

Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja

Sowing in twin or narrow rows in soybean crop

**Sergio de Oliveira Procópio^{1*}, Alvadi Antonio Balbinot Junior², Henrique Debiasi²,
Julio Cezar Franchini², Fernando Panison³**

Resumo - Ajustes no arranjo espacial das plantas de soja podem refletir em aumentos significativos na produtividade de grãos, sem alterações na sustentabilidade dos sistemas de produção. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho da cultivar de soja BRS 294 RR cultivada em fileira dupla e espaçamento reduzido, em diferentes densidades de semeadura. O experimento foi realizado a campo, em Londrina, PR, durante o período de novembro de 2011 a março de 2012. Utilizou-se o delineamento de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, com três repetições. Os tratamentos foram formados pela combinação de cinco espaçamentos entre fileiras (19 cm; 38 cm; 57 cm; fileira dupla de 19/38 cm; e fileira dupla de 19/57 cm) e de duas densidades de semeadura (375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹). O espaçamento de 19 cm reduziu a produtividade de grãos de soja. A semeadura em fileira dupla proporcionou produtividade de grãos similar aos espaçamentos tradicionais utilizados na cultura da soja. O aumento na densidade de plantas não resultou em incrementos na produtividade de grãos de soja em todos os espaçamentos avaliados, demonstrando a alta plasticidade fenotípica da cultivar avaliada.

Palavras-chave - Arranjo espacial de plantas. Componentes de rendimento. Densidade de plantas. *Glycine Max*. Produtividade de grãos.

Abstract - Alterations in the spatial arrangement of soybean plants might provide significant increases in soybean grain yield, without changing the sustainability of production systems. This research aimed to evaluate the performance of the BRS 294 RR soybean cultivar in twin row and narrow row spacing and different seeding rates. The experiment was carried out in Londrina, PR, from November 2011 to March 2012. The randomized complete block experimental design was used in a 5x2 factorial arrangement with three replications. The treatments were formed by combining five row spacings (19 cm, 38 cm, 57 cm, twin row of 19/38 cm, and twin row of 19/57 cm) with two seeding rates (375,000 and 562,500 seeds ha⁻¹). The narrow row reduced the soybean grain yield. The twin row produced grain yields similar to those seen with traditional soybean spacing. The higher seeding rate did not result in higher soybean yields in all row spacings evaluated, demonstrating the phenotypic plasticity of the cultivar evaluated.

Key words - *Glycine max*. Grain yield. Plant density. Spatial plant arrangement. Yield components.

*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 02/07/2013 e aprovado em 22/06/2014

¹Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira mar, 3250, Aracaju-SE, sergio.procopio@embrapa.br

²Pesquisador da Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass - Distrito de Warta, Londrina-PR, alvadi.balbinot@embrapa.br; henrique.debiasi@embrapa.br; julio.franchini@embrapa.br

³Estagiário da Embrapa Soja, fernando.panison@hotmail.com

Introdução

Novos sistemas de semeadura de soja estão sendo formatados e avaliados no Brasil e no exterior, com o intuito de obter maiores produtividades de grãos. A semeadura em fileira dupla é utilizada com frequência nos Estados Unidos e, inclusive, é usado pelo recordista mundial de produtividade de soja, um produtor do Estado do Missouri. Nesse arranjo de plantas, pode haver alta penetração de luz e agroquímicos no dossel, melhorando a taxa fotossintética, a sanidade e a longevidade das folhas próximas ao solo, o que, em última instância, pode maximizar a produtividade de grãos (BRUNS, 2011). Por outro lado, o espaçamento reduzido vem sendo estudado no Brasil com resultados promissores (PARCIANELLO *et al.*, 2004; RAMBO *et al.*, 2004) em termos econômicos e ambientais, não tendo evoluído no País, principalmente, pela escassez de opções de semeadoras adaptadas a esse sistema.

O ajuste no arranjo espacial das plantas de soja, por meio do espaçamento entre as fileiras e densidade de plantas, pode se refletir em aumentos significativos na produtividade de grãos, sem alterações na sustentabilidade dos sistemas de produção. Com isso, é possível minimizar a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, maximizando o aproveitamento desses recursos pelas plantas cultivadas (HEIFFIG *et al.*, 2006). Os resultados positivos obtidos com os ajustes no arranjo de plantas das culturas estão associados, de acordo com Rambo *et al.* (2004) e Balbinot Jr. e Fleck (2005), a vários fatores, tais como: maior uso da água, em razão do fechamento mais rápido do dossel e redução de perdas por evaporação; maior cobertura do solo; melhor distribuição horizontal de raízes; redução da competição intraespecífica; aumento do aproveitamento dos nutrientes presentes no solo; e maior interceptação da radiação solar pelas culturas.

O incremento na produtividade de grãos de soja, comumente verificado em espaçamentos mais estreitos, pode ser atribuído, principalmente, à maior interceptação de luz no início do ciclo de desenvolvimento (DALLEY *et al.*, 2004; EDWARDS *et al.*, 2005), ou à redução das perdas de água do solo por evaporação (CALISKAN *et al.*, 2007). Uma das consequências da maior interceptação da radiação solar pela comunidade de plantas é maior assimilação de CO₂ pelas folhas da porção inferior da planta, que normalmente não atingem seu potencial fotossintético (PARCIANELLO *et al.*, 2004).

A redução do espaçamento entre as fileiras pode resultar em melhoria no controle de plantas daninhas (NELSON, 2007; BIANCHI *et al.*, 2010). Adicionalmente, o arranjo das plantas de soja também pode afetar a severidade de doenças na cultura, como a ferrugem asiática (LIMA *et al.*, 2012). No entanto, a redução do espaçamento, sem o devido ajuste da densidade de plantas

na linha de semeadura, confere excesso de plantas por área, aumentando o acamamento das plantas (HEIFFIG *et al.*, 2006; BALBINOT Jr., 2012).

De acordo com Caliskan *et al.* (2007), não existe um espaçamento e uma densidade de plantas de soja ideal para todos os ambientes e cultivares, sendo relevante a observação da interação entre o espaçamento e densidade de plantas para cada condição de cultivo. Norsworthy e Shipe (2005) ratificam essa informação, salientando a necessidade de se agrupar genótipos que respondem ou não à redução do espaçamento, otimizando o potencial da cultivar. Segundo Edwards *et al.* (2005), cultivares que apresentam plantas compactas e que atingem o pleno enchimento dos grãos antes de 80 dias após a emergência necessitam de maiores densidades de plantas em relação a cultivares mais tardias e que apresentam alta ramificação.

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho da cultivar de soja BRS 294 RR, de tipo de crescimento determinado, cultivada em fileira dupla e em espaçamento reduzido, em diferentes densidades de semeadura.

Material e métodos

O experimento foi realizado em Londrina-PR, de novembro de 2011 a março de 2012. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2013) e apresentava os seguintes atributos na ocasião da implantação do experimento: 21,4 g dm⁻³ de matéria orgânica; 4,8 de pH em CaCl₂; 8,6 mg dm⁻³ de P (Mehlich); 0,55 cmol_c dm⁻³ de K; 3,7 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,4 cmol_c dm⁻³ de Mg; e 48,4% de saturação da CTC por bases.

A aveia-preta presente na área experimental foi manejada mecanicamente aos 34 dias antes da semeadura da soja, utilizando-se um triturador de restos culturais (triton). Trinta dias após essa operação, a vegetação remanescente e emergente na área foi dessecada quimicamente com glyphosate (1.080 g ha⁻¹) e carfentrazone-ethyl (30 g ha⁻¹).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, com três repetições. Os tratamentos foram formados pela combinação de cinco espaçamentos entre fileiras (19 cm - reduzido; 38 cm; 57 cm; fileira dupla de 19/38 cm; e fileira dupla de 19/57 cm) e duas densidades de semeadura (375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹, com poder germinativo de 80%). As parcelas mediam 6 m de comprimento e 6 m de largura, totalizando 36 m². A área utilizada nas avaliações foi de 16 m² (4 m de comprimento por 4 m de largura).

A cultivar utilizada foi a BRS 294 RR, que possui tipo de crescimento determinado, grupo de maturidade relativa de 6.3 e resistência ao herbicida glyphosate. A semeadura

foi realizada no dia 10/11/2011, a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, por meio de uma semeadora-adubadora Marca Imasa, modelo MPS 1800, equipada com sulcadores do tipo disco duplo defasado para a semente, e dosadores do tipo disco perfurado com dupla fileira de furos. As sementes de soja foram tratadas com Vitavax-Thiran 200SC® (150 mL 50 kg⁻¹ de sementes), Co-Mo Platinum® (100 mL 50 kg⁻¹ de sementes) e inoculante líquido Gelfix 5® (100 mL 50 kg⁻¹ de sementes). A adubação de base constou da aplicação de 600 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e de 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, aplicados a lanço, sete dias antes da semeadura. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi efetuado conforme as indicações técnicas para a cultura. A colheita dos grãos foi realizada no dia 12/03/2012. Os dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar durante o período entre a semeadura e a colheita estão apresentados na Figura 1.

Durante a fase vegetativa, foram realizadas as seguintes avaliações: matéria seca de folhas e ramos por planta e por m², área foliar por planta e índice de área foliar (IAF) aos 67 dias após a emergência (DAE), amostrando-se 10 plantas ao acaso por parcela; e altura de plantas aos 50 DAE, determinada em 15 plantas por parcela.

Na colheita, foi determinada a densidade de plantas, contabilizando-se todas as plantas colhidas na área útil e, em 15 plantas por parcela, foram realizadas as seguintes avaliações: altura de inserção da primeira vagem; diâmetro da região do coleto na haste principal; número de nós na haste principal; comprimento médio do internódio; número de ramos por planta; número de ramos

por m²; matéria seca da haste + ramos + vagens sem grãos por planta e por m²; e índice de colheita, estimado por meio da divisão da massa seca de grãos das 15 plantas amostradas pela massa seca de haste + ramos + vagens sem grãos.

Foram avaliadas, ainda, a produtividade de grãos, com padronização da umidade em 13%, e os seguintes componentes do rendimento, amostrando-se 15 plantas por parcela: número de grãos por vagem provenientes das hastes; massa de mil grãos provenientes das hastes; % de vagens provenientes dos ramos; % do número dos grãos provenientes dos ramos; número de grãos por vagem provenientes dos ramos; e massa de mil grãos provenientes dos ramos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste F ($p \leq 0,05$). Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a realização da análise estatística foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

Resultados e discussão

Não houve interação entre os espaçamentos e as densidades de semeadura em relação à avaliação de altura de plantas realizada aos 50 DAE. Constatou-se que as plantas de soja no tratamento com maior densidade de semeadura eram mais altas. Nessa avaliação foi verificada ainda, que as plantas de soja semeadas no espaçamento reduzido (19 cm) eram mais baixas em relação às plantas provenientes da fileira dupla mais distanciada (19/57 cm) (Tabela 1). Esse resultado segue a mesma tendência verificada por Solano e Yamashita (2012), que trabalhando com população fixa de 400.000 plantas ha⁻¹, constataram maior crescimento das plantas da cultivar CD 242 RR no espaçamento de 60 cm, em comparação ao cultivo nos espaçamentos de 20 e 40 cm.

Para se utilizar espaçamentos menores entre as linhas, mantendo-se a mesma população de plantas por área, é necessário reduzir o número de plantas dentro das linhas. Isso resulta em distribuições de plantas mais equidistantes em relação aos arranjos de plantas com maiores espaçamentos entre as linhas. Essa condição mais equidistante resulta em menor competição por luz no início do ciclo, reduzindo o sombreamento entre as plantas de soja.

Na avaliação da matéria seca de folhas das plantas de soja aos 67 DAE, foi constatada interação entre os fatores espaçamento e densidade de semeadura, seja na avaliação realizada por planta, ou por área (Tabela 2). Com exceção do espaçamento reduzido (19 cm), as plantas de

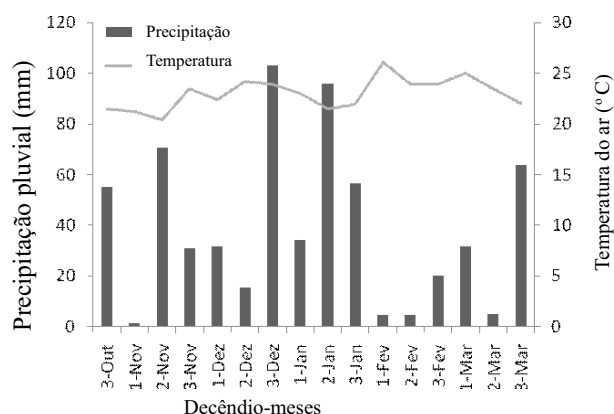


Figura 1 - Precipitação pluvial e temperatura média do ar por decêndio, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR.

Figure 1 - Rainfall and air temperature, by decennial period, during the soybean development, Embrapa Soja, Londrina/PR.

soja, individualmente, tiveram maior acúmulo na matéria seca de folhas, quando semeadas na menor densidade de plantas (375.000 sementes ha⁻¹). Isso também decorre da menor competição intraespecífica na menor densidade. No entanto, quando essa mesma avaliação foi feita por área, apenas no espaçamento de 57 cm, esse comportamento se reproduziu, mostrando que o maior número de indivíduos compensou a menor produção de folhas por planta, excetuando os dados oriundos do espaçamento reduzido, onde foi resposta do aumento de plantas na matéria seca de folhas por área.

Esses resultados vão de encontro com os observados por Procópio *et al.* (2013), que verificaram que a massa seca de folhas por planta da cultivar BRS 359 RR foi maior na densidade de 375 mil sementes ha⁻¹, comparativamente à densidade de 562,5 mil sementes ha⁻¹. Contudo, esses autores reportam que a massa seca de folhas por área foi maior na densidade mais alta. Em relação aos espaçamentos avaliados, os espaçamentos de 57 cm e de 19/57 cm, na densidade de 375.000 plantas por ha, proporcionaram plantas com maior acúmulo de matéria seca em relação ao espaçamento reduzido (19 cm) (Tabela 2). Fato que se reproduziu na avaliação de matéria seca de folhas por área. Quando as plantas estão

mais bem distribuídas na área de produção, pode haver menor necessidade de produção de folhas, pela menor competição intraespecífica por luz, fato que acontece com maior intensidade quando se acumula maior número de plantas na linha. Em altas populações os espaçamentos de soja praticamente não influenciam na produção de matéria seca de folhas.

Os espaçamentos não influenciaram no acúmulo de matéria seca dos ramos, seja por planta, ou por área. No entanto, houve efeito da densidade de plantio na avaliação por planta (Tabela 3). As plantas de soja cultivadas em menor densidade de semeadura apresentaram maior matéria seca nos ramos, individualmente (média de 375.000 sementes ha⁻¹ = 10,92 g planta⁻¹ e média de 562.500 sementes ha⁻¹ = 9,1 g planta⁻¹). Fato que não se verificou quando essa mesma avaliação foi feita por área (média = 341,3 g m²).

Em relação à área foliar das plantas de soja, apenas se verificou efeito oriundo das densidades de semeadura. A maior densidade promoveu diminuição da área foliar por planta de soja, independentemente do espaçamento utilizado (média de 375.000 sementes ha⁻¹ = 0,23 m² planta⁻¹ e média de 562.500 sementes ha⁻¹ = 0,18 m² planta⁻¹) (Tabela 3). No entanto, o índice de área foliar (IAF) não variou com os tratamentos, apresentando média 7, aos 67 DAE. Nesse contexto, o menor número de plantas de soja foi compensado pela maior área foliar por planta, gerando o mesmo IAF nas duas densidades avaliadas. Resultado semelhante foi observado por Luca e Hungria (2014), também para a cultura da soja.

A maior densidade de semeadura reduziu o diâmetro da haste principal das plantas de soja (Tabela 4). O diâmetro da haste é uma característica relacionada à propensão ao acamamento (BALBINOT Jr., 2012). A altura de inserção da primeira vagem foi alterada apenas pelos espaçamentos entre as linhas de soja, sendo que a maior altura foi observada na fileira dupla mais distanciada (19/57 cm), contudo não diferindo dos espaçamentos de 19 cm e de 19/38 cm (Tabela 4). Essa variável pode ocasionar perdas na colheita mecanizada da soja. De acordo com Ferreira Júnior *et al.* (2010), em solos relativamente planos e com utilização de colhedoras adequadas, pode-se efetuar a colheita eficientemente com a altura da primeira vagem em torno de 10 cm.

Maior número de ramos por planta foi verificado na menor densidade de plantas, tendo emitido 4,1 ramos contra 3,2 ramos pelas plantas provenientes dos tratamentos na maior densidade (Tabela 5). Entretanto, quando os valores são transformados por unidade de área, essa diferença não foi detectada (média geral = 122 ramos m⁻²). Esses dados estão de acordo com os valores de matéria seca de ramos já apresentados na Tabela 3. A ramificação demonstra a plasticidade das plantas de soja em se adaptar

Tabela 1 - Altura de plantas de soja cultivadas em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura, avaliados aos 34 e 50 DAE. Londrina-PR, 2011/2012

Table 1 - Plant height of soybean in different row spacing and seeding rates evaluated at 50 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)		Média
	375.000	562.500	
19	55,4	61,1	58,2 b
38	59,4	63,5	61,4 ab
57	61,4	63,6	62,5 ab
19 x 38	58,8	63,2	61,0 ab
19 x 57	62,4	63,8	63,1 a
Média	59,5 B	63,0 A	
C.V. (%)	4,1		
DMS	3,47		

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *DAE = dias após a emergência.

Means followed by the same letter, lowercase in the column and uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test. *DAE = days after emergence

Tabela 2 - Matéria seca de folhas em plantas de soja cultivadas em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura, aos 67 dias após a emergência. Londrina-PR, 2011/2012*Table 2* - Dry matter of soybean leaves in different row spacing and seeding rates at 67 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)		Densidade de semeadura (sementes por ha)	
	375.000	562.500	375.000	562.500
	Matéria seca de folhas por planta (g)		Matéria seca de folhas por m ² (g)	
19	5,99 bA	6,53 aA	171,68 bB	250,34 aA
38	7,12 abA	5,87 aB	219,05 abA	216,40 aA
57	7,85 aA	5,15 aB	235,11 aA	192,96 aB
19 x 38	6,81 abA	5,59 aB	219,44 abA	227,11 aA
19 x 57	7,75 aA	6,03 aB	243,47 aA	221,08 aA
C.V. (%)	9,5		11,1	
DMS	1,08		42,49	

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter; lowercase in the column and uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

Tabela 3 - Matéria seca de ramos (MSR) em plantas de soja e área foliar (AF) de plantas de soja cultivadas em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura, aos 67 dias após a emergência. Londrina-PR, 2011/2012*Table 3* - Dry matter of soybean branches and leaf area in different row spacing and seeding rates at 67 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)		Densidade de semeadura (sementes por ha)	
	375.000	562.500	375.000	562.500
	MSR por planta (g)		AF por planta (m ²)	
19	13,53	11,76	0,223	0,198
38	13,73	13,19	0,233	0,169
57	17,19	11,35	0,257	0,173
19 x 38	13,57	9,83	0,227	0,176
19 x 57	11,95	9,36	0,210	0,191
Média	13,99 A	11,10 B	0,230 A	0,183 B
C.V. (%)	17,2		16,2	
DMS	1,61		0,04	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter; uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

Tabela 4 - Diâmetro da haste principal (DHP) e altura de inserção da primeira vagem (AIV) em plantas de soja cultivadas em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de sementeira, aos 116 dias após a emergência (colheita). Londrina-PR, 2011/2012

Table 4 - Stem diameter and height of the first pod in soybean plants grown in different row spacing and seeding rates at 116 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)				Média
	375.000	562.500	375.000	562.500	
	DHP (cm)		AIV (cm)		
19	0,70	0,62	12,7	11,2	12,0 ab
38	0,67	0,65	10,2	9,4	9,8 b
57	0,71	0,61	9,4	9,2	9,3 b
19 x 38	0,65	0,58	10,9	10,0	10,4 ab
19 x 57	0,64	0,62	12,0	14,7	13,3 a
Média	0,67 A	0,62 B	10,95		
C.V. (%)	5,7		15,90		
DMS	0,05		3,04		

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter, lowercase in the column and uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

a diferentes populações. Segundo Ferreira Jr. *et al.* (2010), a soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento. Tal característica é muito evidente nas cultivares de tipo de crescimento determinado, como a cultivar BRS 294 RR. É importante frisar que não se deve avaliar apenas a capacidade de ramificação de uma cultivar, mas a produção de grãos efetiva oriunda desses ramos.

Os tratamentos avaliados não influenciaram no número de nós presentes na haste principal, com média de 13,9. Já o comprimento médio dos internódios foi influenciado pelos espaçamentos entre as fileiras. Observou-se que os internódios mais longos ocorreram no espaçamento de 19/57, porém não diferindo dos tratamentos 19/38 e 38 cm (Tabela 5). Para Navarro Jr. e Costa (2002), o número de nós por planta representa um importante componente a ser avaliado, uma vez que demonstra o potencial produtivo da planta de soja, podendo indicar posições para surgimento de flores e, consequentemente, vagens.

As vagens provenientes da haste principal das plantas de soja produziram maior número de grãos nos tratamentos com menor densidade (Tabela 6). Em média, as vagens desses tratamentos tiveram 1,94 grãos, enquanto as vagens dos tratamentos com maior densidade apresentaram 1,79 grãos. Esse resultado não foi observado

quando se avaliou o número de grãos por vagem originária dos ramos, onde não se detectou diferenças entre todos os tratamentos avaliados (média geral = 2,03 grãos vagem⁻¹). Isso indica a reduzida influência do ambiente sobre essa característica, como discutido por Luca e Hungria (2014).

A importância dos ramos na produção de vagens aumentou quando a densidade de sementeira da soja foi menor (Tabela 6). Em média, 47,5% do total de vagens produzidas foram provenientes dos ramos nos tratamentos com 375.000 sementes ha⁻¹. Quando se elevou a densidade de sementes para 562.500 sementes ha⁻¹, a participação dos ramos na produção de vagens caiu para 39,4%. A participação dos ramos em relação ao número de grãos produzidos não foi influenciada pelos tratamentos, sendo em média de 45,7% em relação ao total do número de grãos produzidos pelas plantas de soja.

A massa de mil grãos, provenientes da haste ou dos ramos, não foi afetada por nenhum dos tratamentos avaliados, sendo, em média, de 179,3 g para grãos provenientes da haste e de 171,4 g para grãos produzidos nos ramos. Em trabalho conduzido por Procópio *et al.* (2013), também verificou-se que densidades de sementeira variando de 375 a 562 mil sementes ha⁻¹ não influenciaram a massa de mil grãos. Isso ocorre porque essa característica é influenciada em maior grau pelo genótipo em detrimento do ambiente de produção (RAMBO *et al.*, 2004). Aparentemente, as vagens da haste principal dessa cultivar apresentam maior demanda de fotoassimilados

Tabela 5 - Número de ramos por planta (NRP) e comprimento do internódio (CI) em plantas de soja cultivadas em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura, aos 116 dias após a emergência (colheita). Londrina-PR, 2011/2012

Table 5 - Number of branches per plant and internode length in soybean plants grown in different row spacing and seeding rates at 116 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)				Média
	375.000	562.500	375.000	562.500	
	NRP		CI (cm)		
19	4,0	3,4	5,47	5,60	5,54 b
38	3,7	3,8	5,63	5,83	5,73 ab
57	4,6	3,0	5,45	5,89	5,67 b
19 x 38	4,0	2,6	5,48	6,08	5,78 ab
19 x 57	3,9	3,0	5,90	6,18	6,04 a
Média	4,1 A	3,2 B	5,59 B	5,92 A	
C.V. (%)	22,8		3,6		
DMS	0,84		0,33		

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter; lowercase in the column and uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

Tabela 6 - Número de grãos por vagem (NGV) proveniente da haste principal e porcentagem das vagens provenientes dos ramos (VR) em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de semeadura, aos 116 dias após a emergência (colheita). Londrina-PR, 2011/2012

Table 6 - Number of seeds per pod from the main stem and percentage of pods from the branches in different row spacing and seeding rates at 116 days after emergence. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de semeadura (sementes por ha)		Densidade de semeadura (sementes por ha)	
	375.000	562.500	375.000	562.500
	NGV		VR (%)	
19	1,89	1,72	48,28	40,94
38	1,93	1,75	42,68	43,35
57	2,06	1,77	55,93	39,19
19 x 38	1,96	1,82	47,10	30,80
19 x 57	1,88	1,87	48,28	42,62
Média	1,94 A	1,79 B	47,53 A	39,38 B
C.V. (%)	10,4		17,7	
DMS	0,14		7,4	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter; uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

em relação às vagens dos ramos, pois a massa de mil grãos foi maior nas hastes do que nos ramos. Ressalta-se que essa cultivar manteve massa de grãos satisfatória, mesmo com a ocorrência de baixas precipitações no período de enchimento de grãos (Figura 1).

A matéria seca produzida na parte aérea das plantas de soja, excetuando os grãos, foi maior em plantas oriundas da menor densidade de sementeira (média de 375.000 sementes ha^{-1} = 13,9 g planta $^{-1}$ e média de 562.500 sementes ha^{-1} = 11,1 g planta $^{-1}$), porém não havendo efeito dos espaçamentos nessa variável (Tabela 7). Contudo, a matéria seca por área não foi afetada por nenhum tratamento (média = 424,2 g m^{-2}). Esse resultado corrobora os de Watanabe *et al.* (2005), que trabalhando com a cultivar BRS 133, de crescimento determinado,

no espaçamento de 45 cm, verificaram maior produção de matéria seca da parte aérea em plantas cultivadas com 200.000 plantas ha^{-1} , em comparação às cultivadas com 400.000 plantas ha^{-1} . Novamente, fica evidente a compensação da menor produção de matéria seca por planta na maior densidade pelo aumento do número de indivíduos por área.

A densidade de sementeira não influenciou na produtividade de grãos de soja (Tabela 7), demonstrando que cultivares de crescimento determinado, com alta capacidade de ramificação, não necessitam de altas populações para expressar adequada produtividade de grãos. Resultado que não corrobora os de Kuss *et al.* (2008), que observaram maior rendimento de grãos da cultivar de soja Coodetec 205, de tipo determinado, em

Tabela 7 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) com exceção dos grãos (haste principal + ramos + vagens) em plantas de soja, produtividade de grãos de soja e população de plantas na colheita em diferentes espaçamentos entre fileiras e densidades de sementeira. Londrina-PR, 2011/2012

Table 7 - Dry matter of the shoot, except for grains (main stem + branches + pods) in soybean, yield and soybean plant density at harvest in different row spacing and seeding rates. Londrina-PR, 2011/2012

Espaçamentos (cm)	Densidade de sementeira (sementes por ha)		Densidade de sementeira (sementes por ha)		
	375.000	562.500	375.000	562.500	Média
	MSPA por planta (g)		Produtividade de grãos (kg ha^{-1})		
19	13,53	11,76	2.779	2.690	2.734 b
38	13,73	13,19	3.053	2.911	2.982 ab
57	17,19	11,35	3.096	3.177	3.136 a
19 x 38	13,57	9,83	3.145	3.161	3.153 a
19 x 57	11,95	9,36	3.080	3.135	3.107 a
Média	13,99 A	11,10 B	3.022,50		
C.V. (%)	17,2		6,1		
DMS	2,78		323,20		
	População de plantas na colheita (plantas ha^{-1})				
19	286.732	383.772			
38	308.114	368.969			
57	298.538	380.117			
19 x 38	321.930	409.064			
19 x 57	314.692	366.776			
Média	306.001 B	381.740 A			
C.V. (%)	6,9				
DMS	41,99				

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Means followed by the same letter; lowercase in the column and uppercase in the line, not statistically different at 5% probability by Tukey test.

áreas não-irrigadas, incremento de 21%, com aumento da população de plantas de 250.000 para 400.000 plantas ha^{-1} . Todavia, os resultados se aproximam dos observados por Freitas *et al.* (2010), que trabalhando com seis linhagens do Programa de Melhoramento da Soja da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e quatro cultivares comerciais (Chapadões, Luziânia, Msoy 8411 e Msoy 8914), verificaram que a densidade populacional não influenciou a produtividade de grãos dos genótipos avaliados. Purcell *et al.* (2002) demonstraram que o rendimento da cultura da soja não aumenta em densidades populacionais elevadas, devido à diminuição da eficiência do uso da radiação pelas plantas.

A semeadura em fileiras duplas (19/38 e 19/57 cm), juntamente com o maior espaçamento simples (57 cm), promoveram maior produtividade de grãos de soja, mostrando superioridade em relação à semeadura em espaçamento reduzido, mas não diferindo do espaçamento simples de 38 cm (Tabela 7). Esse resultado demonstra que cultivares com alta capacidade de ramificação lateral tendem a não apresentar boa adaptação em espaçamentos reduzidos, mas ao contrário, podem ser utilizadas com sucesso em fileiras duplas. Caliskan *et al.* (2007) constataram que a diminuição do espaçamento de 50 para 30 cm na soja cultivada em sucessão ao trigo, em condição de baixa precipitação e comprimento do dia, promoveu aumento na produtividade de grãos. Nelson (2007), trabalhando com a cultivar Asgrow 3701, com densidade de semeadura de 445.000 sementes ha^{-1} , também verificou que os tratamentos com linhas simples (19 ou 38 cm) produziram de 200 a 400 kg ha^{-1} a mais que o tratamento que utilizou fileiras duplas (19/76 cm).

Os espaçamentos não influenciaram na população final de plantas (Tabela 7), o que demonstra que a regulação da semeadura, nos diferentes espaçamentos, foi realizada de forma apropriada. Adicionalmente, o índice de colheita também não foi influenciado pelos tratamentos, sendo seu valor médio de 0,47, indicando que os tratamentos não afetaram a partição dos fotoassimilados. Contrariamente, Kuss *et al.* (2008), verificaram maior índice de colheita em plantas de soja provenientes de populações de 250.000 plantas ha^{-1} , em comparação às provenientes da população de 400.000 plantas ha^{-1} .

É importante ressaltar que o déficit hídrico ocorrido durante o período de enchimento de grãos, no mês de fevereiro (Figura 1), pode ter limitado a magnitude da resposta da soja aos arranjos de plantas. Os dois períodos mais sensíveis da soja à falta de água no solo são semeadura-emergência e florescimento-final de enchimento de grãos, porque influenciam diretamente na formação dos componentes do rendimento (NEUMAIER *et al.*, 2000).

Conclusões

A semeadura em espaçamento reduzido diminui a produtividade de grãos da cultivar de soja BRS 294 RR, de crescimento determinado;

A semeadura em fileiras duplas proporciona produtividade de grãos de soja (cultivar BRS 294 RR) similar aos espaçamentos tradicionais utilizados na cultura;

As densidades de semeadura não interferem na produtividade de grãos da cultivar BRS 294 RR, independentemente do espaçamento entre fileiras.

Literatura científica citada

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.245-252, 2005.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, p.40-43, 2012.
- BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v.28, n. especial, p.979-991, 2010.
- BRUNS, H. A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.103, n.3, p.702-708, 2011.
- CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M. E. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, n.3, p.147-154, 2007.
- DALLEY, C. D.; KELLS, J. J.; RENNER, K. A. Effect of glyphosate application timing and row spacing on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) yields. **Weed Technology**, v.18, n.1, p.165-176, 2004.
- EDWARDS, J. T.; PURCELL, L. C.; KARCHER, D. E. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups. **Crop Science**, v.45, n.5, p.1778-1785, 2005.
- Embrapa-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, n.2, p.36-41, 2008.
- FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba – MG. **FAZU em Revista**, n.7, p. 13-21, 2010.

- FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, v.26, n.5, p.698-708, 2010.
- HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.
- KUSS, R. C. R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURMER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.
- LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.951-962, 2012.
- LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, n.3, p.181-187, 2014.
- NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.269-274, 2002.
- NELSON, K. A. Glyphosate application timings in twin- and single-row corn and soybean spacings. **Weed Technology**, v.21, n.1, p.186-190, 2007.
- NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATTO, E. R. (eds.). Estresses em soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000, p.19-44.
- NORSWORTHY, J. K.; SHIPE, E. R. Effect of row spacing and soybean genotype on main stem and branch yield. **Agronomy Journal**, v.97, n.3, p.919-923, 2005.
- PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, v.34, n. 2, p.357-364, 2004.
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.56, n.4, p.319-325, 2013.
- PURCELL, L. C.; BALL, R. A.; REAPER, J. D.; VORIES, E. D. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. **Crop Science**, v.42, n.1, p.172-177, 2002.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- SOLANO, L.; YAMASHITA, O. M. Cultivo da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v.2, n.2, p. 35-47, 2012.
- WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTO, M. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.4, p.477-484, 2005.