

Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol

Sample size for determining the individual electric conductivity of sunflower seeds

Fernando Machado Haesbaert^{1*}, Sidinei José Lopes¹, Liliane Marcia Mertz², Alessandro Dal'Col Lúcio¹, Caroline Huth¹

1. Universidade Federal de Santa Maria - Departamento de Fitotecnia - Santa Maria (RS), Brasil.

2. Embrapa Soja - Sementes - Londrina (PR), Brasil.

RESUMO: O teste de condutividade elétrica é um teste de vigor de sementes utilizado para avaliar a qualidade das sementes e complementar o teste de germinação. O tamanho da amostra necessária para a estimação da média de condutividade elétrica de sementes é diretamente proporcional à variabilidade dos dados e confiabilidade desejada na estimativa. Uma técnica adequada para dimensionamento amostral é a utilização de intervalos de confiança, obtidos por reamostragem, com a vantagem de não dependerem da distribuição de probabilidade dos dados. O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra necessário para o teste de condutividade elétrica individual em sementes de girassol. Foram utilizados 7 lotes de sementes de girassol, sendo 3 da cultivar Hélio 250, 2 da cultivar BRS 323 e 2 da cultivar BRS 324. O teste de condutividade elétrica individual foi realizado com 400 sementes de cada lote, e o tamanho de amostra foi determinado pelo número de sementes a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) foi menor ou igual a 15, 20, 25, 30 e 35% da estimativa da média. O tamanho de amostra de 483, 257, 172, 115 e 85 sementes é suficiente para a estimativa da média de condutividade elétrica individual de sementes de girassol com $AIC_{95\%}$ igual a 15, 20, 25, 30 e 35% da estimativa da média, respectivamente, para todos os lotes e períodos de embebição.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., vigor, amostragem, precisão experimental.

ABSTRACT: The electrical conductivity is a seed vigor test used to assess seed quality and complement the germination test. The sample size required to estimate the average electrical conductivity of seeds is directly proportional to the variability of the data and desired reliability in the estimate. A suitable technique for sample dimension is the use of confidence intervals obtained by resampling. This technique has the advantage of not depending on the probability distribution of the data. The objective of this study was to estimate the sample size required for the individual electrical conductivity test in sunflower seeds. Seven lots of sunflower seeds were used: 3 lots of the cultivar Hélio 250, 2 of the BRS 323, and 2 of the BRS 324. The individual electrical conductivity test was conducted with each lot of 400 seeds, and the sample size was determined by the seed number from which the amplitude of the 95% confidence interval ($AIC_{95\%}$) was less than or equal to 15, 20, 25, 30, and 35% of the mean estimate. The sample size of 483, 257, 172, 115, and 85 seeds is sufficient to estimate the average of the individual electrical conductivity of sunflower seeds with an $AIC_{95\%}$ equal to 15, 20, 25, 30, and 35% of the mean estimate, respectively, for all lots and soaking periods.

Key words: *Helianthus annuus* L., vigor, sampling, experimental precision.

*Autor correspondente: fhaesbaert@gmail.com

Recebido: 19 Ago. 2015 – Aceito: 7 Mar. 2016

INTRODUÇÃO

A qualidade das sementes utilizadas na implantação de uma lavoura é fator fundamental para se atingir estande adequado de plantas. A avaliação da qualidade das sementes para fins de comercialização é comumente realizada por meio do teste de germinação. No entanto, na maioria das vezes, o teste de germinação superestima o potencial fisiológico das sementes, pois o mesmo é conduzido em condições ideais de temperatura e umidade, limitando o ranqueamento de lotes conforme a emergência em campo. Desse modo, a realização de testes de vigor é necessária para complementar o teste de germinação e selecionar lotes quanto à qualidade fisiológica.

O teste de condutividade elétrica está entre os testes de vigor de sementes utilizados para avaliação da qualidade das mesmas, sendo diretamente relacionado com a integridade das membranas celulares. Assim, sementes mais deterioradas apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a imersão, liberando maiores quantidades de solutos para o meio exterior (Marcos Filho 2005; Milošević et al. 2010). Uma característica do teste de condutividade elétrica individual é que proporciona resultados rápidos e eficientes (Andrade et al. 1995).

O teste de condutividade elétrica pode ser realizado de forma massal ou individual. O teste massal avalia a condutividade elétrica de um grupo de sementes, obtendo uma média da condutividade da solução. Nessa condição, uma única semente que apresenta um baixo potencial fisiológico pode influenciar negativamente nos resultados de um lote. Já no teste individual, a avaliação é realizada separadamente para cada uma das sementes, possibilitando avaliar a viabilidade de cada lote e corrigir problemas em amostras com sementes danificadas ou duras que apresentam variações na capacidade de lixiviação (Sampaio et al. 1995).

O teste de condutividade elétrica individual é recomendado para avaliação do vigor de sementes de soja (AOSA 2002) e ervilha (ISTA 2015). No Brasil, esse teste apresentou bons resultados para sementes de café (Costa e Carvalho 2006), trigo (Mertz et al. 2012) e soja (Barbieri et al. 2013). No entanto, para girassol, as informações ainda são escassas.

Existem recomendações de números de sementes para o método massal, sendo que Vieira (1994) recomendou 4

repetições de 50 sementes; Batista et al. (2012) recomendaram 25 ou 50 sementes e tempo de 2 h para feijão-caupi. Contudo, Sá (1999) observou que o tamanho de amostra (25, 50 e 100 sementes) não afeta os valores de condutividade elétrica para tomate. Para a condutividade elétrica individual, não se tem nenhuma padronização do número de sementes a serem avaliadas para compor uma amostra representativa de um lote.

O tamanho da amostra necessária para estimar a média de uma variável é diretamente proporcional à variabilidade dos dados e à confiabilidade desejada na estimativa. O dimensionamento do tamanho de amostra adequado melhora a eficiência da pesquisa, permitindo a obtenção de estimativas com precisão desejada (Spiegel et al. 2004).

A utilização de intervalos de confiança, obtidos por reamostragem, com objetivo de dimensionamento amostral, é uma técnica adequada para essa finalidade e tem a vantagem de não depender da distribuição de probabilidade dos dados (Ferreira 2009). Essa técnica foi utilizada na determinação do tamanho de amostra para diversas culturas: cana-de-açúcar (Leite et al. 2009), feijão-de-porco e mucuna cinza (Cargnelutti Filho et al. 2012b), mamoneiro (Cargnelutti Filho et al. 2012a) e milho (Toebe et al. 2014).

A determinação do tamanho de amostra em trabalhos de pesquisa experimental com sementes é muitas vezes baseada em informações gerais. No entanto, a utilização de amostras dimensionadas conforme a variabilidade dos dados e a precisão desejada permite qualificar os resultados de experimentos. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra, em número de sementes, necessário para otimizar a estimação da média de condutividade elétrica individual de sementes de girassol.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos utilizando-se sementes de 7 lotes de 3 genótipos de girassol, sendo 3 lotes da cultivar Hélio 250 (A, B, C), 2 lotes da cultivar BRS 323 (D, E) e 2 lotes da cultivar BRS 324 (F, G). Os lotes foram avaliados para fins de caracterização pelos testes de germinação em areia, massa de 1.000 sementes, emergência em solo e índice de velocidade de emergência seguindo-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições e de acordo com as regras para análise de sementes (Brasil 2009).

Com o auxílio de um Analisador Automático de Sementes (SAD 9000-S), foi realizado o teste de condutividade elétrica

→

individual de 400 sementes com pericarpo e fisicamente puras por lote, com 5 mL de água deionizada. As bandejas foram mantidas em ambiente com temperatura constante de 20 °C e as leituras, realizadas em 5 períodos de imersão (1, 2, 4, 8 e 24 h), sendo os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ e as médias dos lotes comparadas pelo teste de Scott-Knott (Scott e Knott 1974).

Com os dados de condutividade elétrica das 400 sementes de cada um dos 7 lotes e das 5 leituras, realizou-se um processo iterativo com 2.000 reamostragens, com reposição, utilizando diferentes tamanhos de amostras (n), iniciando com 2 sementes e acrescentando 1 semente em cada iteração até o tamanho máximo de 1.000 sementes. Obtêm-se, assim, 2.000 médias de condutividade elétrica para cada um dos 999 tamanhos de amostras utilizados; a partir desses dados de médias de condutividade elétrica, estimaram-se as estatísticas: valor mínimo, percentil 2,5, média, percentil 97,5 e valor máximo.

A amplitude do intervalo de confiança de 95% foi determinada pela diferença entre o percentil 97,5 e o 2,5 (Ferreira 2009), representando-se graficamente, sendo que, no eixo das abscissas, encontra-se o tamanho de amostra e, no eixo das ordenadas, as estatísticas descritivas das 2.000 médias de condutividade elétrica individual em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ de girassol. Para melhor visualização dos dados nos gráficos, optou-se por plotar os dados de tamanho de amostra (n) em intervalos de 10 sementes, iniciando com n = 10 sementes:

$$\text{AIC}_{95\%}(\mu) = [\bar{X}_{\alpha/2}; \bar{X}_{1-\alpha/2}]$$

onde: $\text{AIC}_{95\%}(\mu)$ é a amplitude do intervalo de confiança de 95% da média; $\bar{X}_{\alpha/2}$ é o limite inferior do intervalo de confiança da média; $\bar{X}_{1-\alpha/2}$ é o limite superior do intervalo de confiança da média; α é o nível de significância considerado de 5%.

$$\text{AIC}_{95\%}(\mu) \leq [\bar{X}\cdot L/100]$$

onde: L é o limite de precisão do intervalo de confiança da média.

O tamanho de amostra foi determinado pelo número de sementes a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi menor ou igual ao limite de 15 (maior precisão), 20, 25, 30 e 35% (menor precisão) da estimativa da média, possibilitando, assim, ao pesquisador escolher a precisão que melhor se adapta à necessidade de sua pesquisa

e identificar o tamanho de amostra necessário para a estimação da média de condutividade elétrica individual de sementes de girassol. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team 2014) e do aplicativo Microsoft® Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os resultados dos testes utilizados para caracterização dos 7 lotes de sementes de girassol. Para o teste de germinação, verifica-se grande amplitude entre os lotes, variando de 57% de germinação (Lote G) até 91% de germinação (Lote C). Essa variabilidade dos lotes deve ser levada em conta para que os resultados do dimensionamento amostral sejam válidos para sementes em diferentes condições de qualidade fisiológica.

Da mesma forma, a variabilidade é elevada para as variáveis massa de 1.000 sementes e emergência em campo. É possível destacar o desempenho superior da germinação dos 5 primeiros lotes (A, B, C, D, E) em relação aos 2 lotes restantes. Verifica-se que esses 5 primeiros lotes apresentam sementes com maior massa e maior potencial fisiológico do que os lotes com menor massa, embora os lotes sejam estatisticamente diferentes entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2011) com sementes de pinhão-mansão. No entanto, esse comportamento é bastante variável de espécie para espécie, pois Coelho et al. (2010), trabalhando com feijão, encontraram que os

Tabela 1. Médias dos testes de massa de 1.000 sementes, germinação, emergência em campo e índice de velocidade de emergência de 7 lotes (A – G) de sementes de girassol

Cultivar	Lote	MMS (g)	G (%)	EC (%)	IVE
Hélio 250	A	82,64 b*	84 a	74 b	17,0 a
	B	93,83 a	89 a	76 b	15,3 a
	C	70,97 c	91 a	71 b	11,5 a
BRS 323	D	59,75 d	82 a	89 a	13,6 a
	E	71,54 c	85 a	82 a	15,3 a
BRS 324	F	53,32 f	71 b	51 d	11,2 a
	G	56,41 e	57 b	62 c	17,7 a
Média		69,78	80	72	14,5
CV (%)		1,99	13,83	7,24	51,07

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. MMS = Massa de 1.000 sementes; G = Germinação; EC = Emergência em campo; IVE = Índice de velocidade de emergência; CV = Coeficiente de variação.

genótipos com menor massa de 100 sementes foram os mais vigorosos. Já Costa et al. (2004) não observaram diferenças significativas nos testes de vigor em sementes de soja de diferentes tamanhos, avaliando o efeito do estresse hídrico induzido por manitol. Na avaliação do índice de velocidade de emergência em solo, a variabilidade foi elevada e não foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os lotes; tal situação também foi encontrada por Braz e Rossetto (2009).

Na Tabela 2, encontram-se as estatísticas descritivas dos resultados de condutividade elétrica de 400 sementes de cada um dos 7 lotes avaliados nas 5 leituras realizadas nos diferentes períodos de embebição. Observa-se que as diferenças entre os lotes demonstradas nos testes de caracterização (Tabela 1) também foram evidenciadas no teste de condutividade elétrica individual. Essa distinção entre os lotes pode ser verificada no resultado do teste de médias de condutividade elétrica dos lotes e também na variabilidade dos valores através do coeficiente de variação. Por exemplo, para a condição de 1 h de embebição, no lote E, a média de condutividade foi de $14,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$, variando de 0 a $91 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$; já para o lote F, a média foi de $73,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$, variando de 16 a $215 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$ (Tabela 2).

Na Tabela 2, pode-se observar que os valores de condutividade elétrica aumentaram à medida que o tempo em que as sementes ficam embebidas foi maior. Esse aumento é esperado, pois, quanto mais tempo as sementes ficam embebidas, mais solutos são liberados no meio de embebição, aumentando os valores de condutividade elétrica. Essa maior quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes de girassol com o aumento do período de embebição também foi verificada por Albuquerque et al. (2001), em sementes de girassol, e por Dias e Marcos Filho (1996), em sementes de soja.

Na Figura 1, encontra-se a disposição gráfica de estatísticas descritivas dos valores de 2.000 reamostragens para estimativas da média de condutividade elétrica individual de diferentes tamanhos de amostra em número de sementes (n), em 24 h de embebição, de 7 lotes de sementes de girassol (A – G). Verifica-se a redução da variabilidade nos valores de média de condutividade elétrica à medida que aumenta o tamanho de amostra (número de sementes). Nota-se também que essa redução converge para uma estabilização das estimativas, indicando, assim, um limite no número de sementes a partir do qual ocorre pouco aumento na precisão.

Na Tabela 3, encontram-se valores de tamanho de amostra para diferentes amplitudes entre os percentis 2,5 e 97,5 de 2.000 reamostragens para estimativas da média de condutividade elétrica individual em diferentes períodos de embebição dos 7 lotes de sementes de girassol avaliados. Tais valores de dimensionamento amostral foram estimados

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos valores de condutividade elétrica individual de 7 lotes de sementes de girassol em 5 períodos de embebição.

Lote	A	B	C	D	E	F	G
CEI — 1 h ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$)							
Mínimo	4,0	3,0	0,0	0,0	0,0	16,0	8,0
Média	28,8	39,7	27,9	37,9	14,5	73,2	57,3
Máximo	119,0	195,0	169,0	219,0	91,0	215,0	194,0
Desvio padrão	16,3	20,0	15,2	30,3	11,6	36,4	29,1
CV (%)	56,6	50,4	54,5	79,9	80,0	49,7	50,8
Lote	A	B	C	D	E	F	G
CEI — 2 h ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$)							
Mínimo	8,0	7,0	0,0	0,0	0,0	26,0	8,0
Média	40,7	52,7	37,6	48,5	21,6	92,3	74,7
Máximo	164,0	232,0	211,0	268,0	116,0	263,0	233,0
Desvio padrão	19,6	24,8	18,8	36,5	15,3	43,6	37,6
CV (%)	48,2	47,1	50,0	75,3	70,8	47,2	50,3
Lote	A	B	C	D	E	F	G
CEI — 4 h ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$)							
Mínimo	11,0	10,0	12,0	7,0	3,0	31,0	19,0
Média	54,0	68,8	49,9	59,0	28,9	107,7	94,3
Máximo	213,0	267,0	254,0	290,0	182,0	295,0	285,0
Desvio padrão	23,3	29,3	22,3	41,0	19,1	47,5	42,8
CV (%)	43,1	42,6	44,7	69,5	66,1	44,1	45,4
Lote	A	B	C	D	E	F	G
CEI — 8 h ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$)							
Mínimo	18,0	14,0	14,0	11,0	5,0	40,0	29,0
Média	68,5	84,2	60,5	69,1	38,0	123,4	114,1
Máximo	248,0	293,0	262,0	322,0	256,0	333,0	341,0
Desvio padrão	26,7	32,5	24,2	44,9	25,8	51,6	50,7
CV (%)	39,0	38,6	40,0	65,0	67,9	41,8	44,4
Lote	A	B	C	D	E	F	G
CEI — 24 h ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{semente}^{-1}$)							
Mínimo	29,0	25,0	12,0	13,0	7,0	47,0	37,0
Média	79,4	99,1	70,0	80,4	51,0	142,8	148,2
Máximo	286,0	319,0	246,0	367,0	379,0	490,0	471,0
Desvio padrão	28,1	34,1	24,3	50,5	41,6	62,7	72,5
CV (%)	35,4	34,4	34,7	62,8	81,6	43,9	48,9

CEI = Condutividade elétrica individual; CV = Coeficiente de variação.

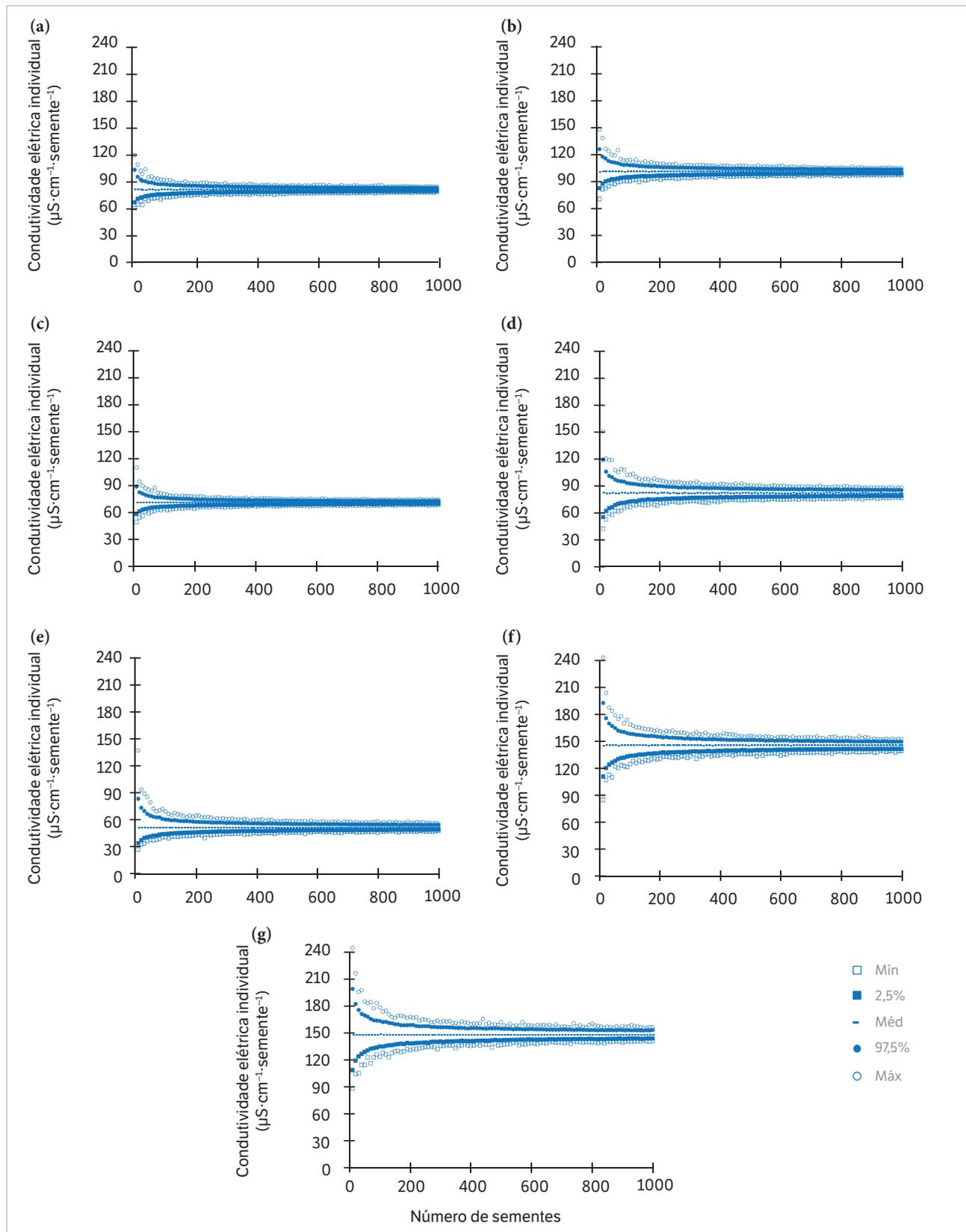


Figura 1. Mínimo, percentil 2,5, média, percentil 97,5 e máximo de 2.000 reamostragens para estimativas da média de condutividade elétrica individual de diferentes tamanhos de amostra em número de sementes (n) em 24 h de embebição de 7 lotes de sementes de girassol (a) a (g).

de forma a fornecer informações para diferentes condições de precisão desejadas pelo pesquisador. Verificou-se grande variabilidade para os valores de tamanho de amostra em função da variabilidade do lote e da precisão desejada.

Para uma mesma precisão, diferentes tamanhos de amostra deveriam ser utilizados conforme as características do lote. No entanto, recomenda-se utilizar o maior tamanho de amostra, pois, assim, será suficiente para estimar a média de condutividade elétrica dos demais lotes. Assim, o maior tamanho de amostra dimensionado para a amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 15% da média é de

Tabela 3. Tamanho de amostra, em número de sementes, para estimativas da média de condutividade elétrica individual para diferentes amplitudes entre os percentis 2,5 e 97,5 de 2.000 reamostragens de diferentes períodos de embebição de 7 lotes de sementes de girassol

Lote	A	B	C	D	E	F	G
Período (h) ≤ 15% da média							
1	238	182	214	466	464	174	184
2	161	151	190	412	354	157	181
4	134	125	145	347	311	136	146
8	107	104	110	308	326	126	140
24	85	80	84	290	483	136	174
Período (h) ≤ 20% da média							
1	124	102	125	256	249	101	100
2	97	90	99	234	201	87	98
4	73	72	83	192	177	78	80
8	60	56	65	165	179	71	76
24	48	46	48	156	257	74	98
Período (h) 25% da média							
1	77	62	82	166	163	63	64
2	59	55	64	156	125	56	65
4	48	45	50	119	111	50	52
8	36	36	41	103	111	47	51
24	33	31	31	100	172	51	61
Período (h) 30% da média							
1	57	44	51	112	113	46	45
2	39	38	44	100	87	38	44
4	31	31	36	82	76	33	37
8	27	28	28	75	79	30	34
24	21	20	19	67	115	33	42
Período (h) 35% da média							
1	41	34	42	84	85	31	32
2	30	30	33	73	65	28	32
4	24	24	27	62	56	26	26
8	21	19	22	54	59	24	25
24	17	15	17	50	85	24	30

483 sementes para o período de embebição de 24 h. No caso de amplitudes do intervalo de confiança de 95% igual a 35% da média, o maior tamanho de amostra dimensionado é de 85 sementes, para o qual, na prática, utilizar-se-ia uma bandeja de 100 alvéolos para cada repetição, totalizando, assim, 100 sementes por repetição e considerando o maior valor de tamanho de amostra encontrado nessas condições, nos períodos de 1 e 24 h do lote E (Tabela 3).

O tamanho de amostra reduz com o tempo de embebição para a maioria dos lotes até o período de 8 h de embebição; isso porque ocorre uma estabilização da condutividade elétrica da solução de embebição à medida que o tempo aumenta, reduzindo, assim, a variabilidade dos valores de condutividade elétrica, como foi demonstrado por Mertz et al. (2012) na cultura de trigo. Para o período de embebição de 24 h, a variabilidade dos valores de condutividade elétrica individual aumentou, ampliando, assim, os tamanhos de amostra de alguns dos lotes avaliados (Tabelas 2,3).

Essas diferenças de tamanhos de amostras para os lotes se devem às características dos lotes que implicam na média de condutividade e também na variabilidade dos valores de condutividades elétrica das sementes de cada lote. Os lotes com maior vigor, evidenciados pelo teste de emergência em campo (EC) e maior variabilidade dos valores de condutividade elétrica, avaliados através do coeficiente de variação (CV%), são aqueles que necessitam de maiores tamanhos de amostra; são os casos dos lotes D e E (Tabelas 1,3).

Os tamanhos de amostras comumente utilizados em outros trabalhos avaliando a condutividade elétrica individual de sementes são de: 100 sementes para trigo (Mertz et al. 2012) e para soja (Salinas et al. 2010; Barbieri et al. 2013); 50 sementes para mamona (Souza et al. 2009) e para café (Costa e Carvalho 2006). Os resultados apresentados neste trabalho servem de referência de tamanho ótimo de amostra para estimação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol, de acordo com a precisão desejada pelo pesquisador, de forma a buscar confiabilidade nos resultados de testes estatísticos.

CONCLUSÃO

Os tamanhos de amostra de 483, 257, 172, 115 e 85 sementes são suficientes para a estimativa da média de

condutividade elétrica individual de sementes de girassol com amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 15, 20,

25, 30 e 35% da estimativa da média, respectivamente, para avaliações realizadas nos períodos de 1 a 24 h de embebição.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, M. C. F., Moro, F. V., Fagioli, M. e Ribeiro, M. C. (2001). Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de girassol. *Revista Brasileira de Sementes*, 23, 1-8. <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v23n1p1-8>.
- Andrade, R. N. B., Santos, D. S. B., Santos Filho, B. G. e Mello, V. D. C. (1995). Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 1, 153-162.
- Araújo, R. F., Zonta, J. B., Araújo, E. F., Donzeles, S. M. L. e Costa, G. M. (2011). Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). *IDESIA*, 29, 79-86. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200010>.
- Association of Official Seed Analysts (2002). *Seed vigor testing handbook*. Lincoln: AOSA.
- Barbieri, A. P. P., Mattioni, N. M., Haesbaert, F. M., Andrade, F. F., Cabrera, I. C. e Mertz, L. M. (2013). Teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja e a relação com emergência de plântulas a campo. *Interciencia*, 38, 310-316.
- Batista, N. A. S., Luz, P. B., Sobrinho, S. P., Neves, L. G. e Krause, W. (2012). Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica. *Revista Ceres*, 59, 550-554. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400017>.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes*. Brasília: MAPA.
- Braz, M. R. S. e Rossetto, C. A. V. (2009). Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. *Ciência Rural*, 39, 2004-2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000146>.
- Cargnelutti Filho, A., Lopes, S. J., Brum, B., Toebe, M., Silveira, T. R. e Casarotto, G. (2012a). Tamanho de amostra para a estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de mamoneira. *Semina: Ciências Agrárias*, 33, 953-962. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p953>.
- Cargnelutti Filho, A., Toebe, M., Burin, C., Fick, A. L., Alves, B. M. e Facco, G. (2012b). Tamanho de amostra para a estimação da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes de feijão de porco e mucuna cinza. *Ciência Rural*, 42, 1541-1544. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000057>.
- Coelho, C. M. M., Mota, M. R., Souza, C. A. e Miquelluti, D. J. (2010). Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 97-105. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300011>.
- Costa, P. R., Custodio, C. C., Machado Neto, N. B. e Marubayashi, O. M. (2004). Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. *Revista Brasileira de Sementes*, 26, 105-113. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000200015>.
- Costa, P. S. C. e Carvalho, M. L. M. (2006). Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 30, 92-96. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000100013>.
- Dias, D. C. F. S. e Marcos Filho, J. (1996). Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Scientia Agricola*, 53, 31-42. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161996000100005>.
- Ferreira, D. F. (2009). *Estatística básica*. Lavras: UFLA.
- International Seed Testing Association (2015). *International rules for seed testing 2015*; [acessado 03 Nov. 2016]. <http://doi.org/10.15258/istarules.2015>.
- Leite, M. S. O., Peternelli, L. A., Barbosa, M. H. P., Cecon, P. R. e Cruz, C. D. (2009). Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44, 1562-1574. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200002>.
- Marcos Filho, J. (2005). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz".
- Mertz, L. M., Segalin, S. R., Huth, C. e Rosa, T. D. (2012). Condutividade elétrica individual para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo. *Informativo ABRATES*, 22; [acessado 05 Ago. 2015]. http://www.abrates.org.br/images/stories/informativos/v22n1/Artigo_11.pdf

- Milošević, M., Vujaković, M. e Karagić, Đ. (2010). Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*, 42, 103-118. <http://dx.doi.org/10.2298/GENSR1001103M>.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. Áustria: R Foundation for Statistical Computing.
- Sá, M. E. (1999). Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). *Scientia Agricola*, 56, 13-19. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000100003>.
- Salinas, A. R., Craviotto, R. M., Beltrán, C., Bisaro, V. e Yoldjian, A. M. (2010). Electrical conductivity of soybean seed cultivars and adjusted models of leakage curves along the time. *Revista Caatinga*, 23, 1-7.
- Sampaio, N. V., Sampaio, T. G. e Duran, J. M. (1995). Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. *Informativo ABRATES*, 5, 39-52.
- Scott, A. J. e Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30, 507-512. <http://dx.doi.org/10.2307/2529204>.
- Souza, L. A., Carvalho, M. L. M., Kataoka, V. Y. e Oliveira, J. A. (2009). Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mamona. *Revista Brasileira de Sementes*, 31, 60-67. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100007>.
- Spiegel, R. A., Schiller, J. e Srinivasan, R. A. (2004). Probabilidade e estatística. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Toebe, M., Cargnelutti Filho, A., Burin, C., Casarotto, G. e Haesbaert, F. M. (2014). Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 860-871. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100005>.
- Vieira, R. D. (1994). Teste de condutividade elétrica. In R. D. Vieira e N. M. Carvalho (Eds.), *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP.