

ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAR O MILHO HÍBRIDO

MARIA LUIZA MAES¹, MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO²
e HEYDER DINIZ SILVA¹

¹ Monsanto do Brasil LTDA. Rodovia Uberlândia-Araxá - BR 452 Km 149, CEP 38405-232. Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: marialuiza.maes@gmail.com, heyder.d.silva@monsanto.com; heyderdiniz@hotmail.com

² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG.

E-mail: magnoapr@dbi.ufla.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.2, p. 263-272, 2017

RESUMO - Esse experimento foi realizado com o objetivo de propor o número de plantas na avaliação de híbridos simples de milho, se há necessidade de bordadura nos experimentos e se as diferentes linhas das parcelas afetam o desempenho dos híbridos. Foram avaliados seis híbridos simples comerciais no delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de quatro linhas, com 40 plantas por linha. A colheita foi realizada por planta georreferenciada em cada linha/parcela. Para cada tamanho de parcela foram efetuadas 1.000 reamostragens, sendo realizadas as análises de variância e estimadas a acurácia e a coincidência na detecção dos dois melhores híbridos identificados na parcela padrão (160 plantas). Não há necessidade de bordadura e o desempenho dos híbridos não varia em função das linhas das parcelas. As estimativas da acurácia e a coincidência dos experimentos em identificar os dois melhores híbridos são muito grandes, em relação ao emprego de 160 plantas, a partir de parcelas com 50. A variação dentro das parcelas é sempre inferior à observada entre parcelas. Portanto, para reduzir custos e melhorar a eficiência dos programas de melhoramento de milho, as parcelas de avaliação de híbrido simples não necessitam ter mais do que 50 plantas.

Palavras-chave: tamanho da parcela, efeito de bordadura, acurácia, melhoramento de milho.

EXPERIMENTAL STRATEGIES TO EVALUATE CORN HYBRIDS

ABSTRACT - This experiment was conducted with the objective of proposing the number of plants for evaluating simple corn hybrids, as well as the need of borders in the experiment, and if the distinct plot lines affect hybrid performance. We evaluated six simple commercial hybrids, in a randomized block design, with three replicates and four lines of 40 plants each. Harvesting was conducted per georeferenced plant in each line/plot. For each plot size, we conducted 1.000 re-samplings, performing variance analyses and estimating the accuracy and coincidence in identifying the two best hybrids from the standard plot (160 plants). There is no need for borders, and hybrid performance does not vary in function of plot lines. The accuracy and coincidence estimates for identifying the two best hybrids are large in relation to the employment of 160 plants, based on plots with 50 plants. The range within the plots is always inferior to that observed between plots. Therefore, to reduce and improve the efficiency of corn breeding programs, the plots for evaluating simple hybrids have no need for more than 50 plants.

Keywords: plot size, border effect, accuracy, corn breeding.

A produtividade média com a cultura do milho no Brasil, a despeito da existência de inúmeras informações tecnológicas, ainda é baixa, 5,2 t/ha (CONAB, 2015). Existem vários fatores que afetam o desempenho de uma espécie cultivada, entre eles a diversidade de manejo utilizada pelos agricultores e de condições ambientais no momento do cultivo. Assim, a produtividade de milho no Brasil para ser incrementada necessariamente irá exigir a adoção das tecnologias disponíveis pela maioria dos agricultores e a disponibilidade de novas cultivares melhores que as pré-existentes.

Na obtenção de novas cultivares no Brasil, estão envolvidas inúmeras empresas privadas e algumas públicas. Essas empresas avaliam milhares de híbridos anualmente em várias condições ambientais visando a identificação dos melhores para serem recomendados aos agricultores. O sucesso dessa recomendação passa necessariamente pela existência de boa precisão experimental durante as inúmeras avaliações desses híbridos. Isto porque quanto maior a precisão maior a chance de o experimento classificar, corretamente, os híbridos em função das diferenças genóticas realmente existentes.

A precisão experimental é assim o termômetro do sucesso dos melhoristas e tem despertado a atenção dos biometristas desde os trabalhos pioneiros de Fisher, em 1931, a respeito dos princípios básicos da experimentação. Nesses mais de oitenta anos após o trabalho de Fisher, inúmeras publicações foram dedicadas à discussão dos fatores que afetam a precisão experimental (Ramalho et al., 2012). Nessas publicações é comentado que a precisão depende da heterogeneidade do solo, do manejo da cultura, da distribuição dos fatores que causam os estresses bióticos e da técnica experimental propriamente dita. Neste último aspecto devem ser considerados vários fatores, tais

como: o delineamento experimental, o número de repetições, o tamanho e a forma das parcelas.

Com as facilidades computacionais disponíveis atualmente, os trabalhos de simulação tornaram-se mais frequentes nos programas de melhoramento (Moraes, 2013; Toledo et al., 2013; Mendes et al., 2014). Uma das áreas em que a simulação ainda tem muito a contribuir é na avaliação de alternativas visando a melhoria da precisão experimental, entre elas a escolha do tamanho ideal das parcelas.

A procura do tamanho ideal das parcelas tem recebido grande atenção porque ela não só afeta a precisão como também o custo dos experimentos. Várias pesquisas foram realizadas ao longo do tempo, utilizando diferentes metodologias para identificar o tamanho ótimo de parcela em milho (Martin et al., 2005; Cargnelutti Filho et al., 2011). Contudo, os híbridos disponíveis foram modificados ao longo do tempo no Brasil, isto é, ocorreram mudanças expressivas na altura e no ciclo das plantas. Portanto, é desejável obter informações a respeito do tamanho das parcelas com certa frequência para acompanhar as alterações que ocorrem em função das estratégias de manejo da cultura e dos programas de melhoramento.

Dentro deste contexto, foi realizada essa pesquisa visando a obtenção de informações a respeito das parcelas experimentais nas avaliações de híbridos de milho recentemente recomendados, com ênfase no efeito de bordadura, número de linhas e de plantas por parcela.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na estação experimental da Monsanto, no município de Uberlândia, Estado de Minas Gerais. Foram avaliados seis híbridos simples de milho comerciais de diferentes marcas há algum tempo no mercado. O delineamento foi de

blocos casualizados completos com três repetições. Cada parcela possuía quatro fileiras de 10 metros de comprimento espaçadas de 50 cm, ou seja, parcela de 20 metros quadrados. A semeadura foi mecanizada, sendo distribuídas em 1 metro linear 4 sementes, totalizando 40 plantas em cada fileira e, conseqüentemente, 160 plantas em cada parcela.

A semeadura foi realizada em outubro e a colheita manual, em março, perfazendo um ciclo de 150 dias. As plantas foram individualmente colhidas e foi obtido o peso dos grãos da espiga por planta, sendo cada planta geocodificada de acordo com a disposição no campo. No presente trabalho, adotou-se uma umidade de colheita padrão de 15,5%. Dessa forma, foi coletada a umidade de colheita a partir de uma amostra composta por plantas da parcela.

Os dados da produtividade de grãos por planta foram analisados utilizando o seguinte modelo estatístico: $y_{ijk} = \mu + h_i + b_j + e_{(ij)} + d_{(ij)k}$

Em que:

y_{ijk} : valor observado referente à planta k do híbrido i no bloco j;

μ : constante inerente a todas as observações;

h_i : efeito do híbrido i, com $i = 1, 2, \dots, t$ ($t = 6$);

b_j : efeito do bloco j, com $j = 1, 2, \dots, r$ ($r = 3$) e $b_j \sim N(0, V_b)$, sendo V_b o componente de variância associada ao efeito de blocos;

$e_{(ij)}$: é o erro experimental, com $e_{(ij)} \sim N(0, V_e)$, sendo V_e o componente de variância entre as parcelas que receberam os mesmos híbridos em diferentes repetições;

$d_{(ij)k}$: efeito da planta k dentro da parcela ij, com $k = 1, 2, \dots, 160$ e $d_{(ij)k} \sim N(0, V_d)$, sendo V_d a o componente de variância entre plantas dentro da parcela.

As componentes de variância foram estimadas pelo método dos momentos a partir das esperanças

matemáticas dos quadrados médios (E(QM)) (Ramalho et al., 2012).

Estimou-se a acurácia seletiva ($r_{g\hat{g}}$) pelo estimador:

$$r_{g\hat{g}} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

Em que F é o quociente entre o quadrado médio do efeito de híbridos dividido pelo quadrado médio do erro experimental, ou seja, o F do teste de Snedecor.

As médias dos híbridos foram agrupadas por meio do teste de Scott Knott (Ramalho et al., 2012) com um nível de significância de 20%.

Procedeu-se também à análise de variância considerando o efeito de linha dentro da parcela em duas situações: considerando as linhas individualmente ou agrupadas. Para o agrupamento das linhas consideraram-se as duas centrais como área útil e as duas marginais como bordadura. O modelo para analisar as duas situações foi:

$$y_{ijq} = \mu + h_i + b_j + hb_{ij} + l_q + hl_{iq} + bl_{jq} + e_{ijq}$$

Em que:

y_{ijq} : valor observado referente ao efeito da linha (posição da linha e bordadura ou área útil) q que recebeu o híbrido i no bloco j;

μ : constante inerente a todas as observações;

h_i : efeito do híbrido i, com $i = 1, 2, \dots, t$ ($t = 6$);

b_j : efeito do bloco j, com $j = 1, 2, \dots, r$ ($r = 3$) e $b_j \sim N(0, V_b)$, sendo V_b o componente de variância associada ao efeito de blocos;

$(hb)_{ij}$: erro inerente à interação entre o bloco j e o híbrido i;

l_q : efeito da linha q, com $q = 1, 2, 3, 4$;

$(hl)_{iq}$: é a interação entre os efeitos dos híbridos e posição da linha;

$(bl)_{jq}$: erro inerente à interação entre o bloco j e a linha q ;

e_{ijq} : é o erro experimental, com $e_{ijq} \sim N(0, V_e)$, sendo V_e o componente de variância entre as parcelas que receberam os mesmos híbridos em diferentes repetições.

Para estimar o tamanho de parcela ótimo foi usado o método de reamostragem pela Unidade Básica de cada parcela experimental, no caso, uma planta. Esta metodologia foi aplicada com o auxílio de um algoritmo, o qual sorteava o número de plantas (sem reposição) em cada parcela do experimento e, em seguida, executava uma análise de variância para a parcela reamostrada. Esse algoritmo foi executado no programa R (R Development Core Team, 2014) e já foi utilizado de forma semelhante em outros trabalhos com o mesmo objetivo (Moraes, 2013; Toledo et al., 2013).

Foram considerados tamanhos de parcelas variando de duas a 159 plantas, sendo essas plantas selecionadas ao acaso sem substituição. O processo foi realizado 1.000 vezes para cada tamanho de parcela. Para a realização deste processo computacional, o algoritmo considerou um arranjo de blocos ao acaso na base de dados e selecionou “k” plantas de cada parcela, realizou a análise de variância e armazenou os componentes V_e (variância entre as parcelas que receberam os mesmos híbridos em diferentes repetições), V_d (variância entre plantas dentro da parcela), o valor da estatística F para os tratamentos e identificou os dois tratamentos com melhor desempenho em cada experimento. Todas as análises foram executadas utilizando o software R.

Resultados e Discussão

O coeficiente de variação experimental (CVe%) tem sido amplamente utilizado como me-

didada de precisão. Neste experimento, a estimativa obtida foi 5,5% (Tabela 1). Segundo Gomes (1990), um CVe(%) é considerado baixo (elevada precisão), se seu valor é inferior a 10%; médio, quando varia de 10% a 20%; alto, quando varia de 20% a 30%; e muito alto, quando superior a 30%. Assim o experimento pode ser considerado de alta precisão. Contudo, o CVe tem sido muito criticado como indicador da precisão experimental, sobretudo, quando se compara precisão de experimentos que avaliaram caracteres diferentes. Adicionalmente, a média do experimento tem uma influência muito grande na estimativa, contribuindo para que a interpretação da precisão fique prejudicada; por essa razão, outras alternativas têm sido procuradas.

Uma outra medida de precisão é a acurácia seletiva. Ela estima a representatividade dos genótipos por meio do fenótipo, ou seja, quanto maior o valor maior é a correspondência entre o fenótipo e o genótipo. Em realidade, esse é o maior anseio dos melhoristas: ter no fenótipo um ótimo indicador dos genótipos (Bernardo, 2010). Neste experimento, a estimativa de acurácia seletiva foi de grande magnitude (0,77), indicando uma alta precisão experimental, segundo o critério de Resende e Duarte (2007). Como a acurácia depende do teste de F, se o quadrado médio do erro é de pequena magnitude relativo ao de tratamento, a acurácia será elevada, indicando que a precisão do experimento foi grande. Entretanto, se os tratamentos avaliados não diferem, o quadrado médio de tratamentos será de pequena magnitude, o mesmo ocorrendo com o teste de F. Depreende-se que nesta última situação, mesmo sendo o quadrado médio do erro de pequena magnitude, a estimativa da acurácia obtida irá contribuir para inferir que a precisão é baixa. Assim, a acurácia deve ser utilizada com essa ressalva.

Tabela 1. Resumo da Análise da Variância da produtividade de grãos de milho (g/planta).

Fontes de Variação	GL	QM	F	P-valor
Repetição	2	9813	0,82	0,469
Híbridos	5	29794	2,49	0,103
Erro	10	11989		
Dentro	2645	3120010		
Média		163,92		
$r_{g\hat{g}}$		0,77		
CVe (%)		5,5%		

Um outro aspecto a ser comentado é com relação ao nível de significância, para se inferir se os tratamentos diferem ou não. A hipótese de nulidade é que as médias dos tratamentos não sejam diferentes, essa hipótese é testada com um determinado nível de probabilidade de sua rejeição ou não. O nível de probabilidade adotado tem sido de 5% (alfa 0,05). Se H_0 for rejeitada, quando verdadeira, tem-se o erro denominado tipo I. Também pode ocorrer de aceitar a hipótese H_0 , quando ela é falsa. Esse é o erro tipo II, que não é considerado nos testes. O pesquisador controla apenas o erro tipo I, fixando o valor de alfa. Neste trabalho, adotou-se para comparação de médias o nível de significância de 20% (alfa=0,2); isso porque foi avaliado um número pequeno de híbridos, e com três repetições. Neste caso, o número de graus de liberdade do resíduo foi muito pequeno e só diferenças muito grandes entre os híbridos poderiam ser detectadas se fosse utilizado o alfa de 5%. Comentários a esse respeito foram feitos por Kang e Magari (1996), dizendo que o nível de significância deve ser escolhido pelos pesquisadores levando em consideração as situações em que os experimentos foram realizados. Esses mesmos autores mostraram que, considerando diferenças entre médias variando de 1 a 1,4 t/ha, no caso do milho, com alfa igual a 0,25, o erro tipo II seria praticamente zero. O mesmo comentário foi reali-

zado por Krause (2005) avaliando experimentos com a cultura do feijoeiro.

Para verificar a necessidade de bordadura, foi realizada a análise de variância considerando as linhas laterais, sendo a bordadura da parcela e as duas linhas centrais como a área útil (Tabela 2). Observou-se que não era necessário o emprego de bordadura por não ter sido encontrada nenhuma diferença significativa entre as linhas laterais e centrais da parcela. Adicionalmente, um fato importante: não se constatou a interação com e sem bordadura x híbridos. Pode-se inferir que o comportamento dos híbridos foi semelhante com ou sem o uso de bordadura. Esses resultados são coincidentes com alguns outros resultados presentes em trabalhos com a cultura do milho (Cargnelutti Filho et al., 2003) e outras espécies (Krause et al., 2007; Mendes et al., 2014).

De maneira semelhante, realizou-se a análise de variância para o efeito da linha dentro da parcela, mais uma vez não foram encontradas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo com a interação linhas x híbridos, o desempenho dos híbridos foi coincidente, independentemente da posição da linha dentro da parcela. Resultados semelhantes foram relatados por Krause et al. (2007) com a cultura do feijoeiro, Toledo et al. (2013) com tabaco. Segundo Krause (2005), o desempenho médio das linhagens de feijão não foi

Tabela 2. Resumo da análise de variância (P-valor) da produtividade de grãos de milho, em g/planta. Análise realizada visando verificar o efeito de linhas na parcela e o efeito de bordadura.

Fontes de Variação	GL	p-valor	Fontes de Variação	GL	p-valor
Repetição (R)	2	0,05	Repetição (R)	2	0,50
Híbridos (H)	5	0,05	Híbridos (H)	5	0,05
R x H (Erro a)	10		R x H (Erro a)	10	
Linha (L)	3	0,99	Útil vs Bordadura (B)	1	0,83
L x R (Erro b)	6		B x R (Erro b)	2	
L x H	15	0,45	B x H	5	0,24
L x R x H (Erro c)	30		B x R x H (Erro c)	10	

influenciado pela linha, que foi utilizada na tomada do dado experimental e também não afetou a classificação das linhagens, como ocorreu neste trabalho. De acordo com Fehr (1987), quando a parcela tem maior número de linhas, menor será a competição intergenotípica e melhor a precisão. Contudo, as evidências obtidas neste trabalho é que a parcela na avaliação de híbridos simples de milho pode ter uma linha apenas. Outras pesquisas, no entanto, mostram que o emprego de duas ou três linhas, para um mesmo número de plantas por parcela, foi melhor (Palomino et al., 2000).

Entre os métodos utilizados para identificar melhor tamanho da parcela estão: o método da amostragem, o método da curvatura máxima pelo coeficiente de variação e o método do modelo linear segmentado com platô. Essas metodologias são empregadas frequentemente em diversas culturas, como cana-de-açúcar (Leite et al., 2009); melão (Dias, 2013); eucalipto (Mendes et al., 2014); tabaco (Toledo et al., 2013); mamão (Lima et al., 2007); sorgo (Lopes et al., 2005); milho (Cargnelutti Filho et al., 2011); café (Moraes, 2013), entre outras. Contudo, não foi encontrado nenhum relato em que fosse utilizada a simulação das estimativas da acurácia em função dos diferentes números de plantas nas parcelas, como foi realizado neste trabalho. Pelo exposto anteriormente,

essa estimativa é uma boa medida da precisão experimental quando existem diferenças significativas entre os genótipos, como ocorreu nesta pesquisa. Ao plotar os valores médios (Figura 1), provindos das 1.000 simulações, para cada tamanho de parcela, identificou-se a tendência da acurácia, sendo que o valor aumenta à medida que a quantidade de plantas em cada parcela aumenta. O comportamento desses dados resultou numa equação ajustada pelo modelo de Gompertz, e o possível ponto em que ocorre a mudança de curvatura é com 50 plantas, sendo de 0,70 a estimativa de acurácia seletiva média nessa condição.

Em uma análise mais detalhada, verificou-se que o incremento em r_{gg} com o aumento do tamanho da parcela foi mais expressivo no início. Entretanto, nas parcelas com mais de 50 plantas esses aumentos foram muito pequenos. Algumas pesquisas com a cultura do milho no Brasil mostraram que o tamanho ideal da parcela seria de 5 metros de comprimento ou de duas linhas de 2,5 metros (Storck & Uitdewilligen, 1980), o que está de acordo com o que foi obtido neste trabalho. Já Resende (1989) avaliou progênies de meios-irmãos, em solo de cerrado e dois níveis de alumínio, e constatou que 20 a 25 plantas por parcela proporcionaram maior ganho esperado com a seleção.

Em algumas situações, especialmente quando se utilizaram parcelas menores, a acurácia foi nula,

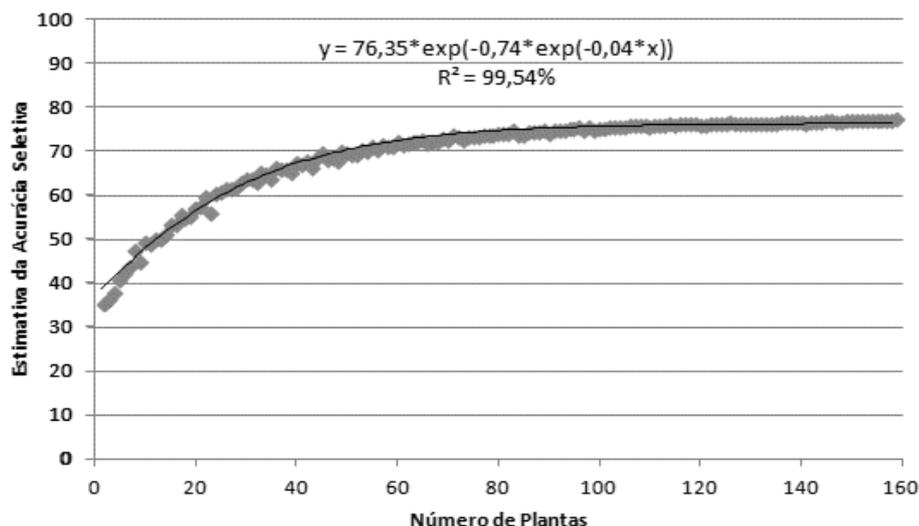


Figura 1. Equação de regressão da estimativa da acurácia seletiva (y) em relação ao número de plantas por parcela (x). Dados médios de 1.000 simulações.

pela estimativa F de Snedecor ter sido menor do que 1. Nas simulações com duas plantas por parcela das 1.000 amostras, mais de 45% mostraram estimativas de $r_{g\hat{g}}$ nulas. Contudo, essa proporção decresceu rapidamente e, a partir de 50 plantas por parcela, a proporção de amostras com $r_{g\hat{g}}$ foi praticamente nula. Observou-se também que o número de simulações com $r_{g\hat{g}}$ menor que 0,6 foi relativamente baixa, ou seja, a partir desse número de plantas os experimentos tiveram condição de precisão média.

Como foram avaliados híbridos simples, isto é, todas as plantas são genotipicamente iguais, a variação entre plantas dentro da parcela (V_d) ou entre parcelas que recebeu os mesmos híbridos em diferentes repetições (V_e) é só devida ao ambiente (Ramalho et al., 2012). A comparação entre V_d e V_e é, portanto, útil para se avaliar o efeito da relação V_d/V_e . Observe (Figura 2) que na maioria dos casos a relação V_d/V_e foi menor que 1, indicando que a variação dentro da parcela foi menor do que entre parcelas. Constatou-

se que a relação V_d/V_e decresceu com o aumento do número de plantas por parcela. Resultados semelhantes foram obtidos por Moraes (2013), Toledo et al. (2013) entre outros.

Um dos modos de reduzir a variação dentro das parcelas, sobretudo quando se utiliza híbridos simples, é diminuir a heterogeneidade dentro da parcela, por meio do emprego de uma maior quantidade de fertilizante, sobretudo realizando uma distribuição mais uniforme deles. Como atualmente são utilizados implementos que realizam essa distribuição muito uniformemente, a estimativa de V_d é reduzida, e a precisão experimental é incrementada.

Finalmente, o que se almeja em todos os experimentos é identificar as diferenças genotípicas reais entre os híbridos avaliados. No presente trabalho, os híbridos D e F estiveram no grupo dos mais produtivos quando se utilizou a parcela de maior tamanho, 160 plantas. Procurou-se, então, verificar a proporção das simulações em cada tamanho de par-

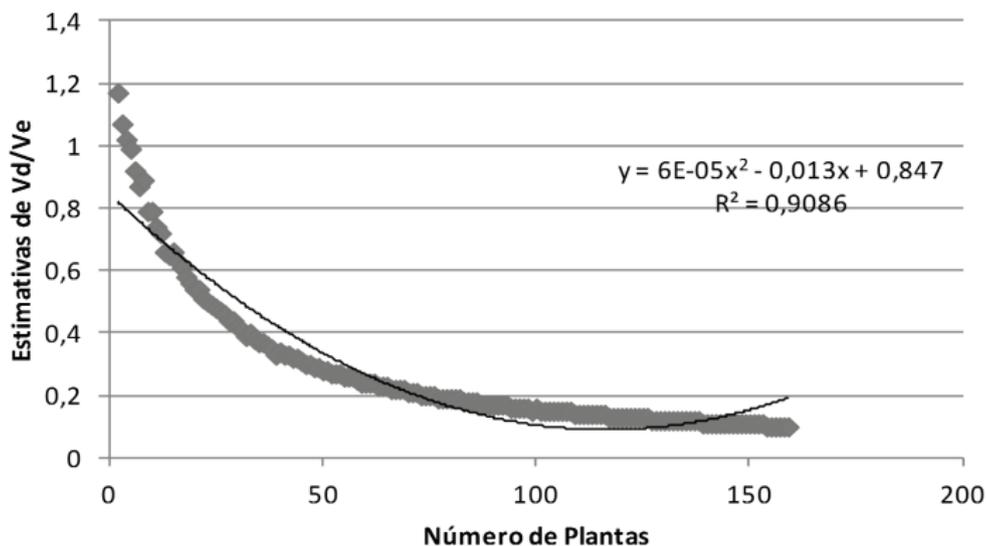


Figura 2. Equação de regressão da estimativa de V_d/V_e (y) em relação ao número de plantas por parcela (x). Dados médios de 1.000 simulações.

celas em que esses dois híbridos foram os dois de maiores médias.

Os percentuais de coincidência variaram com o tamanho da parcela, sendo que essa taxa de coincidência aumentou com o incremento no número de plantas na parcela. Entretanto, a partir de 50 plantas a coincidência dos grupos dos dois melhores híbridos já era maior ou pelo menos igual a 88%. Quando se considerou a coincidência de pelo menos um dos dois melhores híbridos nas duas primeiras posições, nota-se que a partir de parcelas com 15 plantas quase 100% continuaram sendo os melhores (D ou F) das 1.000 simulações para cada tamanho de parcela.

Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que não é necessário o uso de bordadura, e a produtividade dos híbridos não se difere na posição da linha dentro da parcela. Uma parcela com 50 plantas, além de possuir alta precisão experimental, apresentou boa coincidência na classificação dos híbridos em relação à parcela padrão (160 plantas). O emprego de parcelas menores, além da redução no custo do ex-

perimento, permite maior flexibilidade no número de híbridos a serem testados.

Conclusões

Nos experimentos de híbridos simples de milho não há necessidade de bordadura, e o desempenho dos híbridos não varia em função das linhas das parcelas.

As estimativas da acurácia são praticamente as mesmas das obtidas com parcelas contendo 160 plantas a partir das simulações com 50 plantas.

A variação dentro das parcelas é sempre inferior à observada entre parcelas.

A coincidência dos experimentos em identificar os dois melhores híbridos é muito grande a partir de parcelas com 50 plantas.

Para reduzir custos e melhorar a eficiência dos programas de melhoramento de milho, as parcelas de avaliação de híbrido simples não necessitam ter mais do que 50 plantas.

Referências

- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma Press, 2010. 400 p.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; COL LÚCIO, A. D.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, P. M. A precisão experimental relacionada ao uso de bordaduras nas extremidades das fileiras em ensaios de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 607-614, jul./ago. 2003. DOI: [10.1590/S0103-84782003000400003](https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400003).
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; CASAROTTO, G.; COL LÚCIO, A. D. Tamanho de parcela ótimo em milho com comparação de dois métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1890-1898, nov. 2011.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de safra: 9º levantamento: grãos: safra 2014/15**. Brasília, DF, 2015. 109 p.
- DIAS, K. O. das G. **Estratégias de planejamento experimental no melhoramento de *Brachiaria ruziziensis***. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 736 p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: ESALQ, 1990. 193 p.
- KANG, M. S.; MAGARI, R. New development in selection for phenotypic stability in crop breeding. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 1-14.
- KRAUSE, W. **Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) na cultura do feijoeiro**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- KRAUSE, W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. de F. B. Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso na cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 54, n. 312, p. 199-205, mar./abr. 2007.
- LEITE, M. S. O.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D. Sample size for full sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 12, p. 1562-1574, dez. 2009. DOI: [10.1590/S0100-204X2009001200002](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200002).
- LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S.; FARIA, G. A. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1411-1415, set./out. 2007. DOI: [10.1590/S1413-70542007000500021](https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000500021).
- LOPES, S. J.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; LORENTZ, L. H.; LOVATO, C.; DIAS, V. O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 6, p. 525-530, jun. 2005. DOI: [10.1590/S0100-204X2005000600001](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600001).
- MARTIN, T. N.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, P. M. Bases genéticas de milho e alterações no plano experimental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 1, p. 35-40, jan. 2005. DOI: [10.1590/S0100-204X2005000100005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000100005).
- MENDES, M. H. S.; ROSSE, L. N.; TOLEDO, F. H. R. B.; RAMALHO, M. A. P. Experimental strategies for clonal eucalyptus. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 63, n. 1/2, p. 32-38, 2014. DOI: [10.1515/sg-2014-0005](https://doi.org/10.1515/sg-2014-0005).
- MORAES, B. F. X. **Tamanho de parcela e de amostra na avaliação da produtividade de grãos de café arábica**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- PALOMINO, E. C.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Tamanho de amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1433-1439, jul. 2000. DOI: [10.1590/S0100-204X2000000700018](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700018).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2012. 303 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Seleção de genótipos de milho (*Zea mays* L.) em solos contrastantes**. 1989. 212 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento de Plantas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares.

Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

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**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 269-282, dez. 1980.

TOLEDO, F. H. R. B.; RAMALHO, M. A. P.; PULCINELLI, C. E.; BRUZI, A. T. Experimental strategies in carrying out on VCU for tobacco crop I: plot design and size. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 3766-3774, 2013. DOI: [10.4238/2013.September.19.8](https://doi.org/10.4238/2013.September.19.8).