



Características agronômicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas

Agronomic characteristics of corn as a function of soil preparation and spatial arrangement of plants

Anderson Teruo Takasu¹, Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues¹, Renato Jaqueto Goes¹, Kuniko Iwamoto Haga¹, Orivaldo Arf¹, Douglas de Castilho Gitti¹

¹Universidade Estadual Paulista –(UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Avenida Brasil Centro, 56, CEP: 15385-000, Caixa-Postal 31, Ilha Solteira, SP. e-mail: teruounesp@gmail.com

Recebido em: 27/10/2013

Aceito em: 01/04/2014

Resumo. A redução do espaçamento entrelinhas de semeadura, permitindo melhor arranjo das plantas, aliada à diferentes densidades populacionais estão entre os fatores mais importantes na determinação da produtividade do milho. O objetivo do trabalho foi verificar as características agronômicas e a produtividade da cultura do milho submetido a diferentes preparos do solo, espaçamentos entrelinhas e densidades populacionais. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre sistemas de preparo do solo (convencional e sistema plantio direto) com espaçamentos entrelinhas (0,45 e 0,90 m) e densidades populacionais (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 5 com quatro repetições. O aumento da densidade populacional resultou no aumento da produtividade de grãos, na altura de planta e de inserção da espiga e redução no diâmetro do colmo, comprimento de espiga, diâmetro da espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, prolificidade e na massa de 100 grãos. O preparo convencional do solo proporcionou maior produtividade de grãos, enquanto a redução do espaçamento entrelinhas aumentou o diâmetro do colmo e a prolificidade, reduzindo a altura de inserção da espiga.

Palavras chave: densidade de plantas, espaçamento reduzido, manejos de solo, *Zea mays* L.

Abstract. Reducing the spacing row of seeding, allowing better arrangement the plants, combined with different population densities are some of the most important factors to determine the productivity grain of maize. The objective of the study was to evaluate the agronomic characteristics and the grain yield of maize cultivated under different soil tillage, row spacing and population densities. The treatments consisted in combination of systems soil tillage (conventional and no-tillage), with row spacing (0.45 and 0.90 m) and population densities (40,000; 55,000; 70,000; 85,000 and 100,000 plants ha⁻¹). The experimental design was randomized blocks in a factorial 2 x 2 x 5 with four replications. The increased population density resulted in increased grains yield, in plant height and in ear insertion and decrease in stem diameter, ear length, ear diameter, number of grains per row, number of grains per ear, prolificity and the weight of 100 grains. The conventional soil management increased the grain yield, while the reducing the spacing row increased the diameter of stem and the prolificity, reducing the insertion's height of ear.

Keywords: density of plants, reduced spacing, soil management, *Zea mays* L.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importantes cultivados no todo o mundo, apresentando altas qualidades nutritivas sendo cultivado há muitos séculos. O milho está entre as graníferas de alta importância na produção agrícola do Brasil, haja vista a significativa área cultivada e a

destinação, tanto para consumo humano como animal (Santos, 2002).

No Brasil, a produtividade média de grãos é muito baixa, 4.800 kg ha⁻¹ (Conab, 2012), quando comparado aos 15.000 kg ha⁻¹ obtidos por Argenta et al. (2003) em trabalhos de pesquisa conduzidos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina ou aos 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ registrados em



lavouras comerciais conduzidas sob alto nível tecnológico, no Estado do Paraná.

A baixa produtividade média do milho pode estar ligada à fertilidade do solo, arranjo espacial de plantas, uso de genótipos e práticas de manejo inadequadas (Sangoi et al., 2004). Recentemente, tem-se estudado com maior frequência o efeito da combinação entre espaçamento entrelinhas de semeadura e o número de plantas por metro com o intuito de maximizar o uso de recursos ambientais disponíveis como água, luz e nutrientes melhorando assim a adaptação das culturas ao ambiente de cultivo.

A densidade e o arranjo de plantas têm grande importância na interceptação e na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel à produção de grãos. Esse efeito é mais significativo no milho do que em outras gramíneas, em função de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da planta (Sangoi, 2001). A cultura do milho tem sido tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entrelinhas compreendido entre 0,80 e 1,00 m. Essa distância entre fileiras permite o adequado funcionamento dos equipamentos necessários à semeadura, tratos culturais e colheita, independentemente do sistema de produção e do tipo de tração utilizado (Sangoi et al., 2004).

Um dos objetivos da modificação do arranjo de plantas, pela redução da distância entrelinhas, é encurtar o tempo necessário para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente e, com isso, incrementar a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo.

Alvarez et al. (2006) verificaram que o aumento na densidade de 55.000 para 75.000 plantas ha^{-1} e a redução do espaçamento entrelinhas de 0,90 para 0,70 m proporcionaram acréscimo na produção de matéria seca e na produtividade de grãos, independentemente do ano de cultivo. Demétrio et al. (2008) concluíram que o melhor arranjo populacional para os híbridos de alta tecnologia resultou do emprego de espaçamento 0,40 m entrelinhas e da populações entre 75.000 a 80.000 plantas ha^{-1} .

Outro aspecto de relevância é a retenção e a disponibilidade de água às plantas em diferentes sistemas de manejo do solo, que dependem da porosidade e da presença da palha em cobertura. Segundo Salton & Mielniczuk (1995), a cobertura de palha age tanto por sombreamento, de modo a reduzir a incidência de radiação e absorção de energia para a evaporação, quanto pela formação de um colchão de ar, que, por possuir menor condutividade térmica, retarda o aquecimento do solo.

Na cultura do milho, os resultados referentes aos manejos do solo são muitas vezes contraditórios. Maiores produtividades de milho no sistema plantio direto, em relação a sistemas de manejo com revolvimento do solo, foram obtidos por Arf et al. (2007) e Kaneko et al. (2010); e menor produtividade, por Carvalho et al. (2004).

O objetivo deste trabalho foi verificar as características agrônômicas da cultura do milho submetido a dois espaçamentos entrelinhas, dois sistemas de preparo do solo e diferentes densidades de populacionais no município de Selvíria (MS).

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), com coordenadas geográficas de 51° 24' Oeste e 20° 20' Sul, e 335 m de altitude aproximadamente. O solo da área é do tipo Latossolo Vermelho distrófico álico, textura argilosa (Embrapa, 2006). A temperatura média anual da região é de 25 °C, com precipitação média anual de 1.330 mm e umidade relativa média do ar entre 66% (Centurion, 1982). Na Figura 1 encontram-se os dados climáticos diários de umidade relativa, precipitação e temperatura média do ar, que foram registrados durante o período do experimento na Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

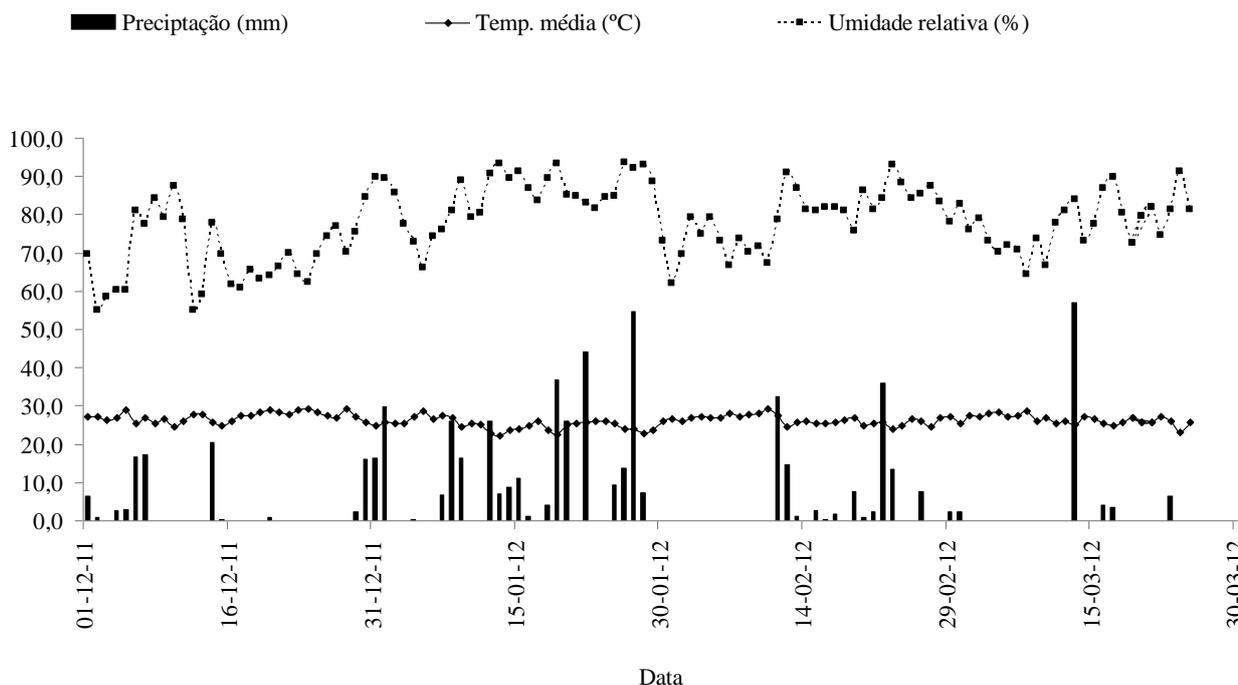


Figura 1. Valores diários de umidade relativa, precipitação e temperatura média do ar, que foram registrados durante o período do experimento. Selvíria, MS, 2011/12.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0 a 0,2 m que após homogeneizar, retirou-se uma amostra composta, e submetida à análise química para fins de fertilidade, a qual revelou os seguintes valores para a área referente ao preparo convencional: pH (CaCl₂) = 4,5; P_(resina) = 26,0 mg dm⁻³; K = 2,1 mmol_c dm⁻³; Ca = 10,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 7,0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 42,0 mmol_c dm⁻³; SB = 19,1 mmol_c dm⁻³ e CTC = 61,1 mmol_c dm⁻³; 17,0 g dm⁻³ de matéria orgânica e saturação por bases (V%) = 31,0; e para área de plantio direto: : pH (CaCl₂) = 4,7; P_(resina) = 29,0 mg dm⁻³; K = 2,7 mmol_c dm⁻³; Ca = 13,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 6,0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 36,0 mmol_c dm⁻³; SB = 21,7 mmol_c dm⁻³ e CTC = 57,7 mmol_c dm⁻³; 19,0 g dm⁻³ de matéria orgânica e saturação por bases (V%) = 38,0.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 5 totalizando 20 tratamentos, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre dois sistemas de preparo do solo (preparo convencional e plantio direto), dois espaçamentos entrelinhas (0,45 e 0,90 m) e cinco populações de plantas (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹). O híbrido de milho utilizado foi o DKB

390 PRO (DEKALB[®]), híbrido simples de ciclo precoce.

Na área referente ao preparo convencional, realizou-se uma gradagem aradora e duas gradagens niveladoras. Na área do sistema de plantio direto foi realizado a dessecação da soca do arroz e controle de plantas daninhas com aplicação de glifosato (900 g ha⁻¹ do i.a).

A semeadura do milho foi realizada em 06 de dezembro de 2011, com matracas, sendo as covas espaçadas de forma equidistante, de acordo com a população desejada e o espaçamento utilizado. As sementes foram tratadas com imidacloprido e tiodicarbe (37,5 + 112,5 g do i.a. respectivamente) por 100 kg. As parcelas foram constituídas por seis e quatro linhas de 4,5 m de comprimento para os espaçamentos de 0,45 e 0,90 m entrelinhas, respectivamente. Para avaliação das características agrônômicas e da produtividade da cultura do milho foram utilizadas as quatro e as duas linhas centrais nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m entrelinhas, respectivamente.

Na adubação de semeadura utilizou-se 400 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10. A adubação nitrogenada e potássica em cobertura foram realizadas quando as plantas apresentavam seis



folhas expandidas, a dose utilizada foi de 120 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45% de N) e 80 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O), seguida de irrigação por canhão autopropelido (lâmina de aproximadamente 13 mm) para minimizar as perdas de N por volatilização da amônia. Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se atrazina e tembotriona (1000 + 105,0 g ha⁻¹ do i.a. respectivamente) na forma de mistura no estágio V₆ da cultura. Adicionou-se a calda de aplicação o adjuvante éster metilado de óleo de soja (720 g ha⁻¹ do i.a.).

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) altura de planta e altura de inserção da primeira espiga: com auxílio de régua com graduação em cm, mediu-se a altura de planta e de inserção da espiga, em cinco plantas ao acaso por parcela, na fase de florescimento pleno da cultura; b) diâmetro do colmo: com auxílio de um paquímetro digital mediu-se o diâmetro do colmo em cinco plantas por parcela na altura de 25 cm do solo, realizando-se duas medições por planta, onde posteriormente foram calculadas as médias dos valores; c) comprimento de espiga: com régua milimetrada mediu-se o comprimento de cinco espigas ao acaso por parcela colhida da área útil; d) diâmetro de espiga: mensurou-se o diâmetro na porção mediana de cinco espigas, considerando as mesmas espigas utilizadas para determinar o comprimento da espiga; e) prolificidade: referiu-se à relação entre o número de espigas pelo número de plantas existentes nas parcelas; f) fileiras de grãos por espiga e grãos na fileira por espiga: obtido pela contagem das fileiras e grãos nas fileiras em cinco espigas por parcela, considerando as mesmas espigas que utilizado para determinar o comprimento e o diâmetro da espiga; g) grãos por espiga: para esta avaliação, multiplicou-se o número de fileiras por espiga e o número de grãos na fileira; h) massa de 100 grãos: foi realizada com base na pesagem de quatro subamostras de cem grãos por parcela com ajuste para 13% de umidade; i) produtividade de grãos: após a colheita da área útil das parcelas as espigas foram trilhadas e após a pesagem, converteram-se os valores para 13% de umidade (base úmida).

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o software ESTAT a 1 e 5% de probabilidade. Os efeitos do espaçamento entrelinhas, preparos de solo ou interação entre o espaçamento entrelinhas e sistemas de preparos do

solo realizou-se a comparação das médias pelo teste F e para o efeito significativo de densidades populacionais e suas interações, foram realizadas análises de regressão polinomial.

Resultados e Discussão

Para altura de inserção de espiga verificou-se que houve efeito significativo para espaçamento e densidades populacionais (Tabela 1). A utilização do espaçamento de 0,90 m entrelinhas, proporcionou maior altura de inserção de espiga em relação ao espaçamento de 0,45 m, e para a densidades de plantas, os resultados ajustaram-se de forma linear crescente com o aumento das densidades de plantas, resultados estes que corroboram com pesquisas apresentados por Penariol et al. (2003) que utilizando populações de 40.000, 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹ verificaram aumento na altura de inserção de espiga com a aumento da população e por Modolo et al. (2010) utilizando espaçamento de 0,45; 0,70 e 0,90 m entrelinhas verificaram maior altura de inserção de espiga para maior espaçamento entrelinhas. De acordo com Sangoi et al. (2002) isso demonstra que a menor oxidação de auxinas, decorrente da proximidade das plantas, estimula a alongação celular e com isso, os entrenós do colmo são mais longos, aumentando a estatura da planta. Tal fato não é desejável para a cultura, pois quanto maior é a relação entre altura de inserção de espiga e altura da planta, mais deslocado estará o centro de gravidade da planta e maior é a possibilidade de quebra de colmo. Entretanto quando se olha para a colheita, plantas com espigas mais altas facilitam o processo de destaque pela colhedora.

Em relação à altura de plantas, obteve-se ajuste linear positivo em função das densidades de plantas (Figura 1) confirmando os resultados obtidos por Marchão et al. (2005) e para os demais tratamentos não houve diferença significativa. Carvalho et al. (2004) verificaram resultados contraditórios no que se refere ao preparo de solo, conforme estes autores a maior altura de planta de milho foi observada quando este foi cultivado em área com preparo convencional. Em relação ao espaçamento entrelinhas, Demétrio et al. (2008) também observaram que a altura de planta não foi influenciada pelas alterações nos espaçamentos entrelinhas adotados.

Tabela 1. Valores médios de altura de inserção de espiga (AIE), altura de planta (AP) e diâmetro de colmo (DC) em função de sistemas de preparo do solo, espaçamentos entrelinhas e densidades de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2012⁽¹⁾.

Tratamento		AIE (m)	AP (m)	DC (mm)
Preparo do solo (S)	Plantio Direto (PD)	1,42 a	2,46 a	26,45 a
	Convencional (PC)	1,43 a	2,45 a	26,50 a
DMS (1%)		0,02	0,03	0,74
Espaçamento (E)	0,45	1,38 b	2,45 a	27,67 a
	0,90	1,46 a	2,47 a	25,28 b
DMS (1%)		0,02	0,03	0,74
Densidades de plantas (D)	40.000	1,35 ⁽²⁾	2,37 ⁽³⁾	29,38 ⁽⁴⁾
	55.000	1,40	2,45	28,44
	70.000	1,43	2,47	25,79
	85.000	1,45	2,49	24,62
	100.000	1,49	2,51	24,14
Teste F	S	0,72 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,02 ^{ns}
	E	30,91 ^{**}	1,54 ^{ns}	41,71 ^{**}
	D	11,35 ^{**}	6,64 ^{**}	31,70 ^{**}
	S x E	0,84 ^{ns}	3,86 ^{ns}	1,29 ^{ns}
	S x D	0,80 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,81 ^{ns}
	E x D	1,59 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,15 ^{ns}
	S x E x D	0,87 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,03 ^{ns}
CV (%)		4,59	3,39	6,24

⁽¹⁾ ns – não significativo; ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação. ⁽²⁾ $Y=1,27+2,2 \times 10^{-6}X$; $R^2=0,98$ ⁽³⁾ $Y=2,31+2,13 \times 10^{-6}X$; $R^2=0,87$ ⁽⁴⁾ $Y=33,15-9,5 \times 10^{-5}X$; $R^2=0,94$.

Contudo, vários fatores implicam para diferentes resultados na altura de planta, independente dos espaçamentos e das densidades de semente utilizadas. Essas diferenças podem estar relacionadas, sobretudo ao genótipo do material, que podem apresentar características que independem de densidade e espaçamento adotados.

Quanto ao diâmetro do colmo, obteve-se efeito significativo para espaçamento entrelinhas e densidades de plantas (Tabela 1). No espaçamento de 0,45 m, o diâmetro do colmo foi superior em relação ao de 0,90 m e houve ajuste linear decrescente em função do aumento de densidades de semente. O conjunto, altura de inserção de espiga e o incremento da densidade populacional, fazem com que as plantas disponham prontamente seus recursos para um crescimento mais acelerado para evitar o sombreamento, atingindo alturas acima do dossel, e com isso sacrificando o diâmetro de colmo e a área foliar. Isso pode ser justificado pelo fato da maior competição intraespecífica por água,

nutrientes (Dourado Neto et al., 2003) e luz no espaçamento de 0,90 m, com conseqüente estímulo da dominância apical das plantas, e uma menor interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura promovendo o estiolamento das plantas e a redução do diâmetro de colmo nesses maiores espaçamentos (Sangoi et al., 2002).

Amaral Filho (2002) não obteve o mesmo resultado para o espaçamento, sendo que este não influenciou significativamente no diâmetro dos colmos. Entretanto, verificou efeito semelhante para a população de plantas, sendo que quanto maior o número de plantas ha⁻¹, menor o diâmetro de colmo. Kappes et al. (2011a) no município de Selvíria, MS observaram que o aumento de 50.000 para 90.000 plantas ha⁻¹ provocou redução linear do diâmetro de colmo.

Com relação ao comprimento de espiga, não se verificou resposta significativa para os espaçamentos e os sistemas de preparo do solo adotados, porém o aumento das densidades de

plantas proporcionou redução linear do comprimento de espiga (Tabela 2), corroborando com Brachtvogel et al. (2009) e de acordo com Kappes et al. (2011a). Isso demonstra que ao promover maior competição intraespecífica entre as plantas de milho, há a redução em tamanho de determinadas estruturas, como as espigas. Já Dourado Neto et al. (2003) verificaram que, nas populações compreendidas

entre 30.000 e 60.000 plantas ha⁻¹, para todos os genótipos avaliados, houve aumento do comprimento de espigas pela redução do espaçamento de 0,80 para 0,40 m. Para populações acima de 65.000 plantas ha⁻¹, esse aumento não foi observado, provavelmente pela competição intraespecífica por água, nutrientes e luz contrapor aos efeitos do melhor arranjo espacial entre plantas.

Tabela 2. Valores médios do comprimento de espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFPE), número de grãos por fileira (NGPF) em função de sistemas de preparo do solo, espaçamentos entrelinhas e densidades de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2012 ⁽¹⁾.

Tratamento		CE (mm)	DE (mm)	NFPE	NGPF
Preparo do Solo (S)	PD	178,8 a	52,97 a	17,77 a	32,37 a
	PC	177,2 a	53,02 a	17,51 a	32,11 a
DMS (1%)		0,39	0,54	0,28	0,60
Espaçamento (E)	0,45	179,6 a	52,99 a	17,68 a	32,29 a
	0,90	176,4 a	53,00 a	17,60 a	32,19 a
DMS (1%)		0,39	0,54	0,28	0,60
Densidades de plantas (D)	40.000	190,0 ⁽²⁾	53,96 ⁽³⁾	17,90	33,71 ⁽⁴⁾
	55.000	183,7	53,83	17,77	33,00
	70.000	175,3	52,52	17,35	32,11
	85.000	173,4	52,82	17,71	31,23
	100.000	167,6	51,85	17,47	31,15
Teste F	S	0,65 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,76 ^{ns}
	E	2,81 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,09 ^{ns}
	D	16,42 ^{**}	8,58 ^{**}	1,99 ^{ns}	10,76 ^{**}
	S x E	0,10 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,71 ^{ns}
	S x D	2,04 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,12 ^{ns}
	E x D	1,03 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,37 ^{ns}
S x E x D		0,74 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}
CV (%)		4,90	2,30	3,60	4,20

⁽¹⁾ ns – não significativo; ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação. ⁽²⁾Y=203,72-3,67x10⁻⁴X; R²=0,97. ⁽³⁾Y=55,43-3,48x10⁻⁵X; R²=0,85. ⁽⁴⁾Y=33,45-4,59x10⁻⁵X; R²=0,95.

Para o diâmetro de espiga não foi verificada resposta em relação aos sistemas de preparo do solo e espaçamentos utilizados (Tabela 2), entretanto houve redução linear em função do aumento das densidades de plantas, como também observado por Marchão et al. (2005), Brachtvogel et al. (2009) e Kappes et al. (2011). Provavelmente, o fato do milho ter sua atividade fotossintética influenciada pelo incremento na densidade populacional, reduzindo drasticamente o suprimento de fotoassimilados para a fase de enchimento dos grãos e manutenção das

demaís estruturas do vegetal (Sangoi et al., 2000), proporcionou uma série de consequências negativas para o desempenho agrônomo da cultura, dentre elas, a diminuição do diâmetro de espiga.

No que se refere ao número de fileira por espiga, não foi verificado interação significativa para nenhum dos tratamentos utilizados (Tabela 2). Marchão et al. (2005) relacionaram o fato de não haver resposta para a população devido o potencial de produção ser definido no primeiro estágio de desenvolvimento, quando ocorre o início do

processo de diferenciação floral e a formação dos primórdios da espiga, não havendo ainda uma influência significativa da competição por plantas no ambiente.

Em relação ao número de grãos por fileira na espiga ocorreu redução linear quando se aumentou a densidade de plantas (Tabela 2), e isso pode estar diretamente relacionado com o comprimento da espiga, visto que com o aumento da população, ocorreu também redução no comprimento da mesma. Marchão et al. (2005) afirmam que conforme estes autores, a densidade de planta parece exercer maior influência sobre o comprimento e, conseqüentemente, sobre o número de grãos por fileira na espiga, em detrimento dos outros caracteres avaliados. Já Scheeren et al.

(2004), avaliando o arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul, concluíram que espigas maiores e mais pesadas não estão diretamente relacionadas com maiores produtividades.

No que se refere ao número de grãos por espiga, verificou-se efeito significativo das densidades de plantas e interação significativa entre preparos de solo e densidades de plantas (Tabela 3). Houve ajuste linear decrescente tanto para o sistema de plantio direto como para o sistema de preparo convencional à medida que houve acréscimo na densidade de plantas por hectare (Figura 2). Foi verificada diferença significativa somente quando se utilizou a densidade de 85.000 plantas ha⁻¹ e para o sistema plantio direto.

Tabela 3. Valores médios do número de grãos por espiga (NGPE), a prolificidade (PR), a massa de cem grãos (M100) e produtividade (PROD) em função de sistemas de preparo do solo, espaçamentos entrelinhas e densidade de plantas. Selvíria (MS), Brasil, 2012⁽¹⁾.

Tratamento		NGPE	PR (espigas pl ⁻¹)	M100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Preparo do Solo (S)	PD	576,2 a	1,08 a	25,65 a	6634 b
	PC	562,8 a	1,11 a	25,92 a	7132 a
DMS (1%)		13,96	0,03	1,24	359,73
Espaçamento (E)	0,45	571,3 a	1,12 a	25,68 a	7060 a
	0,90	566,8 a	1,07 b	25,89 a	6706 a
DMS (1%)		13,96	0,03	1,24	359,73
Densidades de plantas (D)	40.000	597,4 ⁽²⁾	1,21 ⁽³⁾	27,23 ⁽⁴⁾	4783 ⁽⁵⁾
	55.000	588,3	1,15	26,55	6090
	70.000	568,5	1,07	26,36	7287
	85.000	553,6	1,05	25,08	7968
	100.000	539,9	1,01	23,70	8288
Teste F	S	3,26 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,17 ^{ns}	7,66 ^{**}
	E	0,41 ^{ns}	9,61 ^{**}	0,12 ^{ns}	3,87 ^{ns}
	D	9,98 ^{**}	17,04 ^{**}	4,05 ^{**}	51,81 ^{**}
	S x E	2,01 ^{ns}	2,40 ^{ns}	8,68 ^{**}	0,43 ^{ns}
	S x D	2,92 [*]	1,90 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	E x D	1,32 ^{ns}	4,23 ^{**}	0,15 ^{ns}	1,43 ^{ns}
	S x E x D	2,30 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,20 ^{ns}
	CV (%)	5,47	7,20	10,79	11,66

⁽¹⁾ ns – não significativo; ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação. ⁽²⁾Y=639,4-9,98x10⁻⁴X; R²=0,99. ⁽³⁾Y=1,33-3,33x10⁻⁶X; R²=0,93. ⁽⁴⁾Y=29,76-5,68x10⁻⁵X; R²=0,92. ⁽⁵⁾Y=2735,6+0,06X; R²=0,94.

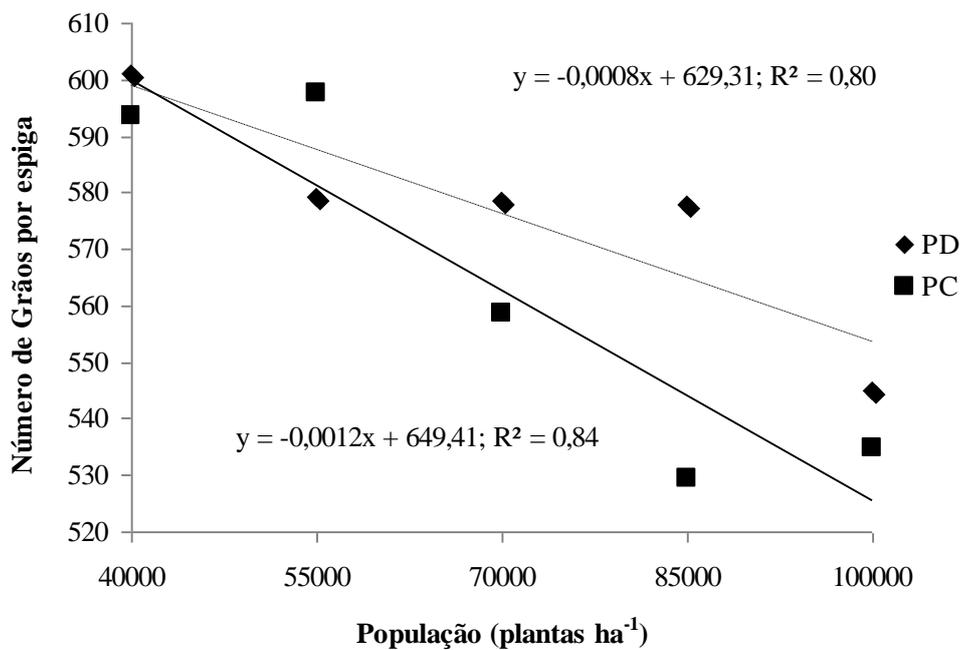


Figura 2. Número de grãos por espiga em razão da população de plantas na safra 2011/12, em Selvíria(MS).

A redução do número de grãos por espiga devido ao menor número de grãos por fileiras e ao menor comprimento da espiga, que ocorreu com o aumento da densidade de plantas, pode estar relacionada à menor quantidade de água, luz e nutrientes disponível por planta. Esses resultados confirmam aos obtidos por Flesch & Vieira (2004) e Amaral Filho et al. (2005) que observaram redução do número de grãos por espiga com aumento das densidades de plantas. Demétrio et al. (2008) também verificaram redução do número de grãos por espiga à medida que houve aumento na densidade populacional, a partir de 50.000 plantas ha⁻¹, para todos os espaçamentos entrelinhas utilizados.

Em relação à prolificidade, houve efeito significativo do espaçamento entrelinhas, das densidades de plantas e verificou-se interação significativa entre o espaçamento entrelinhas e a densidades de plantas utilizadas (Tabela 3). Pode ser verificado ajuste linear decrescente para a prolificidade da cultura tanto para o espaçamento de

0,45 m entrelinhas quanto para o de 0,90 m, à medida que ocorre o aumento das densidades de plantas (Figura 3). Foi verificado que o espaçamento de 0,45 m foi superior nas densidades de 40.000 e 55.000 plantas ha⁻¹. Esse fato ocorre porque em baixas densidades populacionais, a competição entre as plantas por água, luz e nutrientes é pequena, disponibilizando as plantas os recursos necessários para o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta (Kappes et al., 2011a), resultados similares também foram encontrados por Cruz et al. (2007).

Kappes et al. (2011a) afirmaram que o aumento no número de plantas por área, até determinado limite, tende a compensar a diminuição do tamanho das espigas. As melhores produtividades de grãos são obtidas em populações cuja prolificidade é próxima da unidade, com espigas de tamanho suficiente para não diminuir a produtividade de grãos.

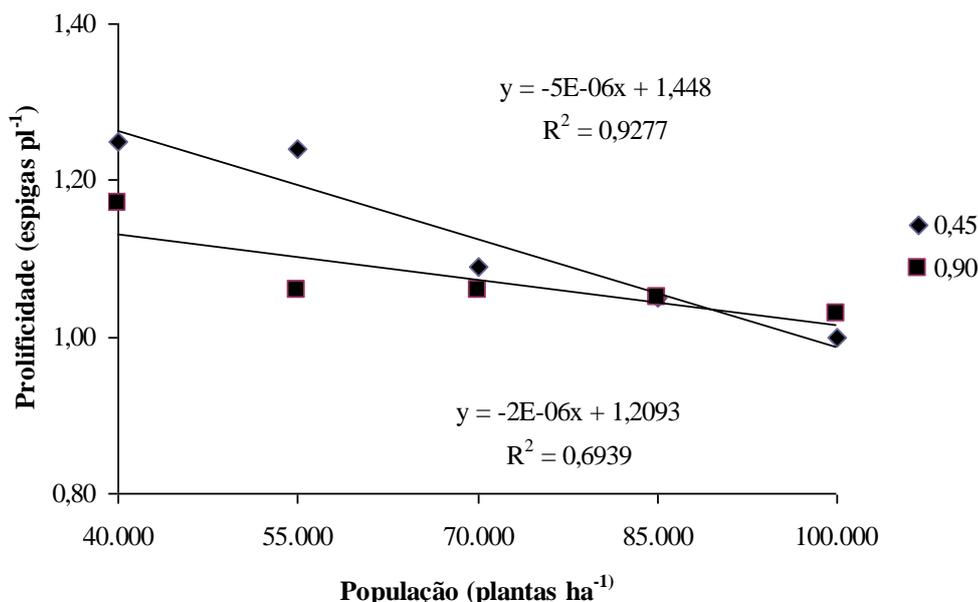


Figura 3. Prolifidade em razão da população de plantas na safra 2011/2012, em Selvíria (MS).

Com relação à massa de 100 grãos obteve-se efeito significativo para densidades de plantas e interação significativa entre os sistemas de preparo do solo e espaçamentos entrelinhas adotados (Tabela 3). No desdobramento da interação significativa referente à massa de 100 grãos (Tabela 4), verificou-

se maior massa de grãos no espaçamento de 0,90 m entrelinhas em relação ao de 0,45 m no preparo convencional, e para preparo dentro de espaçamento, o sistema plantio direto apresentou valores inferiores ao preparo convencional no espaçamento de 0,90 m.

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa entre os sistemas de preparo do solo e espaçamento entrelinhas para a massa de 100 grãos na cultura do milho. Selvíria (MS), Brasil, 2012⁽¹⁾.

Preparo do solo	Espaçamento entrelinhas (m)	
	0,45	0,90
PD	26,46 aA	24,84 aB
PC	24,89 bA	26,94 aA

⁽¹⁾ Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. DMS = 1,76

Kaneko et al. (2010) e Carvalho et al. (2004) também constataram maior valor para a massa de grãos quando se adotou o preparo convencional. Com relação às densidades de plantas, verificou-se redução linear na massa de 100 grãos à medida que aumentou a densidade de plantas (Tabela 3). Outros autores também encontraram redução da massa com o aumento da população de plantas (Flesch & Vieira, 2004; Marchão et al., 2005). Essa redução possivelmente está associada ao aumento da competição intraespecífica provocada pelo aumento da população de plantas (Sangoi, 2001), pois a disponibilidade de carboidratos por unidade de grão decresce linearmente com o aumento da população de plantas.

Para a produtividade verificou-se acréscimo linear à medida que ocorreu o incremento nas densidades de plantas (Tabela 3). Resultados estes que corroboraram aos encontrados por Dourado Neto et al. (2003), Amaral Filho et al. (2005), Demétrio et al (2008) e Kappes et al. (2011a). Segundo Cruz et al. (2007) é possível obter aumento na produtividade de grãos utilizando densidade superior a 77.500 plantas ha⁻¹. Marchão et al. (2005) concluíram que a produtividade de grãos é significativamente influenciada pela densidade de plantas, sendo que as maiores produtividades dos híbridos avaliados foram alcançadas com densidades acima de 70.000 plantas ha⁻¹.



Dourado Neto et al. (2003) obtiveram ganhos em produtividade de grãos com uso de espaçamento reduzido na cultura do milho o que contradiz com os resultados obtidos no presente experimento. Flesch & Viera (2004) não detectaram diferença significativa para redução do espaçamento na produtividade de grãos de diferentes híbridos de milho. No entanto, verificaram que esta prática mostrou-se efetiva no controle de plantas daninhas.

O preparo convencional proporcionou maior produtividade de grãos em relação ao plantio direto. Isso pode ser de acordo com Carvalho et al. (2004) devido a maior mobilização de N no início do sistema de plantio direto e a decomposição mais lenta dos resíduos culturais que ocorre nesse sistema, conseqüentemente pode ter prejudicado a adequada nutrição da cultura e contribuído para os menores valores dos componentes da produção.

Conclusões

O preparo convencional proporcionou maior produtividade de grãos;

A redução do espaçamento de 0,90 para 0,45 m proporcionou aumento no diâmetro do colmo e no número de espigas por planta e reduziu a altura de inserção da espiga, porém não interferiu na produtividade de grãos;

O aumento das densidades de plantas proporcionou aumento na altura de planta e de inserção da espiga, e na produtividade e redução no diâmetro do colmo, comprimento e diâmetro de espiga, no número de grãos por fileira e por espiga, na prolificidade e na massa de 100 grãos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

Referências

ALVAREZ, C.G.D.; VON PINHO, R.G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.402-408, 2006.

AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, E.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na

cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, p.467-473, 2005.

AMARAL FILHO, J.P.R. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M.L.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 1/2, p. 27-34, 2003.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.2334-2339, 2009.

CARVALHO, M.A.C.; SORATTO, R.P.; ATHAYDE, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, v.10, n.1, p.57-61, 1982.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2012**. Brasília, DF: Conab, 2012. 30p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA, F.T.F.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA, A.C.; MAGALHÃES, P.C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, p.60-73, 2007.



- DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1691-1697, 2008.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.63-77, 2003.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FLESCH, R.D.; VIEIRA, L. C. Espaçamento e densidade de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina. **Ciência Rural**, v. 34, n. 01, p. 25-31, 2004.
- KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; CHIODEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 677-686, 2010.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011a.
- MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C.M.; GOMES, J.A. Densidades de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entrelinhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.
- MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entrelinhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 03, p. 435-441, 2010.
- PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entrelinhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2 p.52-60, 2003.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.313-319, 1995.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial de plantas de milho: como otimizá-lo para maximizar o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.,2004, Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA-CNPMS, 2004. CD.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61, p.101- 110, 2002.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p.159-168, 2001.
- SANGOI, L., ENDER, M., GUIDOLIN, A.F. et al. Evolução da resistência a doenças de híbridos de milho de diferentes épocas em três populações de planta. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.17-21, 2000.
- SANTOS, A. O.; PRADO, H., Análise de interações solo-planta-clima em zonas diferenciadas de área de cultivo de milho, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p 101–106, 2002.
- SCHEEREN, B.R.; BAZONI, R.; BONO, J.A.; ARIAS, S.S.; OLIVEIRA, R.; SALOMÃO, L. Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 02, p. 55-60, 2004.