

ADUBAÇÃO E ARRANJO DE PLANTAS NO CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIA¹

Álvaro Vilela de Resende², Luciano Shozo Shiratsuchi³,
José Roberto Antoniol Fontes⁴, Luise Lottici Krahl Arns³, Luiz Fábio Ribeiro³

ABSTRACT

FERTILIZATION AND PLANT ARRANGEMENT IN
INTERCROPPED MAIZE AND *BRACHIARIA*

The optimization of maize and *Brachiaria* intercropping management is influenced by soil fertility, *Brachiaria* plant density, and maize plant arrangement. This research evaluated those factors interactions and their influence on the productivity of maize and *Brachiaria*. The experiment was carried out during two crop cycles, in a 2x2x3+1 factorial scheme, combining two conditions of maize fertilization (grain yield expectation of 6 or > 10 t ha⁻¹), medium or high plant density of *Brachiaria* (< 20 or > 30 plant m⁻²), three maize plant arrangements (A = 90 cm row spacing with 5 plants m⁻¹; B = 45 cm row spacing with 2.5 plants m⁻¹; and C = 45 cm row spacing with 3 plants m⁻¹), and one additional treatment (heavier fertilization, without *Brachiaria* and maize A arrangement). Water availability influenced the responses to treatments. In the rainy year, heavier fertilization promoted expressive grain yield increase, independently of the maize arrangement or the presence of *Brachiaria*. In the dry year, the maize yield increase, due to heavier fertilization, was smaller and there was a harmful effect caused by the higher *Brachiaria* density. The dry matter yield of *Brachiaria* was not directly related to the variation in plant density.

KEY-WORDS: Crop management; crop-livestock integration; precision agriculture; row spacing; plant population.

INTRODUÇÃO

A introdução da braquiária nos sistemas de produção de grãos é uma das alternativas mais utilizadas atualmente, como forma de intensificar a exploração das áreas destinadas à agropecuária no Brasil. Uma das técnicas consiste no cultivo simultâneo de milho e braquiária, sendo esta oriunda de semeadura, ou do banco de sementes do solo. Todavia, o manejo desses sistemas é mais complexo

RESUMO

A otimização do manejo de milho consorciado com braquiária depende da fertilidade do solo, da densidade de plantas de braquiária e do arranjo de plantas do milho. Avaliaram-se as interações desses fatores e sua influência na produtividade de grãos e da pastagem, em experimento conduzido por duas safras, num fatorial 2x2x3+1, combinando-se duas condições de adubação do milho (para produtividade de 6 ou > 10 t ha⁻¹ de grãos), densidade média ou alta de braquiária (< 20 ou > 30 plantas m⁻²), três arranjos de plantas de milho (A = 90 cm entre linhas, 5 plantas m⁻¹; B = 45 cm entre linhas, 2,5 plantas m⁻¹; e C = 45 cm entre linhas, 3 plantas m⁻¹) e um tratamento adicional (maior adubação, sem braquiária e arranjo A do milho). A disponibilidade hídrica influenciou as respostas aos tratamentos. Em ano chuvoso, maior adubação resultou em expressivo incremento da produtividade de grãos, independentemente do arranjo de plantas de milho e da presença de braquiária. Em ano com veranico, o ganho do milho, devido à adubação, foi menor e houve efeito prejudicial da maior densidade de braquiária. A produção de matéria seca pela braquiária não apresentou relação direta com a variação na densidade de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Tratos culturais; integração lavoura-pecuária; agricultura de precisão; espaçamento; população de plantas.

e precisa ser planejado, de modo a minimizar a competição interespecífica por água, luz e nutrientes, que pode levar a perdas significativas de produtividade da forrageira e da cultura de grãos (Zimmer et al. 1999). Embora as braquiárias apresentem crescimento lento até os 50 dias após a emergência, em solos de média a alta fertilidade espera-se maior competição da forrageira com o milho (Kluthcouski et al. 2004).

A intensidade dos efeitos da competição interespecífica é influenciada por fatores como as

1. Trabalho recebido em mar./2008 e aceito para publicação em nov./2008 (nº registro: PAT 3424).

2. Embrapa Milho e Sorgo, MG 424, km 45, Cx. Postal 285, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG. E-mail: alvaro@cnpmc.embrapa.br.

3. Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Cx. Postal 08223, CEP 73.310-970, Planaltina, DF. E-mails: shozo@cpac.embrapa.br, luise@cpac.embrapa.br, lfrembrapa@yahoo.com.br.

4. Embrapa Amazônia Ocidental, AM 010, km 29, Cx. Postal 319, CEP 69.011-970, Manaus, AM. E-mail: zeroberto@cpaa.embrapa.br.

condições climáticas, fertilidade do solo, densidade de plantas de braquiária e arranjo espacial das plantas de milho (Zimmer et al. 1999, Jakelaitis et al. 2005). À exceção do clima, esses fatores podem ser manipulados com relativa facilidade, sobretudo com o desenvolvimento de técnicas de agricultura de precisão e disponibilização de herbicidas seletivos, tendo tornado-se passíveis de receber manejo diferenciado e localizado, conforme as características das áreas de cultivo.

Em lavouras de milho de alta tecnologia, como é comum na região do Cerrado, a obtenção de colheitas acima de 6-8 t ha⁻¹ de grãos requer a integração e otimização de todas as práticas culturais (Coelho et al. 2002). O advento de cultivares de alta produtividade e o incremento no uso de fertilizantes e de herbicidas têm possibilitado a busca de novos arranjos de plantas nas lavouras, como forma de otimizar o aproveitamento de água, luz e nutrientes, bem como o uso de insumos (sementes, fertilizantes e herbicidas) e máquinas nas fazendas. Híbridos simples, mais precoces, com menor porte de planta e de arquitetura foliar ereta, têm mostrado incrementos de produtividade, tanto no arranjo com redução do espaçamento entre linhas, quanto pelo aumento da densidade populacional (Sangoi et al. 2001, Coelho et al. 2002, Flesch & Vieira 2004, Amaral Filho et al. 2005, Marchão et al. 2005). Sharratt & McWilliams (2005) evidenciaram que, para uma população de 75.000 plantas ha⁻¹, ganhos de produtividade, devido à redução no espaçamento entre linhas, estiveram associados à distribuição mais uniforme de raízes e folhas e maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, redundando em melhor aproveitamento de água e luz e diminuição da temperatura do solo e da evaporação. Mudanças no arranjo e aumento da população de plantas podem, ainda, reduzir a ocorrência e o crescimento de outras espécies na lavoura e, conseqüentemente, o uso de herbicidas (Johnson et al. 1998, Coelho et al. 2002). Contudo, no caso de maiores populações, intensificam-se o requerimento de nutrientes e as respostas do milho à adubação, especialmente com relação ao nitrogênio (Argenta et al. 2001, Coelho et al. 2002, Amaral Filho et al. 2005).

Diante do exposto, depreende-se que, além dos efeitos isolados da fertilidade do solo, da presença de outras espécies e do sistema de semeadura, o potencial de rendimento de grãos do milho depende,

também, dos efeitos combinados desses fatores. O melhor entendimento das relações de causa e efeito pode subsidiar a definição de estratégias de manejo otimizado do sistema consorciado, especialmente considerando-se a possibilidade de se trabalhar com adubação, semeadura e aplicação de herbicidas em taxas variáveis. No presente trabalho, objetivou-se avaliar as interações entre arranjo de plantas de milho, densidade de plantas de braquiária e condições variáveis de disponibilidade de nutrientes e sua influência na produtividade do milho e da forrageira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, na Embrapa Cerrados, Planaltina - DF. Avaliaram-se duas safras, nos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006, os quais, de acordo com os dados pluviométricos (Figura 1), caracterizaram-se como "ano chuvoso" e "ano seco", respectivamente. Foi utilizado o híbrido simples precoce Pioneer 30P70, cuja população de plantas recomendada pela empresa de sementes varia de 50 a 60 mil plantas ha⁻¹ e de 55 a 65 mil plantas ha⁻¹, respectivamente, para os espaçamentos de 80-90 cm e de 45-50 cm entre linhas.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2x2x3+1, combinando-se duas condições de adubação ("normal" e "extra", para expectativas de

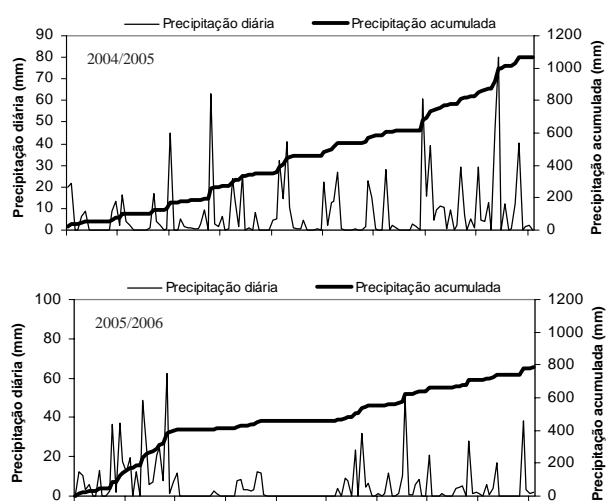


Figura 1. Dados pluviométricos dos períodos de condução do experimento, nos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006.

produtividade de 6 ou > 10 t ha⁻¹ de grãos, respectivamente), densidade "média" ou "alta" de plantas de *Brachiaria decumbens* (menos que 20 ou mais que 30 plantas m⁻²) e três arranjos de plantas de milho (A = 90 cm entre linhas, com 5 plantas m⁻¹, correspondendo a uma população de 55.555 plantas ha⁻¹; B = 45 cm entre linhas, com 2,5 plantas m⁻¹, população de 55.555 plantas ha⁻¹; e C = 45 cm entre linhas, com 3 plantas m⁻¹, população de 66.666 plantas ha⁻¹), além de um tratamento adicional como referência (com adubação extra, ausência de braquiária e arranjo A de plantas de milho).

Informações sobre a calagem e adubações corretivas e de manutenção utilizadas são apresentadas na Tabela 1. Definiram-se adubações de manutenção proporcionalmente menores na segunda safra (2005/2006), considerando-se que o milho foi semeado no mesmo alinhamento de 2004/2005, contando, então, com um residual da primeira adubação. A calagem e adubações corretivas com fósforo e micronutrientes foram feitas a lanço, em toda a área das parcelas, seguidas de incorporação com grade. A adubação de plantio foi distribuída nos sulcos de semeadura. As adubações de cobertura foram aplicadas em filetes, ao lado das linhas de milho, sendo a primeira e a segunda, respectivamente, nos estádios de 3-4 folhas e de 7-8 folhas.

Foram utilizadas parcelas de 6 m x 4,5 m (27 m²). Em cada safra, o milho foi semeado entre os dias 23 e 25 de novembro e, após desbastes, obteve-se o estande planejado para cada tratamento. As duas densidades de plantas de braquiária foram obtidas mediante manejo (desbaste) das plântulas

Tabela 1. Fornecimento de nutrientes, nas adubações normal e extra, baseado na expectativa de produtividade (adaptado de Alves et al. 1999 e Sousa & Lobato 2002), nos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006.

Produtividade esperada	Adubação Plantio ¹				Adubação Cobertura ²		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	N	K ₂ O	N
	kg ha ⁻¹						
	2004/2005						
6 t ha ⁻¹ (adubação normal)	15	75	45	0,9	60	20	-
> 10 t ha ⁻¹ (adubação extra)	30	150	90	1,8	75	75	80
	2005/2006						
6 t ha ⁻¹ (adubação normal)	11	56	34	0,7	60	20	-
> 10 t ha ⁻¹ (adubação extra)	22	112	68	1,4	56	56	80

¹- Manejo comum a todos os tratamentos no primeiro ano: calagem para V = 60% (3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico) e adubação corretiva (fosfatagem = 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples granulado; micronutrientes = 50 kg ha⁻¹ de FTE BR12 granulado). Adubações de plantio: formulado NPK 05-25-15+Zn.

²- Adubações de cobertura: formulado NPK 20-00-20 ou uréia.

oriundas de semeio e do banco de sementes da gramínea no solo.

Precedendo a semeadura do segundo cultivo de milho, foi realizada amostragem do solo, na profundidade de 0 cm a 20 cm, coletando-se duas sub-amostras nas linhas e duas nas entrelinhas do primeiro cultivo, para compor a amostra referente a cada parcela experimental. Resultados das análises de fertilidade do solo, conforme metodologias descritas em Silva (1999), são apresentados na Tabela 2, considerando-se os valores médios para os tratamentos com adubação normal e com adubação extra. Diferenças podem ser observadas principalmente em relação à disponibilidade de P e K, nutrientes que, junto com N e Zn, foram manejados de forma diferenciada nas adubações de manutenção desses tratamentos.

As avaliações foram realizadas numa área útil central de 10,8 m² nas parcelas. Na colheita, determinaram-se a população de plantas, o número e peso de espigas, a produção de massa da parte aérea (sem as espigas) e o peso de grãos (umidade corrigida para 13%) do milho. No tocante à braquiária, além da densidade de plantas, foi determinada a produção de matéria seca, ao final do cultivo do milho, por meio de amostragens em dois locais de 0,25 m² na área útil de cada parcela.

Os dados foram submetidos a análises de variância. Quando pertinente, as médias dos tratamentos componentes do fatorial foram comparadas por meio do teste Tukey ($\alpha = 0,05$) ou do teste F ($\alpha = 0,05$). O teste F também foi usado para o contraste entre a média dos tratamentos do fatorial e a média do tratamento adicional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas nas duas safras do experimento foram contrastantes, quanto ao suprimento de água (Figura 1). Em 2004/2005, as chuvas foram mais abundantes e bem distribuídas,

Tabela 2. Valores médios de atributos químicos do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, referentes aos tratamentos com adubação normal e extra.

Adubação	pH H ₂ O	P		K		Ca		Mg		Al		H+Al		T	m	V	matéria orgânica
		— mg dm ⁻³ —	— cmol _c dm ⁻³ —	— % —	— % —	— % —	— % —	— % —	— % —								
Normal	5,5	16	49	2,4	0,9	0,4	4,4	7,8	11	44	38						
Extra	5,5	22	65	2,5	0,9	0,3	4,2	7,8	9	46	40						

durante todo o ciclo do milho. Já em 2005/2006, houve maior restrição hídrica, com ocorrência de veranico prolongado (16 dias sem chuva) durante a fase de pré-florescimento da cultura. Em razão disso, na apresentação e discussão dos resultados, são utilizados os termos "ano chuvoso" e "ano seco", referindo-se à primeira e segunda safras, respectivamente.

As densidades médias de plantas de braquiária obtidas no ano chuvoso foram de 18 plantas m⁻² e 30 plantas m⁻², respectivamente, nos tratamentos com menor e maior quantidade de plantas. No ano seco, essas médias corresponderam a 12 plantas m⁻² e 58 plantas m⁻², estabelecendo-se maior contraste, no intuito de evidenciar diferenças de respostas, devido à presença da braquiária em duas condições bem distintas de concorrência com a cultura do milho. No entanto, a maioria das variáveis avaliadas não foi significativamente influenciada pelas densidades de braquiária.

De acordo com as indicações de Kluthcouski & Aidar (2003), o estabelecimento de espécies de braquiária consorciadas com milho pode ser satisfatoriamente obtido com densidades de 4-6 plantas m⁻² da forrageira, nas quais, em geral, a produção de grãos não é comprometida. Além disso, quanto maior a fertilidade do solo, maior o desenvolvimento do milho e maior seu poder de concorrência, alcançando produtividades acima de 8 t ha⁻¹. Entretanto, apesar de o milho ser considerado forte competidor, com relação às braquiárias (Kluthcouski et al. 2004, Freitas et al. 2005), em condições de número excessivo de plantas (65-72 plantas m⁻²) de *B. brizantha* originadas do banco de sementes, a produtividade foi drasticamente reduzida (Zimmer & Macedo, citados por Zimmer et al. 1999). Num outro estudo (Kichel & Macedo, citados por Zimmer et al. 1999), a produção de milho em cultivo solteiro foi de 5,8 t ha⁻¹, caindo para 4,9 t ha⁻¹ e 3,1 t ha⁻¹, na presença de 20 plantas m⁻² e 77 plantas m⁻², respectivamente.

No ano chuvoso, maior população de plantas de milho foi obtida quando se utilizou o arranjo de plantas C (Tabela 3). Já no ano seco, houve interação entre arranjo e adubação. O arranjo C resultou em maior estande final, seja com adubação normal ou extra. No caso do arranjo B, a adubação extra parece ter favorecido maior sobrevivência de plantas. Assim, o número de plantas de milho na colheita foi

Tabela 3. População de plantas (plantas ha⁻¹) e número de espigas de milho (espigas ha⁻¹), em resposta ao arranjo de plantas e à adubação, em ano chuvoso e ano seco.

Arranjo de plantas ¹	População de plantas				Número de espigas	
	Ano chuvoso	Ano seco		Ano seco		Ano seco
		Adubação normal	Adubação extra	Adubação normal	Adubação extra	
A	52.431 b ²	53.704 b A	51.505 b A	61.111 ab B	70.371 a A	57.350 b
B	54.097 b	50.417 b B	55.833 ab A	59.606 b B	77.500 a A	60.208 ab
C	63.542 a	60.972 a A	60.833 a A	68.056 a A	74.028 a A	66.667 a
Tratamento Adicional ³	53.473*	50.232*		83.565*		61.111 ns
cv (%)	4,6	7,6		8,5		12,5

¹- Arranjo de plantas: A = 90 cm entre linhas e população esperada de 55.555 plantas ha⁻¹; B = 45 cm entre linhas e população esperada de 55.555 plantas ha⁻¹; C = 45 cm entre linhas e população esperada de 66.666 plantas ha⁻¹.

²- Em cada ano, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, ou maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

³, * ou ns: Média do tratamento adicional difere ou não, em relação à média do fatorial (Teste F, a 5% de probabilidade).

condicionado, basicamente, pelo estande inicial pré-determinado para cada arranjo e, de forma menos expressiva, pelo fornecimento de nutrientes.

O número de espigas não teve o mesmo comportamento observado em relação à população de plantas. No ano chuvoso, houve pronunciado efeito da adubação extra, aumentando a prolificidade do milho, ou seja, favorecendo a formação de mais de uma espiga por planta, o que levou à equiparação estatística das quantidades de espigas obtidas nos diferentes arranjos de plantas (Tabela 3). Na adubação normal, a produção de espigas foi mais dependente da população de plantas, com o arranjo C proporcionando maior número de espigas. No ano seco, independentemente da adubação, os arranjos C e A foram os que produziram mais e menos espigas, respectivamente. É interessante notar o desempenho do milho no tratamento adicional (ano chuvoso), em que a combinação de ausência de braquiária, adubação extra e boa disponibilidade hídrica permitiram uma produção de espigas bem superior à média do fatorial, embora a população de plantas tenha sido inferior.

A adubação extra condicionou maior produção de matéria seca da parte aérea (sem espigas) do milho, no primeiro ano, obtendo-se 8.689 kg ha⁻¹ e 6.573 kg ha⁻¹, com adubação extra e normal, respectivamente. No segundo ano, chuvas com muito vento e granizo, no final do ciclo, ocasionaram tombamento de plantas e perda de massa foliar, inviabilizando a avaliação de matéria seca da parte aérea.

A adubação teve grande influência sobre o

peso de espigas e a produção de grãos do milho (Tabela 4), sobretudo no ano chuvoso, não ocorrendo interação com os demais fatores testados. O tratamento adicional produziu mais espigas e grãos que a média do fatorial apenas no ano chuvoso. No ano seco, houve perda estatisticamente significativa de produtividade do milho, quando se passou da condição de menor (7.022 kg ha⁻¹ de grãos) para maior (6.464 kg ha⁻¹ de grãos) densidade de plantas de braquiária.

Conforme uma série de resultados de experimentos relatados por Zimmer et al. (1999), nos estudos iniciais do consórcio de milho com braquiária, nos quais o objetivo principal era o estabelecimento ou recuperação da pastagem, as produções de grãos eram relativamente baixas (cerca de 3 t ha⁻¹ ou menos), em especial quando a necessidade de adubação não era plenamente considerada. Nos experimentos mais recentes, com maior adoção de tecnologias adequadas às condições do Cerrado e com foco também na produção de grãos, os rendimentos do milho consorciado com braquiária são altos (em geral, acima de 6 t ha⁻¹) e, muitas vezes, superam os obtidos em cultivo solteiro (Kluthcouski & Aidar 2003). As condições experimentais e as produtividades ora relatadas se enquadram nessa segunda situação e comprovam que a disponibilidade de água e nutrientes pode exercer maior influência nas respostas do milho, do que propriamente a forma de manejo das espécies consorciadas.

É sabido que os padrões de resposta à adubação dependem do ano, das condições climáticas e do tipo de solo. Em solo com alto teor de matéria orgânica (57 g kg⁻¹), Sangoi & Almeida (1994) obtiveram maior resposta à adubação nitrogenada para o milho sob estresse hídrico, ao passo que, em condições mais favoráveis, embora o teto de produtividade tenha sido mais elevado, o efeito do

nitrogênio foi menos acentuado. Contrapondo-se a esses resultados, as respostas à adubação, obtidas no presente trabalho, foram mais intensas no ano de maior disponibilidade hídrica.

Uma análise da literatura mostra que as respostas às modificações no espaçamento e na população de plantas de milho têm sido variáveis e bastante influenciadas pelas condições experimentais e suas interações, tais como ano e época de semeadura, híbrido utilizado, nível tecnológico e condições climáticas (Cox 1996, Argenta et al. 2001, Sangoi et al. 2001, Flesch & Vieira 2004, Amaral Filho et al. 2005, Marchão et al. 2005). Para cada sistema de produção, existe um arranjo de plantas ótimo que maximiza a produtividade do milho, sendo as melhores respostas geralmente dependentes de condições ambientais propícias ao desenvolvimento da cultura, principalmente em relação à disponibilidade de água e de nutrientes (Almeida et al. 2000, Sangoi et al. 2001, Marchão et al. 2005, Sharratt & McWilliams 2005).

Para a produção de matéria seca de braquiária, avaliada por ocasião da colheita do milho, obteve-se interação da densidade de plantas da forrageira com o arranjo de plantas de milho e com a adubação, respectivamente, nos anos chuvoso e seco (Tabela 5). Seriam esperadas diferenças mais marcantes de produção de massa, em função das densidades de braquiária estabelecidas no início de cada safra. Os resultados parecem denotar certa inconsistência, frente aos tratamentos estudados, o que, em parte, se deve ao fato de essa variável ter apresentado coeficientes de variação relativamente elevados. Todavia, as respostas podem também ter sido afetadas

Tabela 4. Peso de espigas e produção de grãos de milho, em resposta à adubação, em ano chuvoso e ano seco.

Adubação	Peso de espigas		Produção de grãos	
	Ano chuvoso	Ano seco	Ano chuvoso	Ano seco
	kg ha ⁻¹			
Normal	11.423 b ¹	8.367 b	7.702 b	5.987 b
Extra	14.995 a	10.271 a	10.300 a	7.499 a
Trat. Adicional ²	15.403*	9.667 ns	10.525*	6.948 ns
cv (%)	11,7	15,6	12,7	13,8

¹- Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem pelo teste F, a 1% de probabilidade.

², * ou ns: Média do tratamento adicional difere ou não, em relação à média do fatorial (Teste F, a 5% de probabilidade).

Tabela 5. Produção de matéria seca de braquiária, em diferentes densidades populacionais, influenciadas pela adubação e arranjo de plantas de milho, em ano chuvoso e ano seco.

Densidade de plantas de braquiária	Matéria seca de braquiária				
	Ano chuvoso			Ano seco	
	Arranjo A ¹	Arranjo B	Arranjo C	Adubação normal	Adubação extra
	kg ha ⁻¹				
Média	3.144 a B ²	4.767 a A	3.676 a AB	3.837 b A	4.660 a A
Alta	4.285 a AB	3.200 b B	4.761 a A	4.940 a A	4.332 a A
cv (%)	34,3			29,0	

¹- Arranjo de plantas: A = 90 cm entre linhas e população esperada de 55.555 plantas ha⁻¹; B = 45 cm entre linhas e população esperada de 55.555 plantas ha⁻¹; C = 45 cm entre linhas e população esperada de 66.666 plantas ha⁻¹.

²- Em cada ano, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, ou maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

pela grande plasticidade desta espécie, em termos de desenvolvimento vegetativo, de modo que, sob baixa densidade populacional e, conseqüentemente, menor concorrência por luz, a braquiária apresentaria maior perfilhamento (Portes et al. 2000) e crescimento individual de plantas, podendo, assim, compensar a produção de massa decorrente de uma densidade mais alta. Não obstante, na condição de ano seco e adubação normal, uma maior densidade inicial de plantas de braquiária resultou em maior produção de matéria seca, situação não verificada quando se utilizou adubação extra.

Jakelaitis et al. (2005) observaram que sistemas de semeadura de *B. brizantha* solteira, ou em linhas e a lanço, em consórcio com o milho, influenciaram fortemente o rendimento forrageiro, mas não afetaram a produção de grãos de milho. Segundo Portes et al. (2000), o sombreamento enfraquece muito a braquiária, planta tipicamente exigente em luz. Esses autores obtiveram 19,6 t ha⁻¹ e 2,5 t ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea, respectivamente, quando *B. brizantha* foi cultivada solteira e em consórcio com o milho. Todavia, as produtividades de milho obtidas nesses dois estudos foram bem inferiores às aqui apresentadas. No caso presente, embora não tenha ocorrido interação entre adubação e densidade de plantas de braquiária para a produção de grãos, constatou-se, no ano seco, destacada relação inversa entre produção de matéria seca pela braquiária e produtividade de milho, quando se consideraram as

respostas nos tratamentos em que não se utilizou adubação extra (Figura 2). Assim, o manejo da fertilidade do solo também parece ter sido condicionante da maior ou menor severidade dos efeitos da competição interespecífica sobre o rendimento do milho.

Considerando-se, conjuntamente, os resultados, verifica-se que a condição climática foi um fator externo decisivo nas respostas aos tratamentos. Quando a disponibilidade de água não foi limitante (1º ano), o arranjo de plantas de milho e a competição com a braquiária não tiveram efeito evidente na produtividade de grãos, ao passo que potencializou-se a resposta do híbrido à adubação. Sob restrição hídrica (2º ano), em geral, a produtividade do milho foi restringida, havendo menor incremento devido à adubação extra e evidenciando-se o efeito prejudicial da presença de maior densidade de braquiária. Portanto, os aspectos principais a serem observados na definição do manejo referem-se à minimização do risco de comprometimento da produtividade do milho, devendo-se manter controle da densidade de plantas de braquiária, fator que pode afetar sensivelmente a produção de grãos e que, ao mesmo tempo, parece ter influência pouco expressiva no desempenho da própria forrageira. De qualquer modo, o fornecimento de nutrientes em doses mais elevadas pode amenizar eventuais perdas de produtividade do milho, decorrentes de elevada competição interespecífica ou de condições hídricas desfavoráveis.

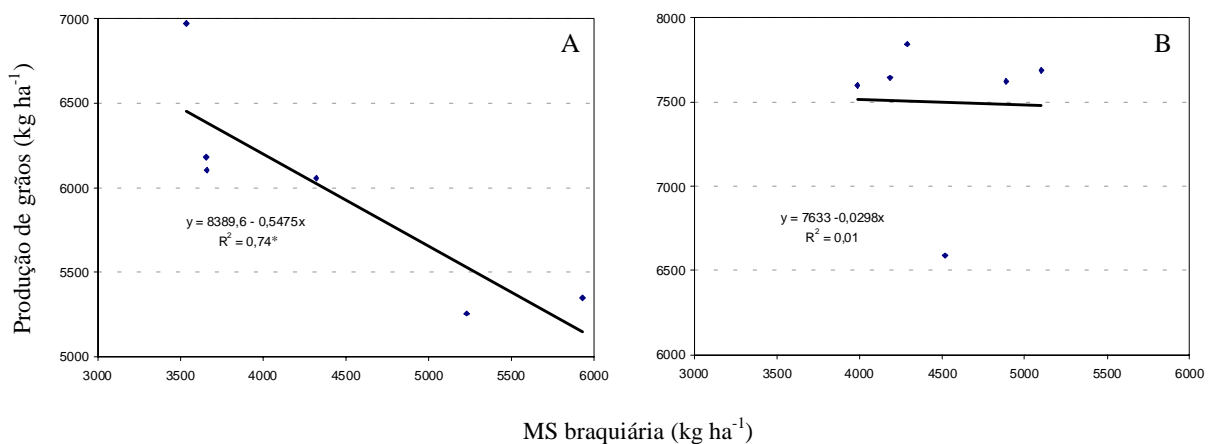


Figura 2. Relação entre produção de matéria seca pela braquiária e produção de grãos pelo milho, considerando-se as respostas aos tratamentos combinando densidades de plantas de braquiária e arranjos de plantas de milho, sob adubação normal (A) e extra (B).

CONCLUSÕES

1. A disponibilidade hídrica influenciou as respostas aos tratamentos. Em ano chuvoso, a adubação extra resultou em expressivos incrementos em produção de matéria seca da parte aérea, número e peso de espigas e produtividade de grãos, independentemente do arranjo de plantas de milho e da competição com a braquiária. Em ano seco, o ganho em produtividade, devido à adubação extra, foi menor e houve efeito competitivo, prejudicial ao milho, sob maior densidade de braquiária.
2. O milho espaçado em 45 cm entre linhas e com três plantas por metro proporcionou maior estande final e favoreceu a formação de maior número de espigas.
3. O fornecimento de nutrientes em doses mais elevadas pode amenizar eventuais perdas de produtividade do milho, decorrentes de elevada competição interespecífica ou de condições hídricas desfavoráveis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L. et al. 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, 2000.
- ALVES, V. M. C. et al. Milho. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 314-316.
- AMARAL FILHO, J. P. R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, maio/jun. 2005.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.
- COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Potafos, 2002. p. 1-37.
- COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agronomy Journal*, Madison, n. 88, p. 489-496, 1996.
- FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.1, p. 25-31, 2004.
- FREITAS, F. C. L. et al. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.
- JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.
- JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALD, R. E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 106, p. 1-20, 2004.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.
- MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de plantas e características agrônomicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.
- PORTES, T. A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.
- SANGOI, L. et al. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.
- SHARRATT, B. S.; MCWILLIAMS, D. A. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 97, n. 4, p. 1129-1135, 2005.
- SILVA, F. C. (Org.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.
- ZIMMER, A. H. et al. Sistemas integrados de producción agropastoril. In: GUIMARÃES, E. P. et al. (Eds.). *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de America Latina*. Cali: CIAT/Embrapa, 1999. p. 245-283.