

Densidade de plantas na cultura da soja



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

Documentos 364

Densidade de plantas na cultura da soja

*Alvadi Antonio Balbinot Junior
Sergio de Oliveira Procópio
Henrique Debiasi
Julio Cezar Franchini*

Embrapa Soja
Londrina, PR
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta

Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR

Fone: (43) 3371 6000

Fax: (43) 3371 6100

www.embrapa.br/soja

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, Eliseu Binneck, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi.*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica e capa: *Marisa Yuri Horikawa*

1ª edição

Versão *Online* (2015)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Densidade de plantas na cultura da soja [recurso eletrônico]: / Alvadi Antonio Balbinot Junior ... [et al.] – Londrina: Embrapa Soja, 2015.

36 p. : il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.364)

1. Soja-Prática cultural. I. Balbinot Junior, Alvadi Antonio. II. Embrapa Soja. III. Série.

CDD 633.34 (21.ed.)

© Embrapa 2015

Autores

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina, PR
alvadi.balbinot@embrapa.br

Sergio de Oliveira Procópio

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracajú, SE
sergio.procopio@embrapa.br

Henrique Debiasi

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina, PR
henrique.debiasi@embrapa.br

Julio Cezar Franchini

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina, PR
julio.franchini@embrapa.br

Apresentação

O ajuste da densidade de plantas em uma lavoura de soja é uma prática de manejo importante para obtenção de alta produtividade de grãos, com menor custo possível. A quantidade de plantas por área determina a competição entre plantas de soja por água, luz e nutrientes, podendo alterar o crescimento das plantas, a velocidade de fechamento das entre linhas, a incidência de pragas, a penetração de agrotóxicos no dossel, o acamamento de plantas e, por consequência, a produtividade e a qualidade de grãos. Adicionalmente, em razão da utilização de cultivares transgênicas, o custo de sementes tem aumentado na última década, fortalecendo a necessidade de se utilizar esse insumo com a máxima racionalidade possível.

No presente documento, são apresentados e discutidos resultados de pesquisas que avaliaram os impactos de densidades de plantas de soja sobre o desempenho agrônomo da oleaginosa, considerando várias cultivares e ambientes de produção. A Embrapa Soja espera que as informações disponibilizadas nesta publicação contribuam para o aprimoramento das práticas de manejo da soja visando alta produtividade e sustentabilidade da cultura.

Ricardo Vilela Abdelnoor

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Relação entre a densidade de plantas e a produtividade de grãos..	12
3. Impacto da densidade nos componentes de rendimento.....	18
4. Impacto da densidade no índice de colheita	22
5.Importância dos ramos na produtividade em diferentes densidades de plantas	23
6. Crescimento de plantas influenciado pela densidade.....	26
7. Ajuste de densidade visando à redução do acamamento	30
8. A relação da densidade com a mortalidade de plantas	31
9. Teor de óleo e proteína nos grãos em diferentes densidades	32
10. Consideração final	33
11. Agradecimento.....	33
12. Referências.....	34

Densidade de plantas na cultura da soja

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Sergio de Oliveira Procópio

Henrique Debiasi

Julio Cezar Franchini

1. Introdução

A produtividade de grãos, assim como outras variáveis fenotípicas, é dependente dos atributos genéticos das plantas, do ambiente de produção e da interação entre esses dois fatores. Por sua vez, o ambiente depende de características intrínsecas da região, como o clima, o qual não é manejado pelo homem, e de características fitotécnicas, como, por exemplo, o arranjo espacial de plantas na área.

Dentre as práticas de manejo da cultura da soja, o arranjo espacial das plantas pode afetar expressivamente a velocidade de fechamento das entre linhas, a produção de fitomassa, a arquitetura das plantas, a severidade de doenças, o acamamento e a produtividade da cultura. Isso ocorre porque o arranjo afeta a competição intraespecífica e, conseqüentemente, a quantidade de recursos do ambiente – água, luz e nutrientes - disponíveis para cada planta. O arranjo espacial pode ser alterado pela densidade de plantas (Figura 1) e pelo espaçamento entre as fileiras.

No meio técnico e na literatura científica há certa confusão acerca da terminologia para expressar o número de plantas por hectare. Geralmente, utilizam-se as expressões população de plantas, densidade de

plantas, densidade de semeadura e densidade populacional para se referir à mesma variável. Nesse trabalho será adotado o termo “densidade de plantas” para expressar a quantidade de plantas por hectare, já que a palavra densidade, dentro do conceito populacional, pressupõe uma determinada quantidade de indivíduos por área, no caso hectare. Também será adotada a expressão “densidade de semeadura” para expressar a quantidade de sementes utilizada por hectare, que determinará a densidade de plantas.

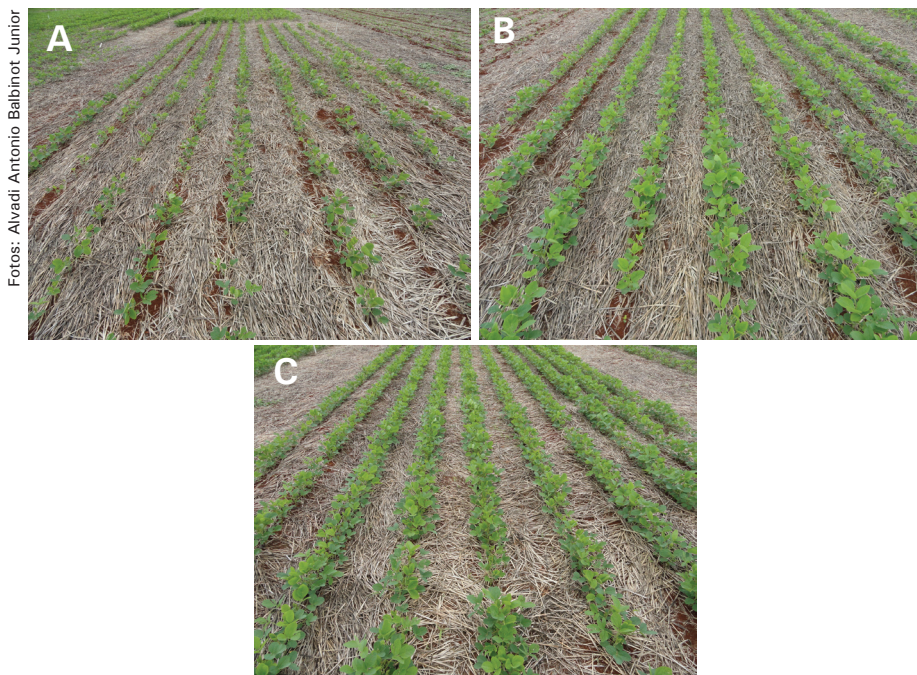


Figura 1. Parcelas com diferentes densidades de plantas: 150 (A), 300 – indicada para a cultivar (B) e 450 (C) mil plantas/hectare. Cultivar BRS 359 RR. Londrina-PR, safra 2014/2015.

Vários trabalhos têm demonstrado a baixa resposta da soja às variações de densidade de plantas (Board, 2000; Tourino et al., 2002; Lee et al., 2008; Procópio et al., 2013; De Luca e Hungria, 2014; Balbinot Junior et al., 2015). Esse resultado é função da alta plasticidade fenotípica da cultura, a qual consiste na capacidade da planta alterar sua morfologia e componentes do rendimento, a fim de adequá-los à

condição imposta pelo arranjo de plantas, permitindo a manutenção da produtividade em ampla faixa de densidade (Cooperative..., 1994). Ou seja, em baixa densidade, as plantas de soja tendem a emitir maior quantidade de ramos e formar hastes mais robustas, aumentando o número de vagens por planta. Com isso, pode haver compensação da menor quantidade de indivíduos por área pela maior produção por planta.

Nas décadas de 1980 e 1990 foram realizados vários trabalhos de pesquisa no Brasil com diferentes densidades de plantas na cultura da soja, considerando ampla gama de cultivares e condições edafoclimáticas. Todavia, na última década, poucos trabalhos científicos foram desenvolvidos e publicados no país sobre o tema. A atualização dos trabalhos com ajuste de densidade de plantas é justificada por quatro fatores: 1) mudança nas características morfofisiológicas das cultivares de soja e das práticas de manejo utilizadas na última década; 2) aumento da expectativa de produtividade de grãos; 3) semeadura antecipada da soja para possibilitar o cultivo de milho safrinha e/ou reduzir a incidência de doenças e pragas no final do ciclo, o que acarreta em mudança no ambiente de produção dessa oleaginosa; e 4) aumento do preço das sementes, em função das características inseridas nos genótipos via transgenia. Nesse contexto, o ajuste técnico da quantidade de plantas de soja consiste em prática de manejo que pode promover aumentos de produtividade e racionalização dos custos de produção.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os principais resultados de pesquisa obtidos no estado do Paraná relacionados ao ajuste da densidade de plantas em cultivares modernas de soja, visando à obtenção de altas produtividades de grãos.

2. Relação entre a densidade de plantas e a produtividade de grãos

A maioria dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos em Londrina e em Campo Mourão, PR, considerando ampla faixa de densidade de plantas, demonstrou que a densidade teve pouca influência sobre a produtividade de grãos, mesmo considerando cultivares com arquitetura compacta e ciclo curto. Na maioria dos trabalhos, a densidade não teve influência sobre a produtividade de grãos (Figuras 2 a 7). Adicionalmente, os experimentos conduzidos apresentaram ampla variação de condições ambientais, o que aumenta a consistência dos resultados. Isso demonstra a alta plasticidade de crescimento das plantas de soja. Nesse contexto, o aumento do número de indivíduos além do indicado pelos obtentores (em geral de 250 a 350 mil plantas/ha) é uma prática que não se refletiu em aumentos significativos de produtividade, além de implicar em aumento nos custos de produção, sobretudo com a utilização de cultivares transgênicas, cujo valor da semente é elevado. Salienta-se que, atualmente, as sementes se constituem no segundo item de maior dispêndio de uma lavoura de soja. Frente ao aumento do custo com sementes, torna-se cada vez mais relevante o uso de sementes de boa qualidade, a realização da semeadura com adequada umidade do solo e a regulação correta das semeadoras, a fim de otimizar o uso desse insumo. É importante frisar também que o aumento na utilização de sementes promove incremento na utilização de outros insumos, como inoculantes, micronutrientes, principalmente Co e Mo, fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento das sementes. Esse efeito em cascata resulta em aumento nos custos de produção.

Outro aspecto relevante é a necessidade de replantio nos casos de inadequada emergência de plantas. Em geral, os resultados de pesquisa indicam ausência de diferença na produtividade quando se tem a densidade indicada e a metade desta. No entanto, é preciso enfatizar que nesses experimentos a distribuição das plantas foi uniforme, ou seja, não havia grandes falhas na formação da lavoura. A ocorrência de falhas pode reduzir o aproveitamento de recursos e, conseqüentemente,

a produtividade de grãos. Também é relevante pontuar que o replantio é uma prática que implica no aumento expressivo do custo de produção, pois há necessidade de dessecação química das plantas que emergiram na primeira semeadura, gasto de mais sementes e realização de uma operação de semeadura adicional (Gaspar & Conley, 2015). Além disso, em muitos casos, o replantio é realizado fora de época adequada de semeadura, o que pode se refletir em limitação da produtividade de grãos e atraso da semeadura de outras culturas em sucessão. Ou seja, a decisão de se fazer ou não o replantio precisa ser tomada seguindo fundamentos técnicos, considerando que, mesmo em baixas densidades, a soja tende a compensar em grande parte a redução do número de plantas por área.

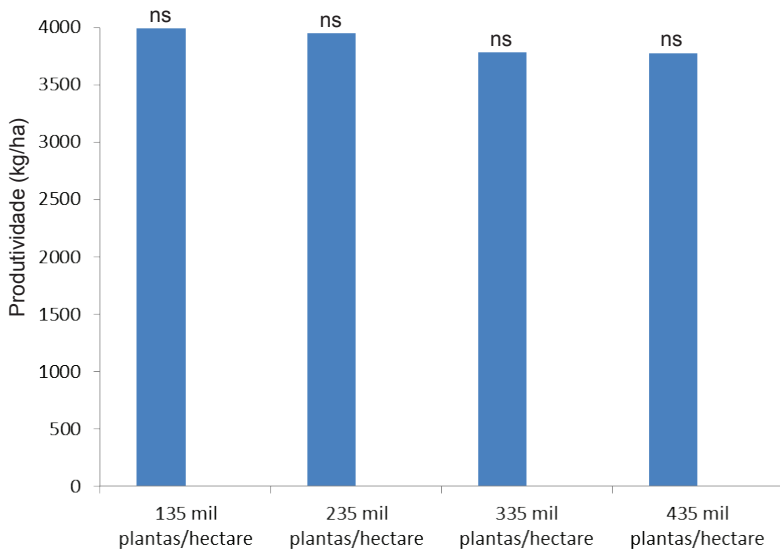


Figura 2. Produtividade de grãos de soja em quatro densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Ns = diferenças não significativas. Londrina-PR, safra 2014/2015.

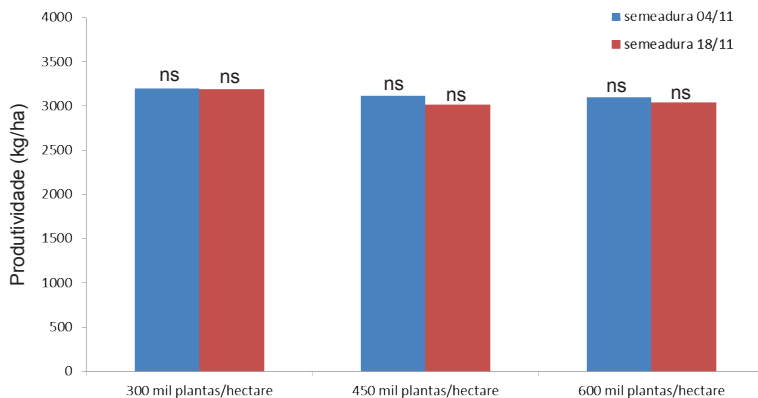


Figura 3. Produtividade de grãos de soja em três densidades de plantas e em duas épocas de semeadura. Cultivar BMX Potência RR. Ns = diferenças não significativas entre densidades, dentro de cada época de semeadura. Campo Mourão, PR, safra 2011/2012.

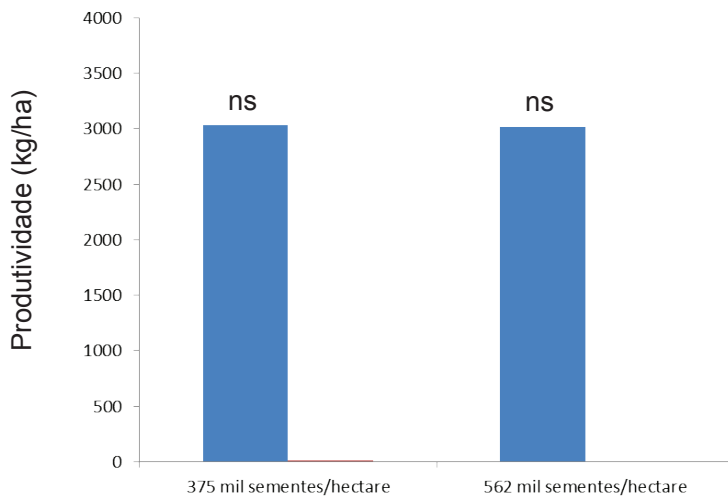


Figura 4. Produtividade de grãos de soja em duas densidades de semeadura. Cultivar BRS 294 RR. Ns = diferenças não significativas. Londrina, PR, safra 2011/2012. Adaptado de Procópio et al. (2014).

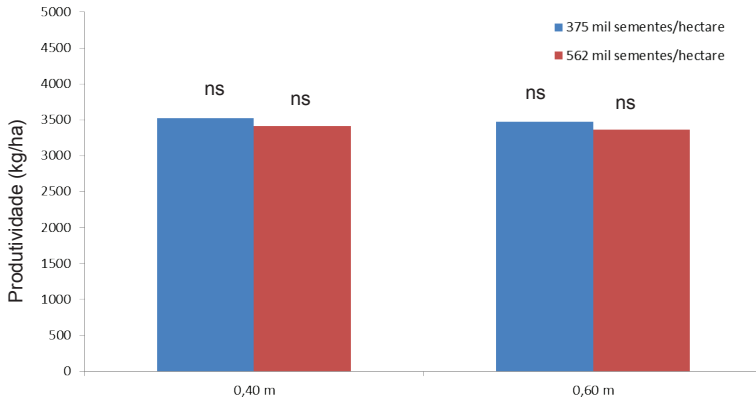


Figura 5. Produtividade de grãos de soja em duas densidades de semeadura e em dois espaçamentos entre as fileiras. Cultivar BRS 359 RR. Ns = diferenças não significativas entre densidades dentro de cada espaçamento. Londrina, PR, safra 2011/2012. Adaptado de Procópio et al. (2013).

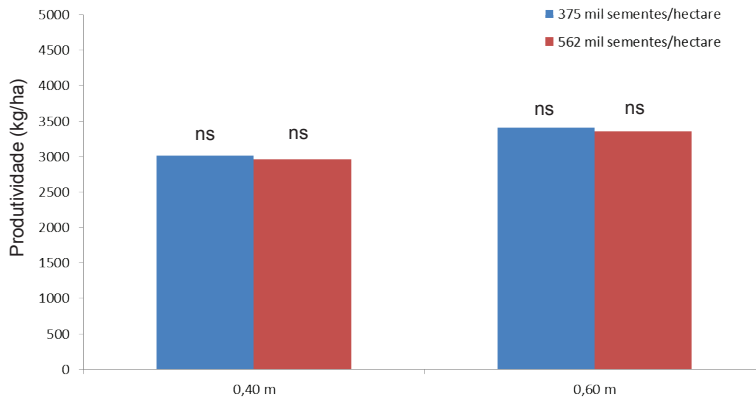


Figura 6. Produtividade de grãos de soja em duas densidades de semeadura e em dois espaçamentos entre as fileiras. Cultivar BRS 294 RR. Ns = diferenças não significativas entre densidades dentro de cada espaçamento. Londrina, PR, safra 2011/2012. Adaptado de Balbinot Junior. et al. (2015).

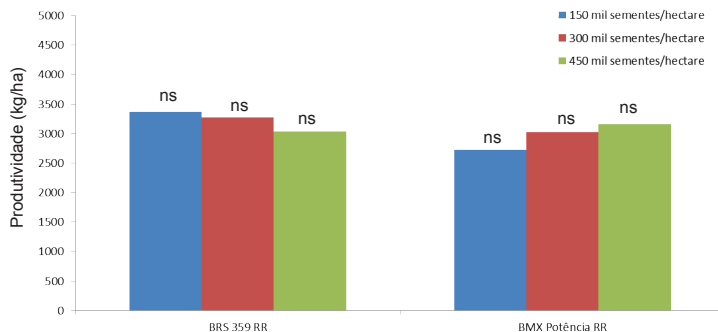


Figura 7. Produtividade de grãos de soja em três densidades de semeadura proveniente de duas cultivares – BRS 359 RR e BMX Potência RR. Ns = diferenças não significativas entre densidades dentro de cada cultivar. Londrina, PR, safra 2014/2015.

Em experimento conduzido com a cultivar NK7059 RR (Vmax RR), na safra 2013/14, verificou-se que em baixas densidades de plantas houve menor produtividade de grãos de soja em relação à densidade que conferiu máxima produtividade (350 mil plantas/ha) (Figura 8). Isso demonstra que, em algumas situações, a reduzida densidade pode limitar expressivamente a produtividade de grãos, provavelmente em razão do menor aproveitamento de recursos do meio. Kuss et al. (2008) também observaram decréscimo de produtividade de grãos quando a densidade de plantas foi reduzida de 400 mil para 250 mil plantas/ha. Esse resultado indica que a redução acentuada de densidade pode, em algumas situações, se refletir em menor produtividade em relação à densidade indicada.

Por outro lado, em experimento conduzido com a cultivar BRS 359 RR, na safra 2014/15, observou-se que em altas densidades de plantas a produtividade também pode ser menor em relação à densidade indicada – no caso 300 mil plantas/ha (Figura 9). Nesse caso, o aumento da densidade implicou no incremento do acamamento, refletindo-se negativamente no desempenho produtivo da cultura. Nesse contexto, o aumento da densidade de plantas, além da faixa indicada pelos obtentores é uma prática desnecessária que, além de não promover a produtividade de grãos, pode, em algumas circunstâncias reduzi-la, sobretudo em cultivares que apresentam propensão ao acamamento.

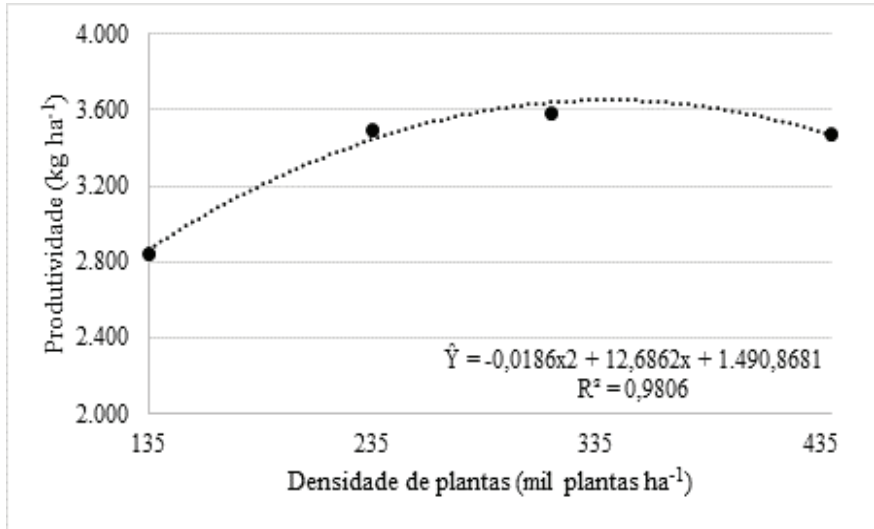


Figura 8. Produtividade de grãos de soja em quatro densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Londrina-PR, safra 2013/2014.

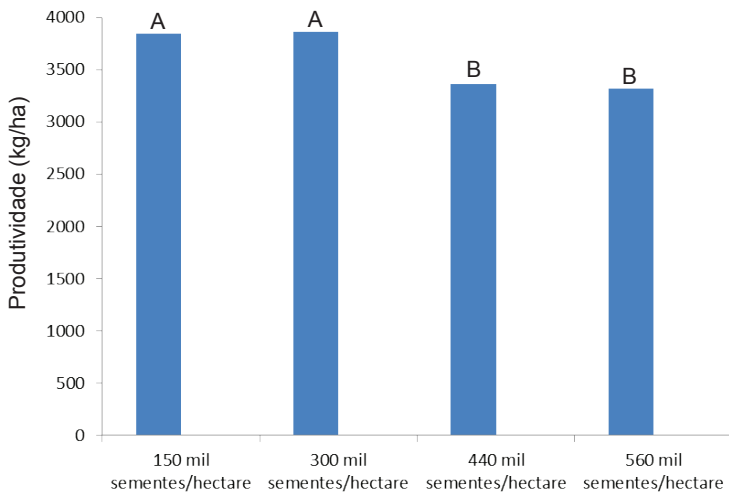


Figura 9. Produtividade de soja em quatro densidades de semeadura. Cultivar BRS 359 RR. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

3. Impacto da densidade nos componentes de rendimento

A produção de grãos por área – produtividade – é determinada pelos componentes de rendimento: número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e pela massa do grão. Em função da grande influência da densidade sobre a ramificação das plantas, torna-se relevante a análise desses componentes nas hastes e nos ramos, de forma separada, para que haja melhor entendimento das respostas das plantas às variações de densidade.

Com o aumento da densidade de plantas houve redução do número de vagens por planta oriundas dos ramos (Figuras 10 e 11). Por exemplo, na safra 2013/14 a quantidade de vagens por planta nos ramos da cultivar NK 7059 RR caiu de 50 na densidade de 135 mil plantas/ha para somente 3 na densidade de 440 mil plantas/ha. Isso indica que essa variável é fortemente influenciada pela densidade. Adicionalmente, o aumento da densidade de plantas também ocasionou redução na quantidade de vagens por planta oriundas da haste, mas em menor magnitude do que as vagens por planta dos ramos (Figuras 10 e 11). Considerando o número de vagens por planta como um todo (soma de ramos e haste), verificou-se redução gradual desta com o aumento da densidade, nas duas safras. Na média das safras, o aumento da densidade de 135 para 440 mil plantas/ha provocou redução de 70% no número de vagens por planta, valor idêntico à redução percentual de 440 para 135 mil plantas/ha. Ou seja, na menor densidade avaliada houve compensação plena da baixa densidade pelo maior número de vagens por planta. Por conseguinte, a quantidade de vagens por hectare não variou entre as densidades – cerca de 12 e 11 milhões de vagens por hectare nas safras 2013/14 e 2014/15, respectivamente (Figuras 10 e 11). Tais resultados são corroborados por Peixoto et al. (2000) e Kuss et al. (2008), que verificaram maior número de vagens por planta em menores densidades. Segundo Heiffig et al. (2005), o número de vagens por planta é o componente do rendimento mais influenciado pela densidade, sendo inversamente correlacionado com o número de plantas por área.

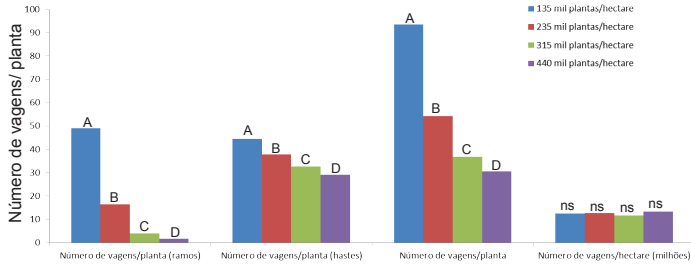


Figura 10. Número de vagens por planta provenientes dos ramos ou das hastes e número de vagens formadas por hectare. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2013/2014.

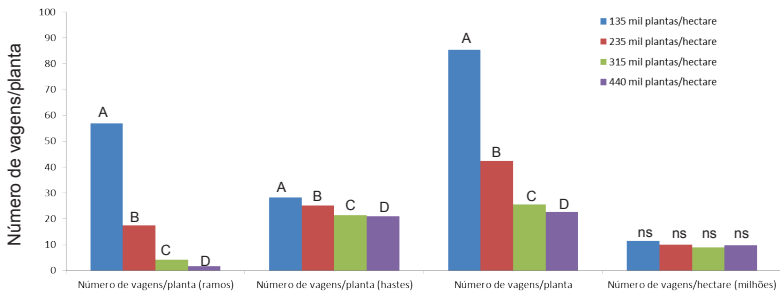


Figura 11. Número de vagens por planta provenientes dos ramos ou das hastes e número de vagens formadas por hectare. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

O número de grãos por vagem oriundas dos ramos ou das hastes da cultivar NK7059 RR não variou significativamente entre as densidades avaliadas, nas duas safras (Figuras 12 e 13), indicando que essa variável é fortemente relacionada às características genéticas das plantas e pouco afetada pelo manejo. Outra observação importante, é que a média do número de grãos por vagem dos ramos e das hastes foi semelhante, o que demonstra que as hastes e os ramos têm força de demanda por fotoassimilados similar na fase de início de formação dos grãos. A quantidade de grãos por vagem na safra 2014/15 foi substancialmente maior do que da safra 2013/14 em função da melhor disponibilidade hídrica na fase de enchimento dos grãos.

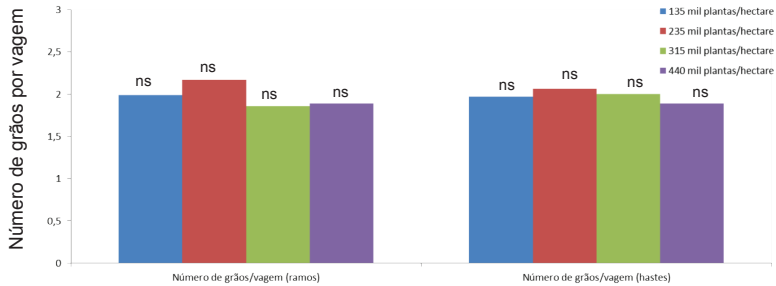


Figura 12. Número de grãos por vagem provenientes dos ramos ou das hastes. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Ns = diferenças não significativas entre densidades. Londrina, PR, safra 2013/2014.

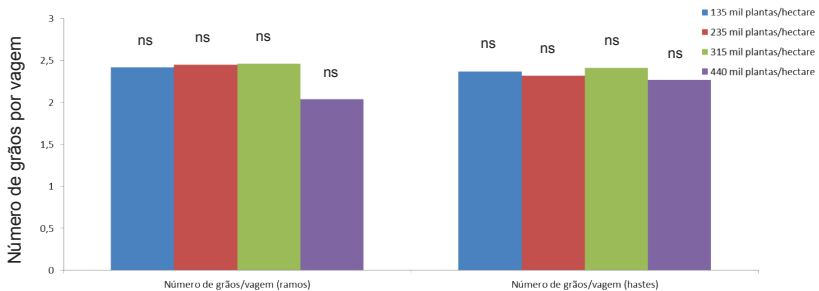


Figura 13. Número de grãos por vagem provenientes dos ramos ou das hastes. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Ns = diferenças não significativas entre densidades. Londrina, PR, safra 2014/2015.

Em duas safras consecutivas, não foi observado influência da densidade de plantas sobre a massa de grãos oriundos dos ramos na cultivar NK7059 RR (Figuras 14 e 15). Na safra 2014/15, a densidade também não influenciou a massa de grãos oriundos das hastes. No entanto, na safra 2013/14, houve tendência de haver maior massa de grãos das hastes com o aumento da densidade de plantas. Kuss et al. (2008) também constataram aumento na massa de grãos em densidade de 400 mil plantas/ha, em relação a 250 mil plantas/ha, sobretudo em condições de lavoura não irrigada. Segundo os autores, com o aumento da densidade de plantas há tendência de haver maior aprofundamento das raízes e, por isso, há maior capacidade de absorção de água na camada subsuperficial do solo, permitindo suprimento hídrico mais ade-

quado às plantas na fase de enchimento de grãos. Ao mesmo tempo, o índice de área foliar na fase de enchimento de grãos é similar em ampla faixa de densidade de plantas (Procópio et al., 2014), o que pode conferir evapotranspiração similar.

De forma geral, os dados demonstram que a massa do grão foi pouco afetada pela densidade, pois é uma variável fortemente determinada pelas características genéticas das plantas, pelas precipitações no período de enchimento de grãos e pelo controle de doenças foliares como a ferrugem asiática (Bruin & Pedersen, 2008; Balbinot Junior et al., 2015; Thompson et al., 2015).

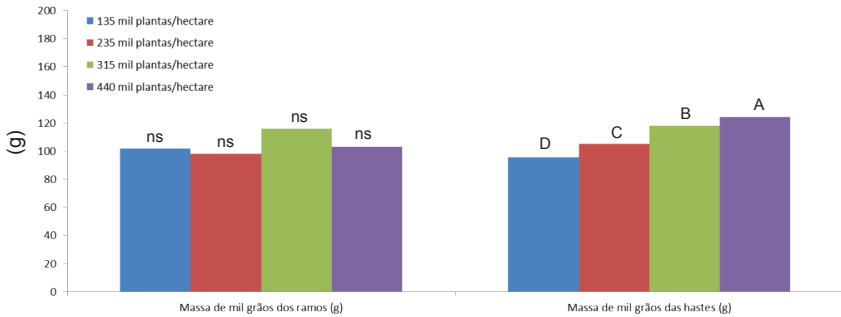


Figura 14. Massa de mil grãos provenientes dos ramos ou das hastes. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns = diferenças não significativas entre densidades. Londrina, PR, safra 2013/2014.

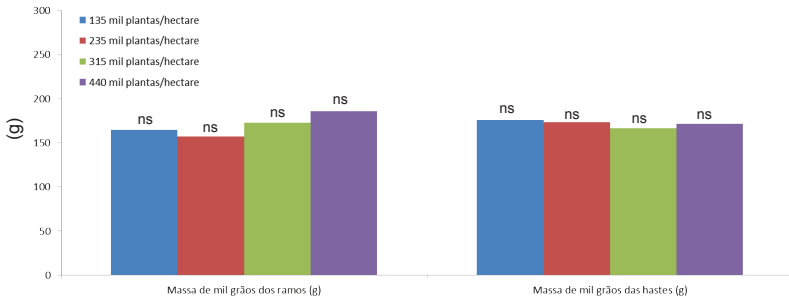


Figura 15. Massa de mil grãos provenientes dos ramos ou das hastes. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR) em quatro densidades de plantas. Ns = diferenças não significativas entre densidades. Londrina, PR, safra 2014/2015.

4. Impacto da densidade no índice de colheita

O índice de colheita (IC) representa a relação entre a massa seca dos grãos em relação à massa seca total da parte aérea (grãos + palha). Nesse sentido, é desejável elevado IC, ou seja, alta alocação de fotoassimilados nos grãos em detrimentos de outras estruturas da parte aérea das plantas. Observou-se clara tendência de redução do IC com o aumento da densidade de plantas (Figuras 16 e 17). Isso ocorre porque em altas densidades de plantas há alta alocação de fotoassimilados na formação das hastes, a fim de aumentar a altura das plantas para interceptação de luz – recurso muito disputado entre plantas de soja cultivadas em altas densidades.

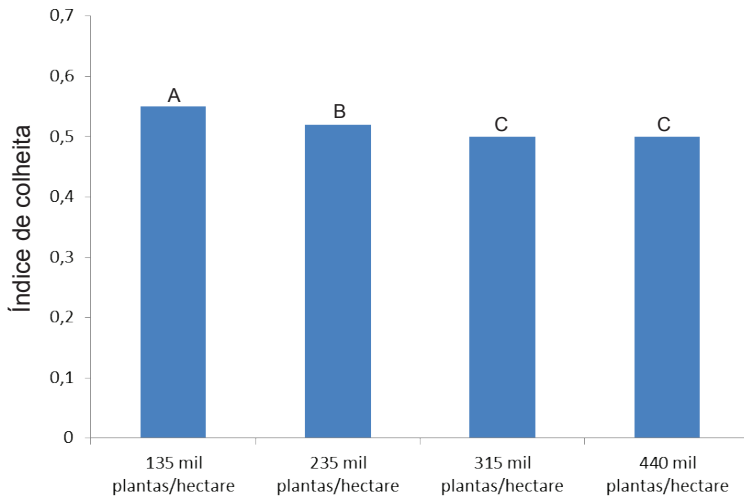


Figura 16. Índice de colheita em diferentes densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

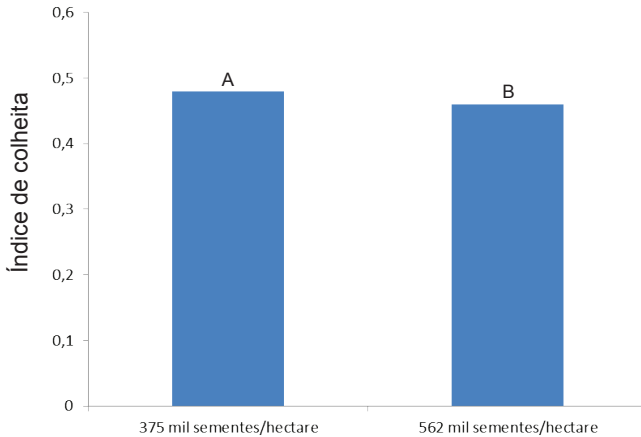


Figura 17. Índice de colheita em duas densidades de semeadura. Cultivar BRS 359 RR. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adaptado de Procópio et al. (2013).

5. Importância dos ramos na produtividade em diferentes densidades de plantas

Em todos os ensaios realizados, constatou-se maior número de ramos por planta e participação dos ramos na formação da produtividade em baixas densidades de plantas (Figuras 18 a 20). Na média das duas safras, houve redução de 0,18% da participação dos ramos na produtividade a cada mil plantas/ha de incremento da densidade de plantas. Isso demonstra claramente que o principal mecanismo de compensação da menor quantidade de plantas por área é a emissão de maior quantidade de ramos e formação de ramos maiores, redundando na maior participação dos ramos na formação da produtividade, como discutido por Procópio et al. (2013) e Suhre et al. (2014). Na Figura 21 é demonstrado as vagens presentes na haste e nos ramos.

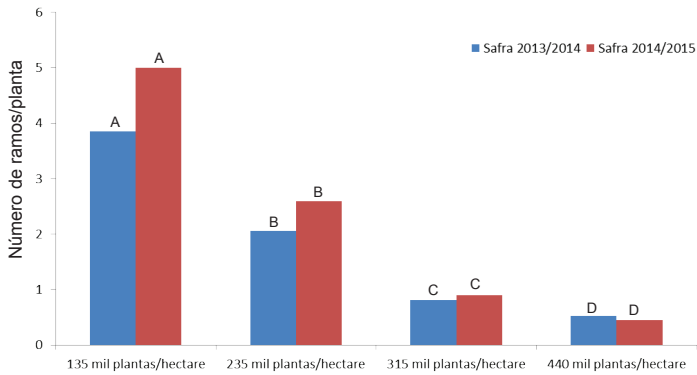


Figura 18. Número de ramos por planta em diferentes densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias de densidades seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, dentro de cada safra. Londrina, PR, safras 2013/2014 e 2014/2015.

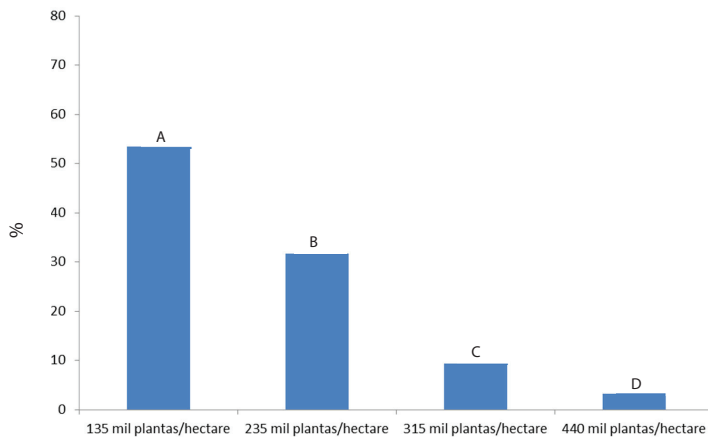


Figura 19. Porcentagem da produção de grãos proveniente dos ramos. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2013/2014.

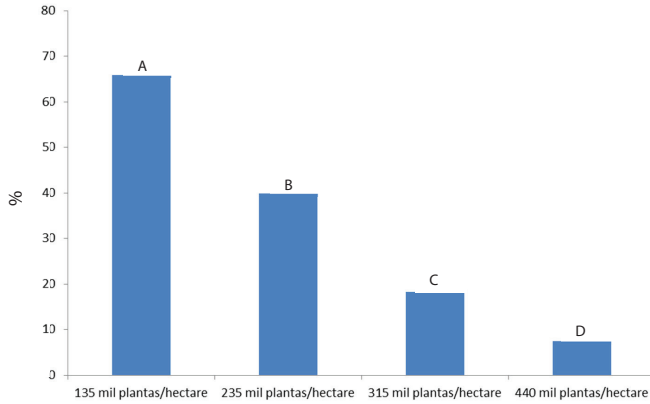


Figura 20. Porcentagem da produção de grãos proveniente dos ramos. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

Foto: Sérgio de Oliveira Procópio

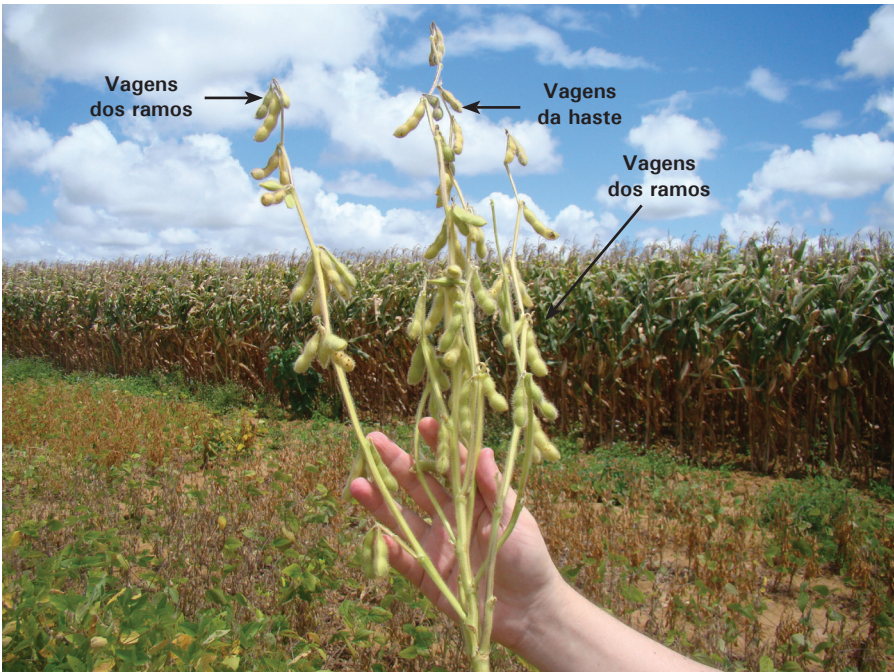


Figura 21. Exemplificação de vagens provenientes de ramos ou da haste em plantas de soja.

6. Crescimento de plantas influenciado pela densidade

Em relação à produção de massa seca da parte aérea, verificou-se que no início do ciclo de desenvolvimento da cultivar NK7059 RR há maior acúmulo de massa à medida que houve incremento da densidade de plantas (Figura 22). No entanto, com a evolução do ciclo de desenvolvimento das plantas, houve tendência de nivelamento da massa seca da parte aérea, sendo que, aos 90 dias após a semeadura (DAS) (etapa de formação dos grãos), a massa seca por área não foi influenciada pelas densidades (Figura 22). Isso demonstra mais uma vez a capacidade da soja em compensar a menor densidade pelo maior crescimento de cada planta.

Em trabalho desenvolvido por Procópio et al. (2013) e Balbinot Junior et al. (2015), verificou-se que, aos 85 DAS, houve diferença de massa seca de folhas entre as densidades de 375 e 562 mil sementes/ha somente na cultivar BRS 359 RR, que possui tipo de crescimento indeterminado e arquitetura compacta de plantas (Figura 23). Por outro lado, para a cultivar BRS 294 RR, que possui tipo de crescimento determinado e crescimento vigoroso de plantas, a densidade não influenciou na massa seca de folhas. Isso demonstra que o potencial em compensar a menor densidade também é muito afetado pelas características genéticas de cada cultivar.

O efeito da densidade sobre a altura de plantas geralmente segue o padrão apresentado na Figura 24. Nas fases iniciais do ciclo da planta, a densidade afeta muito pouco a altura, mas após o início do florescimento, há tendência de haver incremento da altura em maiores densidades de plantas (Figuras 24 e 25). O incremento da densidade de plantas afeta a quantidade e a qualidade da radiação incidente, tendo um acréscimo na proporção da radiação difusa em relação à radiação global, o que favorece a maior alongação do caule (Linzmeier Junior et al., 2008; Mauad et al., 2010; Pricinotto & Zucareli, 2014).

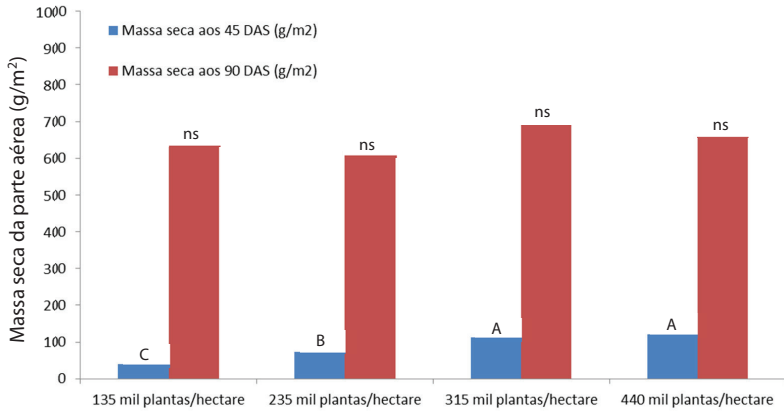


Figura 22. Massa seca da parte aérea de plantas de soja (g/m²) avaliada aos 45 e 90 dias após a semeadura (DAS), em quatro densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre densidades em cada época de avaliação da massa seca. Ns = diferenças não significativas. Londrina, PR, safra 2014/2015.

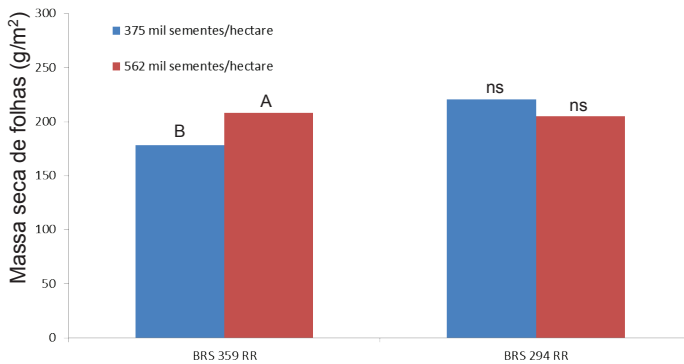


Figura 23. Massa seca de folhas de soja (g/m²) de duas cultivares de soja cultivadas em duas densidades de semeadura, avaliada aos 85 dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ns = diferenças não significativas. Adaptado de Procópio et al. (2013) e Balbinot Junior et al. (2015).

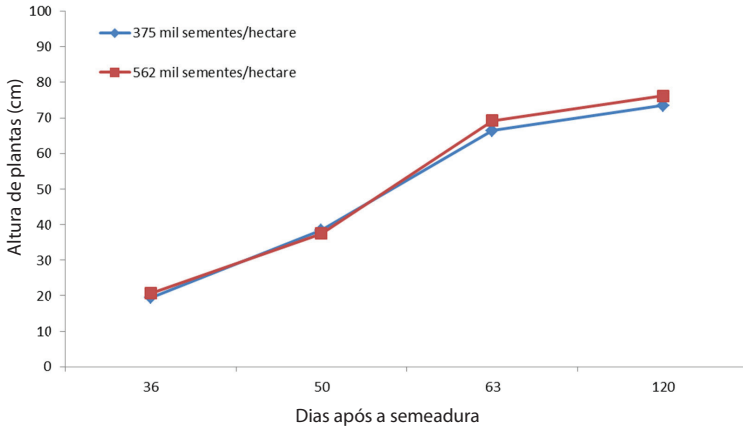


Figura 24. Variação da altura de plantas de soja em duas densidades de semeadura. Adaptado de Balbinot Junior et al. (2015).

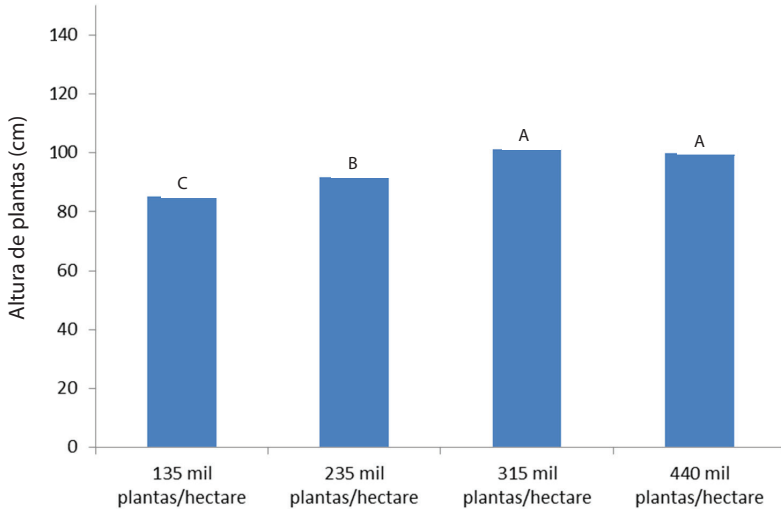


Figura 25. Altura de plantas de soja (cm) avaliada na colheita, em diferentes densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguídas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Londrina, PR, safra 2014/2015.

A altura de inserção da primeira vagem seguiu a mesma tendência da altura de plantas, ou seja, como aumento da densidade houve tendência de incremento da altura de inserção da primeira vagem (Figura 26). Houve correlação positiva ($r=0,68$, significativo a 1% de probabilidade do erro) entre a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem. No entanto, é necessário enfatizar que mesmo na menor densidade de plantas avaliada (135 mil plantas/ha), a altura da primeira vagem foi adequada à colheita mecanizada.

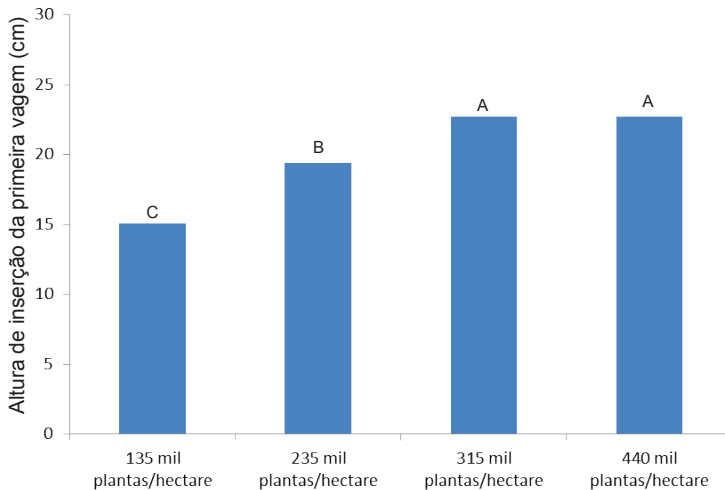


Figura 26. Altura de inserção da primeira vagem (cm) avaliada na colheita, em diferentes densidades de plantas. Cultivar NK7059 RR (Vmax RR). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

O diâmetro do caule na região do colo foi significativamente afetado pelas densidades de plantas (Figura 27). Com o aumento da densidade, houve redução significativa do diâmetro do caule. Isso ocorreu porque a disponibilidade de recursos para formação da planta é menor à medida que há incremento da quantidade de indivíduos por área. Além disso, com o incremento da densidade há tendência de haver maior crescimento em altura, reduzindo a espessura do caule.

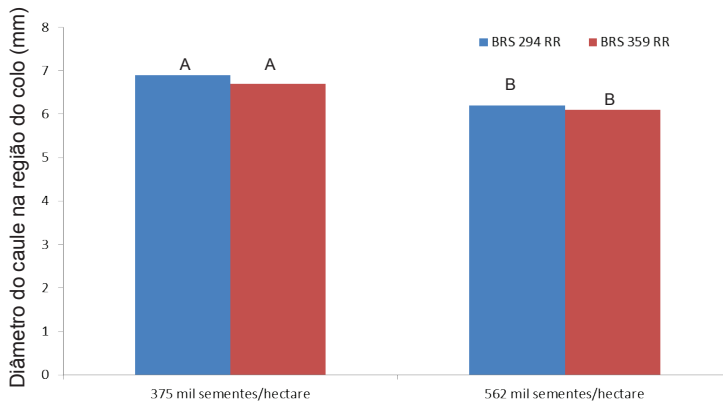


Figura 27. Diâmetro do caule na região do colo, em duas densidades de semeadura e duas cultivares de soja. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre as densidades para cada cultivar. Adaptado de Procópio et al. (2013) e Balbinot Junior et al. (2015).

7. Ajuste de densidade visando à redução do acamamento

Na maioria dos experimentos conduzidos nas últimas quatro safras, a densidade de plantas não influenciou o acamamento de plantas, em razão da utilização de cultivares com baixa propensão a esse problema. No entanto, quando há utilização de cultivares suscetíveis ao acamamento, especial atenção deve ser dispensada para não ultrapassar as densidades indicadas pelos obtentores das cultivares. Em altas densidades de plantas (superiores a 350 mil/ha) há tendência de haver maior crescimento em altura e menor espessura do caule, tornando as plantas mais sensíveis ao acamamento (Figura 28). O risco de acamamento se eleva principalmente em regiões de maior altitude, que apresentam temperaturas noturnas mais baixas. Por outro lado, em regiões de baixa altitude e com solos de menor fertilidade, onde várias cultivares apresentam baixa taxa de crescimento, o aumento da densidade de plantas pode induzir um incremento do crescimento das plantas de modo que as plantas atinjam um melhor porte, favorecendo a colheita mecani-

zada. Semeaduras realizadas tardiamente, com conseqüente redução na altura de plantas devido principalmente ao encurtamento do ciclo vegetativo por redução do fotoperíodo, podem também ser favorecidas com o aumento na população de plantas.

Fotos: Sérgio de Oliveira Procópio



Figura 28. Parcelas de soja com (A) e sem acamamento (B).

8. A relação da densidade com a mortalidade de plantas

A mortalidade de plantas entre o início da fase vegetativa (V1) e a colheita (R8) é altamente indesejável, pois há gasto de sementes para formar plantas que não chegarão à fase de colheita e, principalmente, gasto de recursos do ambiente (água, luz e nutrientes) na formação de plantas improdutivas. Em ensaio realizado na safra 2014/15, verificou-se que em densidades de semeadura de 300 e 400 mil sementes/ha houve maior mortalidade de plantas, comparativamente à densidade de 150 mil sementes/ha, demonstrando que o incremento da competição intraespecífica acentua a mortalidade (Figura 29). Nesse caso, as causas da mortalidade não foram identificadas, mas podem ser relacionadas à restrição de recursos ou ação de doenças e pragas. Em relação à mortalidade de plantas, é necessário frisar a importância da semeadura realizada de forma apropriada, aumentando a uniformidade horizontal e vertical de deposição de sementes. Com isso, há redução da quantidade de plantas que emergem atrasadas e que podem ficar suprimidas na comunidade de plantas.

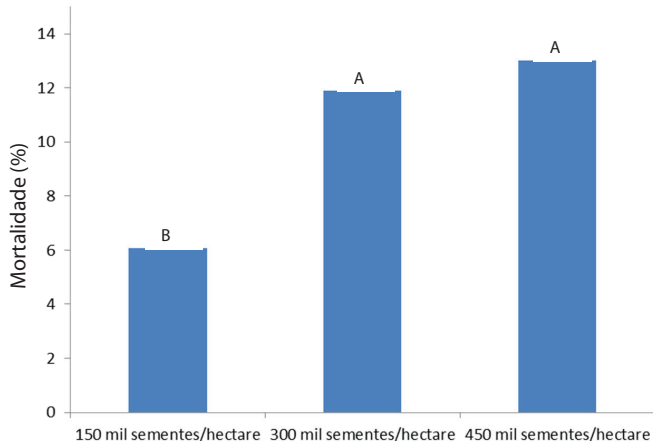


Figura 29. Mortalidade de plantas entre os estádios V1 e R8, em três densidades de semeadura. Médias de duas cultivares BRS 359 RR e BMX Potência RR. Médias de densidades seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Londrina, PR, safra 2014/2015.

9. Teor de óleo e proteína nos grãos em diferentes densidades

Em função dos efeitos da densidade de plantas sobre a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, a densidade de plantas poderia afetar expressivamente o teor de proteína e óleo nos grãos, como discutido por Bellaloui et al. (2014 e 2015). Todavia, considerando sete experimentos conduzidos em Londrina, PR, durante as safras 2013/2014 e 2014/2015, densidades de plantas variando entre 130 e 450 mil plantas/ha não influenciaram expressivamente os teores de proteína e óleo nos grãos. Os teores de proteína variaram de 35 a 40% e os de óleo de 20 a 23%, dependendo, especialmente das condições climáticas durante o enchimento de grãos e das características genéticas da cultivar.

10. Consideração final

O ajuste da densidade de plantas é uma prática de manejo relevante para a soja, no sentido de maximizar a produtividade de grãos e, ao mesmo tempo, minimizar os custos com sementes. Apesar de terem ocorrido muitas mudanças nos sistemas de produção de soja nos últimos 15 anos, as cultivares de soja que apresentam características comuns no material genético mais usado no Paraná, continuam demonstrando alta plasticidade de crescimento. O principal mecanismo de compensação da baixa quantidade de plantas por área é o incremento da quantidade de vagens por planta oriundas nos ramos e na haste. Por outro lado, a quantidade de grãos por vagem e a massa de grãos são componentes pouco influenciados pela densidade. Nesse contexto, o aumento da densidade além da faixa indicada pelos obtentores demonstrou ser uma prática desnecessária, pois não confere ganhos significativos de produtividade, podendo provocar acamamento de plantas e representa considerável aumento do custo de produção na medida em que o preço das sementes vem aumentando consideravelmente nas últimas safras. Por outro lado, a redução acentuada da densidade de semeadura aumenta os riscos de formação deficiente de estande e pode representar redução de produtividade, sobretudo em ambientes pouco propícios ao crescimento das plantas e à formação dos grãos. Além disso, frequentes reclamações em relação à qualidade fisiológica de sementes estão sendo registradas em diversas regiões do País, o que pode agravar ainda mais os problemas decorrentes de baixas densidades de semeadura.

11. Agradecimento

A Cooperativa Coamo pela implantação e condução dos experimentos em Campo Mourão, PR.

12. Referências

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, p.1215-1226, 2015.

BELLALLOUI N.; MENGISTU A.; WALKER E. R.; YOUNG L. D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v.54, p.1782-1795, 2014.

BELLALLOUI, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. **Frontiers in Plant Science**, v.6, p.1-14, 2015.

BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v.40, p.1285-1294, 2000.

BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p.704-710, 2008.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20p.

DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, p.181-187, 2014.

GASPAR, A.P.; CONLEY, S.P. Responses of canopy reflectance, light interception, and soybean seed yield to replanting suboptimal stands. **Crop Science**, v.55, p.377-385, 2015.

KUSS, R. C. R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURNER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo da irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v.38, p.1133-1137, 2008.

HEIFFIG, L. S.; CAMARA, G.M.des.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.deS. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, v.80, p.188-212, 2005.

LEE, C. D; EGLI, D. B; TEKRONY, D. M. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.100, p.971-976, 2008.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.373-379, 2008.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, p.175-181, 2010.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v.57, p.89-96, 2000.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, v.27, p.65-74, 2014.

PROCOPIO, S. A.; 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, p.319-325, 2013.

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

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N.H.; ROWNTREE, S.C.; WILSON, E.W.; NAEVE, S.L.; CONLEY, S.P.; CASTEEL, S.L.; CONLEY, S.P.; CASTEEL, S.N.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D.; SPECHT, J.E.; DAVIS, V.M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v.106, p.1631-1642, 2014.

THOMPSON, N.M.; LARSON, J.A.; LAMBERT, D.M.; ROBERTS, R.K.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E.R. Mid-South soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v.107, p.979989, 2015.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1071-1077, 2002.

Embrapa

Soja

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA