



Precisão nos ensaios de competição de cultivares de feijão e milho

Cristiano Nunes Nesi¹, Silmar Hemp² e
Luís Carlos Vieira³

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão experimental e a magnitude da diferença mínima significativa (DMS) pelo método de Tukey, como porcentagem da média, para os ensaios estaduais de competição de cultivares de feijão e de milho em Santa Catarina. Foram catalogados 138 ensaios com feijão e 325 ensaios com milho. Todos os ensaios foram conduzidos em blocos completos casualizados, com quatro repetições e 20 a 26 cultivares para feijão e com duas a quatro repetições e cinco a 49 cultivares para milho. Os coeficientes de variação foram abaixo de 20% (considerado aceitável pela legislação) em 84,1% e 95,4% dos experimentos com feijão e milho, respectivamente. Entretanto, as DMSs apresentaram grandes magnitudes na maioria dos ensaios, fato preocupante pois a maioria das cultivares de feijão e milho já atingiu alta produtividade com diferenças cada vez menores. Diante disso, há necessidade de práticas que reduzam a diferença mínima significativa entre as médias de rendimento das cultivares.

Termos para indexação: coeficiente de variação, precisão experimental, diferença mínima significativa.

Experimental precision in competition trials of common beans and maize

Abstract – The objective of this study was to evaluate the experimental precision and the magnitude of least significant difference (LSD) from Tukey's test as percentage of the experiment mean for the competition trials of common beans and maize in Santa Catarina, Brazil. One hundred and thirty-eight trials with beans and 325 trials with maize hybrids were catalogued. All trials were conducted in completely randomized blocks, with 4 replications and 20 to 26 cultivars for common beans, and 2 to 4 replications and 5 to 49 maize cultivars. The coefficient of variation was lower than 20% (acceptable limit by the legislation) in 84,1% and 95,4% of the experiments with common beans and maize, respectively. However, the LSDs presented great magnitudes in the majority of the trials, a worrisome fact because the majority of common beans and maize cultivars already reached high level of productivity with low differences among them. Because of this, some practices are necessary to reduce the least significant difference among the average of cultivars.

Index terms: coefficient of variation, experimental precision, least significant difference.

Introdução

O feijão e o milho são culturas anuais de reconhecida importância econômica e social para o Brasil e para o Estado de Santa Catarina, pois são fonte de renda para elevado número de agricultores. No ano agrícola de 2003/04 foram cultiva-

dos, em Santa Catarina, em torno de 137.000ha de feijão e 816.000ha de milho, o que corresponde a 54% da área plantada em relação aos principais produtos agrícolas do Estado (Síntese..., 2005). Diante disso, a pesquisa assume o desafio de identificar genótipos que sejam produtivos e apresentem as

características desejadas que os habilitem para cultivo pelos agricultores.

Os ensaios estaduais de cultivares de feijão e milho servem como referência para que os agricultores estejam informados sobre as cultivares com maior potencial de produtividade. Nessas

Aceito para publicação em 6/7/06.

¹Eng. agr., M.Sc., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – Cepaf –, C.P. 791, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0600, e-mail: cristiano@epagri.sc.gov.br.

²Eng. agr., M.Sc., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – Cepaf –, e-mail: hemp@epagri.sc.gov.br.

³Eng. agr., M.Sc., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – Cepaf –, e-mail: lcvieira@epagri.sc.gov.br.

avaliações, os pesquisadores esperam que a variação manifestada seja apenas de origem genética. Entretanto, na variação observada entre as médias de rendimento das cultivares, além do componente genético, sempre estará incluída a variação ambiental denominada erro experimental (Ramalho et al., 2005). O erro experimental é atribuível às características estranhas e não controladas existentes entre as unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento, tornando-as heterogêneas. Assim, a precisão do experimento é tanto mais elevada quanto menor for o erro experimental, com estimativas mais precisas da média ou de outros parâmetros (Steel & Torrie, 1960; Banzatto & Kronka, 1995; Lúcio et al., 1999; Ramalho et al., 2005; Machado et al., 2005).

O coeficiente de variação experimental em porcentagem, calculado pela razão entre a raiz quadrada do quadrado médio do resíduo e a média do ensaio, é um estimador da variabilidade casual e pode ser usado como critério para comparar a precisão de experimentos conduzidos em condições semelhantes, ou seja, mesmas variáveis, tratamentos, delineamentos, número de repetições, manejo e nível tecnológico (Storck et al., 2000a; Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Além disso, de acordo com as normas estabelecidas pela Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9.456/97) em ensaios de determinação do valor de cultivo e uso (VCU) para feijão e milho, o coeficiente de variação experimental do ensaio deve ser, no máximo, 20% (Brasil, 2001).

A baixa precisão em ensaios de competição de cultivares implica na ineficiente discriminação entre as médias de rendimento das cultivares, o que pode levar a recomendações incorretas (Lopes et al., 1994; Lopes & Storck, 1995), pois, mesmo havendo variação entre as cultivares, ela não será detectada pela análise, na probabilidade de erro adotada, se a variância do erro for grande. Caso o erro experi-

mental seja grande, as hipóteses de nulidade poderão ser rejeitadas apenas se as diferenças entre as cultivares forem, proporcionalmente, maiores. Além disso, a razão entre o quadrado médio do resíduo e o número de repetições, empregada nos testes de comparações múltiplas entre médias, deve ser pequena para que a diferença entre duas médias seja significativa na probabilidade de erro adotada. Deseja-se, portanto, que Δ^4 seja pequeno o suficiente para discriminar melhor as diferenças entre as médias de rendimento das cultivares avaliadas.

O erro experimental é inevitável, mas, se forem conhecidas suas origens, poder-se-á controlá-lo e mantê-lo em níveis aceitáveis (Lúcio & Stork, 1998). Diversos autores como Cochran & Cox (1978), Banzatto & Kronka (1995), Pimentel-Gomes (2000) sugerem que, para minimizar o efeito do erro experimental e discriminar melhor as diferenças entre os tratamentos avaliados, deve-se ter rigor na técnica experimental utilizada e o controle de qualidade dos ensaios deve ser realizado do planejamento à análise dos dados.

Em diversos trabalhos os autores têm mostrado preocupação com a precisão dos ensaios. Scapim et al. (1995) propuseram uma classificação dos coeficientes de variação para diversas características da cultura do milho. Lúcio & Storck (1998) obtiveram uma relação entre a diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey e o coeficiente de variação nos ensaios de competição de cultivares das principais culturas agrícolas do Rio Grande do Sul, destacando que a diferença mínima significativa é uma estatística adequada para a determinação da qualidade dos ensaios de competição de cultivares. Nessa mesma linha, Lúcio et al. (1999) e Lúcio & Storck (1999), estudando a precisão de experimentos de competição de cultivares em diversas culturas, destacaram que a diversidade de manejos prejudica

o controle de qualidade dos ensaios, devendo-se realizá-lo por cultura e manejo empregado. Em determinados experimentos, para obter redução do erro experimental da variável produtividade de grãos de milho, deve-se ter homogeneidade no número de plantas entre as repetições, independentemente do ciclo e da estatura das plantas (Cargnelutti Filho et al., 2004; Cargnelutti Filho et al., 2006). Em ensaios com feijão, Ribeiro et al. (2004) destacaram que a precisão experimental é alterada com mudanças na densidade de plantas dentro e entre anos agrícolas, evidenciando maior precisão em ensaios utilizando a densidade recomendada para cada cultivar.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a precisão experimental e a magnitude da diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey para comparação de médias dos ensaios estaduais de competição de cultivares de feijão e de milho em Santa Catarina.

Material e métodos

Os dados utilizados foram obtidos dos relatórios referentes aos ensaios de competição de cultivares realizados no Estado de Santa Catarina e conduzidos pela Epagri no período de 1991 a 2005 para feijão e de 1989 a 2005 para milho.

Foram catalogados 138 ensaios com feijão, sendo 76 conduzidos na safra e 60 na safrinha. Para milho, foram catalogados 325 ensaios, compostos por cultivares de ciclo superprecoce (78), precoce (164) e tardio (83). Os ensaios de ambas as culturas eram distribuídos por diversas regiões do Estado sempre no delineamento experimental em blocos completos casualizados, com quatro repetições para feijão e duas a quatro repetições para milho.

Para cada ensaio foram anotados o número de cultivares avaliadas (n), o número de repetições (J), o número de graus de liberdade do resíduo (GL_{res}), a média geral do rendimento de grãos (\bar{X}) em kg/ha e o quadrado médio do

⁴ $\Delta = c \cdot \sqrt{QM_{res}/J}$: diferença mínima significativa entre duas médias, em que c é um valor tabelado de acordo com o teste utilizado, QM_{res} é o quadrado médio do resíduo do experimento e J é o número de repetições.

resíduo (QMres). Foram estimadas, para cada experimento, as estatísticas coeficiente de variação experimental (CV) e diferença mínima significativa entre cultivares pelo método de Tukey (DMS), expresso em porcentagem da média, como a seguir:

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{QMres}}{\bar{X}} \cdot 100 \quad e$$

$$DMS(\%) = \frac{q_{\alpha(n;GLres)} \cdot \sqrt{\frac{QMres}{J}}}{\bar{X}} \cdot 100$$

em que $q_{\alpha(n;GLres)}$ é a amplitude total estudentizada proposta por Tukey para o uso no procedimento para comparações múltiplas de médias, considerando a probabilidade de erro $\alpha = 5\%$ para n cultivares e GLres graus de liberdade do resíduo.

Resultados e discussão

O número de cultivares avaliadas em cada experimento variou entre 20 e 26 para feijão, com 58% dos ensaios utilizando 22 cultivares, e de cinco a 49 para milho, com 20, 28 e 32 cultivares em 22%, 11,7% e 11,4%, respectivamente. Para ambas as culturas, há diferenças no número de graus de liberdade do resíduo devido às diferenças no número de cultivares e repetições e à perda de parcelas em algumas ocasiões (Tabela 1).

Considerando que nos ensaios para determinação do VCU o coeficiente de variação máximo admitido é de 20% (Brasil, 2001), os ensaios apresentaram boa precisão, pois apenas 15,9% e 4,6% dos ensaios de feijão e de milho, respectivamente, seriam excluídos por este critério (Tabela 2). Embora não tenham assumido valores de CV preocupantes, a baixa precisão nesses ensaios pode ser atribuída a diversos fatores como seca, chuva em excesso, manchas de solo e ocorrência de pragas e doenças.

Pela classificação geral para coeficientes de variação proposta por Pimentel-Gomes & Garcia (2002), nos experimentos com feijão, 13% deles seriam classificados como baixos (CV<10%), 71% como médios

Tabela 1. Número mínimo e máximo de cultivares e de graus de liberdade do resíduo, para as culturas do feijão e do milho, nos ensaios de competição de cultivares realizados em Santa Catarina no período de 1991 a 2005 para feijão e de 1989 a 2005 para milho

| | Feijão | | Milho | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Nº de cultivares | 20 | 26 | 5 | 49 |
| GL do resíduo | 21 | 75 | 12 | 144 |

Tabela 2. Distribuição do coeficiente de variação experimental (CV), para rendimento de grãos das culturas do feijão e do milho, nos ensaios de competição de cultivares realizados em Santa Catarina no período de 1991 a 2005 para feijão e de 1989 a 2005 para milho

| CV | Feijão | Milho |
|----------------|-------------|-------|
| |%..... | |
| CV < 10% | 13,04 | 36,61 |
| 10% ≤ CV < 15% | 40,58 | 48,00 |
| 15% ≤ CV < 20% | 30,44 | 10,77 |
| CV ≥ 20% | 15,94 | 4,62 |

(10%≤CV<20%) e apenas 15,9% classificados como altos (20%≤CV<30%) ou muito altos (CV<30%). Para milho, 36,6% e 58,8% dos ensaios têm coeficientes de variação classificados como baixos e médios, respectivamente. Comparando-se com a classificação proposta por Scapim et al. (1995), o coeficiente de variação para rendimento de grãos de milho seria baixo (CV<10%) e médio (10%≤CV<22%) em mais de 95% dos ensaios.

Apesar de a maioria dos coeficientes de variação se enquadrar em níveis aceitáveis, de acordo com as classes estabelecidas por diversos autores (Scapim et al., 1995; Lúcio et al., 1999; Pimentel-Gomes & Garcia, 2002; Ribeiro et al., 2004), as diferenças mínimas significativas apresentaram grandes magnitudes em muitos experimentos (Tabela 3). Este fato é preocupante pois a maioria das espécies cultivadas já atingiu um elevado nível de produtividade e as

Tabela 3. Distribuição da diferença mínima significativa em porcentagem da média (DMS) pelo teste de Tukey a 5%, para a cultura do feijão e do milho, nos ensaios de competição de cultivares realizados em Santa Catarina no período 1991 a 2005 para feijão e de 1989 a 2005 para milho

| DMS | Feijão | Milho |
|-----------------|-------------|-------|
| |%..... | |
| DMS < 10% | - | 0,61 |
| 10% ≤ DMS < 20% | 0,72 | 6,77 |
| 20% ≤ DMS < 30% | 21,74 | 42,77 |
| 30% ≤ DMS < 40% | 34,06 | 29,23 |
| 40% ≤ DMS < 50% | 23,19 | 13,85 |
| DMS ≥ 50% | 20,29 | 6,77 |

diferenças entre as cultivares são cada vez menores. Assim, era esperado que a diferença mínima significativa diminuísse com o passar dos anos em consequência da melhoria das cultivares, melhoria de ambiente e de técnica experimental, o que não foi observado.

Os rendimentos dos cultivos comerciais de feijão e de milho no Estado de Santa Catarina na safra 2003/04 foram de 1.118 e 4.000kg/ha, respectivamente (Síntese..., 2005). Observa-se na Tabela 4 que, em todos os ensaios com feijão, somente seriam significativas diferenças entre rendimento de grãos para cultivares que correspondessem, no mínimo, a 20% da produtividade estadual em cultivos comerciais (224kg/ha). Em 77,5% dos ensaios somente seriam significativas diferenças entre 50% e 100% da produtividade estadual. Além disso, em 15,9% dos ensaios a diferença mínima significativa entre cultivares seria maior que a produtividade estadual. Para milho (Tabela 4), somente em 6,1% dos ensaios as diferenças significativas entre cultivares seriam menores que 20% da produtividade estadual em cultivos comerciais (800kg/ha). Em 40,9% deles a diferença seria significativa se estivesse entre 20% e 50% da produtividade estadual, ou seja, de 800 a 2.000kg/ha. Ressalta-se que, em mais de 40% dos ensaios, a diferença entre cultivares para ser significativa deve ser maior que 2.000kg/ha, o que corresponde a 50% da

produtividade estadual para cultivos comerciais na safra 2003/04.

Em ensaios comparativos, como é o caso da competição de cultivares, as inferências mais importantes referem-se a diferenças entre efeitos de tratamentos. Se a ausência de erros sistemáticos é garantida pela casualização e pelo controle através de técnicas experimentais, a estimativa de uma diferença de efeitos de dois tratamentos diferirá de seu correspondente valor populacional apenas por variação aleatória. Como os coeficientes de variação dos experimentos estudados são aceitáveis, verifica-se a necessidade de investigar práticas que reduzam a magnitude das DMSs. Uma necessidade é estabelecer o número de repetições adequado para os ensaios pois, segundo Conagin & Pimentel-Gomes (2004), aumentando o número de repetições, o aumento no poder discriminativo no teste de médias pode ser compensador. Além disso, deve haver estudo para determinar a densidade de plantas de milho adequada para cada genótipo e ciclo (Storck et al., 2005) e fazer escolha do teste estatístico mais adequado e eficiente (Conagin & Zimmermann, 1990). Diversos autores recomendam que o pesquisador deve conduzir o ensaio de modo a conseguir o estande adequado e utilizar a técnica de análise de covariância com a população de plantas para aumentar a precisão experimental

e, com isso, discriminar melhor as diferenças de rendimento de grãos entre as cultivares (Fernandes et al., 1989; Storck et al., 2000b; Cargnelutti Filho & Storck, 2004; Ribeiro et al., 2004; Cargnelutti Filho et al. 2006). Destaca-se, também, que o conhecimento prévio de diversas características da área experimental é fundamental para a escolha de técnicas eficientes de controle local.

Conclusão

Os ensaios estaduais de competição de cultivares de feijão e de milho realizados em Santa Catarina apresentam boa precisão experimental quando considerado o coeficiente de variação, mas há necessidade de se diminuir a magnitude da diferença mínima significativa entre as médias de rendimento das cultivares.

Literatura citada

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 3.ed. Jaticabal: Editora Funep, 1995. 245p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. *Requisitos mínimos para determinação do Valor de Cultivo e Uso, para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC*. Brasília, 2001.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. População de plantas na comparação de produtividade de grãos entre cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.1, p.17-25, 2004.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.C. Identificação de variáveis causadoras de erro experimental na variável rendimento de grãos de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.707-713, 2004.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LOPES, S.J. et al. Interferência da variabilidade da população de plantas de milho sobre a precisão experimental. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.1, p.42-50, 2006.
- CONAGIN, A.; PIMENTEL-GOMES, F. Escolha adequada dos testes estatísticos para comparações múltiplas. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.79, n.3, p.288-295, 2004.
- CONAGIN, A.; ZIMMERMANN, F.J.P. Seleção de materiais nos trabalhos de

Tabela 4. Distribuição da diferença mínima significativa (Tukey a 5%) em porcentagem da média (DMS), em relação à produtividade obtida em cultivos comerciais para a cultura do feijão (1.118kg/ha) e do milho (4.000kg/ha) em Santa Catarina na safra 2003/04

| DMS | Feijão | Milho |
|-------------------------|-------------|-------|
| |%..... | |
| PE ⁽¹⁾ < 20% | 0 | 6,1 |
| 20% ≤ PE < 50% | 22,5 | 40,9 |
| 50% ≤ PE < 75% | 37,7 | 27,7 |
| 75% ≤ PE < 100% | 23,9 | 14,8 |
| PE > 100% | 15,9 | 10,5 |

⁽¹⁾PE: Produtividade estadual em cultivos comerciais, de acordo com Síntese... (2005).

- melhoramento de plantas. II-Poder discriminativo de "diferentes testes estatísticos". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.10, p.1.415-1.428, 1990.
8. COCHRAN, W.G.; COX, G.M. *Diseños experimentales*. México: Trillas, 1978. 661p.
 9. FERNANDES, M.I.P.S.; RAMALHO, M.A.P.; LIMA, P.C. Comparação de métodos de correção de estande em feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.8, p.997-1.002, 1989.
 10. LOPES, S.J.; STORCK, L.; GARCIA, D.C. A precisão de ensaios de cultivares de milho sob diferentes adubações. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.24, n.3, p.483-487, 1994.
 11. LOPES, S.J.; STORCK, L. A precisão experimental para diferentes manejos na cultura do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.1, p.49-53, 1995.
 12. LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L. Relação entre diferença mínima significativa e coeficiente de variação nos ensaios de competição de cultivares. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.28, n.2, p.225-228, 1998.
 13. LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L. O manejo das culturas interfere no erro experimental. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.5, n.2, p.311-316, 1999.
 14. LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L.; BANZATTO, D.A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.5, n.1, p.99-103, 1999.
 15. MACHADO, A.A.; DEMÉTRIO, C.G.B.; FERREIRA, D.F. et al. *Estatística experimental: uma abordagem fundamentada no planejamento e no uso de recursos computacionais*. Londrina, 2005. 300p.
 16. PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 14.ed. Piracicaba: Esalq, 2000. 477p.
 17. PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: Esalq, 2002. 309p.
 18. RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. 2.ed. Lavras: Ufla, 2005. 322p.
 19. RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HOFFMANN JÚNIOR, L. et al. Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.5, p.1.371-1.377, 2004.
 20. SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.
 21. SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2004-2005. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2005. 400p.
 22. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw Hill Book, 1960. 481p.
 23. STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J. et al. *Experimentação vegetal*. Santa Maria: UFSM, 2000a. 198p.
 24. STORCK, L.; LOPES, S.J.; MARQUES, D.G. et al. Análise de covariância para melhoria da capacidade de discriminação em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.7, p.1.311-1.316, 2000b.
 25. STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A.D.C. et al. Adequação de ciclo e estatura de planta é essencial para a comparação de genótipos de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.1, p.16-23, 2005.

REDE LABORATORIAL DA EPAGRI

Análises de água

- ◆ Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar - Chapecó
- ◆ Estação Experimental de Itajaí
- ◆ Estação Experimental de Ituporanga
- ◆ Estação Experimental de Urussanga