

# Correlação genotípica e análise de trilha em cultivares de milho de ciclo precoce

Jéssica Andiará Kleinpaul<sup>1</sup>

Alberto Cargnelutti Filho<sup>2</sup>

Cláudia Burin<sup>3</sup>

Bruna Mendonça Alves<sup>4</sup>

Marcos Toebe<sup>3</sup>

Giovani Facco<sup>4</sup>

Gustavo Oliveira dos Santos<sup>4</sup>

## 1 - Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais da família das gramíneas com significativa importância no mercado mundial, adaptando-se aos climas tropical e subtropical, cultivado nas estações de primavera e verão. No Estado do Rio Grande do Sul, as cultivares de milho em comercialização ou aquelas cultivares para futuros lançamentos são avaliadas na rede estadual de ensaios de competição de cultivares, que é coordenada pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO). As relações lineares entre os diversos caracteres dessas cultivares, mensurados nesses ensaios, são importantes na seleção indireta.

O estudo das relações lineares pode ser realizado com base no coeficiente de correlação e, complementarmente, por meio da análise de trilha. A análise de trilha consiste no estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica [2]. Com esse método é possível estimar se há correlação e relação de causa e efeito entre os caracteres explicativos e o principal. Dessa forma, com o desdobramento do coeficiente de correlação, por meio da análise de trilha, em efeitos diretos e indiretos de caracteres explicativos sobre a produtividade de grãos, é possível indicar caracteres que podem ser utilizados na seleção indireta.

O objetivo deste estudo foi avaliar as relações lineares entre a produtividade de grãos e os caracteres agronômicos secundários de nove cultivares de milho de ciclo precoce.

---

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista PIBIC/CNPq/UFSM

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: alberto.cargnelutti.filho@gmail.com. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista CNPq

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista Capes

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelas bolsas concedidas.

## 2 - Material e Métodos

Um ensaio com nove cultivares de milho precoce (*Zea mays* L.) foi conduzido no ano agrícola de 2012/2013, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude de 29°42'S, longitude de 53°49'W e altitude de 95m). Foram feitas nove repetições no delineamento experimental de blocos ao acaso. Cada parcela foi constituída de duas fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,8 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas na fila. A área experimental foi preparada em sistema de cultivo convencional, no dia 25/10/2012 e foi realizada a adubação de base com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A semeadura foi realizada no dia 26/10/2012. A adubação de cobertura foi de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, fracionada em duas aplicações, uma no dia 12/11/2012 com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e outra no dia 23/11/2012 com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando as plantas apresentavam quatro e oito folhas expandidas, respectivamente, conforme a recomendação para a cultura do milho [4].

Os caracteres mensurados foram: altura de plantas na colheita (AP, em cm), distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da folha bandeira; altura de inserção de espigas na colheita (AE, em cm), distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal; número de plantas ha<sup>-1</sup> (NP), número de espigas ha<sup>-1</sup> (NE), índice de espigas (IE = NE/NP) e produtividade de grãos (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), grãos obtidos após a debulha, a 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Logo após estimou-se a matriz de coeficientes de correlação genotípica entre os caracteres e após fez-se o diagnóstico de multicolinearidade [5], visando identificar e, posteriormente, eliminar caracteres causadores de multicolinearidade. Após, foi realizada a análise de trilha considerando a produtividade de grãos como a variável principal e os demais caracteres como variáveis explicativas. As análises foram realizadas com o auxílio do programa GENES [3] e do Office Excel®.

## 3 - Resultados e Discussão

A análise de variância indicou existência de variabilidade entre as cultivares de milho precoce, demonstrando efeito significativo para todos os caracteres. Os valores de coeficiente de variação oscilaram entre 2,43% para a altura de plantas e 10,74% para a produtividade de grãos (Tabela 1), o que revela confiabilidade nos dados. De acordo com as estatísticas de precisão experimental (valor de Fc e acurácia seletiva), o experimento apresentou precisão alta para o índice de espigas e para os outros caracteres a precisão foi muito alta [6].

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (número de graus de liberdade (GL) e quadrado médio para as fontes de variação bloco, cultivar e erro), média, coeficiente de variação experimental (CV), valor do teste F para cultivar (Fc), acurácia seletiva (AS) e precisão experimental, para os caracteres: altura de plantas na colheita (AP, em cm); altura de espigas na colheita (AE, em cm); número de plantas ha<sup>-1</sup> (NP); número de espigas ha<sup>-1</sup> (NE); índice de espigas (IE = NE/NP) e produtividade de grãos (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), a 13% de umidade de nove cultivares de milho precoce, safra 2012/2013.

FV	GL	-----Quadrado Médio-----					
		AP	AE	NP	NE	IE	PROD
Bloco	8	457,30	177,59	8.410.493,83	60.546.875,00	0,02	8.438.117,77
Cultivar	8	3.014,19*	782,57*	157.282.021,60*	327.473.958,33*	0,04*	26.338.575,47*
Erro	64	34,73	17,74	12.132.282,02	26.567.925,35	0,01	820.627,98
Média		242,90	147,23	57.114,20	52.870,37	0,93	8.432,70
CV(%)		2,43	2,86	6,10	9,75	9,74	10,74
Fc		86,80	44,12	12,96	12,32	4,65	32,10
AS		0,99	0,99	0,96	0,95	0,88	0,98
Precisão <sup>(1)</sup>		MA	MA	MA	MA	A	MA

<sup>(1)</sup> Limites de classes estabelecidos por [6]: MA = muito alta (AS ≥ 0,90); A = alta (0,70 ≤ AS < 0,90); M = moderada (0,50 ≤ AS < 0,70) e B = baixa (AS < 0,50). \*Efeito significativo pelo teste F, a 5 % de probabilidade.

Os valores mínimos e máximos de altura de planta na colheita foram de 212,53 e 266,43 cm, para as cultivares KSP04 e BG7060HR, respectivamente (Tabela 2). Em relação à altura de espigas na colheita, os valores mínimo e máximo foram de 131,35 e 162,95 cm, respectivamente, para as cultivares KSP04 e BG7060HR. De maneira geral, percebe-se que plantas mais altas possuem maior alturas de espigas e vice-versa. Mesmo sendo semeadas sementes em excesso e realizado desbaste para ajustar a densidade de plantas final de 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>, o número de plantas variou de 50.833 plantas ha<sup>-1</sup> a 60.972 plantas ha<sup>-1</sup>. O índice de espiga variou de 0,82 a 1,04, para os cultivares KSP3248 e P30F53H, respectivamente. Quanto à produtividade de grãos, quatro grupos foram formados pelo teste de Scott Knott, com mínimo de 6.024,26 kg ha<sup>-1</sup> para cultivar KSP3248 e máximo de 11.033,85 kg ha<sup>-1</sup> para cultivar P30F53H. A média (8.432,70 kg ha<sup>-1</sup>) foi acima da média de produtividade de grãos para o Estado do Rio Grande do Sul na safra 2012/2013, que foi de 5.210,00 kg ha<sup>-1</sup> [1].

Com base na matriz de correlação genotípica entre os caracteres, constatou-se que todos os coeficientes de correlação foram positivos (Tabela 3). O número de espigas (NE) apresentou o maior coeficiente de correlação com a produtividade de grãos (r = 0,893). Os demais caracteres (AP, AE e IE) apresentaram coeficientes de correlação com a produtividade de grãos entre 0,794 e 0,837. Esses resultados sugerem que maiores valores de altura de plantas na colheita, altura de inserção de espigas na colheita, número de espigas e índice de espigas estão associados a maiores produtividades de grãos.

**Tabela 2.** Médias dos caracteres: altura de plantas na colheita (AP, em cm); altura de espigas na colheita (AE, em cm); número de plantas ha<sup>-1</sup> (NP); número de espigas ha<sup>-1</sup> (NE); índice de espigas (IE = NE/NP) e produtividade de grãos (PROD, em kg ha<sup>-1</sup>), a 13% de umidade, de nove cultivares de milho precoce, safra 2012/2013.

Cultivar	AP	AE	NP	NE	IE	PROD
BG7060HR	266,43 a <sup>(1)</sup>	162,95 a	60.138,89 a	56.250,00 b	0,93 b	10.014,51 b
20A55HX	258,62 b	148,21 c	60.972,22 a	53.055,56 b	0,87 c	8.042,54 c
BG7049H	253,51 b	150,84 c	59.583,33 a	56.111,11 b	0,94 b	9.309,44 b
P30F53H	253,16 b	156,53 b	60.277,78 a	62.777,78 a	1,04 a	11.033,85 a
BG7046	253,08 b	147,81 c	57.361,11 a	52.500,00 b	0,92 b	9.690,60 b
2B688HX	237,83 c	138,27 e	50.833,33 b	50.277,78 c	0,99 a	7.884,17 c
AG5011	226,56 d	143,99 d	60.416,67 a	56.111,11 b	0,93 b	7.698,23 c
KSP3248	224,41 d	145,06 d	51.388,89 b	42.222,22 d	0,82 c	6.024,26 d
KSP04	212,52 e	131,35 f	53.055,56 b	46.527,78 c	0,88 c	6.196,67 d

<sup>(1)</sup> Cultivares com médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste Scott Knott, a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Matriz de correlação genotípica entre os caracteres altura de plantas na colheita (AP), altura de inserção de espigas na colheita (AE), número de espigas (NE), índice de espigas (IE) e produtividade de grãos (PROD) de nove cultivares de milho precoce, safra 2012/2013.

Caractere	AP	AE	NE	IE	PROD
AP	1	0,841	0,662	0,419	0,837
AE	0,841	1	0,685	0,383	0,801
NE	0,662	0,685	1	0,797	0,893
IE	0,419	0,383	0,797	1	0,794
PROD	0,837	0,801	0,893	0,794	1

O diagnóstico de multicolinearidade na matriz de correlação indicou colinearidade severa, com número de condição igual a 10.294, ou seja, superior a 1.000. Com o descarte do número de plantas o número de condição diminuiu para 157, um pouco superior a 100, que indicaria multicolinearidade fraca [5]. Assim, para a análise de trilha, restaram quatro caracteres explicativos (altura de plantas na colheita, altura de inserção de espigas na colheita, número de espigas e índice de espigas) (Tabela 4).

Nos caracteres altura de planta e índice de espigas constatou-se elevada correlação e maiores efeitos diretos de mesmo sinal sobre produtividade de grãos, o que indica que estas duas variáveis apresentam relação de causa e efeito com a produtividade de grãos. Portanto, as plantas mais altas e com maior índice de espigas, estão associadas a plantas mais produtivas. As demais variáveis apresentaram elevada correlação e valores maiores de efeitos indiretos via altura de plantas ou índice de espigas, atuando sobre a produtividade de grãos de forma indireta.

**Tabela 4.** Efeitos diretos e indiretos dos caracteres explicativos altura de plantas na colheita (AP), altura de inserção de espigas na colheita (AE), número de espigas (NE) e índice de espigas (IE) sobre a produtividade de grãos, coeficiente de determinação da análise de trilha e efeito da variável residual.

Efeitos	AP	AE	NE	IE
Efeito direto	0,369	0,219	0,153	0,433
Efeito indireto via AP		0,311	0,244	0,155
Efeito indireto via AE	0,184		0,150	0,084
Efeito indireto via NE	0,101	0,105		0,122
Efeito indireto via IE	0,182	0,166	0,345	
Total	0,837	0,801	0,893	0,794
Coeficiente de determinação	0,965			
Efeito da variável residual	0,186			

#### 4 - Conclusão

Os caracteres altura de plantas na colheita, altura de inserção de espigas na colheita, número de espigas e índice de espigas apresentam correlação linear positiva com a produtividade de grãos. A altura de plantas na colheita e o índice de espigas tem relação linear positiva com produtividade de grãos de milho e podem ser utilizadas para seleção indireta.

#### Referências

- [1] CONAB. **Safras - grãos: séries históricas - milho total.** Disponível em [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_06\\_12\\_16\\_15\\_32\\_boletim\\_portugues\\_junho\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_06_12_16_15_32_boletim_portugues_junho_2012.pdf). Acesso em: 23 de janeiro. 2014.
- [2] CRUZ, C.D. **Programa genes: estatística experimental e matrizes.** Viçosa: Editora UFV, 2006. 285p.
- [3] CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 2003. V.2. 585p.
- [4] FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Editora Agropecuária, 2004. 360p.
- [5] MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1982. 504p.
- [6] RESENDE, M.D.V. de; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** v. 37, p.182-194, 2007.