

COMBINAÇÃO DE ESPAÇAMENTO ENTRELINHAS E DENSIDADE POPULACIONAL NO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM MILHO

RAFAEL GUSTAVO FLORIANI SOSSAI RODRIGUES BOIAGO¹,
RENATO PEDRO GARCIA MATEUS¹, ADILSON RICKEN SCHUELTER²,
RAFAEL RECANELLO BARRETO³, GLACY JAQUELINE SILVA¹ e IVAN SCHUSTER^{1,2}

¹Universidade Paranaense (UNIPAR), Umuarama, PR,

rafaboiago@hotmail.com, renato.garcia@cvale.com.br, glacy.jaqueline@gmail.com

²Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC), Cascavel, PR,

adilson_schuelter@yahoo.com.br, ivanschuster.ivan@gmail.com

³Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC), Rio Verde, GO, – rr_barreto@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.3, p. 440-448, 2017

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do arranjo espacial e da densidade de semeadura na produtividade de cinco híbridos de milho, em dois locais no cultivo de verão. Foram utilizados espaçamentos de 80 cm e de 45 cm entrelinhas, e densidades de semeadura de 42.000, 52.000, 62.000 e 85.000 plantas ha⁻¹. As avaliações foram conduzidas em Cascavel-PR e em Rio Verde-GO. Foram observados efeitos significativos para os fatores principais (híbrido, espaçamento entrelinhas e densidade), mas não foram observadas interações entre os fatores, com exceção da interação densidade x híbrido em Rio Verde. Houve maior efeito do espaçamento entrelinhas do que da densidade populacional na produtividade de todos os híbridos. No espaçamento de 45 cm entrelinhas, os híbridos produziram, em média, 36% a mais do que no espaçamento de 80 cm, nos dois locais avaliados. Houve aumento de produtividade com aumento da densidade de semeadura até 75 mil plantas ha⁻¹ em Cascavel, e até 85 mil plantas ha⁻¹ em Rio Verde.

Palavras-chave: *Zea mays*, arranjo espacial de plantas, sistemas de cultivo.

COMBINING ROW SPACING AND POPULATION DENSITY IN INCREASING MAIZE YIELD

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the effects of spatial arrangement and plant density from five corn hybrids at two locations in the summer season. Row spacing used were 80 cm and 45 cm between rows and plant densities were 42,000, 52,000, 62,000 and 85,000 plants ha⁻¹. The evaluations were conducted in Cascavel, State of Paraná, and Rio Verde, State of Goiás, Brazil. Significant effects were observed for the main effects (hybrid, row spacing and density), but there were no interactions between the main effects, with the exception of the interaction between density x hybrid in Rio Verde. There was a greater effect of row spacing than the population density on yield of all hybrids. With the row spacing at 45 cm the hybrids yielded, on average, 36% more than at a spacing of 80 cm, in the two locations. There was a trend for increased productivity with increased seeding rate up to 75,000 plants ha⁻¹ in Cascavel, and up to 85,000 plants ha⁻¹ in Rio Verde.

Keywords: *Zea mays*, spatial arrangements, cultivation systems.

A produtividade média de milho no Brasil duplicou nos últimos 40 anos, e mesmo assim ainda é baixa (5.211 kg ha^{-1}) quando comparada com a produtividade nos Estados Unidos, que é de $11.131 \text{ kg ha}^{-1}$ (CONAB, 2016; USDA, 2017). Dentre os motivos pela baixa produtividade das lavouras de milho no Brasil, destacam-se a densidade inadequada de plantas por unidade de área, a baixa fertilidade dos solos e o arranjo de plantas na área (Duarte & Kappes, 2015).

A produtividade do milho está relacionada com a redução do espaçamento entrelinhas, utilização de híbridos mais produtivos e densidade populacional adequada (Argenta et al., 2001; Silva et al., 2014; Lana et al., 2014). Segundo Argenta et al. (2001), híbridos mais precoces respondem melhor à distribuição mais regular de plantas, aumentando seu potencial produtivo de grãos. Por outro lado, Pereira et al. (2008) observaram que a redução no espaçamento das linhas de plantio ou aumento da densidade de plantas, como práticas isoladas, proporcionaram incremento no rendimento de grãos para as variedades testadas.

Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores; contudo, por causa da interação, o efeito positivo da redução do espaçamento entrelinhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades. Porém, os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais (Sangoi et al., 2004). Segundo estes autores, o comportamento dos híbridos de milho em diferentes densidades e espaçamentos de cultivo não é coincidente, especialmente se forem consideradas diferentes condições climáticas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos e a interação entre diferentes densidades po-

pulacionais de híbridos e espaçamentos entrelinhas na produtividade de cinco híbridos de milho cultivados em dois locais.

Material e Métodos

Foram utilizados cinco híbridos de milho, sendo três híbridos simples (CD 386Hx, CD 393Hx e CD 316), e dois híbridos triplos (CD 384Hx e CD 397Yg). Os experimentos foram conduzidos em Cascavel-PR e Rio Verde-GO. Em Cascavel, os híbridos foram avaliados no verão 2010/11, com semeadura em 26 de outubro de 2010, e em Rio Verde os mesmos híbridos foram avaliados no verão de 2011/12, com plantio em 16 de novembro de 2011. Em Cascavel, os híbridos foram avaliados na Estação de Pesquisa da Coodetec - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Latitude $S 24^{\circ} 52' 56,9''$; Longitude $W 53^{\circ} 32' 00,4''$ e altitude 690 m e tipo de solo Latossolo Roxo Distroférrico). Em Rio Verde, o experimento foi conduzido na Estação de Pesquisa da Coodetec de Rio Verde (Latitude $S 17^{\circ} 45' 38''$; Longitude $W 51^{\circ} 01' 56''$ e altitude 748 m e tipo de solo Latossolo Vermelho Escuro com textura areno argilosa). Cascavel possui clima subtropical úmido (Cfa segundo a classificação de Köppen-Geiger) com temperatura média anual de 19°C . Rio Verde possui clima mesotérmico úmido (Cfb segundo a classificação de Köppen-Geiger), com temperatura média anual entre 20 e 25°C .

Foram utilizados dois espaçamentos entrelinhas (45 cm e 80 cm), e quatro densidades de semeadura (42.000, 52.000, 62.000 e 85.000 plantas ha^{-1}). A semeadura foi mecânica, utilizando-se a maior densidade. Após a emergência, o número de plantas por parcela foi ajustado através de arranquio manual das plantas em excesso a fim de se obter as densidades corretas em cada tratamento.

Foram utilizados delineamentos em blocos casualizados, com três repetições e modelo fatorial 2x4, com dois espaçamentos entrelinhas e quatro densidades de semeadura. Para verificar se os resultados eram consistentes para diferentes híbridos, foram utilizados cinco híbridos, em cinco experimentos independentes em cada local, com um híbrido por experimento. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5 m de comprimento, sendo colhidas as duas linhas centrais para avaliação da produtividade. Foi utilizada adubação de base de 300 kg ha⁻¹ da formulação comercial 05-20-20 de N-P-K, e uma cobertura de 100 kg de N ha⁻¹ em V8, e uma aplicação de fungicida em V9 (Epoxinazole, 137g i.a. ha⁻¹). As plantas daninhas foram controladas por capina manual.

A colheita foi manual, e após a debulha das espigas os grãos foram pesados em balança eletrônica. A determinação de umidade dos grãos foi realizada em equipamento Dickey John mini GAC. As produtividades foram expressas em kg ha⁻¹, corrigindo-se para 13% de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância fatorial, e as médias dos tratamentos

foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa GENES (Cruz, 2013). Fontes de variação que apresentaram interação foram submetidas ao teste de comparação de médias para cada fator, enquanto que para aquelas que não apresentaram interação o teste de média foi aplicado apenas às médias conjuntas. Também foi realizada análise de regressão linear para a média de híbridos e espaçamento em cada local, em função das densidades de plantio.

Resultados e Discussão

Observou-se efeito significativo para todos os efeitos principais (híbridos, espaçamento e densidade) nos dois locais (Tabela 1). No entanto, não houve efeito significativo das interações entre os efeitos principais, com exceção da interação entre densidade de semeadura e híbridos em Rio Verde.

Para os cinco híbridos avaliados houve aumento significativo de produtividade ao reduzir-se o espaçamento entrelinhas de 80 cm para 45 cm, em todas as populações avaliadas, tanto em Cascavel

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os efeitos de espaçamento, densidade de semeadura e híbridos de milho, e suas interações, avaliados em dois ambientes.

Fonte de Variação	GL	Cascavel 2010/11		Rio Verde 2011/12	
		QM	P(F)	QM	P(F)
Espaçamento (E)	1	20.996.774	<0,01%	188.285.416	<0,01%
Densidade (D)	3	185.220.759	<0,01%	11.118.198	<0,01%
Híbrido (H)	5	5.092.484	0,09%	4.124.855	<0,01%
E x D	15	68.315	100%	799.711	17,14%
E x H	5	2.175.373	8,88%	1.626.764	100%
D x H	15	1.488.350	18,66%	298.588	0,96%
E x D x H	15	993.560	100%	624.126	24,93%
Resíduo	80	1.092.276		496.573	
CV			14,26		14,42

quanto em Rio Verde (Tabelas 2 e 3). Este aumento de produtividade com a redução do espaçamento entrelinhas também pode ser observado entre as médias de todos os espaçamentos para cada híbrido, e pela média dos espaçamentos e do conjunto de híbridos, em cada local de avaliação.

Tabela 2. Médias de produtividade de cinco híbridos de milho em Cascavel, em função do espaçamento entrelinhas em quatro densidades de semeadura.

Híbrido	Espaçamento entrelinhas	Densidade de semeadura				Média
		42000	52000	62000	85000	
CD 384HX	45 cm	8105	8797	10121	9260	9071 a*
	80 cm	4681	5839	6100	6209	5707 B
CD 386HX	45 cm	8258	8963	8687	9758	8916 A
	80 cm	5467	6515	6942	7253	6544 b
CD 393	45 cm	6116	8759	9333	9821	8507 a
	80 cm	5912	6446	6833	8035	6806 b
CD 397YG	45 cm	7721	7899	9258	9318	8549 A
	80 cm	5496	6931	7196	7583	6801 B
CD 316	45 cm	6704	7498	8561	8872	7909 A
	80 cm	4582	5279	6466	6320	5662 B
Média	45 cm	7381	8383	9192	9406	8590 A
	80 cm	5228	6202	6708	7080	6304 B

Médias seguidas pelas mesmas letras, para o mesmo híbrido e para a média, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias de produtividade de cinco híbridos de milho em Rio Verde, em função do espaçamento entrelinhas em quatro densidades de semeadura.

Híbrido	Espaçamento entrelinhas	Densidade de semeadura				Média
		42000	52000	62000	85000	
CD 384HX	45 cm	7638	8457	9262	9854	8803 a*
	80 cm	5091	5039	5534	6526	5548 B
CD 386HX	45 cm	6953	7743	7335	8257	7572 A
	80 cm	4420	5010	5459	6312	5300 B
CD 393	45 cm	6860	8036	8381	8880	8040 A
	80 cm	6750	6327	5668	6721	6366 B
CD 397YG	45 cm	7111	7891	7005	8654	7665 A
	80 cm	4916	5183	5874	6078	5513 B
CD 316	45 cm	6428	6964	7380	8479	7313 A
	80 cm	4418	5136	5260	5565	5095 B
Média	45 cm	6998	7818	7873	8825	7878 A
	80 cm	5119	5339	5559	6240	5564 B

Médias seguidas pelas mesmas letras, para o mesmo híbrido e para a média, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em trabalho realizado por Stacciarini et al. (2010) foi observado incremento na produtividade do milho com a redução do espaçamento entrelinhas, e também com o aumento da densidade de semeadura. Argenta et al. (2001) obtiveram aumento de produtividade de milho com a redução do espaçamento entrelinhas de 100 cm para 40 cm quando mantiveram a densidade de semeadura fixa em 50 mil plantas ha^{-1} . No entanto, quando mantiveram a densidade de plantas fixa em 65 mil plantas ha^{-1} não observaram diferenças entre os espaçamentos. Resende et al. (2003), utilizando espaçamentos entrelinhas de milho de 45, 70 e 90 cm, obtiveram as maiores produtividades no espaçamento de 70 cm. Na avaliação de densidade de semeadura, obtiveram aumento linear de produtividade ao aumentarem a densidade de plantas de 55 mil plantas ha^{-1} para 90 mil plantas ha^{-1} .

O comportamento dos híbridos em função da redução do espaçamento entrelinhas foi semelhante nas avaliações realizadas em Cascavel e em Rio Verde. O aumento de produtividade com a redução do espaçamento entrelinhas variou de 25% (CD 393 e CD 397Yg) a 59% (CD 384Hx), em Cascavel. Em Rio Verde, o aumento da produtividade com a redução do espaçamento entrelinhas variou de 26% (CD 393) a 59% (CD 384Hx). Na média dos cinco híbridos avaliados, em todas as densidades de semeadura, o aumento da produtividade foi de 36% para a redução no espaçamento de 80 cm para 45 cm entrelinhas, tanto em Cascavel quanto em Rio Verde.

Na análise de regressão linear da produtividade em função da densidade de semeadura da avaliação realizada em Cascavel, os híbridos apresentaram comportamento quadrático em relação à densidade de semeadura, com maiores produtividades estimadas pela equação de regressão na densidade de 70 mil plantas ha^{-1} no espaçamento de 45 cm, e de 85

mil plantas ha^{-1} no espaçamento de 80 cm. (Figura 1). Van Roekel & Coulter (2011) também identificaram comportamento quadrático do aumento de produtividade em milho em função da densidade de plantio, com máxima produtividade na densidade de 81.700 plantas ha^{-1} .

Na avaliação realizada em Rio Verde, houve tendência de aumento linear de produtividade em função do aumento na densidade de semeadura para a média dos híbridos, nos dois espaçamentos entrelinhas (Figura 2). Em média, o aumento de produtividade observado foi de 33,9 kg ha^{-1} a cada aumento de densidade de 1.000 plantas ha^{-1} no espaçamento de 45 cm entrelinhas, e de 26,3 kg ha^{-1} no espaçamento de 80 cm entrelinhas. Todos os coeficientes de regressão foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Pode-se observar nas Figuras 1 e 2 que existem dois níveis de produtividade claramente distintos para a média dos híbridos avaliados, tanto em Cascavel quanto em Rio Verde, com produtividades maiores no espaçamento de 45 cm entrelinhas.

Em trabalho realizado por Afférreri et al. (2008) foram obtidas respostas diferenciais para dois híbridos avaliados em diferentes espaçamentos entrelinhas, sendo que um híbrido aumentou linearmente a produtividade com a diminuição do espaçamento de 80 cm para 50 cm entrelinhas, enquanto outro híbrido não apresentou diferença de resposta em função do espaçamento entrelinhas. Assim como foi observado no presente trabalho, os autores observaram efeito maior para espaçamento entrelinhas do que para densidade de semeadura.

O aumento da produtividade com a redução do espaçamento entrelinhas e com o aumento da densidade ocorreu da mesma forma, tanto para híbridos simples quanto para híbridos triplos.

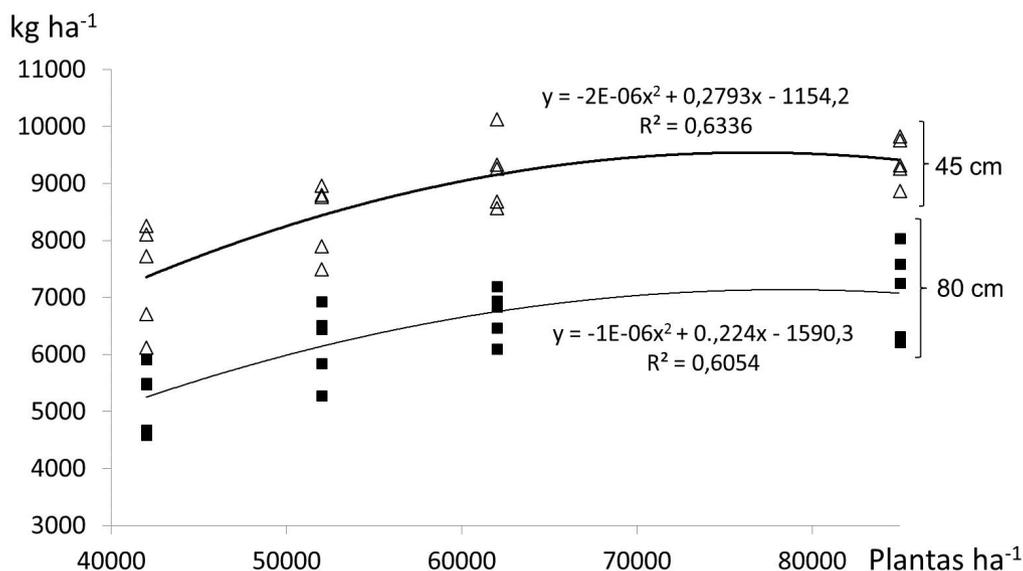


Figura 1. Produtividade média de cinco híbridos de milho em Cascavel, em função da densidade de sementeira e do espaçamento entrelinhas. Os coeficientes de determinação foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste de F.

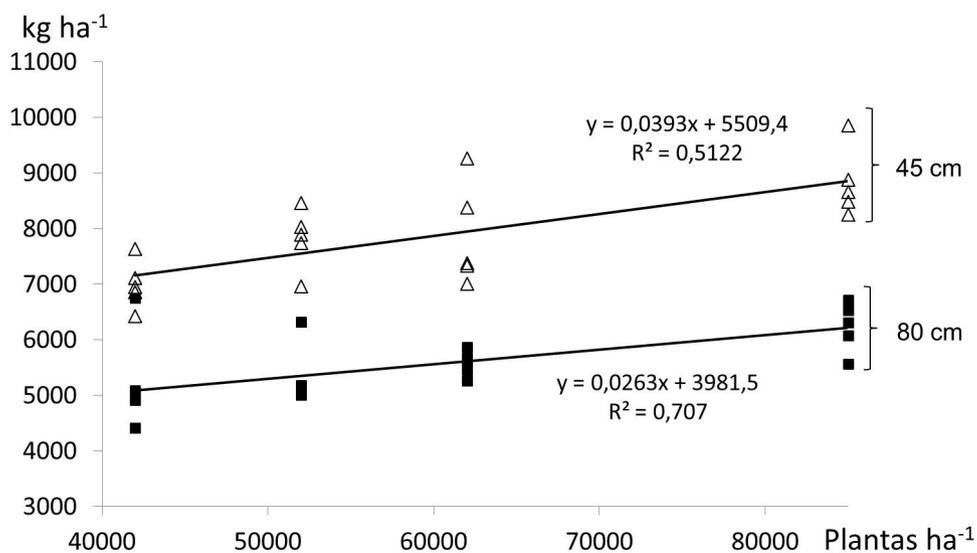


Figura 2. Produtividade média de cinco híbridos de milho em Rio Verde, em função da densidade de sementeira e espaçamento entrelinhas. Os coeficientes de determinação foram significativos a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Segundo Strieder et al. (2007), o arranjo de plantas é uma das práticas culturais que mais interfere na produtividade do milho. Essa resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras poáceas, o milho não apresenta um mecanismo eficiente de compensação de espaços, pois perfilha pouco e apresenta baixa prolificidade e limitada capacidade de expansão. A elevação do rendimento de grãos com a redução do espaçamento entrelinhas é atribuída à melhor eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre plantas de milho por luz, água e nutrientes, em virtude da distribuição mais equidistante das plantas (Pereira Filho et al., 2013).

Utilizando-se a mesma densidade de semeadura, a redução do espaçamento permite um melhor arranjo espacial das plantas, sendo que cada planta pode ocupar uma área maior de solo para uso de nutrientes e água, e também aproveitar melhor a luz solar, aumentando a eficiência de produção de cada planta (Pereira Filho et al., 2013). Mundstock (1978) verificou que os efeitos benéficos dos menores espaçamentos foram ocasionados pelo maior peso individual de espigas, possivelmente pelo melhor aproveitamento de luz no período de enchimento de grãos. O incremento de rendimento de grãos com o melhor arranjo de plantas no campo é, muitas vezes, atribuído ao aumento da produção fotossintética líquida (Bullock et al., 1988).

Além dos efeitos observados na cultura do milho, a redução do espaçamento entrelinhas pode aumentar a sua competitividade com as plantas daninhas, a partir da maior quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura. Cerrudo et al. (2012) observaram que a competição inicial das plantas de milho com plantas daninhas resulta em redução da radiação fotossinteticamente ativa e consequente redução na matéria seca das plantas, que resulta em redução do número e do peso dos grãos.

A disposição mais uniforme entre plantas em espaçamentos menores permite maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão de luz na faixa do vermelho extremo (VE) (Tollenaar & Dwyer, 2012). Esta característica é especialmente importante para o milho em densidades elevadas, pois, nestes casos, as plantas recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V. Segundo os autores, o aumento da relação VE/V determina algumas modificações no desenvolvimento das plantas, como maior alongação do colmo, folhas mais compridas e finas e elevada perda de raízes quando se utilizam densidades elevadas de plantas, sem utilizar um arranjo equidistante entre plantas.

Hammer et al. (2009), avaliando a evolução da produtividade do milho nos Estados Unidos, identificaram alterações na arquitetura, e o dossel das plantas de milho teve um importante efeito indireto no aumento da produtividade do milho, via retenção de área foliar e partição de carboidratos para as espigas. O melhor arranjo entre as plantas no menor espaçamento entrelinhas também permite, teoricamente, a utilização de maiores densidades de semeadura, com maior área de dossel e maior produtividade. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram isso, uma vez que a produtividade nos menores espaçamentos entrelinhas foi maior, e observou-se uma tendência de aumento de produtividade com o aumento da densidade, na análise de regressão linear.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a maior produtividade de grãos de milho por unidade de área pode ser obtida pela redução do espaçamento entrelinhas das plantas de milho, associada ao aumento da densidade de semeadura. A redução no espaçamento entrelinhas tem um efeito muito maior sobre a produtividade do que o aumento na densidade. A disponibilidade atual de equipamentos de semeadura

ra, tratos culturais e colheita adequada para utilização com espaçamento reduzido das entrelinhas de milho permite que se cultive milho com espaçamentos reduzidos, resultando em aumentos de produtividade sem implicar aumento no custo de produção.

Conclusão

Tanto a redução de espaçamento quanto o aumento da densidade aumentam a produtividade de milho, sendo que a redução de espaçamento tem efeito maior no crescimento de produtividade do que o aumento da densidade.

Referências

- AFFÉRI, F. S.; MARTINS, E. P.; PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; RODRIGUES, H. V. M. Espaçamento e densidade de semeadura para a cultura do milho, em plantio tardio, no Estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 128-133, 2008.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, E. L. F.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução de espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.
DOI: [10.1590/S0100-204X2001000100009](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100009).
- BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.
DOI: [10.2135/cropsci1988.0011183X002800020015x](https://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183X002800020015x).
- CERRUDO, D.; PAGE, E. R.; TOLLENAAR, M.; SEWART, G.; SWANTON, C. J. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. **Weed Science**, Champaign, v. 60, n. 2, p. 225-232, 2012.
DOI: [10.1614/WS-D-11-00127.1](https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00127.1).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras: séries históricas: séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16 de grãos, 2001 a 2016 de café, 2005/06 a 2016/17 de cana-de-açúcar**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso em: 8 jan. 2017.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
DOI: [10.4025/actasciagron.v35i3.21251](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251).
- DUARTE, A. P.; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 152, p. 15-18, 2015.
- HAMMER, G. L.; DONG, Z.; McLEAN, G.; DOHERTY, A.; MESSINA, C. J.; SCHUSSLER, J.; ZINSELMEIER, C.; PAZKIEWICZ, S.; COOPER, M. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn Belt? **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 1, p. 299-312, 2009.
DOI: [10.2135/cropsci2008.03.0152](https://doi.org/10.2135/cropsci2008.03.0152).
- LANA, M. D. C.; RAMPIM, L.; OHLAND, T.; FÁVERO, F. Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an Oxisoil. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 3, p. 424-433, 2014.
- MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamento entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays* L.) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 13-17, 1978.
- PEREIRA, F. R. D. S.; CRUZ, S.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; SILVA, E. T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 69-74, 2008.
DOI: [10.1590/S1415-43662008000100010](https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000100010).
- PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; KARAM, D. **Milho**: redução do espaçamento entrelinhas uma adoção

- tecnológica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 126 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 163).
- RESENDE, S. G. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.
DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v2n3p34-42](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n3p34-42).
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial e plantas e milho: como otimiza-lo para maximizar o rendimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE ALAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, Cuiabá, MT. **Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade: [resumos expandidos]**. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Cuiabá: Empaer, 2004. p. 150-159.
- SILVA, A. F.; SCHONINGER, E. L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M. A. C. de. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.
DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p162-173](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p162-173).
- STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BOERGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A. da; ENDRIGO, P. C. A. 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.
DOI: [10.1590/S0103-84782007000300006](https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300006).
- TEASDALE, J. R. Influence of corn (*Zea mays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. **Weed Science**, Beltsville, v. 46, p. 447-453, 1998.
- TOLLENAAR, M.; DWYER, L. M. Physiology of maize. In: SMITH, D. L.; HAMEL, C. (Ed.). **Crop yield: physiology and processes**. Heidelberg: Springer, 2012. p. 169-204.
- USDA. National Agriculture Statistics Service. **Corn for grain yield**: United States. Charts maps. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/graphics/cornyld.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2017.
- VAN ROEKEL, R. J.; COULTER, J. A. Agronomic responses of corn to planting date and plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 5, p. 1414-1422, 2011.
DOI: [10.2134/agronj2011.0071](https://doi.org/10.2134/agronj2011.0071).