

## RESPOSTA DE CULTIVARES DE MILHO À VARIAÇÃO EM ESPAÇAMENTO E DENSIDADE

JOSÉ CARLOS CRUZ<sup>1</sup>, FRANCISCO TENÓRIO FALCÃO PEREIRA<sup>1</sup>, ISRAEL ALEXANDRE PEREIRA FILHO<sup>1</sup>, ANTÔNIO CARLOS DE OLIVEIRA<sup>1</sup> e PAULO CÉSAR MAGALHÃES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151 CEP. 35.701-970. Sete Lagoas, MG. E-mail : zecarlos@cnpmc.embrapa.br

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.1, p.60-73, 2007*

**RESUMO-** O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade ótima de plantas por área. O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento de cultivares de milho, comerciais e em pré-lançamento, desenvolvidas pelo programa de melhoramento de plantas da Embrapa Milho e Sorgo, submetidas a dois espaçamentos e quatro densidades de plantio. Dois experimentos foram instalados em área da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Foram avaliadas dez cultivares de milho, nos espaçamentos de 0,50 m e 0,80 m entre linhas e nas densidades de 40.000, 52.500, 65.000 e 77.500 plantas ha<sup>-1</sup>. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, com os espaçamentos nas parcelas, as cultivares nas subparcelas e as densidades nas subsubparcelas. Para aumento no rendimento de grãos, a redução de espaçamento foi mais vantajosa quando se utilizaram maiores densidades de plantio. O rendimento de grãos não foi afetado pela redução do espaçamento. Para as cultivares avaliadas, foi possível obter aumento no rendimento de grãos até a densidade de 77.500 plantas ha<sup>-1</sup>

**Palavras-chave:** *Zea mays*, arranjo espacial, densidade de plantio, índice de espigas, peso médio de espigas.

## MAIZE CULTIVARS RESPONSE TO VARIATION IN SPACING AND DENSITY

**ABSTRACT** - Maize is the most sensitive grass to variation in plant density. Several researchers consider the genotype itself as the main determinant of plant density. The objective of this study was to verify the performance of maize cultivars submitted to different planting spacing and plant density. The genotype material used in this work is developed by the Embrapa Maize and Sorghum breeding program, some of them being commercial cultivars and others about to be released to the market. Two experiments were carried out in the area of Embrapa Maize and Sorghum, Sete Lagoas, MG. Ten maize cultivars were evaluated with two spacings (0.50 m and 0.80 m) and four densities (40,000; 52,500; 65,000 and 77,500 plants.ha<sup>-1</sup>). A split-split plot design was used, with spacing being in the plots, cultivars in the split-plots and densities in the split-split-plots. The results showed that if spacing is reduced in association with greater densities better yields may be achieved. Grain yield was not affected by spacing reduction alone. It is possible to increase grain yield by increasing planting density up to 77,500 plants ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Zea mays*, spatial arrangement, planting density, ear index, ear average weight.

Anualmente, novas cultivares de milho são disponibilizadas no mercado, sendo que, na safra de 2004/05, 230 cultivares foram comercializadas no Brasil. Cerca de 32 novas cultivares foram lançadas, substituindo 35 que deixaram de ser comercializadas, demonstrando a dinâmica dos programas de melhoramento (Cruz et al., 2004). Normalmente, as novas cultivares disponibilizadas no mercado apresentam elevado potencial genético, além de outras vantagens relativas a aspectos fitossanitários, físicos e fisiológicos, capazes de proporcionar altas produtividades. Para isso, uma série de informações, como o seu comportamento em relação às principais doenças, tipo de híbrido, ciclo, região de adaptação cor e textura de grãos, época de semeadura e densidade de plantas recomendada é fornecida, para que os agricultores possam explorar ao máximo o potencial genético dessas cultivares.

O surgimento de novas cultivares de milho de ciclo mais curto, estatura reduzida, menor número de folhas e folhas mais eretas aumentou o potencial de resposta da cultura à densidade de planta (Almeida et al., 2000).

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo da cultivar, época de semeadura e espaçamento entre linhas (Sangoi, 2000). Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade de plantas (Silva et al., 1999). O aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por área é variável, uma

vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica proporcionado pelas diferentes densidades de planta (Silva et al., 1999).

O aumento e o arranjo da população de plantas pode contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com conseqüências no aumento do rendimento de grãos (Amaral Filho et al., 2002). O arranjo de plantas pode ser manipulado basicamente por meio de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras.

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho quando outros fatores ambientais são favoráveis. Uma forma de aumentar a interceptação de radiação e, conseqüentemente, o rendimento de grãos, é através da escolha adequada do arranjo de plantas (Silva et al., 2002). Teoricamente, o melhor arranjo de plantas de milho é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (Sangoi, 2000 e Argenta et al., 2001).

Atualmente, a redução no espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de plantio é uma realidade na cultura de milho, no Brasil, encontrando-se no mercado, inclusive, plataformas adaptáveis às colhedoras, que realizam a colheita em espaçamentos de até 0,45 m.

As vantagens do uso de menores espaçamentos entre fileiras estão relacionadas com maior rendimento, cobertura mais rápida do solo, favorecendo uma maior supressão das plantas daninhas e conseqüente redução de reinfestação, maior absorção de luz solar e menor perda de água por evaporação, maior eficiência das plantas na absorção de água e nutrientes, melhor qualidade de plantio, mediante menor velocidade de

rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo (Tecnologias, 2003)

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de dois espaçamentos e quatro densidades de plantio sobre o comportamento de cultivares de milho comerciais e em pré-lançamento, desenvolvidas pelo programa de melhoramento de plantas da Embrapa Milho e Sorgo

### Material e Métodos

Os experimentos foram instalados em área da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, em solo classificado como Latossolo Vermelho, de textura argilosa. Foram conduzidos dois experimentos, um no ano agrícola 2001/02 e outro em 2002/03, ambos com semeadura realizada no mês de novembro. Foram avaliadas dez cultivares de milho em cada ano, em dois espaçamentos entre fileiras (0,50 m e 0,80 m) e quatro densidades de plantio (40.000, 52.500, 65.000 e 77.500 plantas por hectare). As cultivares avaliadas em 2001/2002 foram HT 98 A, HT 19 A, BRS 3143, BRS 3151, BRS 2223, 98 2 B, BRS 1010, HT 63, BRS 1001 e BRS 3003. Em 2002/03, foram avaliadas as cultivares BRS 3003, HT 98 A, HD 200.122, HS 100.012, BRS 2020, HS 100.142, HT CMS – 2C, HS 29 B, BRS 1001 e BRS 1010. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com os espaçamentos nas parcelas, as cultivares nas subparcelas e as densidades nas subsubparcelas. Cada subsubparcela foi formada por quatro fileiras de 6 m de comprimento. Dessa forma, nas parcelas onde o espaçamento entre fileiras foi de 0,50 m, a área total foi de 12 m<sup>2</sup> e, nas parcelas onde o espaçamento entre fi-

leiras foi de 0,80 m, a área total foi de 19,2 m<sup>2</sup>, sendo considerados como área útil os 5 m centrais das duas fileiras centrais. O plantio foi manual, utilizando-se o dobro das sementes necessárias, sendo posteriormente realizado desbaste para a obtenção da densidade desejada. A análise de variância foi realizada após uma correção dos dados para uma mesma área útil.

Por ocasião do plantio, foi realizada uma adubação com 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20 + 0,5% de Zn e, posteriormente, foi realizada uma única adubação em cobertura, com 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia, quando a cultura apresentava cerca de seis folhas desenvolvidas. Os demais tratamentos culturais foram aqueles normalmente recomendados para a cultura do milho, inclusive com aplicação de irrigação, quando necessária, para evitar perda do experimento.

As características determinadas foram o rendimento de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>, corrigido para 13% de umidade, peso médio de espigas, em gramas, índice de espigas, obtido pela relação entre o número de espigas e a densidade de plantas verificada por ocasião da colheita, percentagem de sobrevivência, obtida pelo valor percentual do estande final em relação ao estande desejado. Foram realizadas análises de variância para cada ano e análise conjunta para as cultivares comuns aos dois anos de estudo ( HT 98 A, BRS 3003, BRS 1001 e BRS 1010). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### Resultados e Discussão

Pela análise de variância de ambos os experimentos, constataram-se diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para todas as características avaliadas, para a maioria das fontes de variação. A percentagem de sobrevivência foi afetada sig-

nificativamente ( $P < 0,01$ ) apenas pela densidade, nos dois anos de estudo, e pela cultivar, no experimento de 2002/03. O índice de espigas foi afetado significativamente por densidade, cultivar e interação cultivar e densidade de plantio, nos dois anos de estudo, e pelo espaçamento, em 2002/03.

O peso médio de espigas foi afetado significativamente pela densidade de plantio e pela cultivar, nos dois anos de estudo, e pela interação espaçamento e densidade de plantio, em 2002/03.

O rendimento de grãos foi afetado significativamente pela cultivar e pela densidade de plantio e pela interação espaçamento e densidade de plantio, nos dois anos.

#### Safra 2001/02

Os valores médios de sobrevivência de plantas, peso médio de espigas (PME) e rendi-

mento de grãos das cultivares avaliadas na safra 2001/02 estão apresentados na Tabela 1.

Os híbridos simples BRS 1010 e BRS 1001 e os híbridos experimentais 98 2 B e HT 63, apresentaram valores de PME superiores aos valores apresentado pelas cultivares HT 98 A, BRS 3143 e BRS 2223.

O híbrido simples BR 1010 apresentou rendimento de grãos significativamente superior aos rendimentos do híbrido triplo BRS 3143, que apresentou o menor rendimento entre as cultivares avaliadas, e do híbrido BRS 3151.

A percentagem de sobrevivência, peso médio de espiga (Tabela 2) e o índice de espigas decresceram com o aumento da densidade de plantio, devido à maior competição entre plantas, sendo que o peso médio de espiga foi maior nas duas menores densidades de plantio, mas o rendimento de grãos cresceu, embora de forma diferente, nos diferentes espaçamentos, com

**TABELA 1.** Percentual médio de sobrevivência de plantas, peso médio de espigas - PME, e do rendimento de grãos de cultivares de milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2001/02.

Cultivar	Sobrevivência de plantas (%)	PME (g)	Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )
HT 98 A	95,47	80,59 C	5707 AB
HT 19 A	96,33	100,01 AB	5806 AB
BRS 3143	97,06	74,18 C	4336 C
BRS 3151	96,74	98,33 AB	5643 B
BRS 2223	97,11	85,85 BC	6380 AB
98 2 B	96,03	105,35 A	6156 AB
BRS 1010	96,77	107,77 A	6782 A
HT 63	96,32	105,76 A	5912 AB
BRS 1001	94,57	112,44 A	6273 AB
BRS 3003	96,85	98,71 AB	6016 AB
C.V. (%)	5,27	18,31	19,20

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

o aumento da densidade de plantio, mostrando que o aumento no número de plantas compensou a redução na sobrevivência de plantas, no peso médio de espigas e no índice de espigas.

Verificou-se que, de uma forma geral, houve uma redução do índice de espigas (Tabela 3) com a aumento da densidade de plantio e que essa redução variou com a cultivar.

Apenas as cultivares HT 98 A, BRS 2223, BRS 1001 e BRS 3003 apresentaram redução significativa do índice de espigas com o aumento da densidade de plantas.

O híbrido duplo BRS 2223 e o híbrido experimental HT 98 A apresentaram os maiores valores de índice de espigas em todas as densidades avaliadas, exceto na densidade de 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup> em que BR 2223 apresentou

**TABELA 2.** Percentual médio de sobrevivência de plantas e peso médio de espigas em quatro densidades de plantas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2001/02.

Densidade (Plantas.ha <sup>-1</sup> )	Sobrevivência de plantas (%)	PME (g)
40.000	98,5 A	104,2 A
52.500	96,7 AB	99,3 A
65.000	95,9 BC	93,0 B
77.500	93,9 C	90,9 B
C.V. (%)	4,53	11,71

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

**TABELA 3.** Médias de índice de espigas obtidas em diferentes densidades de plantas para cada cultivar. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2001/02.

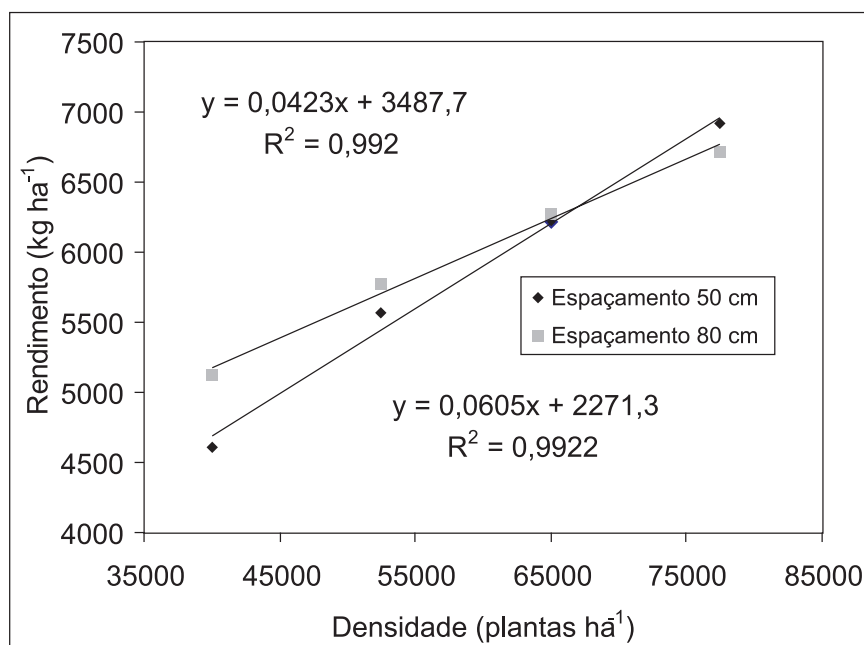
Cultivar	Índice de espigas (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	40.000	52.500	65.000	77.500
HT 98 A	1,50 A a	1,40 BC a	1,30 B a	1,03 C bc
HT 19 A	1,11 A cd	1,04 A c	1,00 A bc	1,03 A bc
BRS 3143	1,13 A bc	1,05 A bc	1,07 A b	1,00 A bc
BRS 3151	1,14 A bc	1,02 A c	0,99 A bc	0,98 A bc
BRS 2223	1,56 A a	1,37 B a	1,23 B a	1,19 B a
982 B	1,13 A bc	1,10 A bc	1,03 A bc	1,00 A bc
BRS 1010	1,16 A bc	1,16 A b	1,08 A b	1,04 A bc
HT 63	1,00 A d	1,06 A bc	0,92 A c	1,07 A b
BRS 1001	1,21 A bc	1,06 AB bc	1,07 AB b	0,93 C c
BRS 3003	1,23 A b	1,12 AB bc	1,04 B b	1,00 B bc
C.V. %	11,11			

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e dentro de cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

maior índice de espiga do que todas as demais cultivares.

O rendimento foi afetado pela interação espaçamento e densidade de plantas (Figura 1). O rendimento de grãos cresceu linearmente com o aumento da densidade de plantas, em ambos os espaçamentos. Entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior

amplitude quando passou de 40.000 plantas.ha<sup>-1</sup> para 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup> do que no espaçamento de 0,80 m, indicando que a redução de espaçamento é mais vantajosa quando se utilizam maiores densidades de plantas. Essa consideração está de acordo com a observação de Hoefl (2003), de que o benefício das linhas mais estreitas aumenta à medida que aumenta a população de plantas.



**FIGURA 1.** Médias do rendimento de grãos de milho, obtidas em dois espaçamentos e quatro densidades de plantas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2001/02.

**Safra 2002/03**

Seis das cultivares avaliadas em 2001/02 foram substituídas na safra 2002/03, por terem sido descartadas comercialmente.

A porcentagem de sobrevivência e o peso médio de espigas (Tabela 5) foram significativamente afetados pela cultivar e pela densidade de

plantas (Tabelas 5 e 6). Além de ter sido afetado por todas as variáveis, o índice de espigas foi também afetado pela interação entre cultivar e densidade de plantio (Tabela 7). O rendimento de grãos e o PME foram afetados pelas interações de espaçamento e densidade de plantas (Tabela 8). O rendimento de grãos foi tam-

**TABELA 5.** Médias de sobrevivência de plantas e do PME. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG – Safra 2002/03.

Cultivar	sobrevivência de plantas (%)	PME (g)
BRS 3003	95,3 AB	142 A
HT 98 A	93,3 AB	112 BC
HD 200.122	94,3 AB	133 AB
HS 100.012	91,0 B	141 A
BRS 2020	96,1 AB	132 AB
HS 100.142	98,2 A	142 A
HT CMS – 2C	92,6 AB	104 C
HS 29 B	90,4 B	138 A
BRS 1001	96,2 AB	128 AB
BRS 1010	93,8 AB	141 A
C.V.(%)	7,41	16,93

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

**TABELA 6.** Percentual médio\* de sobrevivência de obtido nas quatro densidades de plantas. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG – Safra 2002/03 .

Densidade plantas ha <sup>-1</sup>	Sobrevivência de plantas (%)
40.000	97,7 A
52.500	95,6 AB
65.000	92,6 BC
77.500	90,6 C
C.V.(%)	7,19

\*Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.



bém afetado por cultivar e por densidade de plantas.

Verificou-se que as cultivares HS 100.012 e HS 29 B apresentaram uma percentagem de sobrevivência de plantas significativamente inferior àquela verificada para o híbrido simples experimental HS 100.142 (Tabela 5), que pode ser resultado tanto do processo de produção e manejo das sementes dessas cultivares ou, mesmo, uma característica indesejável desses materiais. Os menores pesos médios de espigas foram verificados nas cultivares HT CMS 2 C e HT 98 A, embora esta última não tenha diferido das cultivares HD 200.122, BRS 2020 e BRS 1001.

Semelhantemente ao que foi verificado no ano anterior, foi constatado que, à medida que se aumentou a densidade de plantas, a percentagem de sobrevivência (Tabela 6), o índice espigas (Tabela 7) e o peso médio de espigas (Figura 2) decresceram. Entretanto, o rendimento

de grãos cresceu, em ambos os espaçamentos, indicando que o aumento do número de plantas por área compensou a menor percentagem de sobrevivência de plantas, a redução do número de espigas por plantas (índice de espigas) e o PME.

O índice de espiga foi afetado pelo espaçamento entre fileiras, sendo maior no espaçamento entre fileiras de 0,50 m (1,14) do que no espaçamento de 0,80 m (1,07).

Como no ano anterior, verificou-se que, de forma geral, houve uma redução do índice de espigas com o aumento da densidade de plantio e que essa redução variou com a cultivar (Tabela 7).

Apenas na menor densidade de plantio (40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), houve diferença entre as cultivares, sendo que nessa densidade, os híbridos BRS 1001, BR 1010, HT 98 A, HD 200122 e BRS 2020 apresentaram os maiores valores de índice de espiga e as cultivares BRS 3003,

**TABELA 7.** Índices médios de espigas obtidos em quatro densidades de plantas, para diferentes cultivares de milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG – Safra 2002/03.

Cultivar	Densidade			
	40.000	52.500	65.000	77.500
	(plantas ha <sup>-1</sup> )			
BRS 3003	1,10 A d	1,12 A a	1,07 A a	1,03 A a
HT 98 A	1,35 A ab	1,10 B a	1,13 B a	1,07 B a
HD 200.122	1,32 A abc	1,13 B a	1,11 B a	1,04 B a
HS 100.012	1,06 A d	1,10 A a	1,06 A a	1,03 A a
BRS 2020	1,16 A abcd	1,11 A a	1,08 A a	1,01 A a
HS 100.142	1,12 A cd	1,12 A a	1,05 A a	1,01 A a
HT CMS – 2C	1,02 A d	1,02 A a	1,04 A a	1,00 A a
HS 29 B	1,15 A bcd	1,15 A a	1,06 A a	1,05 A a
BRS 1001	1,36 A a	1,17 B a	1,06 B a	1,07 B a
BRS 1010	1,34 A ab	1,12 B a	1,05 B a	1,03 B a
C.V.(%) 9,76				

Médias seguidas por letras minúscula iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

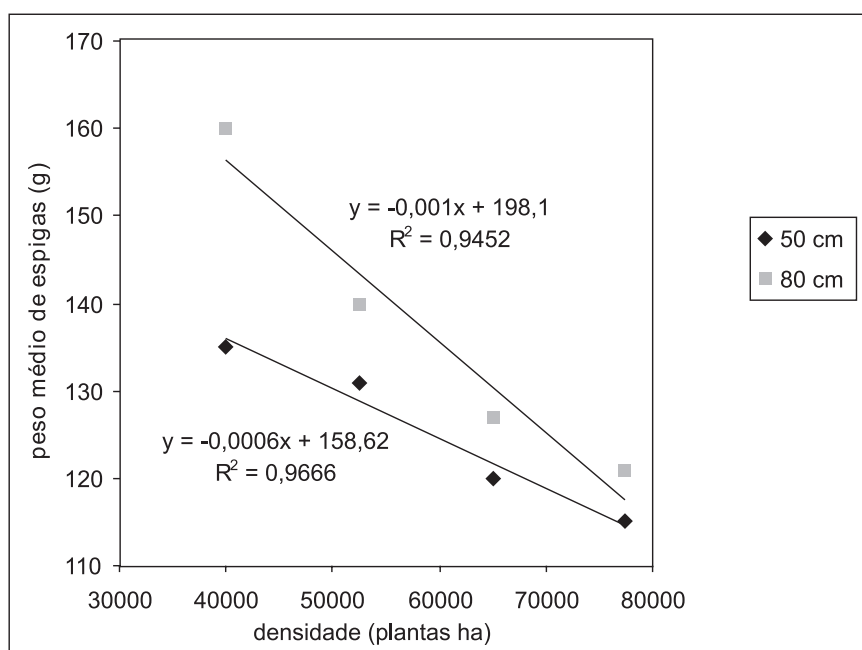


HS 100.012, HT CMS-2C e a HS 29 B apresentaram menores valores.

Os valores médios de índice de espigas das cultivares HT 98 A, HD 200.122, BRS 1001 e BRS 1010 decresceram com o aumento da densidade de plantio, enquanto, nas demais, esses índices não foram afetados pelo aumento da densidade de plantio. Mesmo na maior densidade, esses valores foram superiores a 1 em ambas as safras, indicando que as condições edafoclimáticas dos dois experimentos foram favoráveis ao

desenvolvimento da cultura, com baixa ocorrência de plantas sem espigas.

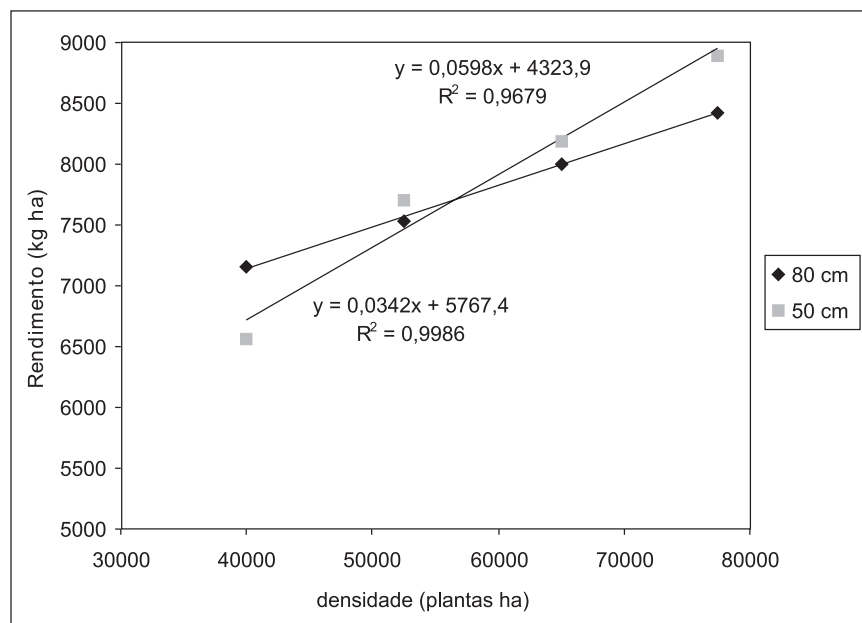
O peso médio de espigas (Figura 2) decresceu linearmente com o aumento da densidade de plantas. Embora o peso médio de espigas tenha mostrado uma tendência de ser maior no espaçamento de 0,80 m entre fileiras, essa superioridade foi reduzida com o aumento da densidade de plantas, pois o decréscimo com o aumento da densidade foi mais acentuado nesse espaçamento (Tabela 8).



**FIGURA 2.** Variação do peso médio de espigas em função da densidade de plantas, em dois espaçamentos entre fileiras. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2002/03.

Os resultados confirmaram, também no segundo ano, que o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantas, em ambos os espaçamentos (Figura 3). No espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apre-

sentou maior amplitude quando se passou de 40.000 plantas.ha<sup>-1</sup> para 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup> do que no espaçamento de 0,80 m (Tabela 8), concordando mais uma vez com a observação de Hoefl (2003).



**FIGURA 3.** Variação no rendimento de grãos de milho em função da densidade de plantas, em dois espaçamentos entre fileiras. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2002/03.

**TABELA 8.** Peso médio de espigas (PME) e de rendimento de grãos, em dois espaçamentos entre fileiras e quatro densidades de plantio. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG - Safra 2002/03.

Densidade	PME (g)			Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )		
	50	80	Média	50	80	Média
Plantas ha <sup>-1</sup>	(cm)			(cm)		
40.000	135 A	160 A	148 A	6555 C	7149 C	6852 D
52.500	131 AB	140 B	135 B	7710 B	7532 BC	7621 C
65.000	120 BC	127 C	124 C	8191 B	8002 BC	8097 B
77.500	115 C	121 C	118 C	8885 A	8416 A	8650 A
C.V. (%)		12,70			12,49	

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

Os híbridos experimentais HT CMS 2 C e HT 98 A apresentaram os menores rendimentos, sendo que este último não diferiu do HS 100.012. Na média das cultivares, verificou-se

um aumento do rendimento com o aumento da densidade de plantio, o que sugere que essas cultivares deveriam ser avaliadas em densidades maiores (Tabela 9).

**TABELA 9.** Rendimento médio de grãos de milho (kg ha<sup>-1</sup>), de diferentes cultivares, em quatro densidades de plantas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, - Safra 2002/03.

Cultivar	Rendimento médio de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )				Média
	40.000	52.500	65.000	77.500	
	(plantas ha <sup>-1</sup> )				
BRS 3003	7.111	8.096	8.595	9.492	8324 A
HT 98 A	6.079	6.336	6.974	7.605	6749 BC
HD 200.122	6.690	8.054	8.792	9.791	8332 A
HS 100.012	7.112	7.888	7.874	8.071	7736 AB
BRS 2020	7.075	7.784	8.362	8.870	8023 A
HS 100.142	7.180	8.781	8.937	9.444	8585 A
HT CMS – 2C	5.006	5.626	5.912	5.946	5623 C
HS 29 B	7.160	7.647	8.051	8.696	7888 A
BRS 1001	7.265	7.939	8.989	8.733	8232 A
BRS 1010	7.843	8.058	8.481	9.855	8559 A
Média	6.852 D	7.621 C	8.097 B	8.650 A	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna ou na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### Análise Conjunta

Uma análise conjunta foi realizada considerando apenas as quatro cultivares comuns nos dois anos de estudo. A percentagem de sobrevivência de plantas foi afetada apenas pela densidade de plantio. O índice de espigas foi afetado pela cultivar, pela densidade e pela interação ano e cultivar. O peso médio de espigas e o rendimento de grãos foram afetados pelo efeito de ano, cultivar e densidade de plantio. O peso médio de espigas foi também afetado pelas interações de ano e cultivar e de ano e densidade.

Como ocorreu nos dois experimentos, a percentagem de sobrevivência, o índice de espigas e o peso médio de espiga reduziram-se com o aumento da densidade de plantio; entretanto, essas reduções foram superadas pelo maior número de plantas por hectare e, como consequência o ren-

dimento de grãos cresceu com o aumento da densidade até 77.500 plantas por hectare (Tabela 10).

**TABELA 10.** Percentual médio de sobrevivência de plantas, índice de espiga e de rendimento de grãos obtido em quatro densidades de plantas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG Safras – 2001/2002 - 2002/2003.

Densidade	sobrevivência de plantas (%)	Índice de espiga	Rendimento (Kg ha <sup>-1</sup> )
40.000	97,9 A	1,28 A	6060 D
52.500	97,0 A	1,16 B	6813 C
65.000	93,5 B	1,11 B	7461 B
77.500	92,6 B	1,03 C	8033 A
C.V.(%)	5,02	11,35	11,3b

\*Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

A redução da percentagem de sobrevivência de plantas com o aumento da densidade de plantio também já foi comprovada por vários autores Como Cruz et.al.,(1986).

Com relação ao índice de espigas, os resultados também concordam com trabalhos de vários autores (Almeida et al., 2000; Sangoi, 1990; Merotto Junior et. al.,1997). Os valores encontrados variaram de 1,28 a 1,03 quando a densidade de plantio aumentou de 40.000 para 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup>, o que concorda com os resultados de Almeida et al. (2000), que encontraram valores entre 0,93 e 1,09 em densidades próximas de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>, e justificam as afirmações de Tollenar (1991) e Sinclair (1998) citados por esse autor, de que os materiais de milho de menor porte, de menor número de folhas e de folhas mais eretas apresentam maior capacidade de acumulação de matéria seca na comunidade, sem, com isto, reduzirem drasticamente a emissão e a manutenção das espigas pelas plantas. Mesmo na densidade de 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup> não se obteve, na média, menos de uma espiga por planta, demonstrando, assim, que as cultivares utilizadas possuem boa prolificidade e capacidade de suportar altas populações de plantas. De acordo com Russel (1991), essa é uma das características res-

ponsáveis pelas diferenças entre os híbridos modernos e os genótipos mais antigos, que apresentavam alta esterilidade quando cultivados em altas populações.

Independente das cultivares e do espaçamento, o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio até 77.500 plantas por hectare, indicando que essas cultivares devem ser testadas em densidades superiores a essa. Além disto, não foi verificada interação entre espaçamento e densidade. Provavelmente, essa interação poderia ter sido significativa se fossem avaliadas densidades maiores, pois, de acordo com Hoefl (2003), o benefício das linhas mais estreitas aumenta à medida que aumenta a população de plantas, particularmente com populações maiores do que 85.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O híbrido experimental HT 98 A apresentou índice de espigas superior (1,23) às demais cultivares, que não diferiram entre si. Entretanto, o menor peso médio de espigas dessa cultivar resultou em menor rendimento de grãos (6.249 kg ha<sup>-1</sup>).

Houve efeito do ano e de cultivar sobre o rendimento de grãos e da interação ano e cultivar sobre o índice de espigas e sobre o PME (Tabela 11). Na safra 2001/02, a cultivar HT 98 A apre-

**TABELA 11.** Médias de índice de espiga, do PME e do rendimento apresentadas pelas cultivares de milho, nas duas safras. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG – Safras 2001/02 – 2002/03.

Cultivar	Índice de espiga		PME (g)		Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> )		
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	Média
HT 98 A	1,31 A	1,16 A	80 B	111 B	5749	6748	6249 B
BRS 3003	1,10 B	1,08 A	98 A	142 A	6033	8324	7178 A
BRS 1001	1,07 B	1,18 A	112 A	128 AB	6290	8231	7261 A
BRS 1010	1,11 B	1,14 A	107 A	141 A	6801	8559	7680 A
Média	1,15	1,14	99 B	130 A	6218 B	7966 A	

Em cada coluna, e nas comparações entre médias, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

sentou índice de espigas superior às demais cultivares, mas, em 2002/03, não houve diferenças entre as cultivares. O peso médio de espigas foi significativamente menor no HT 98 A do que as demais cultivares, nas duas safras estudadas, embora, em 2002/03, a sua diferença em relação ao BRS 1001 não tenha sido significativa. As condições climáticas ocorridas na safra 2002/03 foram melhores para o milho do que na safra 2001/

02, especialmente na fase de enchimento de grãos, o que resultou em valores superiores de peso médio de espigas e, como consequência, maior rendimento de grãos (Tabela 11).

O PME foi também afetado pela interação de densidade e ano, sendo que, apenas na safra 2002/03, houve diferença entre as densidades de plantas com redução do PME com o aumento da densidade de plantas (Tabela 12).

**TABELA 12.** Médias do PME obtidas nas quatro densidades de plantas, em duas safras. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Safras 2001/02 – 2002/03.

Densidade (Plantas ha <sup>-1</sup> )	Peso médio de espiga (g)		
	2001/02	2002/03	Média
40.000	104 A	144 A	124 A
52.500	99 A	132 AB	116 AB
65.000	96 A	127 BC	112 B
77.500	98 A	118 C	108 B
Média	99 b	130 a	

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e seguida pela mesma letra minúscula na linha, não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

### Conclusões

Para as cultivares avaliadas, o rendimento de grãos não foi afetado pela redução do espaçamento entre fileiras de 0,80 a 0,50 m, mas, no espaçamento mais reduzido, verificou-se maior taxa de aumento no rendimento quando ocorreu aumento da densidade de plantas.

É possível obter aumento no rendimento de grãos utilizando densidade superior a 77.500 plantas ha<sup>-1</sup>

As cultivares avaliadas apresentaram o mesmo padrão de resposta a variações em espaçamento e densidade de plantas.

### Literatura Citada

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho : análise do estado-

da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6,p.1075-1084, 2001.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura de milho sob alta tecnologia. In : CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: [resumos expandidos]...** Sete Lagoas: ABMS/EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo, 2002. CD-ROM

ALMEIDA, M. L. de; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.;GUIDOLIN, A. F.

- Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.
- CRUZ, J. C.; CORRÊA, L. A.; PERREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, F. T. F.; GUISTEM, J. M.; VERSIANI, R. P. Semente certa. **Cultivar**, Pelotas, v. 6, n. 65, p. 26-35, set.2004.
- CRUZ, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CORREA, L. A.; LOUREIRO, J. E. Avaliação de diferentes tipos de semente de milho em dois níveis de densidade e de adubação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988. p. 516-522. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 6).
- HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividade de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 104, p. 1-4, dez. 2003.
- MEROTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M. L. de; FUCKS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.
- RUSSEL, W.A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, Cambridge, v. 46, n. 1, p. 245-298, 1991.
- SANGOI, L. Comportamento de variedades e híbridos de milho em duas densidades de semeadura e dois níveis de fertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 12, p. 1715-1725, 1990.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development : an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2000.
- SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.
- SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; CARDOSO, E. T.; FORSTHOFER, E.; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In : In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]... Sete Lagoas: ABMS/EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo, 2002. CD ROM.
- TECNOLOGIAS integradas : soluções técnicas para a agricultura. Barueri: DUPONT, Santa Cruz do Sul : PIONEER, 2003. 19 p.