

## VARIABILIDADE NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PLANTAS NA LINHA E RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO

LUÍS SANGOI<sup>1</sup>, AMAURI SCHMITT<sup>1</sup>, JEFFERSON VIEIRA<sup>1</sup>, GILMAR JOSÉ PICOLI JR.<sup>1</sup>,  
CLÓVIS ARRUDA SOUZA<sup>1</sup>, RICARDO TREZZI CASA<sup>1</sup>, DIEGO EDUARDO SCHENATTO<sup>1</sup>,  
WILLIAN GIORDANI<sup>1</sup>, CRISTIAN MAJOLO BONIATTI<sup>1</sup>, GUSTAVO CARDOSO MACHADO<sup>1</sup>  
e DELSON HORN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UDESC, Lages, SC, Brasil, [a2ls@cav.udesc.br](mailto:a2ls@cav.udesc.br), [amauri.schmitt@agronomo.eng.br](mailto:amauri.schmitt@agronomo.eng.br), [a6jvi@cav.udesc.br](mailto:a6jvi@cav.udesc.br),  
[gilmarpicoli@yahoo.com.br](mailto:gilmarpicoli@yahoo.com.br), [a2cas@cav.udesc.br](mailto:a2cas@cav.udesc.br), [a4rtc@cav.udesc.br](mailto:a4rtc@cav.udesc.br), [d.schenatto@yahoo.com.br](mailto:d.schenatto@yahoo.com.br),  
[giordani.willian@yahoo.com.br](mailto:giordani.willian@yahoo.com.br), [cristianboniatti@yahoo.com.br](mailto:cristianboniatti@yahoo.com.br), [gustavo\\_mcardoso@hotmail.com](mailto:gustavo_mcardoso@hotmail.com)

<sup>2</sup>Dupont do Brasil S.A., Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, [delson.horn@pioneer.com](mailto:delson.horn@pioneer.com)

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, n.3, p. 268-277, 2012*

**RESUMO** - A uniformidade na distribuição das plantas nos sulcos de cultivo é importante para alcançar altos tetos produtivos. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha de semeadura sobre o rendimento de grãos de milho. O ensaio foi conduzido em Lages, SC, em 2009/2010 e 2010/2011. Avaliaram-se dois espaçamentos entrelinhas (40 e 80 cm) e cinco níveis de variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha, equivalentes a 0, 25, 50, 75 e 100% do Coeficiente de Variação (C.V.), mantendo-se constante a densidade de plantas. O tratamento 0% de C.V. equivaleu à distribuição uniforme de plantas na linha. Em 2009/2010, o rendimento de grãos oscilou entre 11.500 e 12.900 kg ha<sup>-1</sup> e decresceu 83 kg ha<sup>-1</sup> para cada 10% de incremento no C.V., na média dos dois espaçamentos entrelinhas. Em 2010/2011, o rendimento de grãos variou de 15.000 a 16.600 kg ha<sup>-1</sup> e reduziu 64 kg ha<sup>-1</sup> para cada aumento de 10% do C.V, quando o milho foi cultivado no espaçamento entrelinhas de 40 cm. Nos dois anos agrícolas, os decréscimos no rendimento de grãos com o aumento na irregularidade da distribuição espacial de plantas na linha foram ocasionados pela redução do número de grãos produzidos por metro quadrado. **Palavras-chave:** *Zea mays*, arranjo de plantas, qualidade de estande, produtividade.

## PLANT SPACIAL VARIABILITY IN THE SOWING ROW AND MAIZE GRAIN YIELD

**ABSTRACT** - The evenness of plant distribution at the sowing row is important to reach high productivities. This work was carried out aiming to evaluate the effect of plant spatial variability in the sowing row on maize grain yield. The trial was set in Lages, SC, during the 2009/2010 and 2010/2011 growing seasons. Two row spacings (40 and 80 cm) and five levels of plant spatial variability in the row, equivalent to 0, 25, 50, 75 and 100% of the variation coefficient, were assessed. The treatment with 0% of C.V. represented an even spatial plant distribution on the sowing row. In 2009/2010, grain yield ranged from 11,500 to 12,900 kg ha<sup>-1</sup> and decreased 83 kg ha<sup>-1</sup> for each 10% of increase in the C.V., at the average of the two row spacings. In 2010/2011, grain yield varied from 15,000 to 16,600 kg ha<sup>-1</sup> and decreased 64 kg ha<sup>-1</sup> for each 10% of increment in the C.V. using 40 cm inter-row spacing. In both growing seasons, the decrease in grain yield with increasing irregularity of the spatial distribution of plants in the planting row was caused by the reduction in the number of grains produced per m<sup>2</sup>.

**Key words:** *Zea mays*, plant arrangement, stand quality, productivity.

O arranjo de plantas na lavoura pode ser alterado por mudanças na densidade, no espaçamento entrelinhas e na distribuição espacial e temporal das plantas na linha (Sangoi et al., 2010). O milho é uma cultura muito sensível a variações no arranjo de plantas devido à sua baixa capacidade de emissão de filhos férteis, à limitada prolificidade, à escassa plasticidade foliar e à estrutura floral monóica, em que as inflorescências masculina e feminina competem entre si por fotoassimilados sob condições de estresse (Andrade & Sadras, 2003; Sangoi et al., 2011).

O estabelecimento de um estande uniforme é importante para alcançar altos tetos produtivos de milho. A uniformidade do estande depende da variabilidade espacial na distância entre plantas na linha e das diferenças existentes na época de emergência das mesmas (Merotto et al., 1999). Estandes uniformes são aqueles em que as plantas se apresentam equidistantemente distribuídas e emergem simultaneamente na mesma época.

A classificação inadequada de sementes quanto ao formato, à massa e ao tamanho, a incompatibilidade entre o tamanho/formato da semente com os discos utilizados na semeadora, a regulação inadequada da semeadora, a velocidade excessiva do trator e condições inadequadas de temperatura e umidade do solo durante a semeadura são as causas mais comuns para a ocorrência de estandes desuniformes na cultura do milho (Sangoi et al., 2010). Nestes casos, observam-se locais nas linhas de semeadura onde as plantas estão muito próximas entre si e a presença de espaços amplos sem presença de plantas.

A irregularidade na distribuição espacial nas linhas pode reduzir a eficiência de aproveitamento de água, luz e nutrientes da comunidade, aumentando o número de plantas com desenvolvimento fenológico retardado, colmos frágeis, que se apresentam dominadas na lavoura, produzindo espigas pequenas.

Em trabalhos conduzidos no século passado por Sangoi (1990) e Rizzardi et al. (1994), não se constataram efeitos negativos sobre o rendimento de grãos de variações na distribuição espacial de plantas na linha, em relação ao arranjo equidistante. Por outro lado, algumas alterações importantes ocorreram com o milho nas últimas décadas, tais como o aumento da população de plantas, a redução no espaçamento entrelinhas e o incremento na utilização de híbridos simples de alto potencial produtivo (Sangoi et al., 2002; Tollenaar & Lee, 2002; Duvick et al., 2004; Tokatlidis & Koutroubas, 2004). Tais mudanças podem aumentar os prejuízos da desuniformidade na distribuição espacial das plantas nas linhas de semeadura sobre o desempenho agrônomico da cultura.

Teoricamente, quanto maior a população de plantas e mais elevado o teto produtivo almejado, mais negativo será o efeito da irregularidade na distribuição espacial sobre o aproveitamento de recursos. Neste sentido, Doerge et al. (2004), Liu et al. (2004a), Nielsen (2004) e Martin et al. (2005), em trabalhos conduzidos mais recentemente nos Estados Unidos e no Canadá, constataram decréscimos no rendimento de grãos do milho ocasionados pelo aumento da irregularidade da distribuição espacial das plantas na linha de semeadura.

Estandes desuniformes são comuns em lavouras de milho do Brasil. Apesar disto, relatos de trabalhos quantificando os efeitos da irregularidade do estande sobre o desempenho agrônomico de híbridos de milho cultivados atualmente no país são escassos na literatura. Considerando tal fato, este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da variabilidade na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura sobre o rendimento de grãos de milho em dois espaçamentos entrelinhas.

### Material e Métodos

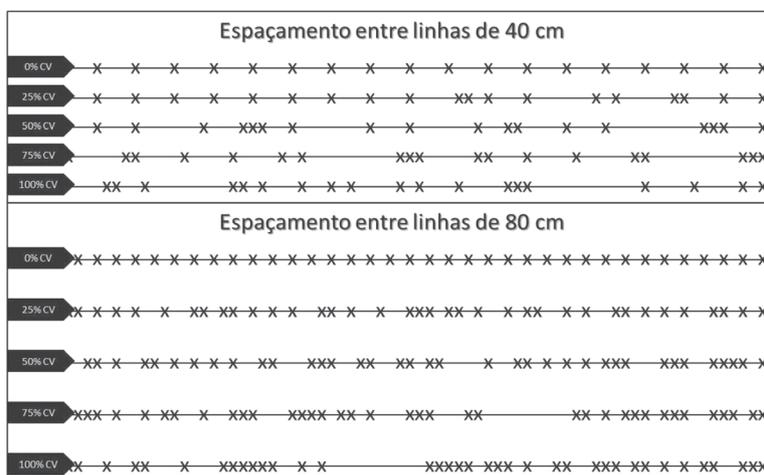
O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante os anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35" de latitude Sul e 50°29'45" de longitude Oeste, com altitude média de 849 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008). A análise de solo, realizada em agosto de 2009, apresentava as seguintes características: 460 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água 6,7; 3,3 mg l<sup>-1</sup> de P; 0,43 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 39 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 6,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 20,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC. A área experimental estava em rotação com soja (*Glycine max* L.) e sucessão com aveia preta há três anos (*Avena strigosa* Schreb).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas

subdivididas, com quatro repetições. Na parcela principal, foram avaliados dois espaçamentos entrelinhas: 40 e 80 cm. Nas subparcelas, foram avaliados cinco níveis de variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha, equivalentes a 0, 25, 50, 75 e 100% do Coeficiente de Variação. O tratamento 0% de C.V. equivaleu à distribuição uniforme das plantas para o arranjo de plantas testado. As distâncias entre plantas na linha neste tratamento foram de 17 e 34 cm para os espaçamentos entrelinhas de 40 e 80 cm, respectivamente.

As distâncias entre plantas nos demais tratamentos foram calculadas através do software Minitab, utilizando-se a função randomização de dados com distribuição normal. Nesta função, informaram-se a média, o desvio padrão e o número de dados (plantas por linha) em cada tratamento. Para cada percentagem de coeficiente de variação e espaçamento entrelinhas, o software gerou aleatoriamente a posição das plantas nos sulcos de semeadura, que podem ser visualizadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Distribuição espacial das plantas no sulco de semeadura em função do espaçamento entre linhas e do coeficiente de variação. Cada “x” representa a posição individual das plantas em função do tratamento. Nos tratamentos com 0% de CV, a distância entre plantas na linha foi de 34 e 17 cm para os espaçamentos de 40 e 80 cm, respectivamente.

A adubação utilizada foi determinada seguindo recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo para a cultura do milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Manual, 2004), almejando tetos produtivos de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> (2009/2010) e 18.000 kg ha<sup>-1</sup> (2010/2011). Optou-se por elevar a expectativa de produtividade e quantidade de fertilizante aplicada no segundo ano para averiguar se o teto produtivo obtido interfere na resposta do milho à variação da distribuição espacial de plantas na linha. Em 2009/2010, foram aplicados no dia da semeadura 30 kg de N ha<sup>-1</sup>, 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 110 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A aplicação do N em cobertura (200 kg ha<sup>-1</sup>) foi dividida em duas aplicações, sendo metade em V4 e metade em V8 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). Em 2010/2011, aplicou-se no dia da semeadura 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 295 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 170 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Foram aplicados em cobertura 250 kg ha<sup>-1</sup> de N, fracionados igualmente em três estádios fenológicos (V4, V8 e V12).

A semeadura foi realizada manualmente com um sacho nos dias 23/10/2009 e 22/10/2010, no sistema de semeadura direta, sobre uma cobertura morta de aveia preta. Nos dois anos de execução do trabalho, utilizou-se o híbrido simples P30R50H. Depositaram-se duas sementes para cada distância pré-determinada na linha em função do tratamento, utilizando-se barbantes marcados (Figura 1). Logo após a exteriorização do coleóptilo acima da superfície do solo, estágio VE da escala proposta por Ritchie et al. (1993), efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova para alcançar a densidade de 72.000 pl ha<sup>-1</sup>. Todas as sementes utilizadas continham o evento transgênico Herculex para controle de pragas. As sementes também foram previamente tratadas com os inseticidas tiametoxan (Cruiser) e fipronil (Standak) e com o fungicida fludioxonil + metalaxil (Maxim XL) para controle de pragas e doenças

na fase inicial do ciclo da cultura. No dia da semeadura, efetuou-se o controle preventivo de plantas invasoras pela aplicação de herbicida em pré-emergência com uma mistura de produto atrazina e s-metolachlor (Primestra Gold).

As subparcelas foram constituídas de cinco linhas com 6 m de comprimento. As três linhas centrais de cada subparcela, excetuando 0,5 m na extremidade de cada linha, foram utilizadas como área útil para avaliação do rendimento de grãos e componentes.

A colheita das espigas foi realizada manualmente nos dias 17 de abril de 2010 e 25 de abril de 2011, quando a umidade dos grãos era de 18 e 22%, respectivamente. As espigas foram trilhadas e os grãos secos em estufa a 60 °C até atingirem massa constante. Após a secagem, os grãos foram limpos em máquina de ar e peneirados para padronização da sua qualidade. Posteriormente, foram pesados para determinação do rendimento de grãos (expresso na umidade de 130 g kg<sup>-1</sup>) e dos componentes do rendimento (número de grãos por espiga, massa de 1.000 grãos e número de grãos por m<sup>2</sup>).

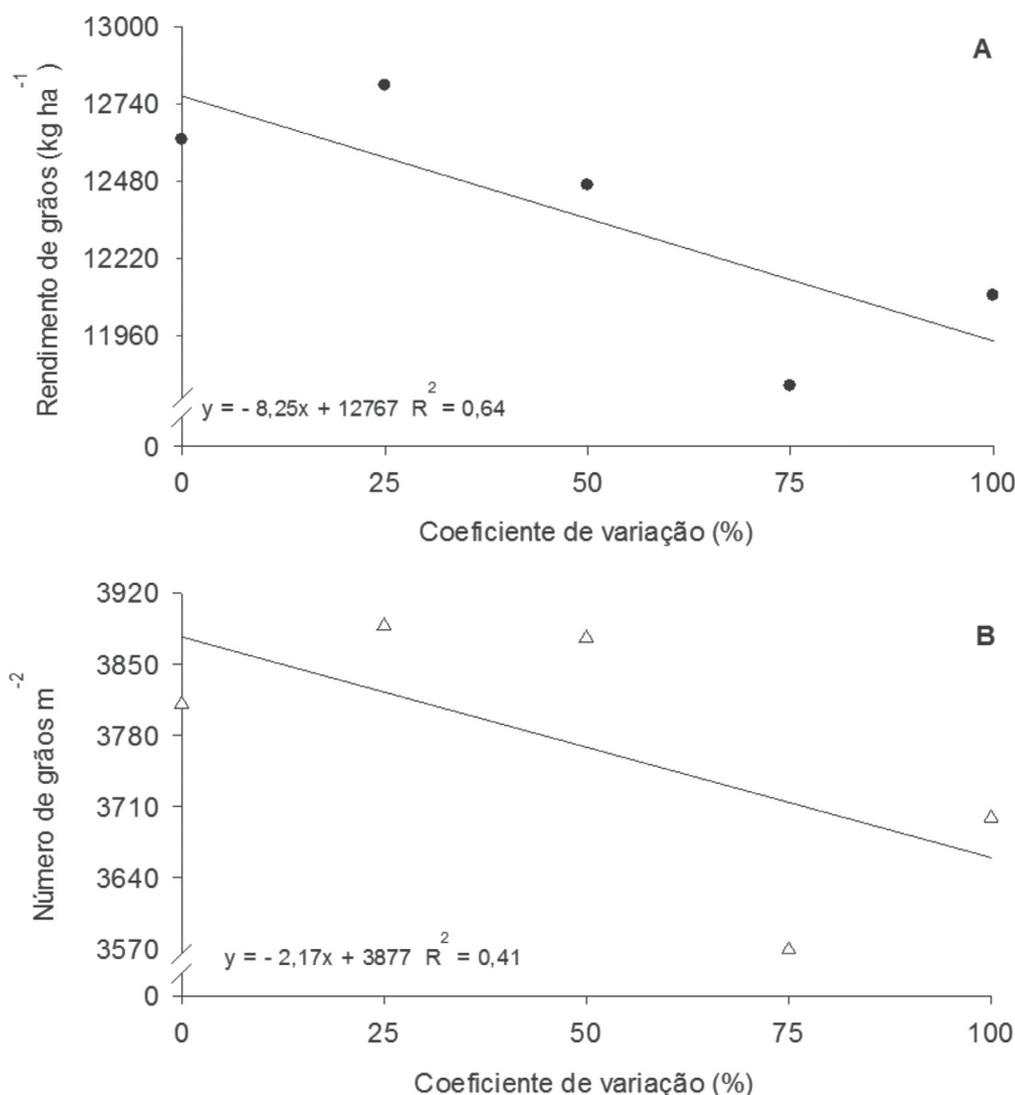
Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância, pelo teste F, ao nível de significância de 5%. Utilizou-se o programa estatístico WinStat (Machado & Conceição, 2002). Quando o teste F foi significativo, efetuou-se análise de regressão polinomial para quantificar o efeito da variabilidade espacial sobre o rendimento de grãos e os componentes. Testaram-se os modelos linear e quadrático, selecionando aquele que apresentou maior coeficiente de determinação com os dados obtidos.

## Resultados e Discussão

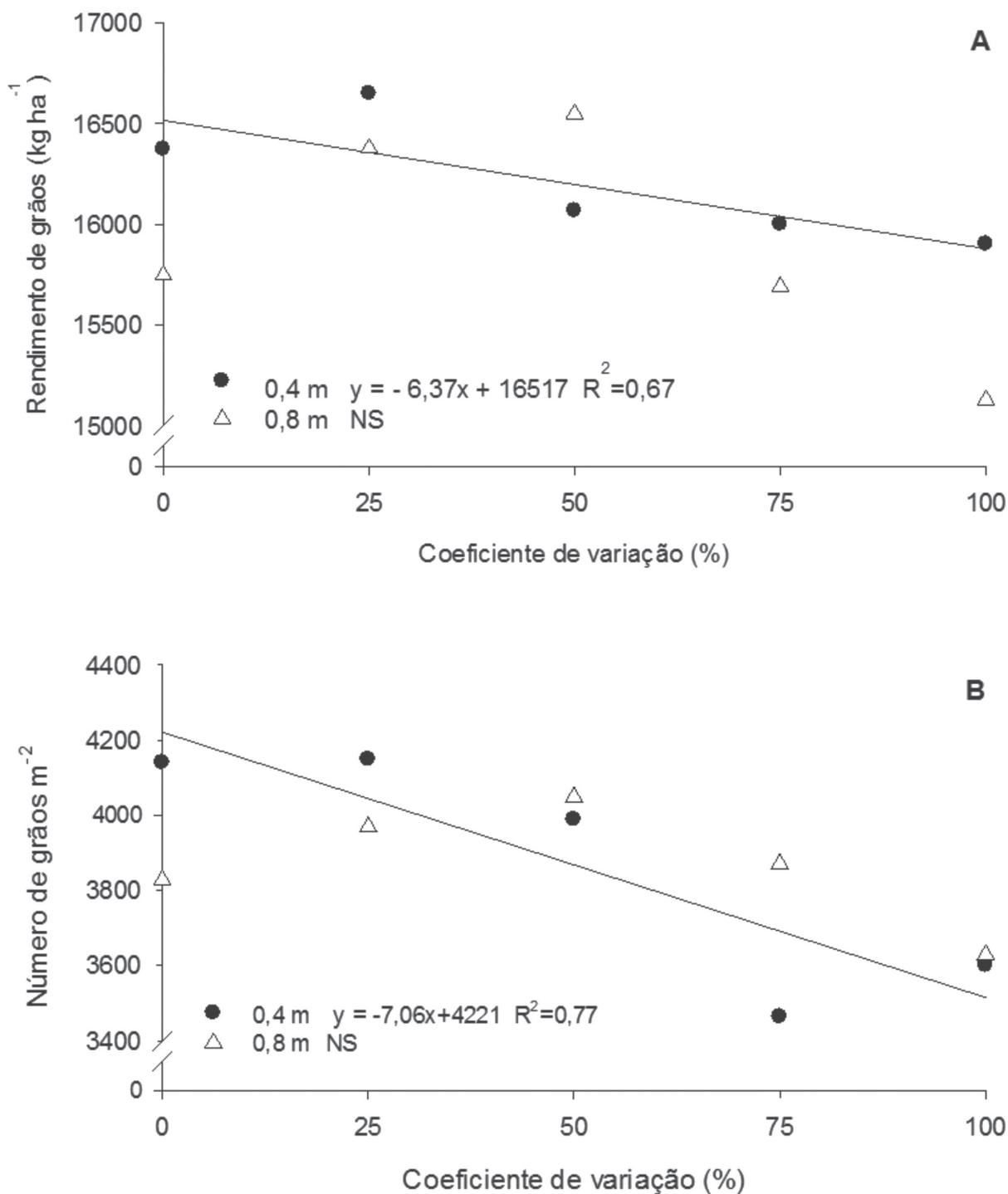
Os rendimentos de grãos registrados em 2009/2010 oscilaram entre 11.500 e 12.900 kg ha<sup>-1</sup> e

foram afetados pelo efeito simples de distribuição de plantas na linha de semeadura. A expectativa teórica do trabalho era de que o rendimento de grãos decrescesse proporcionalmente ao incremento na irregularidade na distribuição de plantas. Esta hipótese foi confirmada pela análise de regressão polinomial, que foi significativa para o modelo linear, demonstrando que houve um decréscimo na produtividade de apro-

ximadamente 83 kg ha<sup>-1</sup> para cada incremento de 10% no C.V. da distribuição espacial, na média dos dois espaçamentos entrelinhas (Figura 2A). No primeiro ano de condução do trabalho, houve uma redução linear no número de grãos produzidos por área, a qual foi responsável pelo decréscimo de produtividade devido ao aumento na desuniformidade da distribuição espacial das plantas (Figura 2B).



**FIGURA 2.** Rendimento de grãos (A) e número de grãos produzidos por área (B) no ano agrícola de 2009/2010 em função do coeficiente de variação na distribuição espacial de plantas na linha, na média dos espaçamentos de 40 e 80 cm entrelinhas. Lages, SC.



**FIGURA 3.** Rendimento de grãos (A) e número de grãos produzidos por área (B) no ano agrícola de 2010/2011 em função do coeficiente de variação na distribuição espacial de plantas na linha, nos espaçamentos de 40 e 80 cm entrelinhas. Lages, SC.

Em 2010/2011, o rendimento de grãos do experimento variou de 15.000 a 16.600 kg ha<sup>-1</sup> e foi afetado pela interação de espaçamento entrelinhas e variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha. Com o espaçamento de 40 cm entrelinhas, a produtividade decresceu linearmente com o aumento da desuniformidade espacial. Para cada 10% de aumento no C.V., houve um decréscimo de 64 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos (Figura 3A). Estes decréscimos de produtividade também ocorreram devido à diminuição do número de grãos produzidos por área (Figura 3B).

No espaçamento entrelinhas de 80 cm, não houve redução significativa do rendimento de grãos com o aumento da variabilidade espacial da distribuição de plantas na linha. O comportamento diferencial observado entre os dois espaçamentos entrelinhas utilizados no trabalho possivelmente ocorreu pelo fato de, com o espaçamento reduzido (40 cm), as distâncias entre plantas na linha variaram mais à medida que aumentou o C.V. da distribuição espacial (Figura 1).

A redução do rendimento em função do aumento do C.V. na distribuição de plantas foi numericamente maior em 2009/2010 do que em 2010/2011 (Figuras 2A e 3A). É possível que as maiores quantidades de fósforo e potássio aplicadas na semeadura e de nitrogênio em cobertura no segundo ano tenham minimizado a competição intraespecífica por recursos do ambiente, atenuando os efeitos negativos da irregularidade na distribuição espacial das plantas na linha sobre o rendimento de grãos.

A expectativa teórica era de que a utilização de espaçamentos entrelinhas reduzidos (40 cm) propiciasse maior rendimento de grãos do que no espaçamento convencional (80 cm), principalmente quando as plantas estavam uniformemente distribu-

ídas na linha, em função do melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, conforme reportado previamente por Sangoi et al. (2001) e Strieder et al. (2008). Esta vantagem produtiva não ocorreu significativamente nos dois anos em que se conduziu o trabalho, independentemente do C.V. da distribuição espacial das plantas na linha. Trabalhos realizados por Flesch & Vieira (1999), Serpa et al. (2007) e Strieder et al (2007) demonstraram que os benefícios da redução do espaçamento entrelinhas no incremento da produtividade do milho dependem do híbrido, das condições ambientais e das práticas de manejo adotadas na cultura.

Considerando o coeficiente angular médio das retas ajustadas aos dados de produtividade dos dois anos de estudo, houve um decréscimo de 735 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos dos tratamentos em que as plantas estavam com 100% de coeficiente de variação na distribuição nas linhas, em relação ao com distribuição uniforme (Figuras 2A e 3A). Os resultados obtidos neste trabalho corroboram os prejuízos à produtividade do milho obtidos por Nielsen (2004) e Horn (2011). Estes autores registraram decréscimos de 57 kg ha<sup>-1</sup> por centímetro de incremento no desvio padrão na distância entre plantas e de 128 kg ha<sup>-1</sup> para cada 10% de incremento no C.V. da distribuição espacial das plantas na linha, respectivamente. Por outro lado, eles contrariam as observações feitas por Lauer & Rankin (2004) nos Estados Unidos e por Liu et al. (2004b) no Canadá, que não detectaram decréscimos no rendimento de grãos ocasionados pela irregularidade na distribuição espacial de plantas.

Os resultados contrastantes reportados na literatura quanto aos efeitos da irregularidade na distribuição de plantas na linha sobre o rendimento de grãos de milho podem estar relacionados à metodologia utilizada para simular a variabilidade espacial. É

importante que a variabilidade seja ocasionada durante a semeadura ou a emergência das plantas, para que se possa detectar corretamente os efeitos da distribuição de plantas na competição intraespecífica desde o início do ciclo da cultura. Lauer & Rankin (2004) e Liu et al. (2004b) implantaram seus experimentos numa densidade maior do que a esperada e, depois, desbastaram os ensaios de acordo com a variabilidade desejada quando as plantas tinham entre duas e cinco folhas expandidas. É possível que o desbaste tardio tenha mitigado os efeitos nocivos da variabilidade espacial na distribuição de plantas na linha. Isto não ocorreu no presente estudo, em que o excesso de plantas foi removido tão logo o coleóptilo atingiu a superfície do solo, durante o estágio VE da escala de Ritchie et al. (1993). Além da questão metodológica, diferenças de clima, tipo de solo e híbrido entre regiões produtoras também podem contribuir para explicar os efeitos contrastantes da variabilidade espacial na distribuição de plantas na linha sobre o desempenho agrônomico do milho (Nielsen, 2004).

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que, mesmo atingindo a densidade de plantas almejada, pode haver comprometimento do potencial produtivo da lavoura se as sementes não forem distribuídas de forma uniforme nas linhas de semeadura.

### Conclusões

O rendimento de grãos diminui com o aumento da desuniformidade espacial entre as plantas na linha de cultivo do milho.

O estabelecimento de lavoura com maior uniformidade espacial possibilita que plantas vizinhas tenham o mesmo fornecimento de substrato, aumentando o número de grãos produzidos por área.

### Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa ao primeiro e ao sexto autores. À Dupont do Brasil S.A. - Divisão Pioneer Sementes, pelo apoio financeiro à execução do trabalho. À Capes, pela concessão de bolsa de estudos ao segundo e ao terceiro autores.

### Referências

- ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. **Bases para el manejo del maiz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003. 443 p.
- DOERGE, T.; HALL, T.; GRADNER, D. New research confirms benefits of improved plant spacing in corn. **Crop insights**, v.12., 2004. Disponível em: <http://pioneer.com.usa/agronomy/corn/1202.htm>. Acesso em: 1 abr. 2012.
- DUVICK, D. N.; SMITH, J. S. C.; COOPER, M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. New York: J. Wiley, 2004, p. 109-151.
- FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamento e população de plantas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 28-31, 1999.
- HORN, D. Qualidade de plantio: uma nova abordagem. **Boletim Informativo da Pioneer**, v. 3, p. 17-19, 2011.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n.2, p. 259-263. 2006.
- LAUER, J.; RANKIN, M. Corn response to within row plant spacing. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 6, p. 1464-1468, 2004.

- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Impact of planter type, planting speed and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 6, p. 1668-1672, 2004a.
- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Within row plant spacing does not affect corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 1, 275-280, 2004b.
- MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatística para Windows**. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.
- MARTIN, K. L.; HODGEN, P. J.; FREEMAN, K. W.; MELCHIORI, R.; ARNALL, D. B.; TEAL, R. K.; MULLEN, R. W.; DESRTA, K.; PHILLIPS, S. B.; SOLIE, J. B.; STONE, M. L.; CAVIGLIA, O.; SOLARI, F.; BIANCHINI, A.; FRANCIS, D. D.; SHEPERS, J. S.; RATFIELD, J. L.; RAUN, W. R. Plant-to-plant variability in corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 6, p.1603-1611, 2005.
- MEROTTO, A.; SANGOI, L.; GUIDOLIN, A. F.; ENDER, M. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos do milho, principalmente em alta população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 595-601, 1999.
- NIELSEN, B. Effect of plant spacing variability on corn grain yield. 2004. Disponível em: <<http://www.kingcorn.org/research/psv/Update2004.html>> Acesso em: 15 mar. 2012.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. B.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).
- RIZZARDI, M.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho na linha de semeadura e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 8, p.1231-1236, 1994.
- SANGOI, L. Efeitos do arranjo de plantas sobre características agronômicas de genótipos de milho em dois níveis de fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 7, p. 945-953, 1990.
- SANGOI, L. ENDER, M. ; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L.; HEBERLE, P. C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 64 p.
- SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n.5, p. 609-616, 2011.
- STRECK, E. V. KAMPF, N.; DALMOLIN, R. C. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER RS, 2008. 222 p.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A.; ENDRIGO, P. C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 634-642, 2007.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. P.; RAMBO, L.;

- SANGOI, L. ; SILVA, A. A. ; ENDRIGO, P. C . Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 346-353, 2008.
- TOKATLIDIS, I. S; KOUTROUBAS, S. D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 103-114, 2004.
- TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, n. 1, p. 161-169, 2002.