

## Produção de Soja em Diferentes Arranjos Espaciais de Plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul





ISSN 1679-043X  
Dezembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agropecuária Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 140**

## **Produção de Soja em Diferentes Arranjos Espaciais de Plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul**

*Rodrigo Arroyo Garcia  
Sérgio de Oliveira Procópio  
Alvadi Antonio Balbinot Junior*

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
Dourados, MS  
2017

## **Embrapa Agropecuária Oeste**

BR 163, km 253,6

Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

www.embrapa.br/

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

## **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Alexandre Dinnys Roese, Clarice Zanoni Fontes, Eder Comunello, Luís Antonio Kioshi Aoki Inoue, Marciana Retore, Marcio Akira Ito e Oscar Fontão de Lima Filho*

Supervisora editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisora de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Foto da capa: *Alvadi Antonio Balbinot Junior*

## **1ª edição**

On-line (2017)

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agropecuária Oeste

---

Garcia, Rodrigo Arroyo

Produção de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul / Rodrigo Arroyo Garcia, Sérgio de Oliveira Procópio, Alvadi Antonio Balbinot Junior. – Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.

42 p. : il. color. ; 16 x 21 cm. – (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 140).

1. Soja – Arranjo de planta – Paraná. 2. Soja – Arranjo de planta – Mato Grosso do Sul. I. Procópio, Sérgio de Oliveira II. Balbinot Junior, Alvadi Antonio III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

---

# **Autores**

## **Rodrigo Arroyo Garcia**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Agricultura), pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

## **Sérgio de Oliveira Procópio**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

## **Alvadi Antonio Balbinoti Junior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.



# Apresentação

A crescente demanda por grãos tem exigido a intensificação da produção por meio de diversas estratégias que levem em consideração a inovação tecnológica, a modelagem de sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis, e o equilíbrio no uso dos fatores de produção.

A cultura da soja é a principal espécie cultivada no Brasil e os sistemas de produção com cultivo de soja sofreram grandes mudanças ao longo dos últimos anos. Diversos exemplos retratam fielmente esse novo cenário, como a semeadura antecipada para viabilizar a segunda safra, aumento do custo com sementes, surgimento ou aumento de problemas fitossanitários, consolidação do sistema plantio direto e diferenças nas características morfofisiológicas das cultivares de soja.

Esta publicação contempla resultados de estudos de diferentes arranjos de plantas, alternativos ao modelo convencional, como o espaçamento reduzido, plantio cruzado e fileiras duplas de cultivares de soja com características atuais de arquitetura e crescimento, na expectativa de aumento da produtividade de grãos e consequente maior eficiência de sistemas de produção.

Ao apresentar informações relevantes que podem subsidiar tomadas de decisão para a implantação da lavoura de soja, esperamos que este documento contribua para o aprimoramento dos sistemas de produção, em benefício da sociedade.

*Guilherme Lafourcade Asmus*  
Chefe-Geral





# Sumário

<b>Produção de Soja em Diferentes Arranjos Espaciais de Plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul</b> .....	9
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Resultados do Estado do Paraná</b> .....	12
Espaçamento reduzido .....	12
Fileiras duplas .....	16
Semeadura cruzada .....	19
<b>Resultados do Estado de Mato Grosso do Sul</b> .....	21
Espaçamento reduzido .....	21
Fileiras duplas .....	24
Semeadura cruzada .....	25
<b>Plasticidade da soja em diferentes arranjos de plantas</b> .....	28
<b>Impactos no manejo da cultura da soja</b> .....	34
<b>Considerações finais</b> .....	35
<b>Referências</b> .....	35



# Produção de Soja em Diferentes Arranjos Espaciais de Plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul

---

*Rodrigo Arroyo Garcia*  
*Sérgio de Oliveira Procópio*  
*Alvadi Antonio Balbinot Junior*

## Introdução

A agricultura vem sendo submetida a grandes desafios, como a produção de alimentos, energia, fibras e outros bens para a humanidade com o mínimo distúrbio ambiental, associada ao reduzido uso de insumos, que apresentam reservas finitas no planeta, tais como fósforo, potássio e petróleo. Isto se torna mais complexo com a inserção de fatores sociais. Nesse contexto, a obtenção de altas produtividades por área e por tempo é fundamental para a sustentabilidade da agricultura mundial.

Na safra 2016/2017, a soja ocupou cerca de 33,9 milhões de hectares, com uma produtividade nacional média de 3.362 kg ha<sup>-1</sup> (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA..., 2017). Em 2009, o Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) lançou a primeira edição do Desafio Nacional de Máxima Produtividade (safra 2009/2010), com vários produtores alcançando produtividades superiores a 6.000 kg ha<sup>-1</sup>. Estas produtividades são muito superiores à média nacional, que está entre as maiores do mundo, sendo similar a dos Estados Unidos. A iniciativa promoveu uma reflexão acerca do sistema atual de produção de soja no Brasil, que apesar de bem sucedido pode evoluir significativamente, principalmente nos ambientes mais favoráveis à cultura (PROCÓPIO et

al., 2013). Surge, então, a pergunta: como é possível aprimorar o manejo das cultivares já existentes, no sentido de maximizar a produtividade de grãos com o menor incremento possível nos custos de produção e, ao mesmo tempo, impactar minimamente o meio ambiente?

Dentre as práticas de manejo recomendadas, o ajuste no arranjo espacial de plantas pode conferir ganhos de produtividade, com baixo impacto nos custos de produção e no meio ambiente, já que não pressupõe o uso de mais insumos, à exceção de sementes. O arranjo das plantas é dependente do espaçamento entre as fileiras, da densidade de plantas por área, do cruzamento das fileiras e da uniformidade de distribuição das plantas nas linhas. Nas décadas de 1980 e 1990 foram realizados vários trabalhos de pesquisa no Brasil, com diferentes arranjos espaciais de plantas de soja; todavia, na última década, poucos trabalhos foram desenvolvidos no País. A execução de novos trabalhos com sistemas de semeadura e arranjos espaciais de plantas de soja é justificada pelos seguintes fatores:

- 1) Mudança nas características morfofisiológicas das cultivares de soja.
- 2) Aumento da expectativa de produtividade de grãos.
- 3) Semeadura antecipada da soja para possibilitar o cultivo de milho na segunda safra e/ou reduzir a incidência de doenças e pragas no final do ciclo, o que acarreta em mudança no ambiente de produção dessa oleaginosa.
- 4) Aumento do custo com sementes, especialmente em virtude da comercialização de cultivares contendo proteína Bt (Cry1Ac)<sup>®</sup>, que auxilia na defesa das plantas ao ataque de algumas espécies de lagartas.
- 5) Surgimento ou aumento de problemas fitossanitários a partir do início dos anos 2000, como, por exemplo, a ferrugem-asiática, o mofo-branco, a lagarta falsa-medideira, o percevejo-marrom e as plantas daninhas resistentes ao glifosato.
- 6) Mudança nas práticas de manejo do solo e da cultura, sobretudo com a consolidação do Sistema Plantio Direto.

Dentre as alterações mais marcantes nas novas cultivares de soja estão: a) menor ramificação, em que a haste principal é responsável por grande parte da produção da lavoura; b) menor tamanho dos folíolos; c) plantas mais baixas; e d) maior inclinação dos folíolos e dos ramos (mais verticalizados). A partir dessas características, a área ocupada por cada planta é menor em comparação com as cultivares que apresentavam alta ramificação e folíolos maiores e mais horizontais. Assim, em tese, há possibilidade de aumentar a densidade de plantas, principalmente se essa operação estiver associada a um melhor arranjo pela redução do espaçamento, pela semeadura cruzada ou pelo uso de fileiras duplas.

O fundamento básico é de que o arranjo influencia diretamente na competição entre plantas de soja, pelos recursos do ambiente – água, luz e nutrientes –, processo denominado competição intraespecífica (FERREIRA et al., 2016). Por sua vez, a competição intraespecífica altera a fisiologia das plantas de soja: metabolismo primário (fotossíntese e respiração), metabolismo secundário e relações fonte/demanda de fotoassimilados que ocorrem nas plantas. Além disso, influencia na arquitetura da parte aérea e das raízes das plantas, o que se reflete em diferentes capacidades de interceptar luz e absorver água e nutrientes e na velocidade de crescimento e fechamento do dossel (WERNER et al., 2016). Todos esses fatores podem aumentar a infestação de plantas daninhas e insetos-praga, a incidência e severidade de doenças, além do acamamento e das perdas no processo de colheita. Em última instância, esses fatores somados afetam a produtividade e os custos da lavoura, refletindo-se na rentabilidade da cultura.

Em relação ao espaçamento entre as fileiras, as principais alternativas ao que é utilizado pelos agricultores (0,45 m a 0,50 m entre linhas), é a redução do espaçamento (0,20 m a 0,30 m), a utilização de fileiras duplas (por ex.: 0,25 m/0,75 m) ou o uso da semeadura cruzada, na qual se realiza a primeira operação de semeadura e, posteriormente, realiza-se operação adicional, perpendicular à primeira. Essa última alternativa foi estudada, mas desde o princípio sabia-se das limitações técnicas, operacionais e ambientais de tal estratégia, as quais serão discutidas

adiante. Adicionalmente, outras duas formas de alterar o arranjo de plantas na área é o ajuste na densidade de plantas e na uniformidade espacial de deposição das sementes no sulco de semeadura.

Nos estados do Paraná e de Mato Grosso do Sul existem três macrorregiões sojícolas: 1) região sul do Paraná (PR), que apresenta clima mais frio; 2) norte e noroeste do PR e sul de Mato Grosso do Sul (MS); e 3) norte/nordeste do MS (KASTER; FARIAS, 2012); também existe uma variabilidade significativa de tipos de solos em que a soja é cultivada, levando à subdivisão das macrorregiões sojícolas em regiões edafoclimáticas de adaptação (REC). Os experimentos realizados com arranjos espaciais de plantas, considerados nesse trabalho, foram realizados na Macrorregião 2, sobretudo em Londrina e Campo Mourão, PR, ambas situadas na região edafoclimática (REC) 201; e Dourados e Ponta Porã, MS, pertencentes à REC 204.

## **Resultados do Estado do Paraná**

### **Espaçamento reduzido**

A maioria dos trabalhos desenvolvidos apontou para ausência de benefícios agronômicos da redução do espaçamento de 0,45 m a 0,50 m para 0,20 m a 0,30 m, considerando várias cultivares e ambientes de produção (BALBINOT JUNIOR et al., 2014b). Em Campo Mourão, verificou-se que em espaçamento de 0,45 m entre as fileiras a produtividade foi superior à obtida em espaçamento de 0,30 m, considerando uma ampla variação de densidades de plantas (Tabela 1). Provavelmente, nessa situação, a redução do espaçamento reduziu o tempo de vida das folhas próximas ao solo, em função do sombreamento das folhas baixas pelas folhas do dossel – processo denominado de autossombreamento, o que reduz a fotossíntese das folhas do terço inferior (PROCÓPIO et al., 2013).

**Tabela 1.** Produtividade de grãos de soja, cultivar BMX Potência RR, em dois espaçamentos entre fileiras, três densidades de plantas e duas épocas de semeadura. Campo Mourão, PR, safra 2011/2012<sup>(1)</sup>.

Densidade de plantas (mil/hectare)	Espaçamento (m)	
	0,30	0,45
Semeadura em 4/11/2011		
300	3.021 B <sup>(1)</sup>	3.510 A
450	3.023 B	3.480 A
600	3.045 B	3.450 A
Semeadura em 18/11/2011		
300	3.250 B	3.561 A
450	2.850 B	3.458 A
600	2.910 B	3.330 A

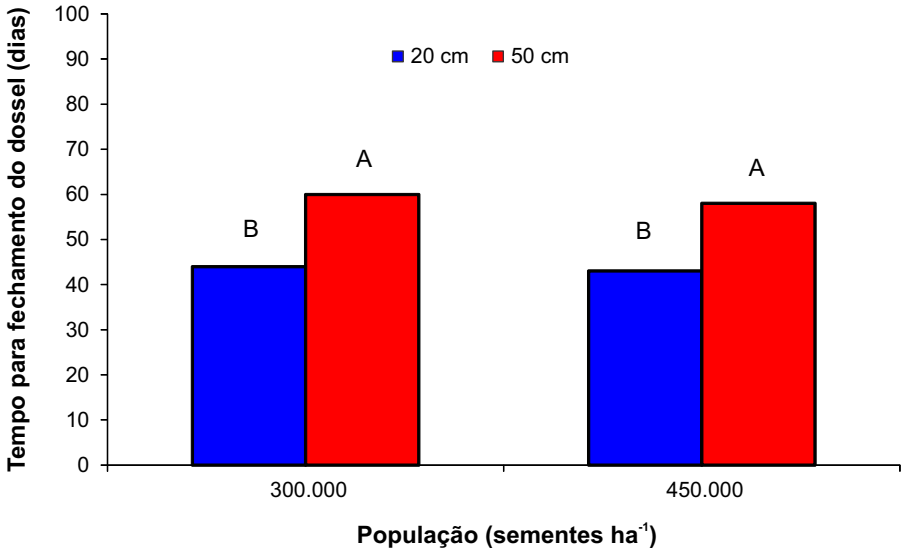
<sup>(1)</sup> Letras comparam os dois espaçamentos, dentro da mesma densidade de plantas (Tukey 5%).

Em Londrina, PR, a cultivar BRS 359 RR também produziu menos em espaçamento de 0,20 m, comparativamente ao de 0,50 m (BALBINOT JUNIOR et al., 2014b). Entretanto, nas condições de ambiente e manejo de Londrina, a produtividade da cultivar BMX Potência RR não foi influenciada pelo espaçamento entre as fileiras. É importante mencionar que essas cultivares apresentam tipo de crescimento indeterminado, ciclo curto e arquitetura compacta. Ou seja, mesmo considerando cultivares com características “modernas”, a redução do espaçamento não proporcionou ganhos de produtividade nas condições de solo, clima e manejo estudadas.

Em relação ao crescimento das plantas, a redução do espaçamento de 0,45 m para 0,30 m não influenciou a altura das plantas, considerando várias densidades (300, 450 a 600 mil plantas ha<sup>-1</sup>) (BALBINOT JUNIOR et al., 2014b). Isso demonstra que essa característica é pouco afetada pelo arranjo espacial de plantas.

Outra característica associada ao crescimento de plantas, que é influenciada pelo espaçamento entre as fileiras, é a velocidade de

fechamento do dossel (Figuras 1 e 2). Em espaçamento de 0,20 m, o tempo necessário para fechamento da lavoura é cerca de 10 dias inferior ao espaçamento de 0,50 m (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Holtz et al. (2014). O rápido fechamento do dossel é benéfico por acelerar a interceptação plena da radiação solar pelas plantas e reduzir a disponibilidade de luz às plantas daninhas, diminuindo a infestação dessas plantas. Entretanto, o fechamento precoce da lavoura pode refletir em menor deposição de calda de pulverização no terço inferior das plantas, afetando o manejo de doenças e insetos-praga.



**Figura 1.** Tempo para fechamento do dossel (dias após a emergência) em dois espaçamentos entre fileiras e duas densidades de sementeira, em Londrina, PR, safra 2014/2015<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Letras comparam os dois espaçamentos dentro da mesma densidade de plantas (Tukey, 5%).



Foto: Alvadi Antonio Balbinot Junior



**Figura 2.** Fechamento de dossel em soja cultivada em espaçamento de 0,25 m em densidade de 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>, aos 25 dias após a emergência, cultivar BMX Potência RR, em Londrina, PR, safra 2013/2014.

Nos experimentos conduzidos nas últimas três safras no Estado do Paraná, não se constatou efeito significativo do espaçamento entre as fileiras sobre o acamamento das plantas. Observou-se que o acamamento foi mais influenciado pela cultivar utilizada e pela densidade de plantas, sendo constatado aumento com o incremento da densidade de plantas, em cultivares suscetíveis a esse problema. Adicionalmente, dados obtidos nas safras 2013/2014 e 2014/2015 apontam que a redução do espaçamento entre as fileiras não influencia significativamente nos teores de proteína e óleo nos grãos de soja (WERNER et al., 2017).

## Fileiras duplas

Na maioria dos experimentos realizados no Paraná, constatou-se que a produtividade de grãos da fileira dupla foi similar à do espaçamento convencional, como observado na Tabela 2. Ou seja, utilizando cultivares com arquiteturas distintas de plantas e diferentes densidades de semeadura, não foi verificada diferença de produtividade entre os espaçamentos usuais e as fileiras duplas. Possivelmente, isso ocorreu por causa da grande plasticidade fenotípica das cultivares de soja utilizadas (BALBINOT JUNIOR et al., 2014a).

**Tabela 2.** Produtividade de grãos de soja em três espaçamentos entre as fileiras, em Londrina, PR. Média de duas densidades de semeadura (375 e 562 mil sementes ha<sup>-1</sup>)<sup>(1)</sup>.

Espaçamento (m)	Produtividade de grãos (kg/ha)
Safrá 2011/12, cultivar BMX Turbo RR	
0,38	3.267 A <sup>(1)</sup>
0,19/0,38	3.538 A
0,19/0,57	3.405 A
Safrá 2012/13, cultivar BRS 360 RR	
0,40	3.170 A
0,20/0,40	2.984 A
0,20/0,60	3.465 A

<sup>(1)</sup> Letras comparam os três espaçamentos, dentro da mesma safrá (Tukey 5%).

Na safrá 2013/2014, em que ocorreu acentuada deficiência hídrica associada a altas temperaturas na fase de enchimento de grãos, observou-se que a produtividade de grãos nas cultivares BRS 359 RR e BMX Potência RR foi significativamente inferior na disposição em fileiras duplas, comparativamente ao espaçamento em linhas simples de 0,50 m (BALBINOT JUNIOR et al., 2014a). Nelson (2007) também verificou que os tratamentos com linhas simples de soja (0,19 m ou 0,38 m) resultaram em 200 a 400 kg ha<sup>-1</sup> superiores ao tratamento com fileiras duplas

(0,19 m/0,76 m). É possível que o elevado espaçamento entre as fileiras duplas (0,80 m) tenha permitido alta perda de água via evaporação, já que o dossel não fechou completamente as entrelinhas nas duas cultivares. Nessa condição, o principal componente de rendimento, afetado negativamente pela disposição em fileiras duplas, foi o peso de mil grãos.

Na Figura 3A, percebe-se que na disposição em fileiras duplas de 0,20 m/0,80 m houve muito espaço não ocupado pelas plantas de soja, as quais se encontravam em início de floração (R1). Mesmo na fase de formação de vagens (R4), a disposição em fileiras duplas não permitiu o pleno fechamento do dossel (Figura 3B). Em tese, a principal vantagem nessa situação é a maior penetração de luz e agroquímicos – especialmente fungicidas e inseticidas – no dossel, além de permitir maior aeração e, por consequência, maior facilidade de manejo de doenças e insetos-praga. Por sua vez, as principais desvantagens seriam a maior infestação de plantas daninhas e a perda de radiação que não é interceptada pela comunidade de plantas (PROCÓPIO et al., 2014). É importante enfatizar a necessidade de aprofundar as pesquisas, para avaliar os efeitos da semeadura em fileiras duplas sobre o manejo fitossanitário, pois uma hipótese plausível é de que essa tecnologia pode auxiliar no manejo de doenças e insetos-praga de difícil controle, como mofo-branco, por exemplo.

Nos ensaios conduzidos no Estado do Paraná durante quatro safras não se verificou efeito significativo dos tratamentos em fileiras duplas avaliadas sobre o acamamento das plantas, considerando as mesmas cultivares, densidades de plantas e manejo. Observou-se que o acamamento foi mais influenciado pela cultivar utilizada e pela densidade de plantas. Nesse tema, é relevante salientar que cuidado especial deve ser adotado para não incrementar em demasia a densidade de semeadura, em cultivares que apresentam propensão ao acamamento (BALBINOT JUNIOR, 2012).

Dados obtidos nas safras 2013/2014 e 2014/2015 apontam que a semeadura em fileiras duplas não tem influência significativa nos teores de proteína e óleo dos grãos de soja, comparativamente ao espaçamento convencional, considerando as mesmas cultivares e demais práticas de manejo (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).



**Figura 3.** Fechamento das entrelinhas em soja cultivada em fileira dupla (0,20 m/0,80 m) no estágio R1 – início do florescimento (A) e em R4 – formação de vagens (B), em Londrina, PR, safra 2013/2014.

## **Semeadura cruzada**

Na literatura existem poucos trabalhos que demonstram o desempenho produtivo de cultivares de soja em semeadura cruzada, em diferentes ambientes de produção. Em trabalho desenvolvido por Lima et al. (2012), constatou-se que a semeadura cruzada conferiu produtividade de grãos superior à semeadura normal, embora a semeadura cruzada tenha ocasionado aumento da severidade da ferrugem-asiática.

Em quatro experimentos conduzidos em Londrina, PR, nas safras 2011/2012 e 2012/2013, em que foram avaliados dois espaçamentos entre fileiras (0,4 m e 0,6 m), combinados com duas densidades de semeadura (375 e 562 mil sementes ha<sup>-1</sup>) e semeadura cruzada e não cruzada, em diferentes cultivares, não foram verificados ganhos de produtividade de grãos com o uso desta técnica (BALBINOT JUNIOR et al., 2013). Para a cultivar BRS 360 RR, cultivada na safra 2012/2013, a produtividade de grãos foi menor na semeadura cruzada do que na não cruzada. Isso pode ter ocorrido em razão do aumento do autossombreamento das folhas de soja proporcionado pela semeadura cruzada, acelerando a senescência das folhas próximas ao solo. Além disso, a formação de lavouras muito fechadas na semeadura cruzada pode reduzir a interceptação de fungicidas e inseticidas pelas folhas próximas ao solo, aumentando os problemas com pragas e doenças, como observado por Lima et al. (2012).

Em Campo Mourão, PR, na safra 2011/2012, também se verificou que a semeadura cruzada não conferiu ganhos de produtividade, concordando com os resultados obtidos em Londrina, PR (BALBINOT JUNIOR et al., 2013). É provável que a falta de resposta à semeadura cruzada esteve relacionada à grande capacidade da soja em ocupar rapidamente o espaço, pela emissão de ramos. Nesse contexto, em dois anos de experimentação no Paraná, a semeadura cruzada não promoveu ganhos de produtividade, mesmo considerando cultivares indeterminadas que apresentam plantas com arquitetura compacta e densidades de plantas maiores que as indicadas para a semeadura não cruzada.

Para as cultivares BRS 295 RR e BRS 360 RR, a semeadura cruzada não influenciou no acamamento das plantas de soja, considerando a média de dois espaçamentos entre fileiras (0,4 m e 0,6 m) e duas densidades de semeadura (375 e 562 mil sementes por hectare) (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

A principal desvantagem da semeadura cruzada, como apresentado na Figura 4, é o dispêndio de horas máquina para realizar a semeadura, que é duplicado, implicando em aumento de custos fixos e variáveis, como depreciação de tratores e semeadoras, combustível e mão de obra. A duplicidade de operação para realizar a semeadura cruzada eleva o consumo de combustível, o que propicia aumento na emissão de gases causadores de efeito estufa. Para a semeadura de grandes áreas, dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em máquinas necessitaria ser intensificado, elevando expressivamente o capital imobilizado. Esses entraves intensificam-se em regiões de cultivo de milho safrinha, onde atrasos na semeadura da soja podem inviabilizar ou elevar o risco no milho.



Foto: Alvadi Antonio Balbinot Junior

**Figura 4.** Representação do estande de plantas na modalidade de semeadura cruzada.

Não é viável a semeadura cruzada em áreas declivosas, com a presença de terraços de base estreita. É importante destacar que uma expressiva porcentagem das áreas com soja no Brasil é cultivada nessa circunstância, destacando-se os estados da região Sul do Brasil.

Em relação aos efeitos sobre o solo, a semeadura cruzada pode conferir maior compactação, em função do aumento de tráfego de tratores e semeadoras, bem como maior revolvimento do solo, predispondo o mesmo ao processo erosivo e aumentando a emergência de plantas daninhas, sobretudo de espécies que precisam de exposição das sementes à luz, para a superação da dormência. Enfatiza-se que a compactação do solo e a infestação de plantas daninhas de difícil controle são dois grandes problemas do Sistema Plantio Direto.

Outra observação prática é que a deposição de sementes da primeira operação de semeadura é prejudicada pela segunda passagem da semeadora e, em alguns casos, a primeira semeadura forma ondulações no terreno, prejudicando a plantabilidade da segunda passagem da semeadora. Isso faz com que haja perda de sementes.

## **Resultados do Estado de Mato Grosso do Sul**

### **Espaçamento reduzido**

A produtividade de grãos de soja na safra 2012/2013, em Dourados, MS, foi influenciada pelo espaçamento reduzido apenas para a cultivar BRS 360RR (GARCIA et al., 2016). Nesse caso, para todas as populações de plantas testadas, a redução do espaçamento entre linhas resultou em maior produtividade de grãos, quando comparada ao modelo tradicional (45 cm). Quanto à cultivar com tipo de crescimento determinado, não houve efeito significativo no rendimento da soja. Mesmo com populações elevadas, não foi observado acamamento de plantas em nenhum dos experimentos. Esse comportamento está mais relacionado com a característica da cultivar do que com o efeito de espaçamentos.

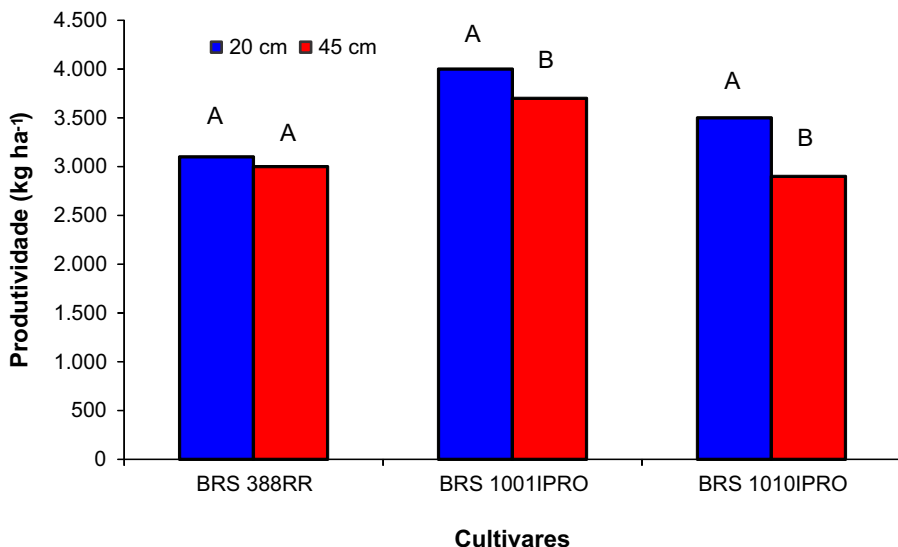
Quanto à safra 2013/2014, não houve o mesmo comportamento, em consequência da redução do espaçamento (GARCIA et al., 2016). A população de plantas também não influenciou na produtividade de grãos. Os resultados foram consistentes para as duas cultivares avaliadas (BRS 295RR e BRS 359RR). Nessa mesma safra, também foi avaliada uma semeadura tardia, realizada em meados de novembro, que também resultou na ausência de efeito na produtividade de grãos.

Na safra 2014/2015, em Dourados, MS, ficou evidente o efeito prejudicial da redução do espaçamento entre linhas na produtividade de grãos, para as duas cultivares avaliadas (BRS 359RR e BRS 360RR) (GARCIA et al., 2016). Os valores obtidos foram baixos, com produtividades médias abaixo dos 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. Vale ressaltar que as condições climáticas nessas três safras agrícolas foram distintas. Para a safra 2012/2013, os veranicos ocorreram na fase vegetativa e no início do enchimento de grãos, o que resultou em plantas com crescimento radicular mais profundo e adequada área foliar. Nesse cenário, o espaçamento reduzido mostrou-se favorável. Por sua vez, na safra 2014/2015 a incidência de veranico ocorreu em fase mediana do enchimento de grãos (R5.3), enquanto nas fases iniciais de desenvolvimento da soja ocorreu grande oferta hídrica, proporcionando plantas com crescimento de raízes mais superficiais e excesso de área foliar. Nessa situação, o espaçamento reduzido foi menos produtivo.

Em condições de adequada oferta hídrica durante todo o desenvolvimento das plantas na safra 2013/2014, as produtividades foram altas, chegando a ultrapassar 4.000 kg ha<sup>-1</sup> (GARCIA et al., 2016). Esse fato também foi constatado para um experimento conduzido no Município de Ponta Porã, MS, na safra 2014/2015. Com adequada disponibilidade hídrica durante toda safra, as produtividades para as três cultivares testadas foram satisfatórias. Nos genótipos BRS 1001IPRO e BRS 1010IPRO, a redução do espaçamento entre linhas para 20 cm resultou em maior produtividade de grãos (Figura 5). Em função das condições geográficas e climáticas de Ponta Porã, caracterizada por altitudes ao redor de 700 m, com noites de temperaturas mais amenas, a



redução do espaçamento entre linhas poderia favorecer um intenso crescimento em altura das plantas, ocasionando acamamento. No entanto, isso não foi constatado.



**Figura 5.** Produtividade de grãos de soja das cultivares BRS 388RR, BRS 1001IPRO e BRS 1010IPRO, em função do espaçamento entre linhas reduzido, em Ponta Porã, MS, safra 2014/2015<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada cultivar, letras maiúsculas iguais não diferem os espaçamentos entrelinhas (Tukey, 5%).

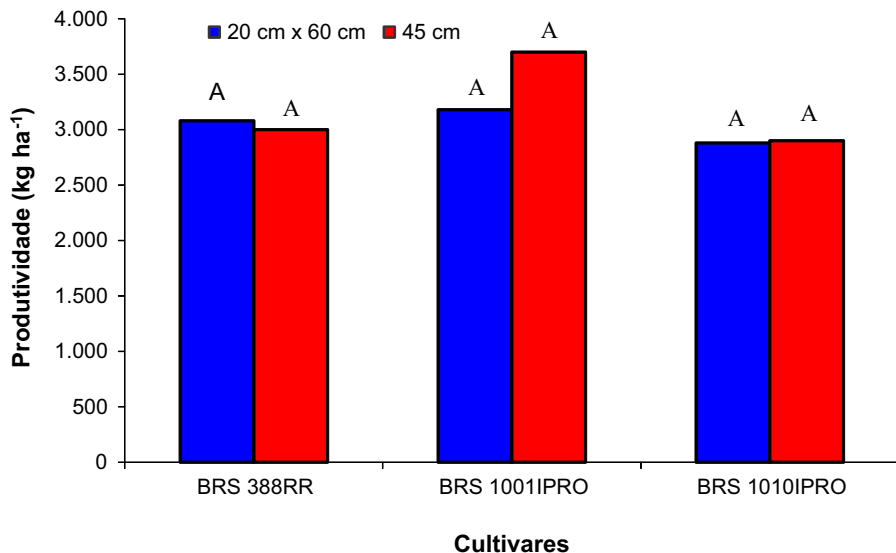
Com a redução no espaçamento entre linhas, podem ser acarretadas modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, fechamento da área da entrelinha, área foliar e índice de área foliar, que podem resultar em aumento no rendimento de grãos (PIRES et al., 2000). A alteração da área foliar, em função da densidade de população e do tipo de planta, aumenta a percentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de matéria seca a valores máximos, à medida que a área foliar é incrementada (PORRAS et al., 1997).

Esperava-se que plantas dispostas de forma mais equidistantes com espaçamentos reduzidos fossem mais responsivas quanto à captação de energia luminosa e exploração do perfil do solo. Além disso, plantas mais compactas, como algumas cultivares com tipo de crescimento indeterminado, poderiam tolerar maiores populações de plantas, sem redução no potencial produtivo de cada indivíduo, o que de fato não ocorreu. O comportamento produtivo da soja em espaçamento reduzido mostrou-se variável, havendo forte influência das condições climáticas e de genótipos.

### **Fileiras duplas**

O modelo de semeadura com fileiras duplas (20 cm x 60 cm) não foi eficiente para aumentar a produtividade de grãos de soja, em todos os experimentos conduzidos em Mato Grosso do Sul (GARCIA et al., 2016). Esses resultados foram consistentes para todas as cultivares avaliadas em Dourados (2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015) e Ponta Porã (2014/2015). Além disso, para a safra 2014/2015 em Ponta Porã, a cultivar BRS 1001IPRO apresentou menor produtividade em relação ao espaçamento convencional de 45 cm (Figura 6). A grande variabilidade no potencial produtivo entre as safras decorreu das condições climáticas contrastantes durante a condução dos experimentos, assim como relatado para a semeadura com espaçamento reduzido.

A proposta do arranjo de fileiras duplas teria como objetivo a formação de um estande com plantas mais equidistantes, sem que ocorressem prováveis limitações fitossanitárias da lavoura. Ou seja, seria um estágio intermediário entre o espaçamento reduzido e o convencional. No experimento de Ponta Porã, MS, houve considerável prejuízo decorrente da ferrugem-asiática, diminuindo o potencial produtivo de todos os tratamentos; dessa forma, não foi constatado nenhum benefício dos espaçamentos maiores no controle dessa doença.



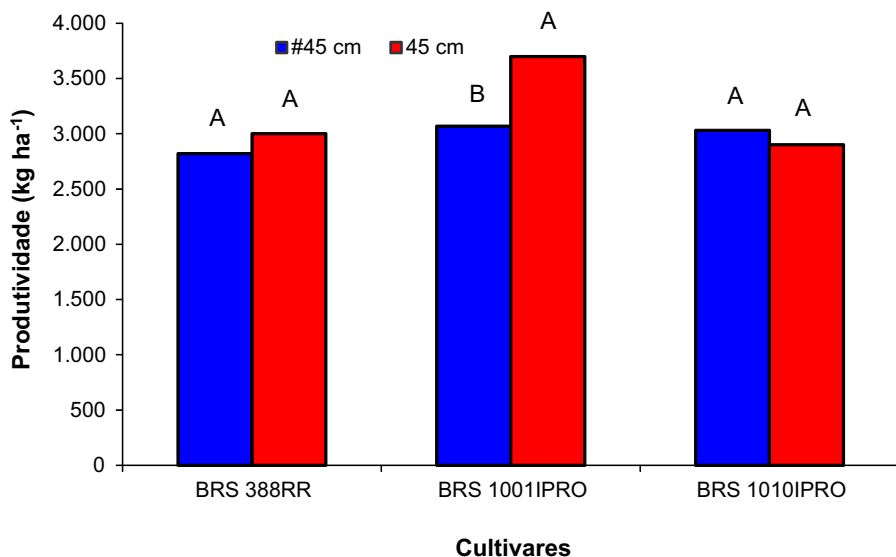
**Figura 6.** Produtividade de grãos de soja das cultivares BRS 388RR, BRS 1001IPRO e BRS 1010IPRO, em função do espaçamento de fileiras duplas, em Ponta Porã, MS, safra 2014/2015<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada cultivar, letras maiúsculas iguais não diferem os espaçamentos entrelinhas (Tukey, 5%).

Esse modelo de espaçamento, com fileiras duplas, nos dois locais, não interferiu no acamamento de plantas, mesmo nas populações acima das recomendadas. Assim como no espaçamento reduzido, possíveis problemas de acamamento estão mais relacionados com a característica de cada genótipo do que com mudanças nos espaçamentos entrelinhas.

## Semeadura cruzada

A semeadura cruzada não proporcionou aumento na produtividade de grãos de soja, em todas as populações de plantas e cultivares testadas, em diversos experimentos conduzidos em Dourados, MS, conforme Garcia (2015) e Garcia et al. (2016). No caso da safra 2013/2014, em Dourados, esse método de implantação gerou prejuízos de 829 e 566 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares BRS 295RR e BRS 359RR, respectivamente. No caso da safra 2014/2015, em Ponta Porã, o prejuízo para a cultivar BRS 1001IPRO atingiu 537 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 7).



**Figura 7.** Produtividade de grãos de soja das cultivares BRS 388RR, BRS 1001IPRO e BRS 1010IPRO, em função da modalidade de sementeira cruzada, em Ponta Porã, MS, safra 2014/2015<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada cultivar, letras maiúsculas iguais não diferem os espaçamentos entrelinhas (Tukey, 5%).

A produtividade máxima da soja é determinada pela otimização da capacidade da planta na interceptação da radiação solar e/ou acúmulo de matéria seca durante o estágio vegetativo e o reprodutivo (WELLS, 1991, 1993). Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é a diminuição do tempo para que a interceptação pela cultura seja de 95% da radiação solar incidente; com isso, incrementa-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD et al., 1992). Para Rambo et al. (2004), a redução do espaçamento entre linhas, em uma mesma população de plantas, distribui melhor as plantas na área. A redução do espaçamento entre linhas na soja tem resultado em acréscimos no potencial de rendimento e no rendimento de grãos (PIRES et al., 1998, 2000; THOMAS et al., 1998; UDOGUCHI; McCLOUD, 1987) e está associada a vários fatores, como o melhor uso da água, devido ao sombreamento mais rápido do solo pelo

dossel, melhor distribuição de raízes, maior habilidade na competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo e maior e mais rápida interceptação da radiação solar. Em contrapartida, a soja é uma espécie que naturalmente apresenta excesso de área foliar. Diante do exposto, a suposta melhor distribuição das plantas na modalidade de semeadura cruzada não foi fator relevante para incrementar a produção de grãos de soja em Ponta Porã (Figura 7). Isso pode estar relacionado às dificuldades operacionais para a implantação desse modelo, ou mesmo pela maior competição entre plantas nas interseções de semeadura.

Em trabalhos mais recentes, ainda persistem as divergências para o efeito do arranjo de plantas de soja na produtividade de grãos, mesmo com as cultivares de soja mais compactas e modernas. No trabalho de Balbinot Junior et al. (2015b), não houve influência da modalidade de semeadura cruzada em condições de diferentes cultivares e populações de plantas. Em contrapartida, Lima et al. (2012) destacaram aumentos de produtividade com o cruzamento de linhas, para as duas cultivares testadas. Ou seja, há uma grande interação de fatores, como condições climáticas, fitossanidade, cultivar, manejo da adubação, época de plantio, etc.; o que dificulta a obtenção de resultados consistentes.

Levantamentos da população de plantas, realizados logo após a emergência e por ocasião da colheita, em todos os experimentos, indicam as limitações operacionais da modalidade de semeadura cruzada. Houve considerável redução de estande nas duas avaliações. Ou seja, as limitações foram decorrentes do processo de semeadura, assim como da competição intraespecífica, durante o desenvolvimento das plantas.

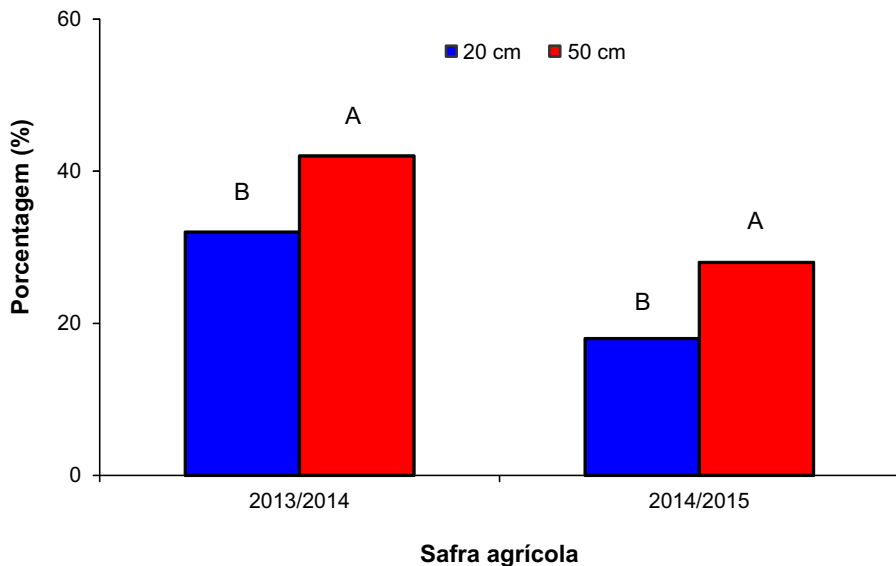
A utilização de semeadoras com o mecanismo de “facão” ou “botinha” pode ser limitante para essa etapa operacional. Isso ocorre por causa do maior revolvimento do solo, causando o descobrimento das sementes depositadas na primeira etapa da semeadura. Ou seja, a segunda passagem da máquina resulta numa melhor distribuição de plantas que

na primeira. De outra forma, em solos com textura muito argilosa, a semeadura sem esse mecanismo sulcador pode ficar limitada. Além disso, a segunda semeadura, perpendicular à primeira resulta numa certa compactação do sulco de semeadura da primeira passada, decorrente dos rodados do trator e da plantadeira. Mesmo com essas limitações operacionais e com diversos ajustes efetuados, a disposição das plantas ficou satisfatória, conforme a proposta do trabalho. No entanto, em se tratando de extensas áreas de produção, esse é um fator limitante, pois a boa formação do estande de plantas é dependente de umidade do solo adequada no momento da semeadura e da baixa velocidade de trabalho do conjunto de máquinas.

A manutenção do estande e do padrão de plantas é um desafio na semeadura cruzada. Após a emergência e o desenvolvimento das plantas, observou-se grande competição nas interseções de semeadura, onde havia maior quantidade de indivíduos. Com o passar dos dias, houve considerável morte de plantas ou permanência de plantas dominadas, com produção de grãos desprezível. Esse fato justifica a diminuição de estande entre a avaliação após a emergência e a colheita. Para os demais espaçamentos, as variações no estande de plantas não sofreram efeitos consideráveis, o que já era esperado.

## **Plasticidade da soja nos diferentes arranjos de plantas**

Grande parte da plasticidade fenotípica da soja é conferida pela emissão de ramos, que impacta diretamente no aproveitamento dos recursos disponíveis e no componente de rendimento número de vagens por planta (BALBINOT JUNIOR et al., 2015b; PROCÓPIO et al., 2014). Em trabalho conduzido em Londrina, verificou-se que a redução do espaçamento provocou redução da porcentagem de grãos oriundos dos ramos, provavelmente em função do aumento da força de demanda de fotoassimilados nas hastes principais (Figura 8).



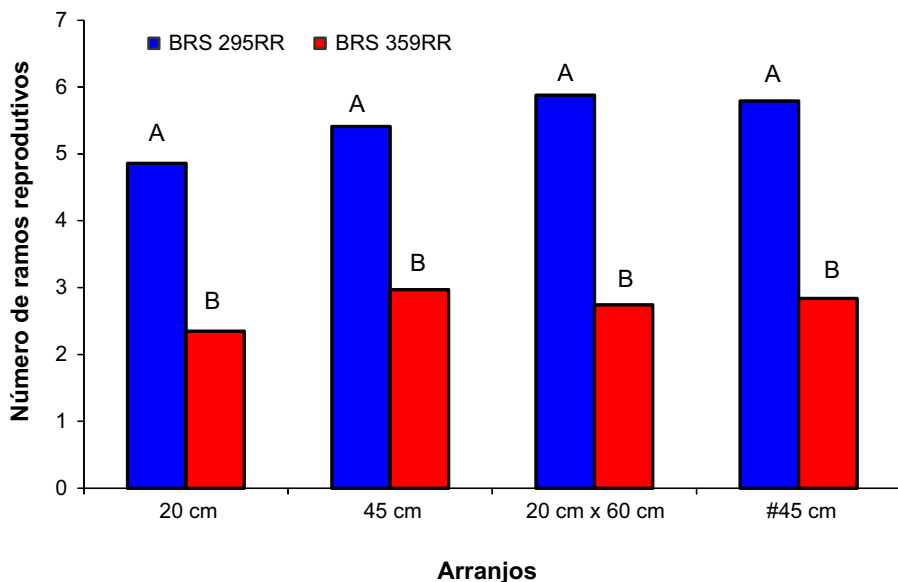
**Figura 8.** Porcentagem da produção de grãos proveniente dos ramos, em dois espaçamentos entre fileiras e duas safras, em Londrina, PR<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Médias de três densidades de plantas. Letras comparam os dois espaçamentos dentro da mesma safra (Tukey, 5%).

A contribuição dos ramos na produtividade são indicadores de que as plantas de soja, independente das características da cultivar, apresentam considerável plasticidade. Nos experimentos da safra 2013/2014 em Dourados, MS (Figuras 9 e 10), conforme foram elevadas as populações de plantas, a arquitetura foi influenciada, com a formação de plantas mais compactas e menos ramificadas.

Para a cultivar com tipo de crescimento indeterminado e arquitetura compacta (BRS 359RR), era esperado que fossem toleradas maiores populações de plantas, sem prejuízos na produção individual de cada planta, o que poderia resultar em ganhos consistentes de produtividade. No caso da BRS 295RR, o número de ramos por planta chegou a 5,88 (Figura 9). Já para a BRS 359 essa variável atingiu o valor de 2,97. De fato, as cultivares selecionadas apresentaram características

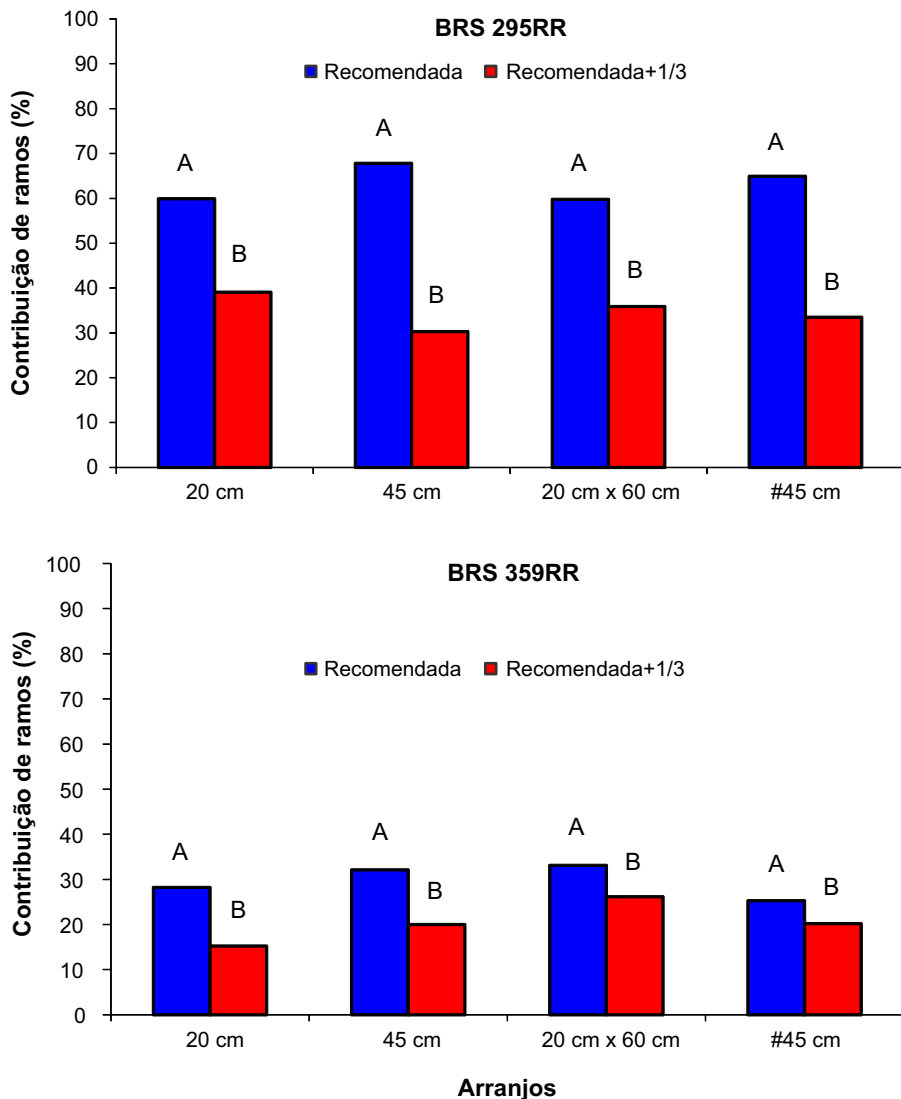
contrastantes. O uso de populações muito acima da recomendação, além de acarretar aumento nos gastos com sementes, pode levar ao acamamento de plantas e não proporcionar acréscimo no rendimento de grãos. Já a adoção de populações abaixo da recomendação favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em elevadas perdas na colheita (VASQUEZ et al., 2008).



**Figura 9.** Número de ramos reprodutivos para as cultivares BRS 295RR e BRS 359RR, em diferentes arranjos de plantas. Dourados, MS, safra 2013/2014<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada espaçamento, letras maiúsculas iguais não diferem as cultivares (Tukey, 5%).





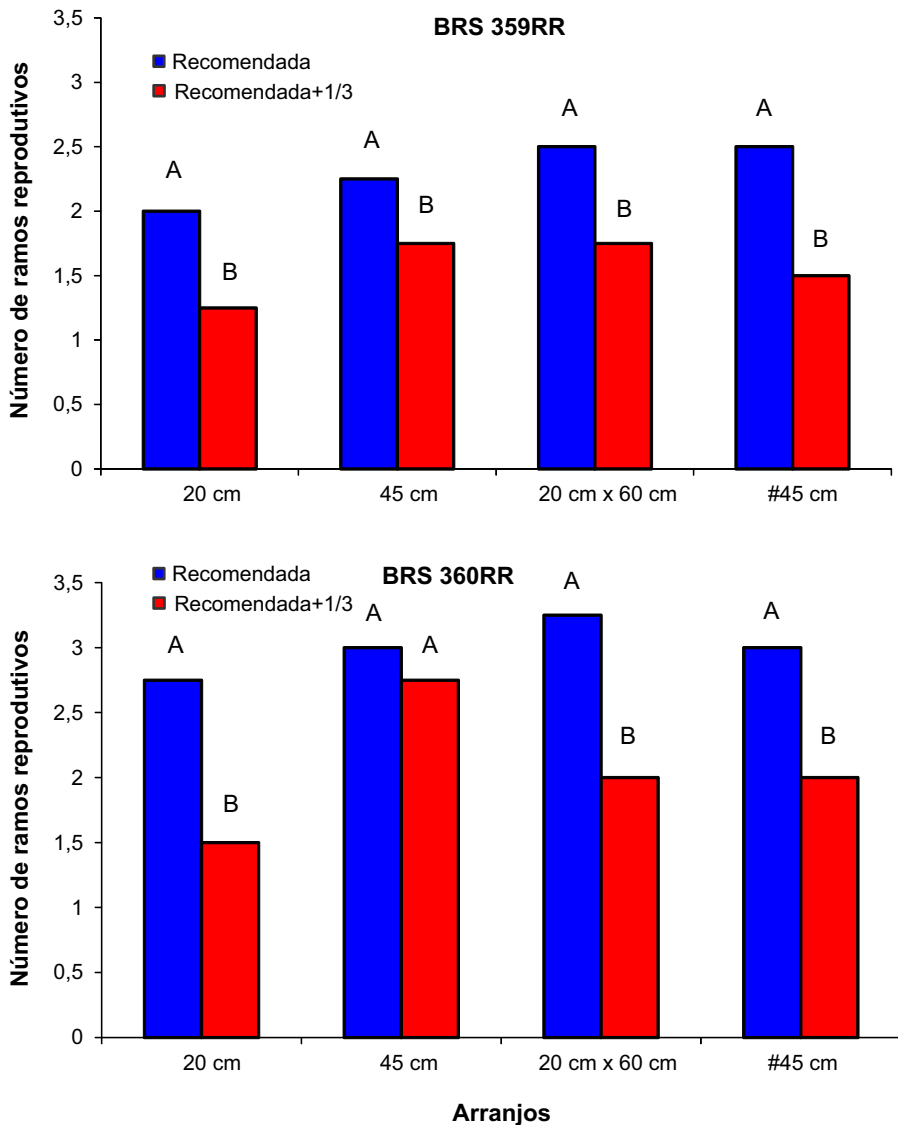
**Figura 10.** Contribuição de ramos (%) na produtividade de grãos de soja, cultivares BRS 295RR e BRS 359RR, em função do arranjo de plantas, em Dourados, MS, safra 2013/2014<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada arranjo, letras maiúsculas iguais não diferem as populações (Tukey, 5%).

Na safra 2014/2015, o número de ramos reprodutivos também foi diminuído em função do aumento da população de plantas (Figura 11). Ou seja, quanto maior a população de plantas, menor é a produção de ramos laterais. Consequentemente, as vagens concentradas na haste principal proporcionam aumento na produtividade. Esse comportamento é constante e independe da cultivar. Essa característica de plasticidade da cultura da soja foi destacada em inúmeros trabalhos com populações de plantas e espaçamentos. Com relação aos espaçamentos, destaca-se que o reduzido resulta em menor ramificação de plantas. Mesmo com menor número de plantas na linha, o espaçamento entre linhas diminui consideravelmente. Isso pode favorecer a planta a emitir menos ramos laterais (Figura 11).

Marchiori et al. (1999) constataram que, quanto maior a população de plantas de soja na linha, maior a altura final das plantas, menor o diâmetro da haste principal e menor o número de ramificações por planta. Segundo Oz (2008), o número de ramificações por planta diminui com o aumento da população de plantas, mas o rendimento de grãos não é afetado em densidades entre 14 e 28 plantas  $m^{-2}$ . A diminuição do número de ramificações por planta pode estar relacionada com a competição intraespecífica, a qual é aumentada com o incremento do número de plantas por área, alterando diretamente o número de ramos por planta (SOUZA et al., 2010). De forma geral, esse comportamento foi consistente no presente trabalho (Figuras 8 a 11).

Com base em experimentos conduzidos em quatro safras nos estados do Paraná e de Mato Grosso do Sul, verificou-se que arranjos alternativos, em geral, não apresentaram vantagens agrônomicas relevantes. Resultados positivos foram alcançados em casos pontuais.



**Figura 11.** Número de ramos reprodutivos em função do arranjo de plantas de soja, cultivares BRS 359RR e BRS 360RR, em Dourados, MS, safra 2014/2015<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>Para cada arranjo, letras maiúsculas iguais não diferem as populações (Tukey, 5%).

## Impactos no manejo da cultura da soja

Além dos resultados supracitados, também foi realizado um comparativo de outras características da lavoura de soja, que poderiam ser influenciadas pelos arranjos de plantas nos diversos experimentos conduzidos no Paraná e em Mato Grosso do Sul. Nesse sentido, foi elaborado um resumo, destacando-se o comportamento dessas características adicionais avaliadas, o que é de grande importância para caracterizar o efeito na sustentabilidade do cultivo dessa oleaginosa (Tabela 3).

**Tabela 3.** Efeito do impacto de arranjos alternativos sobre variáveis da cultura da soja em relação ao espaçamento convencional (0,45 m a 0,50 m).

Variável	Reduzido (0,20 m a 0,30 m)	Fileiras duplas (0,2/0,6 m a 0,2/0,8 m)	Cruzado (0,45 m a 0,50 m)
Mobilização do solo na semeadura	Aumenta	Similar	Aumenta muito
Obtenção de estande almejado	Similar	Similar	Reduz
Velocidade de fechamento do dossel	Aumenta	Reduz	Aumenta
Peso dos ramos na produção	Reduz	Similar	Similar
Altura de plantas	Similar	Similar	Similar
Altura de inserção da primeira vagem	Similar	Similar	Similar
Acamamento	Similar	Similar	Similar
Plasticidade das plantas	Similar	Similar	Similar
Resposta à adubação	Similar	Similar	Similar
Incidência de plantas daninhas	Reduz	Aumenta	Aumenta
Incidência de insetos-praga	Variável	Reduz	Variável
Incidência de doenças	Similar	Similar	Similar
Teor de proteína nos grãos	Similar	Similar	Similar
Teor de óleo nos grãos	Similar	Similar	Similar
Custos	Aumenta pouco	Similar	Aumenta muito
Produtividade de grãos	Similar/reduz/ aumenta	Similar/reduz	Similar/reduz

## Considerações finais

Os trabalhos de arranjos de plantas de soja conduzidos no Paraná e em Mato Grosso do Sul evidenciam, de forma geral, que:

1. As cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado, mesmo sendo mais compactas, continuam apresentando considerável plasticidade decorrente de alterações nos espaçamentos entrelinhas, o que dificulta a obtenção de ganhos de produtividade consistentes.
2. Os ganhos de produtividade nos espaçamentos reduzidos foram pontuais, sendo dependentes do genótipo utilizado e das condições climáticas. Portanto, não se justifica recomendar alterações dos espaçamentos usuais (45 cm a 50 cm).
3. A escolha correta das cultivares de soja, considerando-se épocas e população de plantas, acompanhado de uma distribuição de plantas adequada no arranjo convencional (45 cm a 50 cm), já são suficientes para a obtenção de altas produtividades.

## Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2016/17: décimo levantamento, v. 4, n. 10, jul. 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_07\\_12\\_11\\_17\\_01\\_boletim\\_graos\\_julho\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2017.

BALBINOT JUNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 40-43, mar. 2012.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas de soja. **Semina: ciências agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, set./out. 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Fileiras duplas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014a. 6 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 108).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Redução do espaçamento entre linhas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014b. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 106).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Semeadura cruzada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 98).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: ciências agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, maio/jun. 2015b.

BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 4, p. 575-579, July/Aug. 1992.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362-370, July/Sept. 2016.

GARCIA, R. A. **Modalidade de semeadura cruzada não é garantia de aumento de produtividade de grãos de soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 33).

GARCIA, R. A.; RICHETTI, A.; SUTIER, G. A. S. **Arranjos alternativos de plantas de soja: viabilidade técnica-econômica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016. 9 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 37).

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G.; REIS, E. F. dos. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, ago. 2014.

KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja – terceira aproximação**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330).

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. 954-962, nov./dez. 2012.

MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEREIRA, C. P.; MARTINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, abr./jun. 1999.

NELSON, K. A. Glyphosate application timings in twin- and single-row corn and soybean spacings. **Weed Technology**, v. 21, n. 1, p. 186-190, Jan./Mar. 2007.

OZ, M. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 24, p. 4464-4470, Dec. 2008.

PIRES, J. L.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, ago. 2000.

PORRAS, C. A.; CAYÓN, D. G.; DELGADO, O. A. Comportamento fisiológico de genótipos de soja em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica (Palmira)**, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

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**, v. 56, n. 4, p. 319-325, out./dez. 2013.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@ambiente**, v. 8, n. 2, p. 212-221, maio/ago. 2014.

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, jan./fev. 2004.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 887-896, dez. 2010.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, v. 28, n. 4, p. 543-546, out./dez. 1998.

UDOGUCHI, A.; McCLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 46, p. 75-79, 1987.

VASQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.



WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 1, p. 44-48, Jan./Feb. 1993.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 755-761, May/June 1991.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20 n. 8, p. 734-738, Aug. 2016.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. A.; MANDARINO, J. M. G.; ZUCARELI, C. Size, chlorophyll retention and protein and oil contents of grains from soybean plants grown in different spatial arrangements. **Semina: ciências agrárias**, v. 38, n. 1, p. 85-96, jan./fev. 2017.



---

*Agropecuária Oeste*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 14159