

Manejo da cultura do milho em Sistema Plantio Direto

José Carlos Cruz¹
Israel Alexandre Pereira Filho²
Ramon Costa Alvarenga³
Miguel Marques Gontijo Neto⁴
João Herbert Moreira Viana⁵
Maurílio Fernandes de Oliveira⁶
Derli Prudente Santana⁷

Resumo - O Sistema Plantio Direto (SPD) consolidou-se como tecnologia conservacionista, largamente aceita entre os agricultores, havendo sistemas adaptados a diferentes regiões e níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa tração animal. Para o sucesso do SPD, além do revolvimento mínimo do solo e do controle químico de plantas daninhas, são necessários a implantação de um programa de rotação de culturas e o estabelecimento de cobertura morta sobre a superfície do solo. A rotação que envolve as culturas da soja e do milho merece especial atenção, devido às extensas áreas que essas duas culturas ocupam e ao efeito benéfico em ambas. Para o milho safrinha, em que há sempre a expectativa de ocorrência de déficit hídrico, o SPD é essencial, pois geralmente promove o aumento no teor de água disponível para as plantas e permite o plantio o mais cedo possível, realizado imediatamente após a colheita. Hoje, sistemas de integração lavoura-pecuária, que consistem no cultivo em rotação e/ou consorciação de culturas anuais como milho, sorgo e milheto, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, representam excelente alternativa, que envolve a cultura do milho em SPD. **Palavras-chave:** *Zea mays*. Cultivar. Prática cultural. Rotação. Climatologia. Cultura de cobertura.

INTRODUÇÃO

Dos cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 40,8 milhões de toneladas de grãos produzidos, em área de, aproximadamente, 12,55 milhões de hectares (CONAB, 2006), referente a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas, a cultura do mi-

lho tem alto potencial produtivo e já foi obtida produtividade superior a 16 t ha⁻¹, em concursos conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente (COELHO et al., 2003). No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.250 kg ha⁻¹, demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho

deverão ser ainda bastante aprimorados para obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

Neste artigo, são discutidos aspectos relacionados com a escolha de cultivares, exigências climáticas e cuidados no plantio da cultura do milho, levando em consideração esses diferentes sistemas.

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: zecarlos@cnpmc.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: Israel@cnpmc.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: ramon@cnpmc.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: mgontijo@cnpmc.embrapa.br

⁵Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: jherbert@cnpmc.embrapa.br

⁶Eng^o Agr^o, Pós-Doc, Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: maurilio.oliveira@cnpmc.embrapa.br

⁷Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: derli@cnpmc.embrapa.br

MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)

Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) é uma realidade inquestionável e a participação da cultura do milho em sistemas de rotação e sucessão (safrinha) de culturas para assegurar a sustentabilidade de SPD é fundamental. A área plantada nesse sistema tem aumentado rapidamente, no Brasil, nos últimos anos. Estima-se que, hoje, o SPD cubra mais de 25 milhões de hectares, ou seja, cerca de 50% da área com culturas anuais no País.

O SPD consolidou-se como tecnologia conservacionista, largamente aceita entre os agricultores, havendo sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa a tração animal. Requer cuidados na implantação, mas, depois de estabelecido, seus benefícios estendem-se não apenas ao solo e, conseqüentemente, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários, mas também devido à drástica redução da erosão, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente e dá ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o plantio direto é uma ferramenta essencial para alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários (CRUZ et al., 2001).

A cultura do milho tem a vantagem de deixar grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo. Dessa forma, sua inclusão em esquema de rotação é fundamental. A sustentabilidade do sistema de produção não está apoiada apenas em aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também nos aspectos econômicos e comerciais.

ROTAÇÃO DE CULTURA

A rotação que envolve as culturas da soja e do milho merece especial atenção, devido às extensas áreas que essas duas culturas ocupam e ao efeito benéfico em ambas (Quadro 1). Nessa rotação, como se observa no Quadro 1, o milho plantado após a soja produziu cerca de 9% a mais e a soja plantada após o milho produziu 5% e 15% a mais, quando comparados com os plantios contínuos.

Existem experimentos que demonstram os efeitos benéficos do milho, ao se estender até ao segundo ano da soja plantada após a rotação (Quadro 2). Nesse exemplo, a soja produziu 20,3% a mais no primeiro ano após o milho e 10,5% no segundo. Essa diferença foi atribuída, além da menor incidência de pragas e doenças, à maior quantidade de nutrientes deixados pela palha do milho, principalmente o potássio, do qual a soja é exigente. Na escolha da rotação de culturas, especial atenção deve ser dada às exigências nutricionais das espécies escolhidas e à sua capacidade de extrair

nutrientes do solo, ao que a soja e o milho se complementam satisfatoriamente.

Na implantação e na condução de um sistema eficiente de plantio direto, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de palhada, que nunca deverá ser inferior a 2,0 t ha⁻¹ de massa seca. Como segurança, recomenda-se que sejam adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ ou mais de massa seca. Nesse caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5 t ha⁻¹ de massa seca (RUEDELL, 1998). Por outro lado, a cultura do milho, de ampla adaptação a diferentes condições, tem ainda a vantagem de deixar grande quantidade de restos culturais, que, bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo (FIORIN; CAMPOS, 1998).

No Sul do Brasil, devido às condições climáticas mais favoráveis, há maiores opções de rotação de culturas, que envolvem tanto as culturas de verão como as de

QUADRO 1 - Efeito da rotação soja milho sobre o rendimento destas culturas

Rotação	Rendimento (kg ha ⁻¹)	
	(A)	(B)
Milho após milho	9.680 (100%)	6.160 (100%)
Milho após soja	10.520 (109%)	6.732 (109%)
Soja após soja	3.258 (100%)	2.183 (100%)
Soja após milho	3.425 (105%)	2.517 (115%)

FONTE: Dados básicos: (A) Cruz (1982) e (B) Muzilli (1981) (apud DERPSCH, 1986).

QUADRO 2 - Rendimento de grãos de soja, em kg ha⁻¹, no primeiro e segundo ano após milho, comparado ao rendimento da soja sem rotação, conduzidos em Sistema Plantio Direto (SPD)

Tratamento	Ano							Média
	1987/ 1988	1988/ 1989	1989/ 1990	1990/ 1991	1991/ 1992	1992/ 1993	1993/ 1994	
1º ano após milho	1.838	3.366	3.980	1.883	4.456	4.691	2.746	3.280
2º ano após milho	1.499	3.234	3.730	1.716	4.340	3.979	2.589	3.012
Sem milho	1.440	3.180	3.724	1.136	3.663	3.565	2.378	2.727

FONTE: Dados básicos: Ruedell (1995).

inverno. No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam a existência de cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que estas tenham características peculiares, como rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

CULTURA DE COBERTURA

No início do SPD, é importante priorizar a cobertura e o perfil de fertilidade do solo, principalmente se as áreas apresentarem certo grau de degradação. Durante o seu crescimento e desenvolvimento, as espécies de cobertura contribuem efetivamente para a proteção do solo, bem como para a manutenção de seus resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo. A cobertura vegetal (viva ou morta) representa a essência do SPD, pois tem efeito na interceptação das gotas de chuva, evitando o impacto direto sobre a superfície do solo, reduzindo tanto a desagregação das partículas, que é a fase inicial do processo erosivo, quanto a velocidade de escoamento das enxurradas, melhora ou mantém a capacidade de infiltração de água, diminuindo o efeito da desagregação do solo e evitando o selamento superficial, provocado pela obstrução dos poros com partículas finas desagregadas. Além disso, protege o solo da radiação solar, diminui a variação térmica do solo, reduzindo a evaporação de água e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos, e ainda ajuda no controle de plantas daninhas (ROSOLEM et al., 2003).

Das espécies utilizadas como cultura de cobertura, algumas merecem destaque, por seus benefícios físico-químicos ao solo, entre elas a aveia-preta, a ervilhaca-peluda e o nabo-forrageiro, como plantas

antecessoras de inverno (ROS; AITA, 1996; AMADO et al., 2000). Utilizando essas espécies e o consórcio entre elas antecedendo ao cultivo do milho em SPD, Martins e Rosa Junior (2005) concluíram que o uso da cultura antecessora não influenciou a produtividade do milho, que a aveia-preta foi mais eficiente em manter o solo coberto por maior tempo e aumentou o grau de flocculação do solo.

As culturas de milho e da aveia integradas e de forma planejada, no sistema de rotação, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa, com elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), garantindo a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície.

Diversos artigos relatam o efeito de culturas de cobertura sobre a produtividade e a resposta à adubação nitrogenada, na cultura do milho (BASSO; CERETTA, 2000; GONÇALVES et al., 2000; SOUZA et al., 2003; CERETA et al., 2002; VARGAS et al., 2005; LARA CABEZAS et al., 2004). O uso generalizado do SPD e de culturas de cobertura, no Sul do País, criou a necessidade de recomendar adubação nitrogenada para a cultura do milho adaptada a esse novo cenário (AMADO et al., 2002).

No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam os cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que estas tenham características peculiares, como rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca. Bertin et al. (2005) relatam que o plantio direto não deve ser visto como receita universal, mas como um sistema que exige adaptações locais.

Em regiões de clima tropical, temperatura e umidade elevadas favorecem a rápida

decomposição dos resíduos vegetais, dificultando a formação de camada adequada de cobertura morta. Além do aumento na velocidade de decomposição do material vegetal, provocada pelas altas temperaturas, as culturas anuais não produzem quantidade suficiente de fitomassa, e são rapidamente metabolizadas pelos microrganismos do solo. Sem cobertura, o solo se adensa mais facilmente, retém menor quantidade de água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo o sistema. Portanto, na seleção de espécies destinadas à cobertura do solo em SPD, deve-se levar em consideração a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais, bem como sua capacidade de reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e na resposta das culturas subsequentes em SPD (LIMA et al., 2005).

Trabalhando com várias opções de rotação de culturas de verão (safra normal) e de safrinha, na região de Rio Verde, GO, Ferreira (1998) constatou que as maiores produtividades de milho ocorrem sobre as palhadas de algodão, girassol, guandu e nabo-forrageiro, enquanto que, para a cultura da soja, as melhores respostas foram sobre as palhadas de milho, aveia, sorgo e milheto.

Hoje, sistemas de integração lavoura-pecuária, os quais envolvem culturas e forrageiras, principalmente as braquiárias, apresentam essas condições e representam excelente alternativa, que envolve a cultura do milho no SPD.

Um exemplo é o Sistema Santa Fé. Neste Sistema, quando as condições climáticas permitem, cultivam-se seqüencialmente uma a duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, que consiste de consórcio de uma cultura com uma gramínea forrageira. A exploração agrícola, nessas condições, caracteriza-se por um cultivo solteiro no início da estação chuvosa, seja soja, milho, ou arroz, e um cultivo de safrinha de milho ou sorgo associado a uma forrageira, comumente a *Brachiaria brizantha* (OLIVEIRA et al., 2001). Geralmente, utilizam-

se como cultura de safrinha o milho, o sorgo ou o milheto, também em SPD. Como resultado, têm-se, a partir do segundo ano ou mais de cultivo, solos agricultáveis corrigidos, com altos níveis de fertilidade e fisicamente estruturados. Essas áreas, inicialmente de fertilidade comprometida, passam a apresentar altos teores de matéria orgânica, baixos níveis de acidez e elevada infiltração de água no solo, em relação às áreas onde ainda se utilizam práticas de cultivo tradicionais (OLIVEIRA et al., 2001). Outro enfoque do Sistema Santa Fé é sua implantação anual, em regiões onde as condições climáticas não permitem a safrinha, consistindo no cultivo consorciado de culturas anuais como milho, sorgo e milheto, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas, em solos parcial ou devidamente corrigidos. As práticas que compõem o Sistema minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais, o que permite, após a colheita destas, a produção forrageira abundante e de alta qualidade para a alimentação animal, além de palhada em quantidade e qualidade para a realização do plantio direto na safra seguinte (COBUCCI et al., 2001).

MILHO SAFRINHA X SISTEMA PLANTIO DIRETO (SPD)

A implantação do milho safrinha, no final do período chuvoso, deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Assim, toda estratégia de manejo do solo deve levar em consideração maior quantidade de água disponível para as plantas. Nesse caso, sempre que possível, deve-se optar pelo SPD, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado simultaneamente à colheita, permitindo o plantio mais cedo. Além disso, o SPD, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o aumento da infiltração da água no solo e a redução da evaporação, com conseqüente aumento no teor de água disponível para as plantas.

Em algumas áreas de plantio direto, já se constatou aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e aumentando ainda mais o teor de umidade para as plantas.

Embora exista grande diversidade de preparo de áreas para o cultivo do milho na segunda safra, predomina o emprego do Plantio Direto Permanente (PDP) ou Temporário (PDT), visando antecipar a implantação do milho safrinha. No PDT, realiza-se a semeadura direta do milho safrinha e o preparo convencional para a soja. Nesse caso, no verão, tem sido freqüente o preparo com grades.

Em áreas com grande infestação de plantas daninhas, no momento da colheita da soja, e quando o agricultor não dispõe de máquina para semeadura direta, utiliza-se o preparo com grades no outono-inverno. Uma desvantagem da grade aradora é que provoca grande pulverização do solo. Além disso, o uso da grade continuamente no verão e na safrinha, por anos sucessivos, pode provocar a formação do "pé-de-grade", uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte da grade, a 10-15 cm. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá favorecer maior escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo e a redução da produtividade do milho safrinha (DE MARIA; DUARTE, 1997; DE MARIA et al., 1999) (Quadro 3).

QUADRO 3 - Rendimento de grãos da soja e do milho safrinha, em Latossolo Roxo, em Tarumã, SP, no ano agrícola 1995/1996, após dez anos de implantação de sistemas de manejo do solo

Manejo do solo	Rendimento de grão			
	Safra de soja		Safrinha de milho	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Grade aradora/Grade aradora	2.579	78	4.678	77
Escarificador + Grade niveladora/Grade niveladora	3.130	94	5.404	89
Escarificador + Grade niveladora/Semeadura na palha	3.144	95	5.682	94
Sistema Plantio Direto	3.310	100	6.046	100

FONTE: De Maria et al. (1999).

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, precipitação e fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

Temperatura

A temperatura possui relação complexa com o desempenho da cultura, uma vez que a condição ótima varia com os diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento da planta.

A temperatura da planta é basicamente a mesma do ambiente que a envolve. Devido a esse sincronismo, flutuações periódicas influenciam nos processos metabólicos que ocorrem no interior da planta. Nos momentos em que a temperatura é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e, nos períodos mais frios, o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendido entre 10°C e 30°C. Abaixo de 10°C, por períodos longos, o crescimento da planta é quase nulo e, sob temperaturas acima de 30°C, também por períodos longos, durante a noite, o rendimento de grãos decresce, em razão do consumo dos pro-

duto metabólico elaborados durante o dia. Temperaturas noturnas elevadas, por longos períodos, causam diminuição do rendimento de grãos e provocam senescência precoce das folhas (APRAKU et al., 1983).

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24°C e 30°C. Comparando-se temperaturas médias diurnas de 25°C, 21°C e 18°C, verificou-se que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21°C (WILSON et al., 1973). A queda do rendimento sob temperaturas elevadas deve-se ao curto período de enchimento de grãos, em virtude da diminuição do ciclo da planta (APRAKU et al., 1983).

A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. A unidade calórica é obtida através da soma térmica necessária para cada etapa do ciclo da planta, desde o plantio até o florescimento masculino. O somatório térmico é calculado através das temperaturas máximas e mínimas diárias, sendo 30°C e 10°C, respectivamente, as temperaturas referenciais para o cálculo. Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas em normais ou tardias, semiprecoces, precoces e superprecoces. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), as cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1.200 graus-dia, as precoces, de 831 a 890 e as superprecoces, de 780 a 830 graus-dia. Essas exigências calóricas referem-se ao intervalo das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização. Dos materiais existentes hoje no mercado, 25,25% são classificados como hiperprecoces e superprecoces. As cultivares classificadas como precoces representam 65% e as cultivares semiprecoces e normais representam 14,75% das opções de mercado, respectivamente (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2005).

Umidade do solo

O milho é muito exigente em água. Entretanto, pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão de 250 mm até 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm (CRUZ et al., 1993). O consumo de água pela planta, nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm dia⁻¹. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode-se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa, o consumo de água poderá chegar até 10 mm dia⁻¹ (AVELAR, 1986; MARINATO, 1980; MATZENAUER et al., 1981).

A ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases. Na fase do crescimento vegetativo, devido ao menor alongamento celular e à redução da massa vegetativa, há diminuição na taxa fotossintética. Após o déficit hídrico, a produção de grãos é afetada diretamente, pois a menor massa vegetativa possui menor capacidade fotossintética. Na fase do florescimento, a ocorrência de dessecação dos estilos-estigmas (aumento do grau de protandria), aborto dos sacos embrionários, distúrbios na meiose, aborto das espiguetas e morte dos grãos de pólen resultarão em redução no rendimento (VALOIS, 1982). Déficit hídrico na fase de enchimento de grãos afetará o metabolismo da planta e o fechamento de estômatos, reduzindo a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotoassimilados e sua translocação para os grãos.

Fotoperíodo

Entre os componentes climáticos que afetam a produtividade do milho, está o fotoperíodo, representado pelo número de horas de luz solar, o qual é um fator climático de variação sazonal, mas que não apresenta muita variação de ano para ano. O milho é considerado planta de dias curtos, embora algumas cultivares tenham pouca ou

nenhuma sensibilidade às variações do fotoperíodo.

O aumento do fotoperíodo faz com que a duração da etapa vegetativa aumente e proporcione também incremento no número de folhas emergidas durante a diferenciação do pendão e do número total de folhas produzidas pela planta.

Nas condições brasileiras, o efeito do fotoperíodo na produtividade do milho é praticamente insignificante.

Radiação solar

A radiação solar é um dos parâmetros de extrema importância para a planta de milho, sem a qual o processo fotossintético é inibido e a planta é impedida de expressar o seu máximo potencial produtivo. Grande parte da matéria seca do milho, cerca de 90%, provém da fixação de CO₂ pelo processo fotossintético. O milho é uma planta do grupo C₄, altamente eficiente na utilização da luz. Uma redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, atrasa a maturação dos grãos ou pode ocasionar até mesmo queda na produção.

Em pesquisa para avaliar a produção de sementes, verificou-se que o milho semeado em outubro teve redução na produtividade e no rendimento de sementes beneficiadas, quando comparado com a semeadura em março, que apresentou 60% a mais na produtividade e maiores valores no rendimento de beneficiamento nas peneiras 24, 22 e 20 e menores na peneira 18 e no resíduo final. Essa diferença foi atribuída ao fato de o período de enchimento de grãos do milho semeado em outubro ter ocorrido no mês de janeiro, quando se constatou longo período com alta nebulosidade, com grande frequência de período chuvoso durante o dia, ou seja, com redução na radiação fotossinteticamente ativa, necessária para implementar o processo fotossintético.

CULTIVAR

Sem dúvida alguma, o primeiro passo na produção do milho é a escolha da semente. O potencial produtivo do milho é o

somatório do potencial genético da semente (47,75%) e das condições ambientais e manejo cultural (52,25%) (DUVICK, 1992). Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura. Existem, no mercado brasileiro, mais de 230 tipos de cultivares de milho e a escolha, com base no gosto pessoal, disponibilidade e preço, pode não ser a melhor. Dessa forma, pode-se afirmar que existem cultivares adaptadas a qualquer região do País e a qualquer sistema de produção, sendo provavelmente o insumo moderno de uso mais generalizado na cultura do milho. A escolha de cada cultivar deve atender a necessidades específicas. Para isso, o produtor deve fazer uma avaliação completa das informações geradas pela pesquisa, assistência técnica, empresas produtoras de sementes, experiências regionais e pelo comportamento de safras passadas. De acordo com o grau de melhoramento genético, encontram-se, hoje, no mercado, variedades, híbridos duplos, triplos e simples, mas os triplos e simples podem ser modificados ou não.

As sementes das variedades melhoradas são de menor custo e, com os devidos cuidados na multiplicação, podem ser reutilizadas por alguns anos, sem diminuição substancial da produtividade. São, ainda, de grande utilidade em regiões onde, devido às condições econômico-sociais e de baixa tecnologia, a utilização de milho híbrido torna-se inviável. Os híbridos só têm alto vigor e produtividade na primeira geração (F1). É necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a segunda geração (F2), haverá redução, dependendo do tipo do híbrido, de 15% a 40% na produtividade, perda de vigor e grande variação entre plantas.

Os híbridos simples são potencialmente mais produtivos que os de outros tipos, apresentando maior uniformidade de plantas e espigas. São também os mais caros. Os híbridos triplos também são bastante uniformes e seu potencial produtivo é intermediário entre os híbridos simples e du-

plos. O mesmo ocorre com o preço de suas sementes.

Os híbridos duplos são pouco mais variáveis em características da planta e da espiga que os simples e triplos. O custo da semente dos duplos é mais baixo que o preço da semente dos simples e triplos. Considerando que esses diferentes tipos de cultivares apresentam grande variação tanto no custo da semente como no seu potencial produtivo, é óbvio que a escolha da cultivar deve levar em conta o sistema de produção que o agricultor usará. De nada adianta usar semente de alto potencial produtivo e de maior custo, se o manejo e as condições da lavoura não permitirem que a semente expresse o seu potencial genético.

Na safra de 2005/2006, foram comercializadas 237 cultivares de milho, sendo que 29 foram lançadas, substituindo 22 que deixaram de ser comercializadas, demonstrando a dinâmica dos programas de melhoramento e a importância do uso de semente no aumento da produtividade.

Existem, no mercado, variedades e híbridos. Verifica-se crescente aumento no número de híbridos simples, modificados ou não (Quadro 4). Os híbridos simples e triplos, modificados ou não, representam hoje cerca de 65,3% das opções para os produtores, mostrando tendência na agricultura brasileira e maior necessidade de aprimorar os sistemas de produção utilizados para melhor explorar o potencial genético dessas sementes (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2005). As cultivares classificadas como precoces

representam 64,55% das opções de mercado.

Normalmente, as novas cultivares disponibilizadas no mercado apresentam elevado potencial genético, além de outras vantagens relativas a aspectos fitossanitários, físicos e fisiológicos, capazes de proporcionar altas produtividades. Para isso, informações, como o comportamento das cultivares em relação às principais doenças, tipo de híbrido, ciclo, região de adaptação, cor e textura de grãos, época e densidade de plantio recomendada, entre outras, são fornecidas, para que os agricultores possam explorar ao máximo o potencial genético dessas cultivares. Praticamente, para toda cultivar comercial são apresentadas informações, pela empresa responsável pelas sementes, sobre o comportamento da cultivar em relação às principais doenças. Com essas informações, os agricultores poderão optar pelo plantio de cultivares mais resistentes às principais doenças que ocorrem em sua região.

ÉPOCA DE SEMEADURA

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo. A época de plantio é função desses fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática (MUNDSTOCK, 1995). A época de semeadura mais adequada é aquela que faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano e a etapa de enchimento de grãos com

QUADRO 4 - Distribuição porcentual do número de cultivares de milho disponíveis no mercado nas últimas safras

Tipo de cultivar	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Híbridos simples	34,8	35,7	37,6	40,0
Híbridos triplos	31,3	29,7	28,4	25,3
Híbridos duplos	20,5	22,4	22,7	22,3
Variedades	13,4	12,2	11,3	12,4
Total de cultivares	207	233	230	237
Eliminadas/Novas	13 / 25	9 / 35	35 / 32	22 / 29

o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar. Isto, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta. Gomes (1991) verificou que as épocas em que obteve rendimento de grãos maiores e mais estáveis foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e a floração ocorrem sob boas condições de água no solo. Nas condições tropicais, devido à menor variação da temperatura e do comprimento do dia, a distribuição de chuvas é que geralmente determina a melhor época de semeadura.

No Sul do Brasil, o milho geralmente é plantado de agosto a setembro e, à medida que se caminha para os Estados do Centro-Oeste e Sudeste, a época de semeadura varia de outubro a novembro. Resultados de pesquisa mostram que atraso na época de plantio, além dos meses de setembro e outubro, resultam em redução no ciclo da cultura e no rendimento de grãos. Segundo Oliveira (1990), a época de semeadura afeta várias características da planta, ocorrendo decréscimo mais acentuado no número de espigas por planta (prolificidade) e no rendimento de grãos. Este autor relata ainda que resultados da literatura mostram que o atraso na semeadura pode resultar em perdas que podem ser superiores a $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e ocorrer a redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro e março.

Por ser plantado no final da época recomendada, o milho safrinha tem sua produtividade bastante afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura, na fase final de seu ciclo. Além disso, como o milho safrinha é plantado após uma cultura de verão, a sua data de plantio depende da época do plantio dessa cultura e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura do verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial

e maior o risco de perdas por seca e/ou geadas (ALFONSI; CAMARGO, 1998; OLIVEIRA et al., 1998; QUIESSI et al., 1999; BRUNINI et al., 1998; DUARTE et al., 2000).

Hoje, com os avanços nos trabalhos na área de climatologia, o Brasil já tem um Zoneamento Agrícola, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que fornece informações sobre as épocas de plantio de milho tanto na safra como na safrinha, com menores riscos, para quase todo o País.

Nas regiões onde não ocorrem geadas, o plantio do milho poderá ser feito o ano todo, mas o agricultor deverá levar em consideração as alterações no ciclo da cultura, que afetarão a época de colheita e, conseqüentemente, o calendário agrícola, podendo afetar a época de plantio de culturas subseqüentes, como mostrado no Quadro 5. Além disso, o potencial produtivo pode variar de acordo com as condições climáticas resultantes da época de plantio.

Experimento com milho irrigado, realizado no Rio Grande do Sul, mostrou que os rendimentos de grãos foram, em média, 15% e 48% inferiores na semeadura de agosto e dezembro, respectivamente, em

relação à de outubro. Essas diferenças foram atribuídas a alterações na quantidade de radiação solar disponível, em decorrência da época de plantio. No plantio em dezembro, a alta porcentagem de plantas estéreis pode também ter contribuído para o baixo rendimento de grãos (SILVA et al., 1999).

PROFUNDIDADE DE SEMEADURA

A profundidade de semeadura está condicionada aos fatores temperatura do solo, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada numa profundidade que possibilite bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a maior ou menor profundidade de semeadura vai depender do tipo de solo. Em solos mais pesados, com drenagem deficiente ou com fatores que dificultam o alongamento do mesocótilo, atrapalhando a emergência de plântulas, as sementes devem ser colocadas entre 3 e 5 cm de profundidade. Em solos mais leves ou arenosos, as sementes podem ser colocadas numa profundidade entre 5 e 7 cm, para se beneficiarem do maior teor de umidade do solo.

QUADRO 5 - Variação do ciclo de cultivares de milho em função da época de plantio, para a produção de milho verde

Época de semeadura	Normal	Precoce	Superprecoce
05 de fevereiro	124	117	108
05 de março	134	129	127
06 de abril	145	140	138
05 de maio	139	138	137
08 de junho	138	133	131
09 de junho	146	134	125
12 de agosto	124	119	118
08 de setembro	125	118	115
07 de outubro	115	112	106
08 de novembro	116	112	107
09 de dezembro	115	115	112

FONTE: SANS et al. (apud CRUZ et al., 1993).

No SPD, onde há sempre acúmulo de resíduos na superfície do solo, especialmente em regiões mais frias, a cobertura morta retarda a emergência, reduz o estande e, em alguns casos pode até causar queda no rendimento de grãos da lavoura, dependendo da profundidade em que a semente foi colocada. O Quadro 6 mostra o efeito da profundidade de semeadura sobre a emergência, o vigor e a duração do período de emergência na cultura do milho.

Contrário à crença popular, a profundidade de semeadura tem influência mínima na profundidade do sistema radicular definitivo, que se estabelece logo abaixo da superfície do solo.

DENSIDADE DE PLANTIO

A densidade de plantio ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área, tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da cultura.

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe a população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30 mil a 90 mil plantas ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo

da cultivar, da época de semeadura e do espaçamento entrelinhas (SANGOI, 2001). Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade de plantas (SILVA et al., 1999). O aumento da densidade de plantas até determinado limite é a técnica usada com finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica proporcionado pelas diferentes densidades de planta (SILVA et al., 1999).

O rendimento do milho aumenta com a elevação da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, que é determinada pela cultivar e por condições externas, tais como edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade da lavoura. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação e, basicamente, depende de três condições: cultivar, disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo. Qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio.

Além do rendimento de grãos, o aumento da densidade de plantio também afeta outras características da planta. Dentre essas características, merecem destaque a

redução no número de espigas por planta (índice de espigas) e o tamanho delas. Também o diâmetro do colmo é reduzido e há maior suscetibilidade ao acamamento e ao quebraamento. Além disso, é reconhecido que pode haver aumento na ocorrência de doenças, especialmente as podridões-de-colmo, com o aumento na densidade de plantio. Esses aspectos podem determinar o aumento de perdas na colheita, principalmente quando esta é mecanizada. Por estas razões, não se recomendam densidades maiores, que embora em condições experimentais apresentem maiores rendimentos, não são aconselhadas em lavouras colhidas mecanicamente.

A densidade de plantio, dentre as técnicas de manejo cultural, é um dos parâmetros mais importantes. Geralmente, a causa das quedas nos rendimentos de milho é o baixo número de plantas por área. Entretanto, para que haja aumento da produtividade, é necessário que vários outros fatores, como o nível de fertilidade do solo, o nível de umidade e as cultivares estejam em consonância com o número de plantas por área. Em termos genéricos, verifica-se que cultivares precoces (ciclo mais curto) exigem maior densidade de plantio em relação a cultivares tardias para expressarem seu máximo rendimento. A razão dessa diferença é que cultivares mais precoces, geralmente, possuem plantas de menor altura e menor massa vegetativa. Essas características morfológicas determinam menor sombreamento dentro da cultura, o que possibilita, com isso, menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento de luz. Mesmo dentre os grupos de cultivares (precoces ou tardios), há diferenças quanto à densidade ótima de plantio.

Uma análise de mais de 237 cultivares de milho comercializadas na safra 2005/2006 mostra que as variedades são indicadas para plantios com densidades que variam de 40 mil a 50 mil plantas por hectare, o que é coerente com o menor nível de tecnologia dos sistemas de produção empregados pelos agricultores que usam esse tipo de culti-

QUADRO 6 - Porcentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho, em diferentes profundidades

Profundidade (cm)	Emergência (%)	⁽¹⁾ Vigor	Duração média (dia)
2,5	100,0	3,0	8,0
5,0	97,5	3,0	10,0
7,5	97,5	3,0	12,0
10,0	80,0	2,5	15,0
12,5	32,5	0,7	18,0

FONTE: Dados básicos: Fagundes (1975 apud BRESOLIN, 1993).

(1) Vigor aos 22 dias após semeadura. Notas: 3 para o máximo vigor e zero para o mínimo vigor.

var. As faixas de densidades mais frequentemente recomendadas para os híbridos duplos variam de 45 a 55 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação até de 65 mil plantas por ha. Para os híbridos triplos e simples, é freqüente a densidade de 50 mil a 60 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação de até 80 mil plantas por ha. Deve ser ressaltado, entretanto, que apenas 23 cultivares são recomendadas com densidades de plantio igual ou maior do que 70 mil plantas por hectare. A maioria das empresas já está recomendando densidades de plantio em função da região, da altitude e da época de plantio. Além disso, já existem empresas que recomendam a densidade em função do espaçamento, o que representa uma evolução. Dados de pesquisa mostram vantagens do espaçamento reduzido (45 a 50 cm entre fileiras), comparado ao espaçamento convencional (80 a 90 cm), especialmente quando se utilizam densidades de plantio mais elevadas (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2005).

O surgimento de cultivares de milho de ciclo mais curto, estatura reduzida, menor número de folhas, sendo estas mais eretas, aumentou o potencial de resposta da cultura à densidade de planta (ALMEIDA et al., 2000).

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com conseqüências no aumento do rendimento de grãos (AMARAL FILHO et al., 2002). O arranjo de plantas basicamente pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras.

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho, quando outros fatores ambientais são favoráveis. Uma forma de aumentar a interceptação de radiação e, conseqüentemente, o rendimento de grãos, é através da escolha adequada do arranjo de plantas (SILVA et al., 2002). Teoricamente, o melhor arranjo de plantas de milho

é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (ARGENTA et al., 2001; SANGOI, 2001).

Atualmente, a redução no espaçamento entrelinhas e o aumento da densidade de plantio são duas realidades na cultura de milho. No mercado brasileiro, inclusive, existem plataformas adaptáveis às colheadoras que realizam a colheita em espaçamentos de até 0,45 m.

Com relação à disponibilidade hídrica e de nutrientes, observa-se que a densidade deve ser aumentada sempre que esses fatores forem otimizados, para que seja atingido o máximo rendimento de grãos.

Em situações de áreas irrigadas ou quando não há restrições hídricas é aconselhável usar o limite superior da faixa da densidade recomendada. Um fator importante, quando se usa alta densidade de plantio, é assegurar que a cultivar utilizada apresente grande resistência ao acamamento e ao quebraamento.

De forma análoga ao suprimento hídrico, quanto maior for a disponibilidade de nutrientes para as plantas, seja pela fertilidade natural do solo seja pela adubação, maior será a densidade para se alcançar o máximo rendimento. As interações mais freqüentes entre o nível de fertilidade e a densidade de semeadura se dão, principalmente, com a adubação nitrogenada (XIMENES, 1991).

ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS

É muito variado o espaçamento entre fileiras de milho nas lavouras, embora seja nítida a tendência de sua redução.

Entre as vantagens potenciais da utilização de espaçamentos mais estreitos, podem ser citados:

- a) o aumento do rendimento de grãos, em função de distribuição mais equidistante de plantas na área, faz aumentar a eficiência de utilização de luz solar, água e nutrientes (PASZIEWICZ, 1996; FLÉNET et al., 1996);

- b) melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, o que diminui, dessa forma, a duração do período crítico das plantas daninhas (SWOBODA, 1996);

- c) redução da erosão, em conseqüência do efeito da cobertura antecipada da superfície do solo (PENDLETON, 1965);

- d) melhor qualidade de plantio, através da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras. Diferentes culturas, como, por exemplo, milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo (TECNOLOGIAS..., 2003).

Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o SPD.

Diversos trabalhos têm mostrado tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos (45 e 50 cm), principalmente com os híbridos atuais, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta (PAIVA, 1992; MEDEIROS; SILVA, 1975; PEREIRA FILHO et al., 1993). Sangoi et al. (1998) encontraram aumento no rendimento de grãos de milho com redução no espaçamento entre fileiras de até 50 cm. Essa redução no espaçamento resultou também em maior peso de grãos por espiga. Esse comportamento deve-se aos milhos atuais terem características de porte mais baixo, melhor arquitetura foliar e menor massa vegetal, o que permite cultivos mais adensados em espaçamentos mais fechados. Devido a essas características, esses materiais exercem menores índices de sombreamento e captam melhor a luz solar.

Avaliando diferentes cultivares de milho, espaçamento e densidade de plantio, Cruz et al. (2004) verificaram que o rendi-

mento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio, em ambos os espaçamentos (reduzido e normal), demonstrando que poderia aumentar ainda mais a produtividade, com aumento na densidade de plantio. Entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação, quando se passou de 40 mil plantas ha⁻¹ para 77.500 plantas ha⁻¹, do que no espaçamento de 0,80 m, indicando que a redução de espaçamento é mais vantajosa, quando se utilizam maiores densidades de plantio, mais uma vez concordando com a observação de Hoeft (2003) de que o benefício das linhas mais estreitas aumenta à medida que cresce a população de plantas.

Quando se pensa em diminuir o espaçamento entrelinhas e/ou aumentar a densidade de plantas por área, a escolha do híbrido deve ser criteriosa. Geralmente, os híbridos ou as variedades de porte alto e ciclo longo produzem bastante massa e quase sempre não proporcionam bom arranjo das plantas dentro da lavoura e, por essa razão, já no início do crescimento é prejudicada a captação da luz. Os híbridos de menor porte, mais precoces desenvolvem pouca massa vegetal, com menor quantidade de auto-sombreamento, o que proporciona maior penetração da luz solar. Estas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades (MUNDSTOCK, 1978).

Uma das dificuldades para o uso de espaçamentos mais estreitos eram as colheiteiras, que, muitas vezes, não se adaptavam a esta situação. No entanto, hoje, com a evolução do parque de máquinas agrícolas, esse problema já não existe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do milho, por sua versatilidade, adapta-se a diferentes sistemas de produção. Devido à grande produção de fitomassa de alta relação C/N, a cultura é fundamental em programas de rotação de culturas em SPD. Embora apresente alto

potencial de produção, comprovado nos concursos de produtividade e por agricultores que utilizam alto nível tecnológico, o rendimento de milho, no Brasil, ainda é muito baixo. Levando em consideração a qualidade e o potencial da semente de milho disponível, com predominância dos híbridos simples, verifica-se que é fundamental o aperfeiçoamento dos sistemas de produção para que esses materiais possam expressar ao máximo seu potencial genético, alcançando altas produtividades em sistemas de produção sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. de. Estimativa de perdas de produção para a cultura do milho no estado de São Paulo, através de parâmetros climáticos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Resumos...** Globalização e segurança alimentar. Recife: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, M.L. de; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. 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, n.1, p.23-29, jan./mar. 2000.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.26, n.1, p.241-248, 2002.
- _____; _____. FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.179-189, 2000.
- AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J.C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura de milho sob alta tecnologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **[Resumos expandidos...]** Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo/ Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.
- APRAKU, B.; HUNTER, R.B.; TOLLENAAR, M. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Canadian Journal Plant Science*, Ottawa, v.63, n.2, p.357-363, 1983.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, nov./dez. 2001.
- AVELAR, B.C. Ciclo de crescimento e desenvolvimento de três cultivares de milho e oito épocas de plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., 1984, Maceió. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS/ Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.297-306. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 5).
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.24, n.4, p.905-915, 2000.
- BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. *Acta Scientiarum: agronomy*, Maringá, v.27, n.3, p.379-386, July/Sept. 2005.
- BRESOLIN, M. A semeadura do milho no RS. In: BRESOLIN, M. (Coord.). **Contribuições a cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Fundação de Ciência e Tecnologia, 1993. p.44-69.
- BRUNINI, O.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M. et al. Interação: época de plantio, duração do ciclo e produção para a cultura do milho no estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Resumos...** Globalização e segurança alimentar. Recife: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. 1 CD-ROM.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.;

- PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, n.1, p.163-171, 2002.
- COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Aproveitando-se da planta daninha. **Cultivar**, Pelotas, v.3, n.27, p.26-30, abr. 2001.
- COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.101, mar. 2003. Encarte técnico.
- CONAB. **Quinto levantamento de avaliação da safra 2005/2006**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://conab.gov.br/download/safra/BOLETIM_5_Levantamento_abril2006>. Acesso em: maio 2006.
- CRUZ, J.C. **Effect of crop rotation and tillage systems on some soil properties, root distribution and crop production**. 1982. 220f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Purdue University, West Lafayette.
- _____; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C.; BAHIA, F.G.F.T. de C.; SANS, L.M.A.; PEREIRA FILHO, I.A.P. (Ed.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 204p.
- _____; PEREIRA, F.T.F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de; MAGALHÃES, P.C. Respostas de cultivares de milho a variação em espaçamento e densidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, *SPODOPTERA FRUGIPERDA*, 1., 2004, Cuiabá. **Resumos expandidos...** Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo/Embrapa Milho e Sorgo/EMPAER, 2004. 1 CD-ROM.
- _____; PEREIRA FILHO, I.A. Hora da escolha. **Cultivar**: grandes culturas, Pelotas, ano 7, n.77, p.4-11, set. 2005. Caderno técnico cultivar: milho.
- _____; _____; ALVARENGA, R.C.; SANTANA, D. P. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.13-24, jan./fev. 2001.
- DE MARIA, I.C.; DUARTE, A.P. Sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas para implantação e desenvolvimento do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 4., 1997, Assis, SP. **Anais...** Campinas: IAC/CDV, 1997. p.71-80.
- _____; _____; CANTARELLA, H.; PECHE FILHO, A.; POLISINI, G. Caracterização de lavouras de milho "safrinha" no Vale do Parana-panema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p.229-238.
- DERPSCH, R. **Rotação de culturas: plantio direto e convencional**. São Paulo: Ciba-Geigy, 1986. Não paginado.
- DUARTE, A.P.; MARTINS, A.C.N.; BRUNINI, O.; CANTARELLA, H.; DEUBER, R.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; TSUNECHIRO, A.; SAWAZAKI, E.; DENUCCI, S.; FANTIN, G.M.; RECO, P.C. **Milho safrinha: técnicas para o cultivo no estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2000. 16p. (CATI. Documento Técnico, 113).
- DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of US maize. **Maydica**, Bergamo, v.37, n.1, p.69-79, 1992.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FERREIRA, S.M. Extensão rural e assistência técnica no sistema plantio direto na região dos Cerrados. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA UFV, 1., 1998, Viçosa, MG. **Resumo das palestras...** Viçosa, MG: UFV, 1998. p.107-115.
- FIORIN, J.E.; CAMPOS, B.C. de. Rotação de culturas. In: CAMPOS, B.H.C. de (Coord.). **A cultura do milho no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1998. cap.2, p.7-14.
- FLÉNET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, J.E.; WESTGATE, M.E.; REICOSKY, D.C. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.2, p.185-190, Mar./Apr. 1996.
- GOMES, J. Parâmetros ambientais e época de semeadura. In: IAPAR. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina, 1991. cap. 3, p.51-61. (IAPAR. Circular, 68).
- GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.153-159, 2000.
- HOEFT, R.G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.104, p.1-4, dez. 2003.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA CABALLERO, S.S.; SANTANA, D.G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, jul./ago. 2004.
- LIMA, E. do V.; CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, P.L.; CORRÊA, J.C. Espécies para cobertura e qualidade dos resíduos vegetais na implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.180-194, maio/ago. 2005.
- MARINATO, R. Irrigação em milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, ano 6, n.72, p.42-45, dez. 1980.
- MARTINS, R.M.G.; ROSA JUNIOR, E.J. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p. 225-232, Apr./June 2005.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L. BERGAMASCHI, H.; SUTILI, V.R. Evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.) e sua relação com a evaporação do tanque classe A. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.273-295, 1981.
- MEDEIROS, J.B. de; SILVA, P.R.F. da. Efeitos de

- níveis de nitrogênio e densidades de plantas sobre o rendimento de grãos e outras características agrônomicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriogandense**, Porto Alegre, v.11, n.2, p.227-249, 1975.
- MUNDSTOCK, C.M. Aspectos fisiológicos da tolerância do milho ao frio. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3., 1995, Assis, SP. **Resumos...** Campinas: IAC, 1995. p.45-48.
- _____. Efeito de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.13-18, 1978.
- OLIVEIRA, I.P. de; ROSA, S.R.A. da; KLUTH-COUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J.L. da. Palhada no Sistema Santa Fé. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.93, p.6-9, mar. 2001.
- OLIVEIRA, M.D.X. de. **Comportamento da cultura de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de semeadura nas Regiões Centro e Norte de Mato Grosso do Sul**. 1990. 90f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- _____; DARÓS, R.; ARIAS, E.R.A. Época de semeadura do milho safrinha para o estado do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Resumos...** Globalização e segurança alimentar. Recife: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998. 1 CD-ROM.
- PAIVA, L.E. **Influência de níveis de nitrogênio, espaçamento e densidade no rendimento forrageiro e qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.)**. 1992. 81f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- PASZKIEWICZ, S. Narrow row spacing influence on corn yield. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 51., 1996, Chicago. **Proceedings...** Washington: ASTA, 1996. p.130-138.
- PENDLETON, J. Cultural practices: plant density and row spacing for corn. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 20., 1965, Chicago. **Proceedings...** Washington: ASTA, 1965. p.51-58.
- QUIESSI, J.A.; DUARTE, A.P.; BICUDO, S.J.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Rendimento de grãos e características fenológicas do milho em diferentes épocas de semeadura, em Tarumã (SP). In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p.239-247.
- ROS, C.O. da; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.1, p.135-140, jan./abr. 1996.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.355-362, 2003.
- RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1998. cap. 1, p.1-34.
- _____. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1995. 134p.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; HEBERTE, P.C. Redução entre linhas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho no Planalto Catarinense. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 1., 1998, Chapecó. **Resumos...** Chapecó: EPAGRI, 1998. p.9-11.
- _____. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, jan./fev. 2001.
- SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.585-592, abr. 1999.
- _____; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; CARDOSO, E.T.; FORSTHOFER, E.; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **[Resumos expandidos...]** Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo: Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo/Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.
- SOUZA, L.C.F. de; GONÇALVES, M.C.; ALVES SOBRINHO, T.; FEDATTO, E.; ZANON, G.D.; HASEGAWA, E.K.B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.55-62, set./dez. 2003.
- SWOBODA, R. Interest grows in narrow corn. **Wallaces Farmer**, Spencer, v.121. n.1, p.6-7, Jan. 1996.
- TECNOLOGIAS integradas: soluções técnicas para a agricultura. Barueri: DUPONT/ Santa Cruz do Sul : PIONEER, 2003. 19p.
- VALOIS, A.C.C. **Eficiência comparativa de quatro métodos de seleção em uma população melhorada de milho (*Zea mays* L.)**. 1982. 118f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VARGAS, L.K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E.L.S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, jan./fev. 2005.
- WILSON, J.H.; CLOWES, M.S.T.J.; ALLISON, J.C.S. Growth and yield of maize at different altitudes in Rhodesia. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.73, p.77-84, 1973.
- XIMENES, P.A. **Influência da população de plantas e níveis de nitrogênio na produção e qualidade da massa verde e da silagem de milho (*Zea mays* L.)**. 1991. 145f. (Tese Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.