaliação do vigor de sementes de rúcula. **Revista Brasileira de Sementes**, 31: 203-215. 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 2009. 365p.
- CALERO,E.; WEST, S.H.& HINSON,K. Water absorption of seed and associated causal factors. **Crop. Science**, 2 (6): p. 926-933. 1982.
- CARVALHO, M. V. **Determinação do fator de correção para condutividade elétrica em função do teor de água de sementes de soja [*Glycinemax (L.) Merrill*]**. Jaboticabal: Unesp, 1994. 36 p.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 424p.
- COSTA,C.J.; VAHL, L.C. & VILLELA, F.A. Teste de lixiviação de íons inorgânicos e condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola. **Revista Brasileira Agrociência**, 13 (4): 449-453. 2007.
- DESWAL, D. P. & SHEORAN, I. S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology**, 21(1): 179-185. 1993.
- DELOUCHE, J.C. & BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, 1(2): 427-452. 1973.
- 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**, 28(1): 154-162. 2006.

GIVELBERG, A.; HOROWITZ, M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. Solute leakage from *Solanum nigrum* L. seeds exposed to high temperatures during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, 35(161): 1754-1763, 1984.

HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A. & EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and french bean seed lots. **Seed Science and Technology**, 20:677-86. 1992.

HAMPTON, J.G. & TEKRONY, D.M. Controlled deterioration test. In: HAMPTON AND TEKRONY (ed). **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA.1995. p.70-78.

LEOPOLD, A.C. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. **Plant Physiology**, 65 (4): 1096-1098. 1980.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M. & EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, 12 (1): 37-53, 1988.

MAGUIRE, J.D. Seeds of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, 2: 176-177. 1962.

MURPHY, J.B. & NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, 69(2): 428-431. 1982.

RODO, A.B. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plântulas em campo**. 2002. 123f. Tese de doutorado em Fitotecnia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of seeds technology**, 3(1): 10-18. 1978.

THORNTHON, J.M.; POWELL, A.A. & MATTEWS, S. Investigation of the relationship between seed leachate conductivity and the germination of brassica seeds. **Annals applied Biology**, 17: 129-135. 1990.

TORRES, S. B.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N.; BENEDITO, C. P. & CARVALHO, S. M. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, 46 (3): 622-629. 2015.

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.4.1-4.26.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.& PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesq. agropec. bras.**,37(9): 1333-1338.2002.

WANG, Y. R.; HAMPTON, J. G.& HILL, M. J. Red clover vigour testing: effects of three test variables. **Seed Science and Technology**, 22(1): 99-105. 1994.

ZHANG, T. & HAMPTON, J.G. Does fungicide seed treatment affect bulk conductivity test results? **Seed Science and Technology**, 27(3): 1041-1045. 1999.