

Tamanho ótimo de parcela em milho com comparação de dois métodos

Optimum plot size in corn compared with two methods

Alberto Cargnelutti Filho^I Marcos Toebe^{II} Cláudia Burin^{III} Gabriele Casarotto^{II} André Luis Fick^{III}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar dois métodos de estimação do tamanho ótimo de parcela (X_o) para avaliar 12 caracteres de híbridos simples, triplo e duplo de milho e verificar a variabilidade do X_o entre caracteres e entre híbridos. Foram mensurados caracteres morfológicos (altura de planta e de espiga) e produtivos (peso de espiga, número de fileiras por espiga, comprimento e diâmetro de espiga, peso e diâmetro de sabugo, massa de cem grãos, número de grãos por espiga e comprimento e produtividade de grãos), em unidades experimentais básicas de um metro linear, em 48 ensaios de uniformidade. Foi determinado X_o por meio dos métodos da curvatura máxima modificada e da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação para cada caractere. O tamanho ótimo de parcela obtido por meio do método da curvatura máxima modificada é concordante, mas maior que o obtido pelo método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O tamanho ótimo de parcela dos caracteres produtivos é maior que dos morfológicos. O tamanho ótimo de parcela entre os híbridos de milho é de 5,04 unidades experimentais básicas para o híbrido simples (4,03m²), 5,24 para o híbrido triplo (4,19m²) e 5,53 para o híbrido duplo (4,42m²).

Palavras-chave: *Zea mays L., curvatura máxima modificada, curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, autocorrelação de primeira ordem, planejamento experimental.*

ABSTRACT

The objective of this research was to compare two methods of estimating the optimum plot size (X_o) to assess 12 characters of corn hybrids single, triple and double and verify

the variability of the X_o among characters and hybrids. It was measured morphological (height plant and cob) and productive (ear weight, number of rows per ear, length and diameter of ear, weight and diameter of cob, weight of hundred grains, number of grain per ear and length and grain yield) characters, in basic experimental units of a meter, in 48 uniformity assays. The X_o was determined using the methods of the maximum curvature modified and the maximum curvature of the model coefficient of variation for each character. The optimum plot size obtained by maximum curvature modified method is concordant, but higher than obtained by maximum curvature of the model coefficient of variation. The optimum plot size of productive characters is greater the morphological. The optimum plot size among the hybrids is 5.04 basic experimental units for the simple hybrid (4.03m²), 5.24 for the triple hybrid (4.19m²) and 5.53 for the double hybrid (4.42m²).

Key words: *Zea mays L., maximum curvature modified, maximum curvature of the model coefficient of variation, first order autocorrelation, experiment planning.*

INTRODUÇÃO

Em diferentes bases genéticas de milho, o tamanho ótimo de parcela, principalmente, com base na produtividade de grãos, tem sido estudado (STORCK & UITDEWILLIGEN, 1980; CHAVES & MIRANDA FILHO, 1992; RESENDE & SOUZA JÚNIOR, 1997; MARTIN et al., 2005; STORCK et al., 2006; STORCK et al., 2010) e os métodos investigados geraram resultados distintos.

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cargnelutti@pq.cnpq.br. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Curso de Engenharia Florestal, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Entre os métodos para a estimação do tamanho ótimo de parcela, destaca-se o da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971). O método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, proposto por PARANAÍBA et al. (2009a), foi considerado adequado para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas em arroz (PARANAÍBA et al., 2009a) e em trigo e mandioca (PARANAÍBA et al., 2009b). Este último, principalmente, por dispensar o agrupamento de unidades experimentais básicas (UEB) adjacentes, teria vantagem sobre o primeiro (PARANAÍBA et al., 2009a), ou seja, o pesquisador deve apenas, no ensaio de uniformidade, obter estimativas da autocorrelação espacial de primeira ordem, da variância e da média, com base na parcela de tamanho igual a uma UEB.

Embora exista um volume importante de informações sobre o dimensionamento do tamanho ótimo de parcela com base na produtividade de grãos, é importante agregar informações sobre outros caracteres, comumente avaliados em programas de melhoramento genético de milho (*Zea mays* L.). Além disso, mesmo que existam comparações entre esses dois métodos para as culturas de arroz, trigo e mandioca, é importante compará-los na cultura de milho. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar dois métodos de estimação do tamanho ótimo de parcela para avaliar 12 caracteres de híbridos simples, triplo e duplo de milho e verificar a variabilidade do tamanho ótimo de parcela entre caracteres e entre híbridos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 16 ensaios de uniformidade com o híbrido simples P30F53, 16 com o híbrido triplo DKB566 e 16 com o híbrido duplo DKB747 de milho. Esses 48 ensaios de uniformidade foram casualizados dentro da mesma área experimental do Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul (29°42'S, 53°49'W, a 95m de altitude). Cada ensaio de uniformidade foi composto de quatro fileiras de 6m de comprimento, espaçadas de 0,80m. A semeadura foi realizada em 26/10/2009 e a densidade foi ajustada para cinco plantas por metro linear.

Em cada ensaio de uniformidade, foram planejadas 24 unidades experimentais básicas (UEB) de um metro linear de comprimento, com área de 0,8m². Em cada uma das 5.760 plantas (48 ensaios × 120 plantas/ensaio), foram mensurados os caracteres morfológicos: altura de planta na colheita (AP) e altura de espiga na colheita (AE) e os produtivos: peso de espiga (PE); número de fileiras por espiga (NF);

comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); peso de sabugo (PS); diâmetro de sabugo (DS); massa de cem grãos (MCG); número de grãos por espiga (NGR); comprimento de grãos (CGR); e produtividade de grãos (PROD). Após, para cada caractere, calculou-se o total de cada UEB. As estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o) obtidas a partir do total ou da média da UEB (total dividido por uma constante, ou seja, cinco plantas) são iguais. No caso de o número de plantas ser diferente entre as UEB, as estimativas de X_o obtidas a partir do total ou da média da UEB são distintas. Considerando que nesses 48 ensaios de uniformidade foi obtido 97,6% da densidade de plantas planejada, optou-se pelo uso do total de cada UEB.

A seguir, com os totais de cada UEB, para cada caractere (AP, AE, PE, NF, CE, DE, PS, DS, MCG, NGR, CGR e PROD), foram planejados, para cada um dos 48 ensaios, parcelas com X_1 UEB adjacentes na linha e X_2 linhas adjacentes. As parcelas com diferentes tamanhos e/ou formas foram planejadas como sendo ($X=X_1 \times X_2$), ou seja, (1×1), (2×1), (3×1), (6×1), (2×2), (3×2) e (6×2). Nesse caso, as parcelas 6×1 e 3×2 têm o mesmo tamanho mas formas diferentes.

Para cada tamanho de parcela (X), foram determinados: n - número de parcelas com X UEB de tamanho ($n=24/X$); $V_{(X)}$ - variância entre as parcelas de X UEB de tamanho; e $CV_{(X)}$ - coeficiente de variação (em percentagem) entre as parcelas de X UEB de tamanho. Em relação à parcela de tamanho igual a uma UEB, foi determinada a autocorrelação espacial de primeira ordem ($\hat{\rho}$), a variância (s^2) e a média (m). Após, para cada caractere, em cada um dos 48 ensaios, foi determinado o tamanho ótimo de parcela (X_o) por meio dos métodos da curvatura máxima modificada (CMM) (MEIER & LESSMAN, 1971) e da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV) (PARANAÍBA et al., 2009a).

No método da curvatura máxima modificada (MEIER & LESSMAN, 1971), foram estimados os parâmetros A e B e o coeficiente de determinação (R^2) da função $CV_{(X)}=A/X^B$. Esses parâmetros foram estimados mediante a transformação logarítmica da função $CV_{(X)}=A/X^B$ e a ponderação pelo número de graus de liberdade ($GL=n-1$) (STEEL et al., 1997). O ponto correspondente ao tamanho ótimo de parcela foi determinado algebricamente por meio da expressão:

$$\hat{X}_o = \left[\hat{A}^2 \hat{B}^2 (2\hat{B} + 1) / (\hat{B} + 2) \right]^{1/(2\hat{B} + 2)}, \text{ em que } \hat{A} \text{ e } \hat{B} \text{ são os estimadores de } A \text{ e } B, \text{ respectivamente. A determinação do tamanho ótimo de parcela por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de}$$

$$\text{variação foi realizada pela expressão } \hat{X}_o = \frac{10\sqrt[3]{2(1-\hat{\rho}^2)s^2m}}{m},$$

conforme descrito em PARANAÍBA et al. (2009a). Assim, para cada um dos 72 casos (2 métodos \times 3 híbridos \times 12 caracteres), foram obtidas 16 estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o), ou seja, uma para cada ensaio de uniformidade. A seguir, para as 16 estimativas de cada um desses 72 casos, foram calculadas a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e verificada a normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov.

A fim de comparar as estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o) entre os dois métodos, foi ajustada uma regressão linear simples ($Y=a+bx$) de X_o estimado por CMCV (variável dependente) em função de X_o estimado por CMM (variável independente), para cada um dos 12 caracteres, de cada um dos três híbridos (36 regressões) e no geral (independentemente de híbrido - 12 regressões). Em seguida, para cada uma dessas 48 regressões, foram testadas as hipóteses H_0 : $a = 0$ versus H_1 : $a \neq 0$ e H_0 : $b \neq 1$ versus H_1 : $b \neq 1$, por meio do teste t de Student, a 5% de probabilidade. Depois, foram calculados os coeficientes de determinação (R^2), de correlação de Pearson (r) e de Spearman (r_s), entre X_o estimados por CMCV e por CMM. A seguir, compararam-se as médias do tamanho ótimo de parcela, dos métodos CMM e CMCV dentro dos 36 casos (3 híbridos \times 12 caracteres, $n = 16$ ensaios de uniformidade) e no geral (12 caracteres, independentemente de híbrido, $n = 48$ ensaios de uniformidade), por meio do teste t para amostras dependentes, a 5% de probabilidade.

Para o tamanho ótimo de parcela (X_o) dos 12 caracteres, realizou-se a análise de variância multivariada (MANOVA) a 5% de probabilidade para testar a hipótese da diferença entre vetores de médias de cada híbrido, separadamente para cada método. Representou-se, para cada método, a média do tamanho ótimo de parcela (X_o) dos 12 caracteres de cada híbrido em um gráfico de perfis de médias. As análises estatísticas foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2006) e no aplicativo Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produtividade de grãos de milho dos híbridos simples, triplo e duplo foram, respectivamente, 6.704, 6.449 e 4.808 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes de produtividade de grãos de milho foram encontrados por STORCK et al. (2005) em 12 ensaios realizados no período de 1998 a 2002. Os 12 caracteres foram avaliados em 5.624 plantas, o que corresponde a 97,6% da densidade planejada (5.760 plantas). Portanto, diante das considerações em relação à produtividade de grãos e à densidade de plantas, pode-se inferir que

esse conjunto de dados tem qualidade adequada para o estudo proposto.

Nos 72 casos (2 métodos \times 3 híbridos \times 12 caracteres), o valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov oscilou entre 0,100 e 0,999, e a média foi de 0,708 (Tabelas 1, 2 e 3). Esses resultados evidenciam boa aderência dos dados de tamanho ótimo de parcela (X_o) à distribuição normal ($P > 0,099$). Portanto, pode-se deduzir que esse conjunto de dados de tamanho ótimo de parcela (X_o) confere credibilidade às próximas inferências, realizadas a partir de análises de regressão, de correlação, de testes de comparação de médias e de variância multivariada.

De maneira geral, para os 12 caracteres avaliados, com exceção das alturas de planta (AP) e de espiga (AE) na colheita, o tamanho ótimo de parcela (X_o) estimado por meio do método da curvatura máxima modificada (CMM) foi maior em relação ao obtido pelo método curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV), independentemente do híbrido. Também para os 12 caracteres avaliados, com exceção das alturas de planta (AP) e de espiga (AE) na colheita, o tamanho ótimo de parcela (X_o) foi menor para o híbrido simples, maior para o híbrido duplo e intermediário para o híbrido triplo. Ainda, independentemente do método e do híbrido, o tamanho ótimo de parcela (X_o) dos caracteres produtivos foi maior que dos morfológicos (Tabelas 1, 2 e 3), o que pode estar relacionado à maior variabilidade dos caracteres produtivos em relação aos morfológicos. Esses resultados sugerem que há variabilidade do tamanho ótimo de parcela (X_o) entre os métodos, os híbridos e os caracteres. Variabilidade do tamanho ótimo de parcela (X_o) entre os métodos (STORCK & UITDEWILLIGEN, 1980; STORCK et al., 2006), os híbridos (MARTIN et al., 2005; STORCK et al., 2006) e os caracteres (STORCK & UITDEWILLIGEN, 1980; CHAVES & MIRANDA FILHO, 1992; RESENDE & SOUZA JÚNIOR, 1997) também foram evidenciados nesses estudos.

De maneira geral, os coeficientes linear (a), angular (b), de determinação (R^2), de correlação de Pearson (r) e de Spearman (r_s) e a estimativa dos contrastes entre as estimativas de X_o , obtidos por meio dos métodos CMCV e CMM, foram similares entre os 36 casos (3 híbridos \times 12 caracteres), mostrando as mesmas tendências (Tabela 4). Esses resultados sugerem que a comparação entre as estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_o) dos dois métodos, de um modo geral, pode ser avaliada independentemente do híbrido. Assim, com base nos 48 ensaios, para os 12 caracteres avaliados, os coeficientes linear (a) e angular (b) da regressão linear simples, entre o tamanho ótimo

Tabela 1 - Estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_o) em unidades experimentais básicas de um metro linear ($0,8m^2$), obtida por meio dos métodos da curvatura máxima modificada e da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação para 12 caracteres, do híbrido simples 'P30F53' de milho, avaliados em 16 ensaios de uniformidade. Média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação em porcentagem (CV%) e valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Ensaio	Caractere ⁽¹⁾											
	AP	AE	PE	NF	CE	DE	PS	DS	MCG	NGR	CGR	PROD
-----Método da curvatura máxima modificada-----												
1	1,13	2,67	4,47	2,84	3,68	2,68	4,27	2,32	2,75	4,10	3,42	4,54
2	1,55	3,16	4,14	3,11	3,39	3,01	4,09	3,27	3,38	3,76	2,92	4,15
3	1,06	1,29	2,32	1,49	2,23	1,07	3,04	1,28	1,45	2,02	1,39	2,26
4	0,44	0,81	4,78	2,81	3,00	2,58	4,45	1,93	0,95	4,63	2,93	4,87
5	1,81	3,06	5,03	2,77	3,85	3,21	4,51	2,75	2,69	4,72	2,89	5,06
6	2,46	3,02	5,19	3,14	3,85	3,57	4,45	3,31	3,36	5,47	4,47	5,33
7	1,64	2,48	4,15	3,24	3,04	3,05	3,94	3,13	2,26	4,18	3,00	4,11
8	1,14	1,66	4,56	3,79	4,13	3,64	4,40	3,67	3,78	4,45	3,46	4,59
9	2,66	3,39	4,81	4,36	4,09	4,10	4,55	3,99	3,94	4,91	4,35	4,87
10	3,76	3,68	5,26	5,22	5,31	5,38	5,41	5,52	5,70	5,07	5,31	5,24
11	1,96	2,68	5,53	3,67	4,14	3,37	5,12	3,49	3,57	4,91	3,52	5,56
12	2,47	2,70	4,54	3,00	3,94	2,91	4,44	2,78	2,42	4,28	3,18	4,57
13	1,16	1,85	5,41	3,46	4,19	3,70	4,82	3,40	3,74	5,14	3,85	5,51
14	6,53	6,84	7,66	6,89	7,17	6,79	7,04	6,75	6,52	7,78	6,88	7,76
15	4,37	4,12	5,77	5,61	5,82	5,19	5,77	5,04	5,75	5,65	5,51	5,78
16	3,47	2,80	6,30	2,90	4,67	3,63	5,91	3,88	3,45	6,10	3,76	6,37
Média	2,35	2,89	4,99	3,64	4,16	3,62	4,76	3,53	3,48	4,82	3,80	5,04
DP	1,55	1,36	1,13	1,31	1,18	1,31	0,93	1,35	1,51	1,21	1,29	1,17
CV(%)	66,05	47,19	22,72	36,05	28,33	36,20	19,53	38,34	43,23	25,16	33,92	23,17
Valor-p	0,732	0,735	0,793	0,511	0,325	0,388	0,435	0,686	0,592	0,867	0,696	0,857
-----Método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação-----												
1	1,37	2,37	4,70	3,10	3,64	3,14	4,40	2,86	2,93	4,47	3,58	4,78
2	1,51	2,84	3,96	2,78	3,17	2,86	3,81	2,90	2,90	3,79	2,97	4,01
3	2,01	2,52	3,98	2,16	3,18	2,06	4,19	2,01	2,43	3,42	2,46	3,99
4	1,06	1,59	4,24	2,01	2,61	1,88	4,09	1,71	1,71	4,04	2,36	4,32
5	1,81	2,50	4,82	2,53	3,48	2,66	4,35	2,56	2,71	4,57	2,93	4,92
6	2,73	2,86	5,07	3,44	3,85	3,38	4,48	3,39	3,55	4,79	3,79	5,17
7	1,65	2,11	3,93	2,82	2,87	2,62	3,53	2,60	2,13	3,87	2,69	3,79
8	1,23	1,90	4,49	3,21	3,74	3,25	4,22	3,14	3,26	4,20	3,49	4,54
9	2,68	3,42	4,52	3,78	3,82	3,72	4,22	3,70	3,62	4,52	3,87	4,58
10	3,40	3,34	5,60	5,40	5,40	5,39	5,62	5,42	5,56	5,51	5,42	5,61
11	2,04	2,52	4,65	2,98	3,74	3,08	4,35	3,25	3,41	4,37	3,11	4,71
12	2,71	2,94	4,79	3,09	4,10	3,25	4,57	3,04	3,37	4,53	3,56	4,84
13	1,96	2,10	5,24	3,15	3,90	3,11	4,74	2,98	3,16	4,98	3,40	5,33
14	6,48	6,58	7,01	6,17	6,42	6,21	6,50	6,09	6,13	6,97	6,39	7,10
15	4,47	4,53	5,32	4,73	4,98	4,71	5,04	4,83	4,91	5,28	4,75	5,38
16	2,94	3,15	5,67	3,61	4,28	3,70	5,17	4,27	3,82	5,43	3,62	5,75
Média	2,50	2,96	4,87	3,43	3,95	3,44	4,58	3,42	3,48	4,67	3,65	4,93
DP	1,38	1,19	0,79	1,13	0,96	1,14	0,72	1,19	1,18	0,85	1,07	0,82
CV(%)	55,30	40,41	16,22	32,79	24,42	33,23	15,81	34,78	34,06	18,15	29,45	16,58
Valor-p	0,580	0,408	0,855	0,523	0,498	0,445	0,595	0,557	0,528	0,727	0,365	0,951

⁽¹⁾AP: altura de planta na colheita; AE: altura de espiga na colheita; PE: peso de espiga; NF: número de fileiras por espiga; CE: comprimento de espiga; DE: diâmetro de espiga; PS: peso de sabugo; DS: diâmetro de sabugo; MCG: massa de cem grãos; NGR: número de grãos por espiga; CGR: comprimento de grãos; e PROD: produtividade de grãos.

Tabela 2 - Estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_o) em unidades experimentais básicas de um metro linear ($0,8m^2$), obtida por meio dos métodos da curvatura máxima modificada e da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, para 12 caracteres, do híbrido triplo 'DKB566' de milho, avaliados em 16 ensaios de uniformidade. Média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação em percentagem (CV%) e valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Ensaio	Caractere ⁽¹⁾											
	AP	AE	PE	NF	CE	DE	PS	DS	MCG	NGR	CGR	PROD
	-----Método da curvatura máxima modificada-----											
1	1,38	3,26	3,87	2,61	2,46	2,97	2,76	2,10	1,22	4,59	3,66	4,06
2	0,59	1,22	4,67	3,90	3,81	3,62	4,73	3,67	4,24	4,28	3,85	4,70
3	1,24	2,65	5,42	3,53	4,37	3,81	4,81	3,90	4,07	5,05	4,09	5,45
4	1,45	4,28	4,96	4,41	4,36	4,43	4,95	4,52	4,15	5,01	4,41	5,00
5	0,77	2,16	6,00	3,52	4,48	3,86	5,54	3,45	4,66	5,15	4,46	6,08
6	1,35	1,91	4,27	3,29	2,87	3,23	4,12	3,07	4,03	3,18	2,68	4,39
7	1,94	3,71	4,52	3,75	4,13	3,76	5,00	4,02	4,48	4,05	3,33	4,47
8	1,11	3,07	4,73	3,57	3,65	3,83	4,17	3,45	3,13	5,02	3,92	4,85
9	3,76	4,79	5,35	5,33	4,95	5,24	5,32	5,05	5,50	5,07	5,60	5,39
10	1,08	3,16	5,06	3,06	2,80	2,98	4,17	2,68	3,33	4,64	3,40	5,19
11	1,11	1,83	5,95	3,26	4,38	3,24	4,99	3,77	3,10	5,92	3,74	5,92
12	1,19	2,63	4,42	3,06	3,03	3,59	4,23	3,18	3,37	4,22	3,87	4,39
13	0,46	2,65	6,30	4,26	4,26	4,38	5,19	4,05	4,13	6,20	4,85	6,47
14	4,81	6,02	6,44	6,25	6,15	6,19	6,15	6,03	6,12	6,60	6,47	6,51
15	2,27	4,19	4,79	3,92	4,10	3,76	4,25	3,86	4,04	4,97	3,91	4,83
16	4,69	5,70	6,08	5,44	5,43	5,51	6,01	5,40	5,65	5,95	5,83	6,12
Média	1,83	3,33	5,18	3,95	4,08	4,02	4,77	3,89	4,08	4,99	4,25	5,24
DP	1,38	1,37	0,78	0,99	0,98	0,92	0,83	1,00	1,16	0,87	1,00	0,78
CV(%)	75,47	41,32	15,15	24,99	24,01	22,87	17,44	25,65	28,54	17,48	23,41	14,98
Valor-p	0,124	0,890	0,862	0,563	0,846	0,239	0,852	0,651	0,730	0,683	0,587	0,961
	-----Método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação-----											
1	1,79	3,30	4,43	3,51	3,41	3,17	3,85	3,22	3,49	4,40	3,49	4,54
2	1,44	2,67	4,36	3,69	3,61	3,60	4,42	3,42	3,86	3,99	4,27	4,40
3	1,22	2,92	4,72	3,45	3,62	3,53	4,28	3,41	3,66	4,51	3,85	4,81
4	1,45	3,59	5,30	4,18	4,15	4,03	5,04	4,12	3,94	5,22	3,98	5,36
5	1,24	2,86	5,27	3,41	3,78	3,42	5,12	3,27	3,89	4,56	3,92	5,32
6	1,35	2,68	3,88	2,66	2,60	2,53	3,57	2,88	3,38	3,05	2,68	4,00
7	1,98	3,20	4,94	3,64	4,01	3,74	4,76	3,71	4,08	4,80	4,01	5,00
8	1,26	2,43	4,27	3,17	3,33	3,16	3,87	3,06	3,17	4,44	3,49	4,37
9	3,18	4,16	5,32	4,98	4,73	4,97	5,03	4,87	5,15	5,08	5,23	5,39
10	1,59	2,74	5,26	3,34	3,34	3,43	4,59	3,16	3,65	4,76	3,80	5,36
11	1,35	2,31	4,96	3,85	3,68	3,70	4,81	3,82	3,96	5,33	4,30	5,10
12	1,49	3,05	4,14	3,38	3,21	3,41	4,07	3,27	3,50	4,10	3,68	4,18
13	1,33	2,89	5,81	3,99	4,22	4,08	4,93	3,78	4,06	5,60	4,51	5,94
14	4,83	5,62	6,80	6,25	6,21	6,18	6,66	6,11	6,28	6,56	6,34	6,84
15	2,07	3,68	4,32	3,17	3,68	3,34	3,93	3,28	3,78	4,26	3,61	4,42
16	4,87	5,43	5,81	5,07	5,02	5,14	5,58	5,12	5,17	5,69	5,36	5,87
Média	2,03	3,35	4,97	3,86	3,91	3,84	4,66	3,78	4,06	4,77	4,16	5,06
DP	1,20	0,98	0,76	0,89	0,85	0,90	0,77	0,88	0,81	0,81	0,87	0,75
CV(%)	59,37	29,17	15,26	23,19	21,70	23,39	16,62	23,27	19,85	17,07	21,03	14,93
Valor-p	0,114	0,508	0,915	0,545	0,620	0,366	0,870	0,347	0,100	0,991	0,588	0,897

⁽¹⁾AP: altura de planta na colheita; AE: altura de espiga na colheita; PE: peso de espiga; NF: número de fileiras por espiga; CE: comprimento de espiga; DE: diâmetro de espiga; PS: peso de sabugo; DS: diâmetro de sabugo; MCG: massa de cem grãos; NGR: número de grãos por espiga; CGR: comprimento de grãos; e PROD: produtividade de grãos.

Tabela 3 - Estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_o) em unidades experimentais básicas de um metro linear ($0,8m^2$), obtida por meio dos métodos da curvatura máxima modificada e da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, para 12 caracteres, do híbrido duplo 'DKB747' de milho, avaliados em 16 ensaios de uniformidade. Média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação em percentagem (CV%) e valor-p do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Ensaio	Caractere ⁽¹⁾											
	AP	AE	PE	NF	CE	DE	PS	DS	MCG	NGR	CGR	PROD
-----Método da curvatura máxima modificada-----												
1	1,88	3,30	5,55	3,36	4,03	3,17	5,43	3,30	3,22	5,33	3,22	5,65
2	1,27	1,89	5,14	4,08	4,32	3,95	5,20	4,25	4,09	5,06	4,03	5,26
3	2,30	2,18	3,50	3,07	3,28	2,70	4,25	2,80	3,13	3,86	3,24	3,57
4	1,03	1,33	4,64	2,37	3,88	2,52	4,51	2,74	2,74	4,61	3,25	4,82
5	1,65	3,27	3,91	3,58	2,97	2,87	3,97	3,55	3,49	4,41	2,15	4,15
6	3,75	3,95	7,30	6,28	6,70	6,31	7,38	6,38	6,48	6,66	6,33	7,29
7	2,89	3,20	4,80	4,55	4,79	4,31	4,93	4,17	4,63	4,91	5,22	4,89
8	2,64	3,28	5,40	4,05	4,54	3,78	4,96	3,96	3,82	5,42	4,14	5,56
9	1,61	2,45	6,36	4,12	5,15	4,33	5,91	4,17	4,09	6,26	4,94	6,51
10	2,86	3,24	5,21	3,88	3,66	4,01	4,59	3,65	3,92	5,65	4,72	5,51
11	2,50	3,32	5,73	5,03	5,37	5,04	6,08	5,06	5,18	5,56	5,20	5,72
12	2,79	3,56	5,25	4,67	4,72	4,43	5,44	4,36	5,02	5,24	5,01	5,30
13	3,26	3,07	5,87	4,48	5,07	3,69	6,00	3,84	4,30	6,20	3,91	5,97
14	3,78	4,71	5,33	4,26	4,54	4,37	5,73	4,81	4,94	4,74	3,89	5,04
15	2,61	3,17	6,86	2,61	4,46	2,82	6,30	3,29	3,34	6,60	2,90	7,09
16	2,73	3,27	5,93	4,78	5,32	4,68	5,36	4,65	5,24	5,81	5,33	6,18
Média	2,47	3,07	5,42	4,07	4,55	3,94	5,38	4,06	4,23	5,40	4,22	5,53
DP	0,81	0,80	0,97	0,96	0,90	0,99	0,86	0,91	0,98	0,80	1,10	0,97
CV(%)	32,78	25,97	17,95	23,66	19,88	25,20	16,06	22,42	23,13	14,74	26,10	17,57
Valor-p	0,917	0,281	0,930	0,983	0,974	0,969	0,998	0,971	0,981	0,999	0,969	0,988
-----Método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação-----												
1	1,65	2,60	5,42	3,01	3,83	2,99	5,21	2,91	3,29	5,04	3,44	5,53
2	2,10	2,62	4,61	3,58	3,76	3,35	4,62	3,55	3,41	4,75	3,43	4,78
3	2,54	2,70	3,96	3,33	3,72	3,17	4,40	3,27	3,69	3,69	3,48	3,98
4	1,50	2,31	4,37	2,47	3,54	2,50	4,23	2,65	2,78	4,41	3,05	4,56
5	1,68	2,61	3,84	3,02	2,81	3,16	3,76	2,93	2,99	4,42	4,35	4,15
6	3,95	4,16	7,08	5,88	6,22	5,87	6,98	5,88	6,02	6,59	6,06	7,13
7	2,80	3,14	4,71	4,09	4,49	4,38	4,72	4,11	4,24	4,91	5,26	4,84
8	2,00	2,81	4,95	3,55	3,92	3,34	4,43	3,17	3,39	4,89	3,80	5,12
9	1,58	2,35	5,70	4,17	4,59	4,10	5,54	4,06	4,04	5,71	4,38	5,82
10	2,39	2,73	4,95	3,59	3,17	3,40	4,07	3,14	3,07	5,20	4,01	5,31
11	2,85	3,43	5,05	4,69	4,83	4,65	5,59	4,64	4,81	4,77	4,83	5,00
12	2,66	3,59	5,06	4,35	4,60	4,35	5,17	4,38	4,73	5,04	4,66	5,11
13	3,34	3,74	6,23	4,47	4,96	4,17	5,76	4,08	4,32	6,40	4,49	6,43
14	4,08	4,41	5,29	4,83	5,27	4,82	5,70	4,93	5,30	4,68	4,82	5,25
15	3,02	3,07	6,17	3,66	4,88	3,72	5,80	3,71	4,07	5,97	4,08	6,36
16	2,65	3,32	6,46	4,92	5,37	4,87	6,47	4,96	5,16	6,20	5,02	6,56
Média	2,55	3,10	5,24	3,98	4,37	3,93	5,15	3,90	4,08	5,17	4,32	5,37
DP	0,79	0,63	0,90	0,87	0,89	0,88	0,89	0,90	0,93	0,80	0,79	0,89
CV(%)	31,15	20,30	17,23	21,82	20,46	22,32	17,36	23,07	22,84	15,48	18,31	16,56
Valor-p	0,986	0,705	0,904	0,898	0,948	0,780	0,971	0,943	0,922	0,631	0,992	0,849

⁽¹⁾AP: altura de planta na colheita; AE: altura de espiga na colheita; PE: peso de espiga; NF: número de fileiras por espiga; CE: comprimento de espiga; DE: diâmetro de espiga; PS: peso de sabugo; DS: diâmetro de sabugo; MCG: massa de cem grãos; NGR: número de grãos por espiga; CGR: comprimento de grãos; e PROD: produtividade de grãos.

Tabela 4 - Coeficientes linear (a), angular (b) e de determinação (R^2), da regressão linear ajustada entre o tamanho ótimo de parcela (X_o), estimado por meio dos métodos da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV, variável dependente) e da curvatura máxima modificada (CMM, variável independente), para 12 caracteres de três híbridos de milho. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e de Spearman (r_s) entre as estimativas de X_o , obtidos por meio dos métodos CMCV e CMM. Estimativa dos contrastes de médias de X_o entre os métodos CMCV e CMM (CMM - CMCV).

Estatística	Caractere ⁽¹⁾											
	AP	AE	PE	NF	CE	DE	PS	DS	MCG	NGR	CGR	PROD
-----Híbrido simples P30F53 (n = 16)-----												
a ⁽²⁾	0,4638*	0,5796*	1,8250*	0,5557 ^{ns}	0,7287*	0,4726 ^{ns}	1,3751*	0,4491 ^{ns}	0,8899*	1,5968*	0,6757*	1,8334*
b ⁽³⁾	0,8673*	0,8223*	0,6107*	0,7898*	0,7751*	0,8196*	0,6727*	0,8419*	0,7428*	0,6378*	0,7815*	0,6140*
r ⁽⁴⁾	0,9731*	0,9387*	0,8765*	0,9215*	0,9463*	0,9396*	0,8643*	0,9576*	0,9444*	0,9125*	0,9384*	0,8774*
R ²	0,9470	0,8812	0,7682	0,8493	0,8955	0,8828	0,7471	0,9171	0,8920	0,8327	0,8807	0,7699
r _s ⁽⁴⁾	0,9059*	0,8765*	0,8500*	0,7971*	0,9118*	0,8206*	0,7941*	0,9412*	0,8471*	0,8794*	0,8971*	0,8500*
contraste ⁽⁵⁾	-0,1521 ^{ns}	-0,0666 ^{ns}	0,1186 ^{ns}	0,2100 ^{ns}	0,2059 ^{ns}	0,1798 ^{ns}	0,1839 ^{ns}	0,1090 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	0,1498 ^{ns}	0,1552 ^{ns}	0,1104 ^{ns}
-----Híbrido triplo DKB566 (n = 16)-----												
a ⁽²⁾	0,4837*	1,1896*	0,8533 ^{ns}	0,6394 ^{ns}	0,7648 ^{ns}	0,1946 ^{ns}	0,8738 ^{ns}	0,6648 ^{ns}	1,8488*	0,5892 ^{ns}	0,7258 ^{ns}	0,8470 ^{ns}
b ⁽³⁾	0,8456*	0,6482*	0,7957 ^{ns}	0,8151 ^{ns}	0,7718*	0,9057 ^{ns}	0,7921 ^{ns}	0,8021 ^{ns}	0,5433*	0,8376 ^{ns}	0,8066 ^{ns}	0,8035 ^{ns}
r ⁽⁴⁾	0,9678*	0,9128*	0,8221*	0,8990*	0,8904*	0,9283*	0,8524*	0,9085*	0,7833*	0,8975*	0,9192*	0,8354*
R ²	0,9367	0,8333	0,6759	0,8082	0,7928	0,8618	0,7266	0,8255	0,6136	0,8055	0,8449	0,6980
r _s ⁽⁴⁾	0,7735*	0,8765*	0,8294*	0,6706*	0,8588*	0,7029*	0,9294*	0,9059*	0,7853*	0,7971*	0,6529*	0,8176*
contraste ⁽⁵⁾	-0,2020*	-0,0193 ^{ns}	0,2041 ^{ns}	0,0903 ^{ns}	0,1650 ^{ns}	0,1847*	0,1187 ^{ns}	0,1043 ^{ns}	0,0127 ^{ns}	0,2214*	0,0967 ^{ns}	0,1822 ^{ns}
-----Híbrido duplo DKB747 (n = 16)-----												
a ⁽²⁾	0,3781 ^{ns}	1,2127*	0,6207 ^{ns}	0,7253 ^{ns}	0,3311 ^{ns}	0,8213 ^{ns}	0,1685 ^{ns}	0,2965 ^{ns}	0,4664 ^{ns}	0,1562 ^{ns}	2,1788*	0,7365 ^{ns}
b ⁽³⁾	0,8786 ^{ns}	0,6134*	0,8520 ^{ns}	0,7981 ^{ns}	0,8879 ^{ns}	0,7888 ^{ns}	0,9267 ^{ns}	0,8867 ^{ns}	0,8551 ^{ns}	0,9287 ^{ns}	0,5084*	0,8375 ^{ns}
r ⁽⁴⁾	0,8961*	0,7784*	0,9182*	0,8864*	0,8978*	0,8927*	0,8950*	0,8978*	0,8969*	0,9232*	0,7070*	0,9157*
R ²	0,8030	0,6060	0,8431	0,7858	0,8061	0,7970	0,8011	0,8061	0,8045	0,8523	0,4998	0,8385
r _s ⁽⁴⁾	0,8206*	0,6471*	0,9294*	0,8676*	0,8500*	0,8706*	0,8794*	0,8588*	0,8588*	0,9176*	0,6912*	0,9000*
contraste ⁽⁵⁾	-0,0783 ^{ns}	-0,0244 ^{ns}	0,1814 ^{ns}	0,0971 ^{ns}	0,1788 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	0,2254*	0,1634 ^{ns}	0,1456 ^{ns}	0,2282*	-0,1063 ^{ns}	0,1621 ^{ns}
-----Geral (n = 48)-----												
a ⁽²⁾	0,4555*	0,9003*	1,2071*	0,5972*	0,6194*	0,4934*	0,8186*	0,4703*	1,0542*	1,0022*	1,0823*	1,2491*
b ⁽³⁾	0,8594*	0,7211*	0,7354*	0,8123*	0,8116*	0,8397*	0,7999*	0,8442*	0,7177*	0,7629*	0,7236*	0,7341*
r ⁽⁴⁾	0,9609*	0,9036*	0,8727*	0,9069*	0,9162*	0,9217*	0,8786*	0,9314*	0,8922*	0,9049*	0,8637*	0,8775*
R ²	0,9233	0,8166	0,7617	0,8225	0,8395	0,8495	0,7719	0,8676	0,7961	0,8188	0,7460	0,7701
r _s ⁽⁴⁾	0,9362*	0,8452*	0,8211*	0,7482*	0,8884*	0,7569*	0,9202*	0,8927*	0,7628*	0,8054*	0,7948*	0,8222*
contraste ⁽⁵⁾	-0,2020*	-0,0193 ^{ns}	0,2041*	0,0903 ^{ns}	0,1650*	0,1847*	0,1187*	0,1043*	0,0127 ^{ns}	0,2214*	0,0967 ^{ns}	0,1822*

⁽¹⁾ AP: altura de planta na colheita; AE: altura de espiga na colheita; PE: peso de espiga; NF: número de fileiras por espiga; CE: comprimento de espiga; DE: diâmetro de espiga; PS: peso de sabugo; DS: diâmetro de sabugo; MCG: massa de cem grãos; NGR: número de grãos por espiga; CGR: comprimento de grãos; e PROD: produtividade de grãos. ⁽²⁾ ^{ns}Não-significativo. *Coeficiente linear difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ⁽³⁾ ^{ns}Não-significativo. *Coeficiente angular difere de um, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ⁽⁴⁾ *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 14 graus de liberdade. ⁽⁵⁾ ^{ns}Não significativo. *Contraste significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t para amostras dependentes (dados pareados).

de parcela (X_o), estimado por meio dos métodos CMCV (variável dependente) e CMM (variável independente), foram, respectivamente, maiores que zero ($a \geq 0,4555$) e menores que um ($b \leq 0,8594$) (Tabela 4). Os coeficientes lineares maiores que zero evidenciam que, para as estimativas baixas de X_o (próximas de zero), o método CMCV superestimaria X_o . No entanto, na prática, tamanhos de parcela com essas magnitudes, dificilmente são planejados. Assim, para os tamanhos de parcelas maiores, usualmente utilizados, os coeficientes angulares menores que um confirmam as inferências anteriores de que o método da curvatura

máxima modificada fornece maior tamanho ótimo de parcela (X_o) em relação ao método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. Os coeficientes de correlação linear de Pearson ($r \geq 0,8637$), de Spearman ($r_s \geq 0,7482$) e de determinação ($R^2 \geq 0,7460$) foram elevados e significativos, o que indica concordância entre os métodos.

O teste t de Student revelou que em sete caracteres (58,3%) a estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_o), obtida por meio do método da curvatura máxima modificada, foi maior que a obtida por meio do método da curvatura máxima do modelo do coeficiente

de variação, em 4 caracteres (33,3%) não diferiu e para a altura de planta o comportamento foi inverso (Tabela 4). Portanto, de maneira geral, confirma-se a inferência anterior de que X_o estimado por meio do método da curvatura máxima modificada é maior em relação às obtidas pelo método curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. Então, diante das estatísticas utilizadas na comparação dos métodos, pode-se inferir que eles são concordantes, mas o CMM fornece estimativas de X_o maiores que o CMCV.

Para os métodos CMM e CMCV, a análise de variância multivariada (MANOVA) revelou pelo critério de Wilk's, que os vetores de médias de X_o dos três híbridos diferem. Esses resultados revelam que o perfil de médias dos híbridos difere e que esses híbridos são divergentes quanto ao tamanho ótimo de parcela (Figura 1). Esse resultado significa que, entre esses três híbridos estudados, o simples deve ser o preferido por requerer menor tamanho de parcela e,

consequentemente, em uma mesma área experimental, é possível usar maior número de repetições e obter maior precisão experimental.

Na prática, como há variabilidade do tamanho ótimo de parcela entre os métodos, os caracteres e os híbridos, para planejar o experimento com uma precisão desejada, é apropriado dimensionar o tamanho ótimo de parcela a partir do método e caractere com maior estimativa do tamanho ótimo de parcela. Assim, com base na produtividade de grãos, o tamanho ótimo de parcela, estimado por meio do método da curvatura máxima modificada, a ser utilizado é de 5,04 unidades experimentais básicas para o híbrido simples P30F53 (4,03m²), 5,24 para o híbrido triplo DKB566 (4,19m²) e 5,53 para o híbrido duplo DKB747 (4,42m²) (Figura 1).

Os resultados desse trabalho se assemelham ao tamanho ótimo de parcela para a avaliação da produtividade de grãos de milho, de 5m² determinados

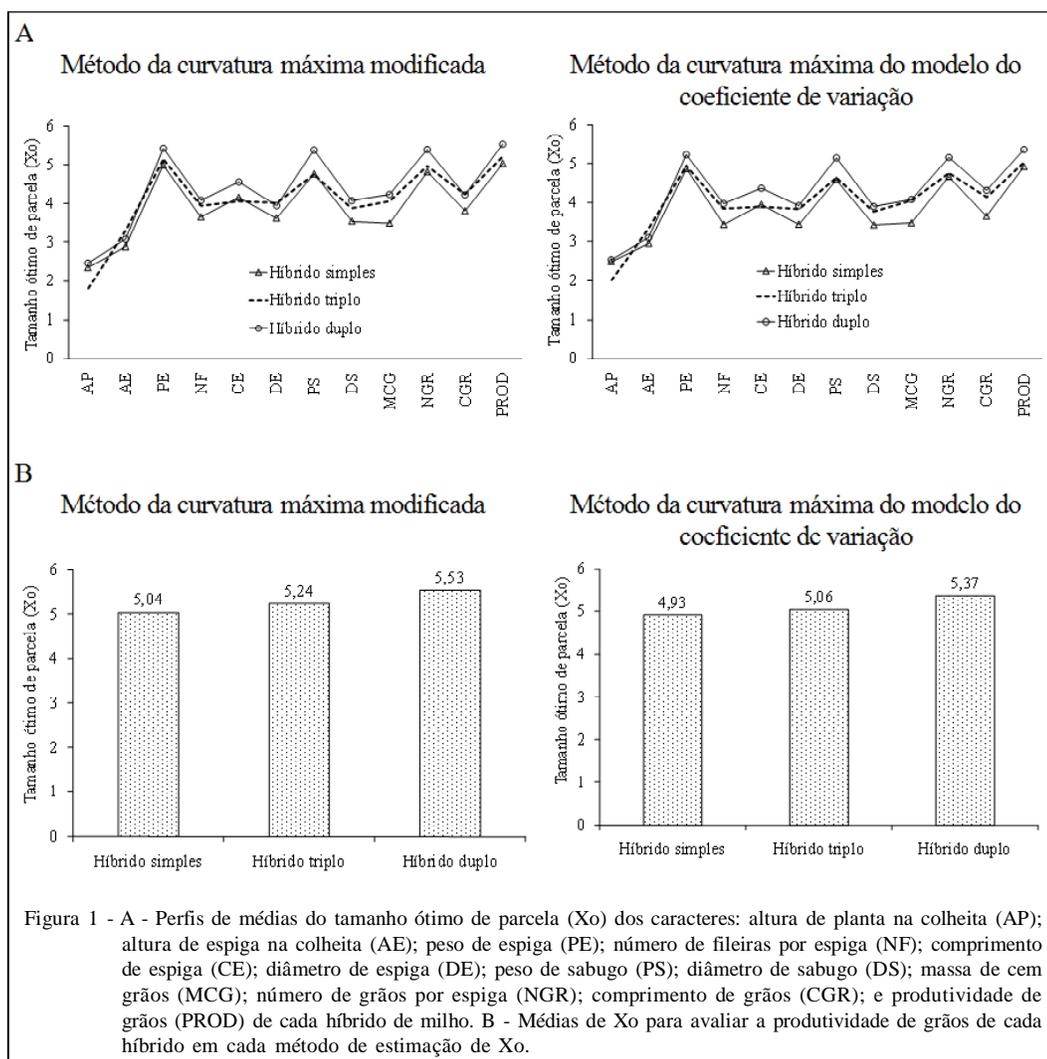


Figura 1 - A - Perfis de médias do tamanho ótimo de parcela (X_o) dos caracteres: altura de planta na colheita (AP); altura de espiga (AE); peso de espiga (PE); número de fileiras por espiga (NF); comprimento de espiga (CE); diâmetro de espiga (DE); peso de sabugo (PS); diâmetro de sabugo (DS); massa de cem grãos (MCG); número de grãos por espiga (NGR); comprimento de grãos (CGR); e produtividade de grãos (PROD) de cada híbrido de milho. B - Médias de X_o para avaliar a produtividade de grãos de cada híbrido em cada método de estimação de X_o .

por STORCK & UITDEWILLIGEN (1980) e entre 4,5m² (híbrido simples) e 7,2m² (híbrido duplo) obtidos por MARTIN et al. (2005). Ainda, em trabalho semelhante a esse, com base em outro banco de dados, STORCK et al. (2010) determinaram o tamanho ótimo de parcela por meio do método da curvatura máxima modificada para o caractere massa de espigas. Os autores concluíram que o tamanho ótimo de parcela foi de 5,28 unidades experimentais básicas de um metro linear para o híbrido simples P32R21 (4,22m²), 5,16 para o híbrido triplo DKB566 (4,12m²) e 4,50 para o híbrido duplo DKB747 (3,60m²).

Ao planejar um experimento, é importante utilizar uma base genética de menor variabilidade para proporcionar maior precisão experimental. Assim, na prática, os resultados sugerem que, para experimentos, em geral, com a cultura do milho (como exemplo: avaliação de doses, espaçamentos e produtos), entre os híbridos avaliados, o simples seria o mais indicado, e o tamanho ótimo de parcela com base na produtividade de grãos e o método CMM garantiria precisão adequada para os demais caracteres. No entanto, essas informações, em relação aos métodos, aos híbridos e aos caracteres não podem ser generalizadas antes de mais estudos dessa natureza serem realizados. O uso do método CMCV, para estimação do tamanho ótimo de parcela, é recente e, portanto, são necessários mais estudos para afirmações generalizadas, sobre o mesmo.

CONCLUSÃO

As estimativas do tamanho ótimo de parcela obtidas por meio do método da curvatura máxima modificada são concordantes, mas maiores em relação às obtidas pelo método curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação. O tamanho ótimo de parcela dos caracteres produtivos é maior que dos morfológicos. O tamanho ótimo de parcela entre os híbridos de milho é de 5,04 unidades experimentais básicas para o híbrido simples (4,03m²), 5,24 para o híbrido triplo (4,19m²) e 5,53 para o híbrido duplo (4,42m²).

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas concedidas aos autores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CHAVES, L.J.; MIRANDA FILHO, J.B. Plot size for progeny selection in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, v.84, p.963-970, 1992.
- CRUZ, C.D. **Programa genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa: UFV, 2006. 175p.
- MARTIN, T.N. et al. Bases genéticas de milho e alterações no plano experimental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.35-40, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n1/23239.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2005000100005.
- MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v.11, p.648-650, 1971.
- PARANAÍBA, P.F. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.255-268, 2009a. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/RME>>. Acesso em: 03 jul. 2011.
- PARANAÍBA, P.F. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.81-90, 2009b. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/RME>>. Acesso em: 03 jul. 2011.
- RESENDE, M.D.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Número de repetições e tamanho de parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.781-788, 1997. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/pab>>. Acesso em: 03 jul. 2011.
- STEEL, R.G.D. et al. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997. 666p.
- STORCK, L. et al. Experimental plan for single, double and triple hybrid corn. **Maydica**, v.55, p.27-32, 2010. Disponível em: <http://www.maydica.org/articles/55_027.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2011.
- STORCK, L. et al. Ganho genético decorrente da substituição anual de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.881-886, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n9/a07v40n9.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2005000900007.
- STORCK, L. et al. Tamanho ótimo de parcela em experimentos com milho relacionado a metodologias. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.48-57, 2006. Disponível em: <<http://www.abms.org.br/revista>>. Acesso em: 03 jul. 2011.
- STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W.P.M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, v.16, p.269-282, 1980.