

DENSIDADE E ARRANJO POPULACIONAL EM MILHO*

por Luís Sangoi e Paulo Regis Ferreira da Silva

1. INTRODUÇÃO

A produtividade obtida com a cultura do milho no Brasil é baixa, oscilando entre 3.000 e 3.700 kg ha⁻¹ nas últimas safras (Sangoi et al., 2006). Várias causas contribuem para esse cenário, destacando-se o uso de variedades com potencial produtivo limitado, disponibilidade de água e de nutrientes no solo deficiente, utilização inadequada de época e densidade de semeadura e controle precário de insetos e plantas daninhas (Silva et al., 2003).

A otimização do potencial produtivo do milho depende da duração do período de interceptação da radiação solar incidente, da eficiência de uso da radiação interceptada na fotossíntese e da distribuição adequada dos fotoassimilados produzidos às diferentes demandas da planta (Argenta et al., 2003). A densidade e o arranjo de plantas têm grande importância na interceptação e na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel à produção de grãos. Esse efeito é mais significativo no milho do que em outras gramíneas, em função de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da planta (Sangoi, 2001).

O arranjo de plantas pode interferir sobre o crescimento e desenvolvimento do milho mediante variações na densidade populacional, no espaçamento entre linhas e na distribuição espacial e temporal de indivíduos na linha (Argenta et al., 2001a).

Este texto objetiva discutir o efeito dessas práticas culturais sobre a performance agrônômica da cultura do milho, caracterizando as modificações ocorridas nos últimos anos e seus reflexos no rendimento de grãos.

2 . DENSIDADE DE PLANTAS

2.1 Considerações gerais

O incremento na densidade de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar. Contudo, também pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e sua eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, aumentando o intervalo entre o florescimento masculino e feminino e reduzindo o número de grãos por espiga (Sangoi et al., 2003).

Entre as formas de manipulação do arranjo espacial, a densidade de plantas é a que tem maior interferência na produtividade do milho, pois pequenas alterações na população podem afetar significativamente o rendimento de grãos. Essa resposta ocorre porque o milho não possui um mecanismo de compensação de espaços tão eficiente quanto outras *Poaceas*, pois raramente perfilha, possui baixa prolificidade e limitada capacidade de expansão foliar (Andrade et al., 1999). A determinação da densidade ótima (população de plantas capaz de otimizar a utilização dos recursos disponíveis) depende de diversos fatores, relacionados ao genótipo, ao ambiente e ao manejo da cultura.

2.2 Cultivar

Trabalhos desenvolvidos por Duvick e Cassman (1999), nos Estados Unidos, Tollenaar e Lee (2002) no Canadá, e Sangoi et al. (2002a) no sul do Brasil demonstraram que os híbridos contemporâneos de milho são mais tolerantes às altas densidades de plantas do que os genótipos utilizados no passado. Esse avanço foi obtido utilizando-se como critério de seleção o

rendimento de grãos das futuras cultivares em populações superiores às recomendadas na lavoura (Bolaños e Edmeades, 1996).

Os híbridos com menor exigência calórica para florescer geralmente requerem maior densidade de plantas para otimizar seu potencial produtivo (Sangoi et al., 2001a). Esse processo ocorre porque a precocidade está positivamente correlacionada com redução na estatura de planta e na área foliar. Assim, há necessidade de maior número de indivíduos por área quando se utilizam cultivares precoces para gerar um índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar (Sangoi, 2001).

A arquitetura de planta também interfere na qualidade da luz que penetra no dossel e na resposta à densidade de plantas (Kasperbauer e Karlen, 1994). O desenvolvimento de genótipos com menor número de folhas, folhas mais eretas e menor área foliar minimiza a competição por luz, reduzindo a quantidade de vermelho extremo (Ve) refletida pela comunidade (Almeida et al., 2000). Assim, pode-se obter menor relação Ve/V em altas densidades, quando comparada com híbridos dotados de folhas mais numerosas, maiores e decumbentes. A melhoria na qualidade da luz obtida com esse ideótipo compacto propicia condições endógenas favoráveis para um desenvolvimento alométrico mais equilibrado entre as inflorescências masculina e feminina, minimizando a dominância apical.

O incremento na densidade de plantas aumenta a suscetibilidade da cultura do milho ao acamamento e quebra de colmos (Ribeiro et al., 2005). Híbridos com menor exigência calórica para florescer são potencialmente menos afetados por esse efeito negativo do adensamento pelo fato de terem menor estatura de plantas e menor altura de inserção de espigas. Essas duas características são benéficas para a manutenção do colmo ereto até a colheita, pois mantém o centro de gravidade da planta mais próximo do nível do solo, fato relevante para espécies como o milho, que concentra cerca de 50% da fitomassa total nos grãos ao final do seu ciclo (Sangoi et al., 2002b).

2.3 Ambiente

2.3.1 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade de água é o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas (Loomis e Connors, 1992). Quando há alta probabilidade de falta de umidade durante a floração da cultura, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas (Andrade et al., 1996). Estandes adensados só devem ser recomendadas em regiões com alta precipitação pluvial ou sob irrigação e com alto nível de manejo.

O incremento na densidade aumenta o índice de área foliar e, conseqüentemente, o consumo de água (Tetiokagho e Gardner, 1988). Índices de área foliar elevados, associados a restrições no suprimento hídrico, elevam o nível de estresse sobre a planta. Nestas situações, há uma redução acentuada na taxa de crescimento das gemas axilares, pois a cultura prioriza o meristema apical. Isto aumenta a defasagem temporal entre o desenvolvimento do pendão e da espiga, redundando numa assincronia entre o florescimento masculino e o feminino (Sangoi, 1996). Como o período de liberação de pólen é curto e a longevidade dos grãos de pólen é pequena, a defasagem entre antese e espigamento compromete a fertilização, reduzindo o número de grãos por espiga e o rendimento de grãos (Bolaños e Edmeades, 1996).

2.3.2 Fertilidade do solo

A necessidade nutricional das plantas é outro aspecto a ser considerado na escolha de densidade de plantas, pois a cultura do milho é muito exigente em fertilidade do solo. O milho

corresponde progressivamente à elevação na disponibilidade de nutrientes, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos. O nitrogênio é o elemento que exerce maior influência sobre o rendimento de grãos da cultura. Quando não há restrições hídricas, à medida que se eleva a densidade de plantas são necessárias maiores doses de N para otimizar o rendimento. Por outro lado, com baixa disponibilidade de nutrientes e perspectivas de rendimento de grãos limitados, a densidade ótima recomendada deve ser reduzida (Silva et al., 1997).

2.4 Manejo

2.4.1 Época de semeadura e latitude

A época de semeadura e a latitude também podem influir na escolha da densidade de plantas em milho. Em regiões de alta latitude, a duração da estação de crescimento estival é menor. Conseqüentemente, há necessidade da utilização de cultivares menos exigentes em soma térmica para concluírem o seu ciclo. Esses genótipos demandam maior população de plantas para otimizarem o rendimento de grãos, em função do seu menor número de folhas, menor área foliar e menor estatura de plantas.

Em regiões temperadas e subtropicais, as semeaduras feitas no início da estação de crescimento usualmente requerem maiores densidades de plantas (Almeida et al., 2000). Nesses casos, as temperaturas atmosféricas mais baixas e a menor disponibilidade de radiação solar restringem a expansão foliar e a estatura da cultura, aumentando o número de plantas necessário para otimizar a eficiência de uso da radiação solar (Sangoi, 2001).

2.4.2 Incidência de doenças

O incremento na população de plantas aumenta a incidência de doenças foliares, de colmo e de espiga na cultura do milho (Casa e Reis, 2003). Com densidades elevadas, há menor circulação de ar no interior do dossel, o que favorece um período mais prolongado de deposição de orvalho nas folhas, estimulando a germinação de esporos de fungos que ocasionam doenças foliares, principalmente daqueles que são exigentes em período de molhamento (Sangoi et al., 2003). Altas populações impõem restrições à atividade fotossintética das folhas. A limitação imposta às folhas induz o colmo a redirecionar fotoassimilados em maior quantidade ao enchimento de grãos, fragilizando-o e facilitando a ocorrência de podridões (Sangoi et al., 2000). Diversos patógenos responsáveis por podridões de colmo podem migrar para a espiga, favorecendo a ocorrência de grãos ardidos (Ribeiro et al., 2005).

Compatibilizar características morfo-fisiológicas positivas para altas densidades com sanidade de plantas é um grande desafio aos melhoristas. Diversos atributos que aumentam a tolerância ao adensamento, tais como redução no número de folhas, na área foliar, na estatura de planta, na altura de inserção de espiga decorrem da ênfase à precocidade adotada pelos programas de melhoramento. Quanto mais precoce for a cultivar, mais compacto é o ideotipo de planta e maiores são as possibilidades de obter resposta positiva ao adensamento. Por outro lado, material muito precoce é também mais sensível a doenças e estresses ambientais. Assim, a utilização de práticas de manejo que previnam a incidência de doenças, tais como a rotação de culturas, a adequação do genótipo à região de cultivo e ao tratamento de sementes, é fundamental para que se possa utilizar altas densidades como estratégia de manejo do arranjo de plantas que favoreça o incremento no rendimento de grãos do milho no Brasil.

3. ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS

3.1 Considerações gerais

A cultura do milho tem sido tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entre linhas compreendidos entre 80 e 100 cm. Essa distância entre fileiras permite o adequado funcionamento dos equipamentos necessários à semeadura, tratos culturais e colheita, independentemente do sistema de produção e do tipo de tração utilizado (Sangoi et al., 2004). A redução na distância entre os sulcos de semeadura é uma forma de modificar o arranjo de plantas e interferir na eficácia de utilização dos recursos do meio. O interesse em cultivar o milho utilizando espaçamentos entre linhas reduzidos, de 45 a 60 cm, têm crescido nos últimos anos. O desenvolvimento de híbridos tolerantes a altas densidades, o aumento no número de herbicidas para o controle seletivo de plantas daninhas em pós-emergência e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas são fatores que favorecem o incremento na adoção desta prática cultural (Silva, 2005).

3.2 Vantagens da redução do espaçamento entre linhas

Mantendo-se a densidade de plantas constante, a redução do espaçamento entre linhas tem várias vantagens potenciais. A primeira é a de que ela incrementa a distância entre as plantas na linha, propiciando um arranjo mais equidistante dos indivíduos na área de cultivo. Esse procedimento reduz a competição entre plantas por água, luz e nutrientes, otimizando a sua utilização (Porter et al., 1997).

O fechamento mais rápido dos espaços disponíveis pela cultura, advindo da presença de linhas mais próximas, reduz a transmissão da radiação através da comunidade. A menor incidência luminosa nos extratos inferiores do dossel limita o desenvolvimento de plantas daninhas (Balbinot e Fleck, 2005). Dessa forma, a redução do espaçamento entre linhas atua como um método cultural de controle das invasoras.

O rápido sombreamento da superfície do solo obtido com espaçamentos reduzidos reduz a quantidade de água perdida por evaporação no início do ciclo do milho, o que, em associação à melhor exploração do solo pelo sistema radicular decorrente da distribuição mais equidistante das plantas, aumenta a eficiência de absorção e uso da água (Sangoi et al., 2004). Além disso, a cobertura antecipada da superfície do solo também pode auxiliar a protegê-lo, diminuindo o escoamento superficial e a erosão decorrente de precipitações pluviométricas intensas nas primeiras fases do desenvolvimento da lavoura (Lauer, 1994).

A redução do espaçamento entre linhas apresenta três vantagens potenciais no que se refere à mecanização agrícola: a primeira é a maior operacionalidade que espaçamentos de 45 a 50 cm proporcionam para produtores que trabalham com milho e soja, pois as semeadoras não necessitam ser substancialmente alteradas na mudança de cultivo para o outro; a segunda é a melhor distribuição das plântulas no sulco de semeadura, devido à menor velocidade de trabalho dos sistemas distribuidores de sementes; a terceira é a distribuição dos fertilizantes em maior quantidade de metros lineares por hectare, o que melhora o aproveitamento dos nutrientes e reduz a possibilidade de efeitos salinos fitotóxicos à semente (Balbinot e Fleck, 2005).

3.3 Efeitos sobre o rendimento de grãos

Os efeitos da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos do milho são bastante heterogêneos. No Sul do Brasil, incrementos de 5% a 8% foram reportados por Sangoi et al. (2001b) e Peixoto (2002) com a redução no espaçamento de 80-100 cm para 45-50 cm. Três fatores interferem na resposta à redução do espaçamento em regiões subtropicais: época

de semeadura, cultivar e densidade. Os benefícios dessa prática cultural são potencialmente maiores quando o milho é semeado no início da estação de crescimento no Sul do Brasil (agosto-outubro). Nas chamadas "semeaduras do cedo", as temperaturas atmosféricas mais baixas determinam um crescimento mais lento, limitando a expansão foliar e o porte da planta. Esse ideotipo compacto de planta incrementa a eficiência de uso da radiação solar com a redução do espaçamento entre linhas. Da mesma forma, cultivares de ciclo superprecoce e precoce, caracterizadas pela presença de folhas curtas e eretas, são mais responsivas à distribuição equidistante dos indivíduos propiciadas pela redução do espaçamento (Argenta et al. 2001b). O efeito positivo da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades populacionais. Nesses casos, os espaçamentos convencionais (80 a 100 cm) fazem com que as plantas fiquem muito próximas entre si no sulco de semeadura (10 a 20 cm), aumentando a competição por água, luz e nutrientes e limitando a disponibilidade de carboidratos à produção de grãos.

No cerrado brasileiro, os benefícios reportados pela redução do espaçamento entre linhas são percentualmente maiores do que no Sul do país, oscilando entre 9% e 41 %, dependendo da densidade, cultivar e ano agrícola (Fundação Rio Verde, 2002). Essa região produz milho em duas épocas: safra (outubro-dezembro) e safrinha (fevereiro-março). Na safra, normalmente não há limitações hídricas e a quantidade de nutrientes fornecida é maior do que na safrinha. Essas regiões de baixa latitude têm dias mais curtos na primavera e verão, em comparação com as áreas produtoras do sul do Brasil. O milho é uma planta C4, altamente eficiente na conversão da energia luminosa em energia química. Assim, os incrementos no rendimento de grãos propiciados pela redução do espaçamento entre linhas na safra têm sido atribuídos ao maior aproveitamento da energia radiante disponível, decorrente da distribuição mais equidistante das plantas. Na safrinha, existem maiores restrições hídricas e edáficas ao desenvolvimento do milho na região, devido à redução na precipitação pluvial registrada a partir de abril e ao menor investimento em fertilizantes. Nessa época de semeadura, a redução do espaçamento entre linhas pode propiciar aumentos na produtividade principalmente devido à distribuição mais homogênea do sistema radicular, ocupando maior volume de solo, favorecendo o aproveitamento de água e nutrientes e reduzindo o acamamento.

3.4 Limitações e perspectivas à utilização de espaçamentos entre linhas reduzidos

Observa-se que a adoção de espaçamentos entre linhas reduzidos na cultura do milho tem três limitações importantes: a primeira é a de que seu uso nem sempre traz benefícios à produtividade da cultura. Trabalhos desenvolvidos por Merotto Júnior (1999) e Strieder et al. (2006) demonstraram que o benefício da utilização de linhas mais próximas sobre o rendimento de grãos é altamente dependente do genótipo, da densidade de plantas e das condições ambientais; a segunda é o incremento no custo de produção, devido à necessidade de aquisição de plataformas adaptadas à colheita com linhas mais próximas; a terceira é a maior dificuldade para realização de tratamentos culturais em pós-emergência, tais como adubação nitrogenada de cobertura e controle da lagarta do cartucho.

A recomendação de redução no espaçamento entre linhas deve levar em conta aspectos agrônômicos e econômicos. A disponibilidade de equipamentos adaptados para cultivos com espaçamentos reduzidos tem aumentado nos últimos anos, em função das vantagens apresentadas por esta estratégia de manejo do arranjo de plantas (Argenta et al., 2001a). Atualmente, existem diversos modelos de plataformas disponíveis no mercado que permitem

colher lavouras instaladas com espaçamentos entre linhas de 45 a 50 cm. Contudo, sua aquisição tem um custo elevado a curto prazo que precisa ser confrontado com os benefícios potenciais advindos da adoção desta prática cultural (Silva, 2005).

4. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NA LINHA

4.1. Considerações gerais

Uma fração considerável do milho produzido no Brasil provém de pequenas propriedades, localizadas em regiões com relevo acidentado, nas quais há dificuldades para a mecanização da lavoura. Nesses locais, é comum a utilização do "saraquat", matraca ou pica-pau durante a semeadura do milho. Com a utilização desse implemento, concentram-se várias sementes por cova e afastam-se consideravelmente as covas entre si dentro do sulco de cultivo. Esse procedimento traz algumas vantagens aos produtores, tais como: aumento no rendimento operacional na semeadura, maior facilidade no controle mecânico de plantas daninhas, melhoria na penetração de luz para culturas consorciadas e redução na incidência de perfilhos (Sangoi, 1990).

Por outro lado, a irregularidade na distribuição espacial dentro das linhas pode aumentar o sombreamento intra-específico, prejudicando o aproveitamento da radiação incidente e reduzindo o rendimento de grãos.

4.2. Efeitos sobre o rendimento de grãos

Alguns trabalhos foram desenvolvidos para testar os efeitos da irregularidade na distribuição espacial nos sulcos de semeadura sobre o rendimento de grãos. Rizzardi et al. (1994), testando diferentes formas de distribuição das plantas na linha (1, 2, e 3 plantas por cova), na densidade de 65.000 plantas ha⁻¹, não observaram efeito significativo do sistema de distribuição das plantas na linha sobre o rendimento de grãos. Resultados similares foram obtidos por Liu et al. (2004a) no Canadá.

Percebe-se pela maior parte das evidências reportadas na literatura que o milho é capaz de compensar satisfatoriamente os espaços deixados pela desuniformidade de semeadura nos sulcos de plantio, sem reduzir significativamente seu rendimento de grãos, desde que não haja prejuízos à população de plantas ou irregularidade na época de emergência das mesmas.

5. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL NA LINHA

5.1. Considerações gerais

A uniformidade no desenvolvimento fenológico das plantas na lavoura é um dos requisitos importantes para otimizar a eficiência do arranjo de plantas no aproveitamento dos recursos do meio. Estandes com emergência uniforme favorecem a formação de plantas homogêneas quanto a sua arquitetura, minimizando a competição intra-específica. Plantas com emergência tardia apresentam pequena capacidade de recuperação, contribuindo pouco para a produtividade final da lavoura (Sangoi et al., 2004).

Merotto Junior et al. (1999) e Liu et al. (2004b) observaram que plantas com emergência tardia são dominadas e produzem poucos grãos. Há uma compensação por parte das plantas que emergiram primeiro, porém essa não é suficiente para proporcionar rendimento de grãos semelhante ao de uma comunidade com emergência uniforme. No caso de altas densidades, essa tendência se acentua devido ao aumento da competição intra-específica, que causa mais dificuldades às plantas com emergência tardia, fazendo com que muitas não produzam espigas. Desta forma, a emergência desuniforme pode ocasionar quatro tipos de prejuízos aos produtores de milho: redução no rendimento de grãos; variação no teor de umidade dos grãos

na colheita (plantas com emergência tardia são de desenvolvimento mais lento, o que se reflete em grãos com maior umidade na colheita, aumentando os danos mecânicos aos mesmos na colheita e os custos de secagem); aumento de perdas na colheita (plantas com emergência tardia produzem espigas menores o que dificulta o ajuste das colhedoras e aumentam as perdas de colheita); maior acamamento (plantas com emergência tardia produzem colmos mais finos, com menos raízes adventícias aéreas, o que aumenta o acamamento).

5.2. Fatores que contribuem para a desuniformidade na emergência

Diversos fatores podem incrementar a desuniformidade de emergência. Entre eles podem ser citados:

solo: características como temperatura baixa do solo, umidade deficiente no subperíodo semeadura-emergência, compactação da camada superficial em função do manejo inadequado, são fatores que favorecem a desuniformidade de emergência. No Sul do Brasil, esse problema é mais comum nas semeaduras feitas no fim do inverno (agosto-setembro), principalmente no sistema de semeadura direta e em áreas onde falta uniformidade na distribuição dos resíduos da cultura anterior.

Semente: estandes desuniformes são mais comuns quando são utilizadas sementes com variabilidade no tamanho e formato, ou lotes com poder germinativo e vigor baixos.

Profundidade de semeadura: variações na profundidade de semeadura ocasionam diferenças na época de emergência das plântulas. Sementes depositadas mais profundamente possuem geralmente emergência mais lenta do que aquelas colocadas mais próximas da superfície, sob condições favoráveis de umidade no solo.

Velocidade de semeadura: independentemente do sistema de distribuição das sementes, a velocidade ideal do trator na semeadura é de 4 a 5 km hora⁻¹ (Indicações, 2001). Velocidades elevadas na semeadura reduzem o rendimento de grãos da cultura do milho por três motivos: decréscimo na população de plantas na colheita; maior irregularidade na emergência da cultura, em função da variabilidade na profundidade de semeadura; distribuição espacial irregular das plantas no sulco de semeadura.

Injúria: último fator que pode ocasionar desuniformidade na emergência é a injúria provocada por alguns herbicidas pré-emergentes aplicados logo após a semeadura da cultura, ou por pragas de solo que ataquem a plântula ou a semente, retardando seu desenvolvimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A densidade e o arranjo de plantas são fundamentais para otimizar a exploração do ambiente pelo milho. A necessidade de incrementar a eficiência de interceptação de uso da radiação solar gerou grande esforço por parte dos programas de melhoramento para desenvolver genótipos mais bem adaptados a altas densidades populacionais. A seleção de híbridos em altas densidades tornou-os mais tolerantes a estresses, permitindo uma elevação na população utilizada na lavoura, com incrementos na produtividade da cultura. Portanto, a tendência é que a densidade de plantas a campo aumente. Com isso, outras alterações no arranjo de plantas também se fazem necessárias, como, por exemplo, a redução no espaçamento entre linhas para obter melhor distribuição dos indivíduos na área.

Densidades altas e espaçamentos entre linhas reduzidos fazem parte de novo enfoque do arranjo de plantas na cultura do milho. Para que essas práticas de manejo possam incrementar o potencial produtivo da lavoura brasileira é fundamental que estejam associadas à emergência

uniforme e à homogeneidade da distribuição das plantas no sulco de semeadura. Além disso, o controle da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo e a adequação da cultivar à região produtora são também requisitos fundamentais para que inovações no arranjo de plantas se traduzam em maior rendimento de grãos na colheita.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.23-29, 2000.
- ANDRADE, F.H.; ANDRADE, F.H.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI, M. **Ecofisiologia del cultivo de maiz**. Buenos Aires: Dekalb Press, 1996. 292p.
- ANDRADE, F.H.; VEGA, C.; UHART, S.O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 453-459, 1999.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.1075-1084, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L; MANJABOSCO, E.A; NETO, V.B. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p. 71-78, 2001b.
- ARGENTA, G.; SANGOI, G.; SILVA, P.R.F. da.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M. FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.4, p. 27-34, 2003.
- BALBINOT, A.A.; FLECK, N.G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entrelinhas. **Revista Plantio Direto**, v.5, p.37-41, 2005.
- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.233-252, 1996.
- CASA, R. T.; REIS, E. M. Doenças na cultura do milho. In: **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. v.4. p.1-18.
- DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, v.39, p.1622-1630, 1999.
- FUNDAÇÃO RIO VERDE. **Resultados de Pesquisa Arroz, Milho, Soja – safra 2001/2**. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2002. 65p.(Boletim Técnico, 5)
- KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, p.1564-1569, 1994.
- INDICAÇÕES técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS, 2001. 196p. (Boletim Técnico, n.7)
- LAUER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing? **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v.1, p. 6-8, 1994.
- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, p. 275-280, 2004a.
- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, Madison, v.44, p.847-857, 2004b.
- LOOMIS, R.S.; CONNORS, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University, 1992. 550p.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M.L.; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, p. 549-554, 1999.

PEIXOTO, C.M. Mais plantas, menos espaço. **Cultivar**, Pelotas, p. 25-28, 2002.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUESCHEN, W.E.; FORD, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, 1997.

RIBEIRO, N.A.; CASA, R.T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; WILLE, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1003-1009, 2005.

RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1231-1236, 1994.

SANGOI, 1990. Efeitos do arranjo de plantas sob características agronômicas de genótipos de milho em dois níveis de fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, 945-953, 1990.

SANGOI, L. **An ideotype of maize for conditions of high temperature and low moisture**. 1996. 350p. (Ph.D. Dissertation) - Iowa State Universtiy, Ames, IA.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.159-168, 2001.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; BOGO, A.; KOTHE, D.M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p.17-21, 2000.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, p.271-276, 2001a.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Row spacing reduction influencing maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, 861-869, 2001b.

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, p.39-51, 2002a.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.1, p. 1, 2002b.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; HORN, D. Bases morfo-fisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages, SC. **Resumos Expandidos...** Lages: CAV- UDESC, 2003. p.19-24.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial de plantas de milho: como otimizá-lo para maximizar o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá: EMBRAPA-CNPMS, 2004. CD.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.E.; SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHIMITT.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, 2006. (prelo)

SILVA, A.K. Redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005, Chapecó, SC. **Resumos Expandidos...** Chapecó: Epagri-Cepaf, 2005. p.27-30.

SILVA, P.R.F.; PEIXOTO, C.M.; REZERA, F.; CARMONA, R.C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.3, p.63-71, 1997.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages, SC. **Resumos Expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p.25-29.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, A.A. ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, 2006 (prelo).

TETIOKAGHO, F.; GARDNER, F.P. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.935-940, 1988.

TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169, 2002.

* Palestra proferida no VIII Seminário Nacional de Milho Safrinha, realizado em Assis de 21 a 23 de novembro de 2005 e publicada nos Anais do evento (impresso e CD-Rom).

Luis Sangoi é Bolsista de Produtividade Em Pesquisa do CNPq - Nível 2, possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1982), mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1985) e doutorado em Phylosophy Doctor in Crop Production and Physiolog pela Iowa State University of Science and Technology (1996) . Atualmente é PROFESSOR PESQUISADOR da Universidade do Estado de Santa Catarina. Tem experiência na área de Agronomia , com ênfase em Fitotecnia. Atuando principalmente nos seguintes temas: flower assynchony, drought, grain yield, maize. (Texto gerado automaticamente pela aplicação CVLattes)

Contato: a2ls@cav.udesc.br

Paulo Regis Ferreira da Silva é Bolsista de Produtividade Em Pesquisa do CNPq - Nível 1A, possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1970) , mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1972) e doutorado em Agronomia pela University Of Arkansas (1980) . Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Agronomia , com ênfase em Fitotecnia. Atuando principalmente nos seguintes temas: Arroz irrigado, Fisiologia, Práticas de manejo. (Texto gerado automaticamente pela aplicação CVLattes)

Contato: paulo.silva@ufrgs.br

Reprodução autorizada desde que citado o autor e a fonte

Dados para citação bibliográfica(ABNT):

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da. **Densidade e arranjo populacional em milho**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm>.