10.30612/agrarian.v11i42.4335

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Produtividade de milho (*Zea mays*) consorciado com *Urochloa brizantha* em diferentes espaçamentos de plantio no sudeste de Goiás

Corn yield (Zea mays) intercropped with Urochloa brizantha at different row spacing in southeast of ; Goiás State

Lucas da Silva Araújo[1], Jordana Alves da Silva Branquinho[2], Pedro Marques da Silveira[3], Luís Gustavo Barroso Silva[2], Mateus Souza Valente[2], Marcus Vinícius Rodrigues de Siqueira[2], Paulo César Ribeiro da Cunha[2]

[1] Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade Universitária de Ipameri, Vila Dona Nilza, Ipameri - GO, 75780-000, Ipameri, GO Email: lucasilva_31@hotmail.com
[2] Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí, Urutaí, GO
[3] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Arroz e Feijão (Embrapa),

Recebido em: 27/08/2015 Aceito em:27/02/2018

Resumo: O objetivo do estudo foi avaliar a produtividade de grãos de milho nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *Urochloa brizantha* em diferentes espaçamentos de plantio. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois espaçamentos entrelinhas de plantio (0,50 e 0,70 m) e dois sistemas de cultivo (solteiro e consorciado com *U. brizantha*). Avaliaram-se as características agronômicas (estande final de plantas e número final de espigas), morfológicas (altura da planta, altura da espiga e diâmetro do colmo), componentes de produção (tamanho da espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos) e produtividade, e na forrageira avaliou-se a produção de massa seca por ocasião da colheita do milho. Os sistemas de cultivo e os diferentes espaçamentos de plantio não alteraram as características agronômicas e morfológicas das plantas de milho, exceto para a altura da espiga que foi superior com a redução do espaçamento. O aumento do espaçamento não influenciou os componentes da produção, enquanto o consórcio resultou na diminuição do tamanho da espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos. Para a produtividade de grãos, o milho cultivado solteiro e no espaçamento de 0,50 m apesentou melhor desempenho. A *U. brizantha* em consórcio com o milho apresentou maior produção de massa seca no espaçamento de 0,70 m.

Palavras-chave: agricultura sustentável, forrageira, interferência, sistema de culturas, *Zea mays* L.

Abstract: The objective of the study was to evaluate the yield of corn in the monocrop system and intercropped with *Urochloa brizantha* at different planting spacings. The experimental design was a randomized complete block design, in a 2 x 2 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of two spacings between planting lines (0.50 and 0.70 m) and two cropping systems (monocrop and intercropped with *U. brizantha*). The agronomic characteristics (final plant stand and final number of spikes), morphological characteristics (plant height, spike height and stem diameter), yield components (spike size, number of rows per spike, number of grains by row, number of grains per spike and mass of 100 grains) and yield, and in the forage was evaluated the biomass production at the time of corn harvest. The cultivation systems and the different planting spacings did not alter the agronomic and morphological characteristics of the maize plants, except for the height of the spike that was superior with the reduction of the spacing. The increase in spacing did not influence the production components, while the intercropping resulted in a decrease in ear size, number of grains per row, number of grains per spike and mass of 100 grains. For corn yield, the monocrop at a spacing of 0.50 m presented better performance. *U. brizantha* intercropped with maize presented higher dry matter production at 0.70 m spacing.

Keywords: Sustainable agriculture, forage, interference, crop system, *Zea mays* L.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Introdução

No sudeste de Goiás, uma alternativa potencial para a cultura do milho consiste no emprego de sistemas de produção que vislumbrem a ocupação intensa dos recursos naturais oferecidos pelos agroecossistemas. Nesse sentido, sistemas integrados de milho e forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa*, tornam-se uma opção promissora para a região, pois promove aumento da produtividade das culturas, redução de custos de produção e preservação ambiental (Pariz et al., 2009).

O sistema consorciado em sua grande parte atende as premissas básicas para consolidar a sustentabilidade agropecuária, por isso tem sido empregado como importante estratégia na recuperação e renovação de pastagens degradadas. Almeja também aumentar ou manter a palhada na superfície do solo e dessa forma, contribuir para expansão do sistema plantio direto (SPD) no Cerrado (Pariz et al., 2011). De acordo com Galharte e Crestana (2010), o consórcio de milho com *Urochloa* no Cerrado, pode possibilitar a diminuição da pressão da abertura de novas áreas e assim, conservar a biodiversidade, além de contribuir para a manutenção da qualidade do solo e água, que consequentemente, minimiza os impactos negativos inerentes à exploração agrícola.

No âmbito agronômico, o consórcio pode ser estabelecido anualmente, tendo em vista opção de semeadura simultânea das culturas ou a implantação defasada da forrageira em época diferenciada à cultura do milho. No entanto, independentemente da época de implantação, as plantas disputam pelos mesmos recursos: água, luz, nutrientes, O_2, CO_2 e espaço, durante o desenvolvimento das espécies. Essa competição entre as culturas pode inviabilizar o sistema consorciado. Deste modo, o entendimento acerca do comportamento das espécies nesta competitividade torna-se de grande importância para o êxito da produtividade satisfatória da cultura produtora de grãos e do estabelecimento da pastagem (Kluthcouski e Yokoyama, 2003).

Trabalhos realizados recentemente demonstraram a viabilidade agronômica de sistemas consorciados entre a cultura do milho e espécies forrageiras (Jakelaitis et al., 2010; Euclides et al., 2010; Borghi et al., 2012; Garcia et al., 2013). Nestes estudos, a presença da *Urochloa brizantha* consorciada com o milho não afetou a produtividade de grãos da cultura. No entanto, em trabalhos pioneiros, a competição entre as espécies interferiu negativamente, o que acarretou na diminuição da produtividade de grãos, quando o milho foi consorciado com a referida forrageira (Pantano, 2003; Jakelaitis et al., 2005). Como os resultados descritos em literatura são contraditórios, infere-se que a eficiência agronômica do consórcio depende de certas condições que são particulares a cada ambiente de produção e dos materiais de milho preconizados.

Considerando as possíveis diferenças entre os ambientes de produção e da variabilidade dos materiais de milho, o sucesso dos sistemas integrados, está atrelado a vários fatores no que tange a compatibilidade das espécies: fertilidade do solo, ocorrência de plantas daninhas, competição entre as espécies consorciadas, modalidade de consorciação e espaçamento de plantio da cultura granífera, aspectos estes que podem influenciar o estabelecimento da forrageira e, principalmente a produtividade de grãos (Jakelaitis et al., 2005; Borghi e Crusciol, 2007; Balbinot Júnior et al., 2009; Jakelaitis et al., 2010).

No tocante ao arranjo de plantas, a redução do espaçamento entrelinhas na cultura do milho permite distribuição equidistante das plantas na linha de semeadura. Este fato possibilita melhor utilização dos recursos ambientais disponíveis, além de minimizar a competição intraespecífica, contribuindo para maior produtividade de grãos (Argenta et al., 2001). Contudo, quando consorciado, a redução do espaçamento visa também, a diminuição da competição entre o milho e a forrageira. De acordo com Sereia et al. (2012), os diferentes arranjos espaciais na cultura do milho proporcionam níveis de sombreamento variados, que por sua vez interferem decisivamente no desenvolvimento da forrageira, tornando-se uma prática cultural bastante eficiente para o manejo do consórcio, visando minimizar a competição existente entre as espécies inseridas no sistema.

Embora, existam vários estudos que suportam a viabilidade agronômica do consórcio com forrageiras no Brasil (Pariz et al., 2009; Jakelaitis et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Borghi et al., 2012; Garcia et al., 2013), ainda são necessárias informações desse sistema em nível regional. Tais resultados servem de subsídio aos produtores na tomada de decisão quanto à adoção ao cultivo de milho em consórcio com forrageiras.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a produtividade de grãos de milho nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *U. brizantha* em diferentes espaçamentos de plantio.

Materiais e Métodos

O experimento de campo foi realizado sob condições de sequeiro, na safra 2013/2014, na área experimental do Instituto Federal Goiano - Câmpus Urutaí, localizado na cidade de Urutaí, Goiás (Lat. 48º 11' 35" S, Long. 48º 11' 35" W, altitude 800 m). A região possui clima tropical de altitude com inverno seco e verão chuvoso (Aw) de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014). Foram registrados os dados meteorológicos no decorrer do experimento (Figura 1).

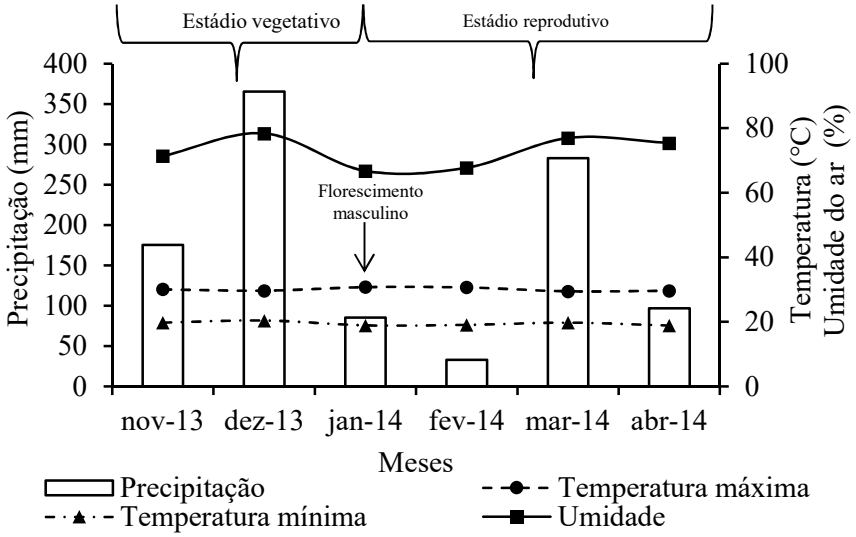


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), médias de temperatura máxima e mínima (°C), e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental de novembro de 2013 a abril de 2014. Urutaí, Goiás. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2014.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), de textura argilosa, com histórico de dez anos de pastagem (*Urochloa* sp.), sendo que, na safra anterior foi cultivado milho silagem, em sistema convencional de preparo do solo. A análise textural do solo apresentou 490, 370 e 140 g kg^{-1} de areia, argila e silte, respectivamente. Os valores iniciais dos atributos químicos do solo na camada de 0,0 a 0,20 m do solo foram: pH ($CaCl_2$) = 5,1; MO = 25 g dm^{-3}; H+Al = 18 $mmol_c$ dm^{-3}; P (Mehlich 1) = 3,4 mg dm^{-3}; K^+ = 109 mg dm^{-3}, Ca^{+2} e Mg^{+2} = 1,9 e 0,8 $cmol_c$ dm^{-3}, respectivamente, e V = 53%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois espaçamentos entrelinhas de plantio (0,50 e 0,70 m) e dois sistemas de cultivo (solteiro e consorciado com *Urochloa brizantha*). Cada unidade experimental teve seis linhas de 10 m de comprimento. O material de milho utilizado foi o Morgan 30A91 Power Core®, que tem como características agronômicas principais: híbrido simples modificado (HSm), ciclo precoce, com finalidade para produção de silagem e grãos. As sementes receberam tratamento industrial com o inseticida tiametoxam na dose de 210 g para cada 50 kg de sementes. Foi almejada uma população de 65000 plantas por hectare.

O preparo do solo foi efetuado com duas gradagens, aradora e "niveladora". Posteriormente, fez-se a sulcagem e, imediatamente após a abertura dos sulcos foi realizada a adubação de semeadura, de forma manual foram aplicados na profundidade de 0,08 m, 420 kg ha^{-1} do adubo 10-29-20 (Sousa e Lobato, 2006). Tomou-se o cuidado de variar a quantidade de adubo por metro de sulco para manter a mesma quantidade de adubo por área, em

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

razão dos dois espaçamentos de plantio. Dessa forma, aplicou-se 21,0 e 29,4 gramas por metro, respectivamente, no espaçamento de 0,50 e 0,70 m. Após incorporação do adubo, procedeu-se a semeadura do milho em 28/11/2013. As sementes de milho foram depositadas na profundidade de 0,05 m, enquanto as sementes da forrageira *U. brizantha* foram distribuídas na superfície do solo e nas entrelinhas da cultura granífera. As sementes eram peletizadas e com valor cultural (VC) de 40%. Utilizou-se a densidade de 10 kg ha^{-1} de sementes, conforme Borghi et al. (2012).

A emergência do milho ocorreu em 04/12/2013, seis dias após a semeadura (DAS), e da forrageira nove DAS, em 07/12/2013. Não foram aplicados herbicidas para controle de plantas daninhas em pós-emergência. Quando a cultura do milho encontrava-se no estádio fenológico V6 (seis folhas totalmente expandidas), em 30/12/2013, realizou-se a adubação de cobertura, aplicando sobre a superfície do solo e ao lado das plantas de milho, 350 kg ha^{-1} do adubo 29-00-20 (Sousa e Lobato, 2006). Assim foram aplicados 17,5 e 24,5 gramas de adubo por metro, no espaçamento de 0,50 e 0,70 m, respectivamente. Quanto ao manejo de pragas e doenças, não foram verificados níveis de danos econômicos, portanto, não foram aplicados produtos fitossanitários.

A colheita manual do milho foi realizada em 11/05/2014 (163 DAS), e avaliou-se em pré-colheita as características agronômicas: estande final de plantas e número de espigas por hectare pela contagem em duas linhas centrais com comprimento de três metros em cada unidade experimental; altura de planta foi medida desde as raízes adventícias até a inserção do pendão floral e da inserção da primeira espiga, a partir das raízes adventícias até a base da espiga principal com auxílio de uma trena graduada em milímetros; e o diâmetro do colmo foi determinado acima das raízes adventícias com um paquímetro digital. Estas análises foram realizadas em dez plantas por unidade experimental. Na mesma data, realizou-se a avaliação do crescimento da forrageira em uma área de 0,25 m^2 (duas amostragens por unidade experimental), com auxílio de um quadrado de metal de 0,50 x 0,50 m, sendo cortadas rente ao solo. Após a coleta, o material vegetal foi colocado em estufa de circulação forçada de ar (65ºC) até atingir massa constante, para determinação da produção de massa seca em kg ha^{-1}.

O comprimento da espiga foi obtido por meio da medição com régua graduada em centímetros, em dez espigas despalhadas por unidade experimental, escolhidas ao acaso. Ainda, determinou-se o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira mediante a contagem e por fim, o número de grãos por espiga, obtido pela multiplicação do número de fileiras e o número de grãos por fileira. Após as avaliações descritas acima, as espigas foram debulhadas manualmente para pesagem da massa de 100 grãos (média de quatro amostras) e produtividade de grãos. Os resultados de ambas as avaliações foram corrigidos para o teor de 130 g kg^{-1} de água nos grãos.

Para testar a hipótese de normalidade e homogeneidade de variância dos resíduos, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os dados do milho foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05), e quando detectado efeito significativo, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05). Já a produção de massa seca foi comparada pelo teste t de Student (p<0,01). As análises estatísticas foram realizadas no software R® (R Core Team, 2013).

Resultados e Discussão

O efeito da interação dos fatores (sistema de cultivo e espaçamento de plantio) não foi significativo para as características agronômicas e morfológicas das plantas de milho (Tabela 1). Desse modo, os fatores comportaram de forma independente sobre o estande final de plantas, número de espigas por hectare, altura da planta, altura da espiga e diâmetro do colmo.

O estande final de plantas e o número de espigas por hectare não foram influenciados pelo sistema de cultivo e espaçamento, demonstrando, nestes aspectos, a homogeneidade do híbrido de milho 30A91 (Tabela 1). Considerando a semeadura simultânea de milho e *Urochloa brizantha*, independentemente da modalidade de cultivo consorciado, este resultado é suportado por Pariz et al. (2009) e Garcia et al. (2013), que também constataram que o consórcio não afetou o estande final de plantas e número de espigas por hectare. No caso em estudo, pode-se afirmar que a emergência atrasada da forrageira permitiu o bom estabelecimento das plantas de milho e, portanto, não interferiu no número de espigas por hectare.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Características agronômicas e morfológicas do milho em função do sistema de cultivo em diferentes espaçamentos de plantio. (Urutaí, Goiás, 2014).

Fonte de variação	Estande final de plantas	N° de espigas	Altura da planta	Altura da espiga	Diâmetro do colmo
Sistema de Cultivo (SC)	3,1521^{ns}	2,7100^{ns}	1,7682^{ns}	0,0018^{ns}	4,5820^{ns}
Espaçamento (E)	1,2685^{ns}	2,8528^{ns}	3,6772^{ns}	22,6178**	0,1981^{ns}
SC x E	0,4990^{ns}	1,8141^{ns}	0,6820^{ns}	1,2913^{ns}	0,0069^{ns}
Tratamentos	(plantas ha^{-1})	(espigas ha^{-1})	(m)	(m)	(mm)
Solteiro	57214,38	53428,50	2,28	1,15	20,20
Consorciado	50571,38	47928,63	2,16	1,15	18,36
0,50 m (E)	56000,00	53500,00	2,30	1,22 a	19,09
0,70 m (E)	51785,75	47857,13	2,13	1,08 b	19,47
DMS	8466,467	7559,676	0,202	0,067	1,938
C.V. (%)	13,89	13,18	8,03	5,16	8,88

^{ns}Não significativo pelo teste de F. **Significativo ao nível de $p < 0,01$ pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$ pelo teste de Tukey. DMS: Diferença mínima significativa. C.V.: Coeficiente de variação.

A redução do estande final de plantas de milho em consorciação com *U. brizantha* foi observada por Borghi e Crusciol (2007). Conforme constatado, a competição entre as espécies durante o desenvolvimento inicial das plantas de milho afetou o seu estabelecimento. Borghi et al. (2012) verificaram que o estande final de plantas de milho não diferiu em função do espaçamento e modalidade de consorciação, semelhante ao reportado por Borghi et al. (2006). Por outro lado, a redução no espaçamento de 0,90 m para 0,45 m proporcionou maior estande final na consorciação na entrelinha, porém, no consórcio do milho com a forrageira, na linha, o comportamento foi inverso (Borghi e Crusciol, 2007). Estes resultados demonstraram que a interferência no estabelecimento das plantas de milho pode ser influenciada pelo o espaçamento da cultura granífera associado à modalidade de consórcio com a *U. brizantha*.

A altura das plantas de milho foi semelhante nos sistemas de cultivo e nos diferentes espaçamentos de plantio (Tabela 1). A ausência de interferência da forrageira sobre a altura das plantas de milho também foi relatada em outros trabalhos (Borghi et al., 2006; Jakelaitis et al., 2010; Borghi et al., 2012). Este fato pode estar relacionado ao rápido crescimento inicial do milho em relação à forrageira, concordando com as observações de Sereia et al. (2012). Quanto ao espaçamento, a altura das plantas de milho não foi afetada pela alteração do espaçamento de plantio. Isso pode ter ocorrido em razão da pequena diferença entre os espaçamentos, logo a variação de 20 cm não foi suficiente para alterar a altura das plantas, coincidindo com os resultados de Demétrio et al. (2008). Contudo, outro fator importante a considerar, refere-se aos materiais de milho, que podem apresentar diferenças na sua altura em função de diferentes espaçamentos (Alvares et al., 2006; Demétrio et al., 2008). Trabalhos com redução do espaçamento, de 0,90 m para 0,45 m, demonstraram o aumento na altura das plantas de milho devido ao espaçamento reduzido (0,45 m) entre as fileiras (Borghi et al., 2006; Borghi et al., 2012).

Os valores de altura da espiga não foram influenciados pelos sistemas de cultivo, porém, a redução do espaçamento promoveu maior altura da espiga (Tabela 1). No estudo de Borghi et al. (2012), também foram constatadas semelhanças para a altura da espiga de milho em cultivos solteiro e consorciado. Os resultados podem ser explicados pelo lento desenvolvimento inicial da forrageira, sem comprometer as características morfológicas do milho. Jakelaitis et al. (2010) não encontraram diferenças para altura da espiga dos materiais de milho acerca dos sistemas de cultivo, embora houvesse diferenças entre eles. Isto reforça a influencia da própria genética dos materiais de milho na definição do porte das plantas.

Em consórcio com forrageiras, espera-se que as plantas de milho apresentem espigas acima do dossel forrageiro, pois pode influenciar,

diretamente, na colheita. Para Oliveira et al. (2011), a presença de espigas abaixo do dossel forrageiro podem ter a operação de colheita comprometida, principalmente, se esta for mecanizada, pela possível obstrução da plataforma de corte com a forragem. No caso do híbrido 30A91 avaliado neste estudo, as espigas das plantas apresentaram altura superior ao dossel das plantas forrageiras.

O aumento do espaçamento de 0,50 m para 0,70 m entre as fileiras promoveu diminuição de 11,50% (média dos cultivos) na altura da espiga. Isso já era esperado, pois, a altura da planta mostrou tendência de superioridade no espaçamento de 0,50 m e, como são duas variáveis que são altamente correlacionadas, no espaçamento de 0,70 m, a altura da espiga foi inferior. Alvares et al. (2006) avaliando diferentes materiais de milho observaram que não houve um padrão de resposta para a altura da espiga em razão do aumento do espaçamento. Em outros estudos, Demétrio et al. (2008), Calonego et al. (2011), Borghi et al. (2012) não encontraram diferenças para a altura da espiga em função da variação no espaçamento.

O sistema de cultivo e o espaçamento de plantio não alteraram o diâmetro de colmo das plantas de milho (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2011), os quais não encontraram diferenças para o diâmetro do colmo em função dos sistemas solteiro ou consorciado. No estudo de Jakelaitis et al. (2010), foi observada diferença significativa somente entre os materiais de milho dentro das modalidades de cultivo e, portanto, apontam indícios de que determinados materiais se sobressaem em relação a outros. Já Borghi et al. (2006), observaram que o consórcio com a *U. brizantha* condicionou as plantas de milho a obterem menor diâmetro do colmo, da mesma forma que foi verificado com a redução do espaçamento dentro das modalidades de cultivo. Demétrio et al. (2008) e Calonego et al. (2011) relataram que a redução do espaçamento entre linhas não afetou o diâmetro de colmo das plantas de milho. Enquanto que Stacciarini et al. (2010) encontraram diferenças no diâmetro colmo das plantas com aumento do espaçamento de 0,45 para 0,90 m. Para Costa et al. (2012) colmos grossos tornam as plantas mais resistentes ao tombamento, o que mostra a viabilidade do consórcio do milho com espécies de *Urochloa*.

De modo geral, na condição experimental deste estudo, constatou-se que as características agronômicas e morfológicas das plantas de milho não diferiram em razão dos cultivos solteiro e consorciado. Cobucci (2001) explica que em consórcio com *Urochloa* spp. em semeadura simultânea, a forrageira apresenta o estabelecimento inicial lento comparado ao milho, não interferindo, desta forma, sobre o crescimento das plantas. Entretanto, à medida que a forrageira se antecipa ao estabelecimento das plantas de milho, maior o nível de interferência da forrageira sobre as características morfológicas das plantas e rendimento de grãos, principalmente com aumento da densidade de *U.* brizantha (Jakelaitis et al., 2006).

Dos componentes do rendimento, apenas o número de fileiras por espiga não foi influenciado pela interação dos fatores estudados (sistema de cultivo e espaçamento de plantio), semelhante ao observado para o rendimento de grãos (Tabela 2). Em relação ao tamanho da espiga, verificou-se que somente o sistema de cultivo afetou esta variável, tendo ocorrido a interação entre os fatores. A convivência com a *U. brizantha* reduziu o tamanho das espigas em 1,5 cm (média dos espaçamentos) se comparado às espigas colhidas das plantas de milho advindas do cultivo solteiro. Considerando o desdobramento da interação sistema de cultivo dentro de espaçamento, verificou-se que no espaçamento de 0,50 m a convivência com a forrageira reduziu o tamanho das espigas, em virtude da competição entre as espécies, o que acarretou uma redução de 3,2 cm, em comparação ao cultivo do milho solteiro (Tabela 3). Por outro lado, a consorciação no espaçamento 0,70 m não promoveu diferenças para o tamanho das espigas, o que provavelmente pode estar relacionado à maior distância das plantas forrageiras em relação às plantas de milho e, portanto, amenizou a competição entre as espécies.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 2. Componentes do rendimento e rendimento de grãos do milho em função do sistema de cultivo em diferentes espaçamentos de plantio. (Urutaí, Goiás, 2014).

Fonte de variação	Tamanho da espiga	N° de fileiras por espiga	N° de grãos por	N° grãos por	Massa de 100 grãos	Rend. de grãos
Sistema de Cultivo (SC)	7,0928*	0,3633ns	8,1653*	6,2747*	112,5798**	20,9738**
Espaçamento (E)	0,2444ns	4,8732ns	1,5258ns	4,2548ns	1,3401ns	6,0324*
SC x E	9,9561*	0,9722ns	10,2939*	12,2332**	22,8596**	0,4041ns
Tratamentos	(cm)	(n°)	(n°)	(n°)	(g)	(kg ha^{-1})
Solteiro	15,30 a	16,41	34,48 a	567,18 a	26,63 a	8115,63 a
Consorciado	13,84 b	16,60	30,43 b	505,22 b	22,76 b	4652,38 b
0,50 m (E)	14,71	16,85	33,33	561, 71	24,48	7312,67 a
0,70 m (E)	14,44	16,16	31,58	510,69	24,90	5455,33 b
DMS	1,241	0,708	3,208	55,966	0,825	1711,12
C.V. (%)	7,53	3,79	8,74	9,23	2,96	23,69

nsNão significativo pelo teste de F. *e**Significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$ pelo teste de F. Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente ao nível de $p < 0,05$ pelo teste de Tukey. DMS: Diferença mínima significativa. C.V.: Coeficiente de variação.

No desdobramento do espaçamento dentro do sistema de cultivo, constatou-se que no consórcio, não houve variação do tamanho da espiga em razão dos espaçamentos de plantio (Tabela 3). No entanto, para o milho solteiro, o espaçamento de 0,70 m promoveu redução de 2,0 cm do tamanho das espigas em comparação ao espaçamento de 0,50 m. Este fato pode estar atrelado à melhor distribuição das plantas na área quando adotado espaçamento de 0,50 m. Argenta et al. (2001) relataram que menores espaçamentos evitam a excessiva competição entre as plantas de milho dentro da mesma linha de plantio, logo pode ter favorecido o híbrido 30A91 neste estudo. Para Calonego et al. (2011), o aumento do espaçamento entre linhas fez com que o milho produzisse espigas maiores, enquanto Stacciarini et al. (2010) não observaram diferenças no tamanho das espigas. Os resultados contrastantes podem ser atribuídos às características morfológicas dos diferentes materiais de milho.

Para o número de fileiras por espiga, os sistemas de cultivo e espaçamento não influenciaram essa variável (Tabela 2), corroborando com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2011) e Garcia et al. (2013), os quais também não encontraram diferenças entre os cultivos solteiro e consorciado, independentemente das espécies forrageiras. Pariz et al. (2011) observaram que não houve diferenças para o número de fileiras com grãos por espiga em consórcio da *U. brizantha* a lanço ou na linha de semeadura do milho. Apesar de que, entre as forrageiras consorciadas a lanço com o milho, foi a espécie que apresentou os piores resultados para o número de fileiras por espiga. Em relação ao espaçamento entrelinhas, Modolo et al. (2010) destacaram o espaçamento de 0,70 m como ideal para os híbridos avaliados, pois resultou em maior número de fileiras por espiga e, consequentemente maior rendimento de grãos, quando comparado com os demais. Para Palhares (2003), a redução do espaçamento entre linhas induz ao aumento do número de fileiras por espiga. Os resultados controversos apontam indícios que não é possível generalizar o aumento do número de fileiras em função da redução do espaçamento sem considerar as características morfológicas dos materiais de milho, principalmente a arquitetura foliar das plantas.

O consórcio de milho com *U. brizantha* propiciou espigas com menor número de grãos por fileira, com redução de 4 grãos (média dos espaçamentos) em comparação as espigas colhidas no sistema solteiro, enquanto as alterações no espaçamento entrelinhas não afetou este componente da produção (Tabela 2). No desdobramento do sistema de cultivo dentro do espaçamento, notou-se que as espigas advindas do consórcio no espaçamento de 0,50 m, apresentavam-se com menor número de grãos por fileira, em média 8,6 grãos a menos, fato este não observado para o espaçamento de 0,70 m (Tabela 3). Na semeadura da *U. brizantha* nas entrelinhas

da cultura do milho espaçado a 0,90 m, Garcia et al. (2013) não encontraram diferenças para o número de grãos por fileira, o que reforça a possibilidade de que, a maior distância das plantas forrageiras em relação às plantas de milho ameniza a competição.

Quanto ao desdobramento do espaçamento no sistema de cultivo, verificou-se que na consorciação o espaçamento não teve efeito sobre número de grãos por fileira. Para o milho cultivado solteiro, as espigas do espaçamento de 0,50 m, apresentaram-se com maior número de grãos por fileira, sendo constatado aumento médio de 6,3 grãos em cada fileira com a redução do espaçamento de 0,70 m para 0,50 m (Tabela 3). Por outro lado, Modolo et al. (2010) constataram o inverso, sendo que o maior espaçamento (0,90 m) resultou em maior número de grãos por fileiras, com destaque negativo para o espaçamento de 0,70 m, o qual apresentou menor número de grãos por fileira. Como já discutido, na escolha do espaçamento deve-se atentar também às características morfológicas dos materiais de milho.

O número de grãos por espiga foi influenciado apenas pelo sistema de cultivo, não havendo efeito do espaçamento sobre este componente da produção (Tabela 2). Logo, o consórcio do milho com a *U. brizantha* propiciou a redução de 62 grãos por espiga (média dos espaçamentos) em virtude da competição entre as espécies. Pelo desdobramento do sistema de cultivo no espaçamento, observou-se novamente no consórcio, a maior competição no espaçamento de 0,50 m, o que explica a redução 148,5 grãos por espiga (Tabela 3). No espaçamento de 0,90 m, Pariz et al. (2009) e Garcia et al. (2013) não encontraram diferenças para o número de grãos por espiga entre os cultivos de milho solteiro e consorciado com *U. brizantha* e, portanto, destaca a adoção de espaçamentos maiores no milho como estratégia para minimizar a competição, como observado no espaçamento de 0,70 m neste estudo.

Borghi e Crusciol (2007), em estudo de dois anos agrícolas, verificaram somente no segundo ano, efeito da modalidade do cultivo, em que o consórcio com *U. brizantha* na linha de semeadura do milho resultou na redução de 38 grãos por espiga, se comparado ao cultivo solteiro, independentemente do espaçamento. Já no estudo Borghi et al. (2012), o consórcio com *U. brizantha* não afetou número de grãos por espiga, mas o aumento do espaçamento entrelinhas promoveu a redução de 26 grãos por espiga independente do sistema de cultivo. Pelo desdobramento do espaçamento dentro do sistema de cultivo, o aumento do espaçamento de 0,50 m para 0,70 m teve efeito apenas sobre o milho solteiro, ocasionando a redução de 137,5 grãos por espiga (Tabela 3), relacionado à maior competição intraespecífica na linha de semeadura.

Para a massa de 100 grãos, observou-se que entre os sistemas de cultivo, o consórcio de milho com *U. brizantha*, resultou na redução de 3,87 gramas (média dos espaçamentos) quando comparado ao milho solteiro (Tabela 2). Pariz et al. (2009) comentam que a competição do milho com as plantas forrageiras pode comprometer a translocação de fotoassimilados para os grãos, produzindo grãos mais leves. No entanto, há casos em que a forrageira não interferiu na massa de 100 grãos, como observado por Jakelaitis et al. (2010), Borghi et al. (2012) e Garcia et al. (2013). Ressalva-se a importância de considerar na cultura do milho quando em consórcio com forrageiras, principalmente a especificidade dos materiais de milho, no tocante às exigências nutricionais e características da arquitetura das plantas. Oliveira et al. (2011) constataram diferenças para a massa de 100 grãos entre os materiais de milho, confirmando a importância da escolha do híbrido antes da implantação do consórcio com espécies forrageiras.

Embora, o espaçamento entrelinhas não tenha influenciado a massa de 100 grãos (Tabela 2), pelo desdobramento do sistema de cultivo dentro de espaçamento, pode-se observar que o milho cultivado solteiro independentemente do espaçamento, obteve grãos mais pesados, com redução de 5,62 e 2,13 gramas, para 0,50 e 0,70 m, respectivamente quando a cultura conviveu com a forrageira (Tabela 3).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 3. Desdobramento dos componentes da produção do milho em função do sistema de cultivo em diferentes espaçamentos de plantio. (Urutaí, Goiás, 2014).

Cultivo	Espaçamento (m)		
	0,50	0,70	DMS linhas
	[(1)]Tamanho da espiga (cm)		
Solteiro	16,31 aA	14,30 aB	1,75
Consorciado	13,11 bA	14,57 aA	
DMS colunas	1,75		
C.V. (%)	7,53		
	Número de grãos por fileira (n°)		
Solteiro	37,63 aA	31,33 aB	4,53
Consorciado	29,03 bA	31,83 aA	
DMS colunas	4,53		
C.V. (%)	8,74		
	Número de grãos por espiga (n°)		
Solteiro	635,94 aA	498,41 aB	79,14
Consorciado	487,48 bA	522,97 aA	
DMS colunas	79,14		
C.V. (%)	9,23		
	Massa de 100 grãos (g)		
Solteiro	27,29 aA	25,97 aB	1,16
Consorciado	21,67 bB	23,84 bA	
DMS colunas	1,16		
C.V. (%)	2,96		

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha não se diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de $p < 0,05$ de probabilidade. DMS: Diferença mínima significativa.

Com relação ao desdobramento do espaçamento dentro do sistema de cultivo, o milho solteiro no espaçamento 0,50 m foi favorecido com produção de grãos mais pesados, em média o aumento foi de 1,32 grama se comparado ao 0,70 m, o que pode ser atribuído a melhor distribuição das plantas na área. Já para o milho consorciado com *U. brizantha* ocorreu o inverso, em que o espaçamento de 0,70 m promoveu o incremento de 2,17 gramas quando comparado ao espaçamento de 0,50 m, pelo fato de amenizar o efeito competitivo da forrageira.

A produtividade de grãos foi influenciada pelo sistema de cultivo e espaçamento (Tabela 2), logo a convivência com a *U. brizantha* ocasionou a redução de 3463 kg ha^{-1} (média dos espaçamentos), enquanto a adoção do espaçamento maior de 0,70 m acarretou na diminuição de 1857 kg ha^{-1} (média dos sistemas de cultivo). Portanto, para este ambiente de produção, o melhor sistema de cultivo e espaçamento entrelinhas a ser utilizado, visando a maior produtividade de grãos, foi o milho cultivado solteiro no espaçamento de 0,50 m. Em outros estudos, o consórcio com espécies forrageiras não comprometeu a produtividade de grãos do milho (Pariz et al., 2009; Jakelaitis et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Borghi et al., 2012; Garcia et al., 2013). Esses resultados sem interferência negativa da forrageira sobre a cultura do milho suportam a viabilidade agronômica do consórcio com forrageiras.

Todavia, como observado neste estudo, a convivência com forrageira interferiu significativamente na produtividade de grãos inviabilizando o consórcio, o que pode estar relacionado a inadequação do ambiente de produção. Para Balbinot Júnior et al. (2009) e Pariz et al. (2011), a consorciação de culturas graníferas com forrageiras tropicais, como as do gênero *Urochloa*, preconiza a correção da acidez e fertilidade do solo. Portanto, como não foi atendido este fundamento, e nem a aplicação de herbicidas para retardar o crescimento vegetativo da forrageira, propiciou maior competição por água,

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

luz e nutrientes, comprometendo o desenvolvimento e consequentemente a produtividade de grãos.

A redução do espaçamento de 0,70 m para 0,50 m resultou no incremento da produtividade de grãos, assim como observado em outros estudos, a utilização de espaçamentos mais estreitos favoreceram a cultura do milho (Alvarez et al., 2006; Demétrio et al., 2008; Modolo et al., 2010; Stacciarini et al., 2010; Borghi et al., 2012). De modo geral, os resultados positivos decorrem da maximização da interceptação da radiação solar e ao decréscimo de competição intraespecífica na linha de semeadura. Entretanto, pode haver casos de aumento da produtividade coma adoção de espaçamento maior como constatado por Calonego et al. (2011).

Por ocasião da colheita do milho, verificou-se a maior produção de massa seca pela forrageira no espaçamento de 0,70 m. O incremento de massa seca foi de 1909 kg por hectare em razão do aumento no espaçamento do milho, que passou de 0,50 m para 0,70 m. (Tabela 4). A maior produção de massa seca pode ser atribuída a menor competição imposta pelas plantas de milho quando adotado o espaçamento de 0,70 m. Para Jakelaitis et al. (2005), o milho apresenta elevada capacidade competitiva, destacando-se como cultura dominante no consórcio com forrageiras. Este efeito competitivo pode ser potencializado quando se adota espaçamento reduzido na cultura do milho, com possibilidade de maior supressão da forrageira devido ao maior sombreamento. Borghi et al. (2012), também constataram maior produção de massa seca de *U. brizantha* no espaçamento de 0,90 m, com incremento de 1400 kg por hectare, corroborando com resultados obtidos neste estudo.

Tabela 4. Massa seca de *Urochloa brizantha* por ocasião da colheita do milho em função dos diferentes espaçamentos de plantio. (Urutaí, Goiás, 2014).

Espaçamento	Massa seca (kg ha^{-1})
0,50 m	3263 b**
0,70 m	5172 a
F (probabilidade de erro)	0,0077

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste *t* de Student ao nível de p<0,01.

Embora, a produção de massa seca pela forrageira no espaçamento de 0,50 m tenha sido menor em relação ao espaçamento 0,70 m, ressalva-se que a quantidade de 3263 kg ha^{-1} de massa seca pode ser considerada satisfatória. Produções acima de 3000 kg ha^{-1} são fortes indícios que o sistema radicular da forrageira está bem estabelecido, portanto, após a colheita do milho, a forrageira tem seu crescimento retomado desde que, ocorra disponibilidade de água e temperatura adequada (Borghi et al., 2012). Neste estudo foi observada, a redução da produtividade de grãos de milho em consórcio com *U. brizantha*, porém, destaca-se a importância de sistemas integrados de milho e forrageiras para regiões de invernos secos, como no sudeste de Goiás, pois não seria possível o estabelecimento da forrageira, após a colheita do milho, visando o fornecimento de pasto ou palhada como cobertura do solo.

Conclusão

Os sistemas de cultivo, solteiro e consorciado, e os diferentes espaçamentos de plantio, 0,50 e 0,70 m, não alteraram as características agronômicas e morfológicas das plantas de milho, exceto para a altura da espiga que foi superior com a redução do espaçamento.

O aumento do espaçamento não influenciou os componentes da produção, enquanto o consórcio resultou na diminuição do tamanho da espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos. Para a produtividade de grãos, o milho cultivado solteiro e no espaçamento de 0,50 m apresentou melhor desempenho.

A *Urochloa brizantha* em consórcio com o milho apresentou maior produção de massa seca no espaçamento de 0,70 m.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.

Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.402-408, 2006.

ARGENTA, G. FERREIRA, P. R. S.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; Veiga, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p. 163-171, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v.21, n.3, 19-33, 2006.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; MATEUS, G. P.; MARTINS, P. O.; COSTA, C. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop & Pasture Science**, v.63, 1106–1113, 2012.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**, v.4, n.12, p.84-90, 2011.

COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: UFV, 2001. p. 583-624.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. e LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012.

DEMÉTRIO, C. S.; FILHO, D. F. CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, (supl. especial), p.151-168, 2010.

GALHARTE, C. A.; CRESTANA, S. Avalição do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: Aspecto conservação ambiental no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1202-1209, 2010.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; CELESTRINO, T. S.; LOPES, K. S. M. Desempenho agronômico da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, v.43, n.4, p.589-595, 2013.

JAKELAITIS, A.; DANIEL, T. A. D.; ALEXANDRINO, E.; SIMÕES, L. P.; SOUZA, K. V.; LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.380-387, 2010.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. L.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. **Acta Scientiarum**, v.28, n.3, p.375-380, 2006.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.59-67, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.131-141.

MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. Revista Ciência Agronômica, v.41, n.3, p.435-441, 2010.

OLIVEIRA, A.A.; PITTELKOW, F.K.; JAKELAITIS, A.; SANTOS, C. L.; GIL, J. O.; BORCHARTT, L. Produção de grãos e forragem na consorciação de cultivares de milho e capins. **Global Science and Technology**, v.04, n.02, p.58-67, 2011.

PALHARES, M. Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PANTANO, A. C. **Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto**. 2003. Ano de obtenção: 2003. 60p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2003.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C.; Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.875-882, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros Panicum e Brachiaria em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.4, p.360-370, 2009.

R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. Disponível em: <http://www.R-project.org/.>. Acesso em: 21 nov. 2015.

SEREIA, R. C.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B.; CECCON, G. Crescimento de Brachiaria spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian**, v.5, n.18, p.349-355, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2006, p. 283-313.

STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, v.57, n.4, p.516-519, 2010.