

ORISMÁRIO LÚCIO RODRIGUES

**PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS
DO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R696p
2011

Rodrigues, Orismário Lúcio, 1976-

Produtividade e características fisiológicas do consórcio
milho-braquiária / Orismário Lúcio Rodrigues. – Viçosa,
MG, 2011.

x, 50f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: João Carlos Cardoso Galvão.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Cultivo consorciado. 2. Milho. 3. Braquiária.
4. Fotossíntese. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

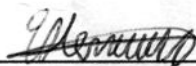
CDD 22. ed. 631.58

ORISMÁRIO LÚCIO RODRIGUES

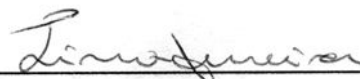
**PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS
DO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 8 de julho de 2011.



Prof. Evander Alves Ferreira
(Coorientador)



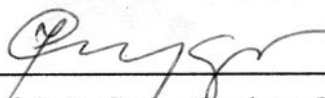
Prof. Lino Roberto Ferreira



D.Sc. Lucimar Rodrigues de Oliveira



Pesq. Rogério Faria Vieira



Prof. João Carlos Cardoso Galvão
(Orientador)

A DEUS, por tudo o que tem feito.

À minha esposa Andréa, pelo carinho,
pela dedicação e pelo amor incondicional.

Aos meus filhos Larissa e Augusto.

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, Senhor da minha vida, a quem agradeço por tudo o que tenho.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, e à CAPES, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela orientação, confiança, amizade e, principalmente, pela compreensão das dificuldades que tive durante o curso, tornando-se um exemplo de conduta.

Ao professor Lino Roberto Ferreira, pela disposição em ajudar, pelas sugestões e pelo apoio na realização e conclusão deste trabalho.

Ao professor Evander Alves Ferreira, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra, Carlinhos, José Pereira, José Maria, Luís, João, Sebastião, Fernando e Jorge, pela ajuda na montagem do experimento e coleta de dados.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Plantas, Domingos e Itamar, pela ajuda nas análises.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ORISMÁRIO LÚCIO RODRIGUES, filho de Antonio Rodrigues e Maria dos Santos Rodrigues, nasceu em 21 de janeiro de 1976 na cidade de Viçosa, Minas Gerais.

Em 1998, ingressou na Universidade Federal de Viçosa – UFV, no curso de Agronomia, graduando-se em agosto de 2003.

Em agosto de 2004, graduou-se no curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de dissertação em outubro de 2006.

Em outubro de 2006, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do professor João Carlos Cardoso Galvão, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2011.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
 AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO MILHO E DA <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu NO CULTIVO CONSORCIADO	 8
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	20
AGRADECIMENTOS	20
LITERATURA CITADA	20
 ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO CONSORCIADOS COM BRAQUIÁRIA EM TRÊS ARRANJOS DE PLANTIO.	 23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO	24

	Página
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES	34
AGRADECIMENTOS	34
LITERATURA CITADA	35
 EFEITOS DE ESPAÇAMENTOS E FORMAS DE PLANTIO DA BRAQUIÁRIA NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA	 37
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÕES	47
AGRADECIMENTOS	48
LITERATURA CITADA	48

RESUMO

RODRIGUES, Orismário Lúcio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011.
Produtividade e características fisiológicas do consórcio milho-braquiária.
Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Coorientadores: Evander Alves Ferreira e Fábio Murilo da Mata.

Foram instalados três experimentos entre os anos de 2007 e 2009. Dois deles em campo e um em casa de vegetação. Os objetivos deste estudo foram: experimento 1 - avaliar os efeitos da época de emergência da braquiária em relação ao milho e da aplicação da mistura de herbicidas atrazine + nicosulfuron em dois níveis de adubação, na fotossíntese, condutância estomática, transpiração e eficiência do uso da água no milho e na braquiária; experimento 2 - avaliar os efeitos de arranjos de plantio da braquiária na atividade da nitrato redutase, e na produtividade do sistema, com quatro híbridos de milho; e experimento 3 - avaliar os efeitos de espaçamento entre fileiras de milho e formas de plantio da braquiária na produtividade do consórcio milho-braquiária-eucalipto. O experimento 1 foi instalado na casa de vegetação do Programa Milho (outubro a dezembro de 2009), na Universidade Federal de Viçosa. Cada parcela era constituída de um vaso de 20 dm³, contendo três plantas de braquiária e uma de milho. Os tratamentos eram compostos por três épocas de emergência da braquiária em relação ao milho (dez dias antes, concomitantemente e dez dias depois), dois níveis de adubação (adubação de referência para vasos e metade desta), com e sem a aplicação da mistura de herbicidas atrazine + nicosulfuron. A aplicação da mistura de herbicidas

atrazine + nicosulfuron (subdose) promoveu redução na fotossíntese, transpiração e condutância estomática das plantas de braquiária e incremento nessas características nas plantas de milho. A germinação da braquiária anterior ao milho promoveu decréscimo na fotossíntese, condutância estomática, transpiração e eficiência do uso da água em plantas de milho. As plantas de braquiária mais jovens mostraram-se mais sensíveis à aplicação de herbicidas. O segundo experimento foi conduzido na Estação Experimental de Coimbra (novembro de 2008). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial, com quatro repetições. Foram utilizados quatro híbridos de milho com diferente arquitetura foliar e ciclos (AGN30A00, BM2202, AG2060 e BM2202) e três modos de plantio da braquiária. A redução do espaçamento promoveu aumento do índice de área foliar dos híbridos de milho da produtividade e reduziu o crescimento das plantas de braquiária. O plantio de duas linhas de braquiária na entrelinha do milho foi o que propiciou maior crescimento da forrageira, bem como redução na atividade da nitrato redutase nos híbridos de milho. O terceiro experimento foi implantado em Viçosa (novembro de 2007), em área de pastagem degradada. O delineamento experimental adotado foi o de arranjo fatorial com quatro repetições. Foram avaliados os híbridos de milho AS1575 (híbrido simples) e DKB 747 (híbrido duplo), consorciados com eucalipto plantado no espaçamento de 8 x 3 m. Os híbridos de milho foram semeados nos espaçamentos de 0,5, 0,75 e 1 m, no sistema plantio direto. A forma de plantio da braquiária variou em função do espaçamento adotado. As variações no espaçamento não influenciaram estatisticamente a produtividade de grãos de milho, porém maiores valores de produtividade foram encontrados no espaçamento de 0,75 m, em razão do melhor aproveitamento da área na entrelinha do eucalipto. A redução no espaçamento entre as fileiras promoveu menor produção de matéria seca de braquiária na colheita do milho; contudo, aos 390 dias após o plantio não foi encontrada diferença entre os tratamentos. Não houve diferença na produção de madeira no eucalipto, em razão do uso de diferentes híbridos de milho e espaçamentos.

ABSTRACT

RODRIGUES, Orismário Lúcio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011.
Productivity and physiological characteristics of Corn-Brachiaria Intercrop.
Adviser: João Carlos Cardoso Galvão. Co-advisers: Evander Alves Ferreira and Fábio Murilo da Mata.

Three experiments were installed between the years of 2007 and 2009, two of them made in the field and one held in a greenhouse. Our aims were: experiment 1 - evaluate the effects of emergence time in brachiaria and in the application of atrazine herbicide mixture + nicosulfuron at two levels of fertilization, in photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and water use efficiency in corn and brachiaria. experiment 2 - evaluate the effects of planting arrangements of brachiaria in the activity of reductase nitrate, in leaf area index of corn and in the productivity of the system with four corn hybrids and experiment 3 - evaluate the effects of spacing between rows of corn and ways of planting of brachiaria in the productivity of corn-brachiaria-eucalyptus intertropic. The first experiment was conducted in the greenhouse of the Corn Program (from October to December 2009) in the Universidade Federal de Viçosa. The test was conducted in 20 dm³ pots, where the soil has been previously fixed. In each pot three plants of corn were planted and one of brachiaria. The experimental lineation adopted was randomized blocks with four replications in a factorial arrangement. The treatments consisted of three periods of emergence of brachiaria in relation of corn (tendays prior, concurrent and ten days later), two levels of fertilization (fertilization of reference for

this vessel and half one), with and without the application of mixture of atrazine herbicide + nicosulfuron. The application of the herbicide mixture atrazine+ nicosulfuron + (sub-dose) induced the reduction in photosynthesis, transpiration and stomatal conductance of brachiaria plants and promoted the growth of these characteristics in corn plants. The germination of brachiaria before the corn promoted a decrease in photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and water use efficiency in corn plants. Younger brachiaria plants were more sensitive to the application of herbicides..

The second experiment was conducted at the Experimental Station of Coimbra (November 2008), an area belonging to UFV. The experimental lineation adopted was randomized block in factorial arrangement, with four repetitions. Four hybrids corn were used with different cycles and leaf architecture (AGN30A00, BM2202, AG2060 and BM2202) and three arrangements of planting of brachiaria. In the first arrangement, the corn was planted at a spacing of 0.9 m and two rows of brachiaria in between the corn rows, 30 cm distant-row corn. In the second arrangement, the corn was planted in a spacing of 0.9 m and one brachiaria line in the rows of corn and another in the inter-row. The reduction of the spacing promoted the increased leaf area index of corn hybrids, the increased productivity and the reduced of the growth of brachiaria plants. The planting of two lines of brachiaria in between the corn was what resulted in the higher growth of the grass, and caused reduction in activity of reduce tase-nitrate in corn hybrids. And in the third arrangement, was carried in Viçosa (November 2007), in an area of degraded pasture. The experimental lineation used was a factorial arrangement with four repetitions. We evaluated the corn hybrids AS1575 (simple hybrid) and DKB 747 (double hybrid) under three spacings. The hybrids were planted in spacing of 0.5 m, 0.75 m and 1m in direct system tillage. Corn was sown in rows of the eucalyptus in intertropic with *Brachiaria brizantha*. The variations in spacing did not influence statistically the productivity of corn, however, higher productivity values were found at the spacing of 0.75 m in the best use of the area between rows of eucalyptus trees. The reduction in spacing between the rows promoted less dry product of brachiaria in the corn harvest, however, 390 days after planting there was no difference between treatments. There was no difference in the production of eucalyptus wood, in order to use of different corn hybrids and used spacing.

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da população mundial tem aumentado significativamente a demanda por alimentos ao longo dos anos. Segundo a FAO (2009), em 2050 a população mundial chegará a 9,2 bilhões de habitantes, o que demandará uma quantidade de alimentos duas vezes maior que a consumida atualmente. Concomitantemente, tem se observado maior preocupação com a preservação ambiental. Surge então o desafio de aumentar produção de alimentos sem a necessidade de incorporar novas áreas e, ainda, deixar de utilizar áreas tradicionalmente agricultáveis para adequação à legislação vigente. Esse contexto estimula o setor agropecuário a se tornar cada vez mais eficiente e desenvolver tecnologias que permitam a produção satisfatória de alimentos, preservando as florestas, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa, preservando e otimizando a utilização do solo, da água e dos recursos naturais não renováveis.

Estima-se que 80% das áreas de pastagens do território brasileiro apresentem algum estágio de degradação, caracterizada pela perda de vigor com baixa capacidade de suporte animal e baixa produtividade de carne e leite (Macedo, 2005). Diante disso, a integração lavoura-pecuária tem se mostrado como alternativa viável para implantação ou recuperação de pastagens degradadas. Segundo Lima (2004), além da redução do custo de renovação da pastagem, essa integração também proporciona: aumento da produção de carne e leite; controle de pragas, doenças e plantas daninhas; recuperação da fertilidade do solo; permite a formação de palhada para o sistema plantio direto;

diversificação de culturas, favorecendo a rotação; diminuição da necessidade de novos desmatamentos; aumento da eficiência de utilização de fertilizantes e corretivos; e maior estabilidade de renda ao produtor. Uma modalidade da integração lavoura-pecuária, consiste na produção consorciada de culturas anuais com forrageiras tropicais em sistema de plantio direto ou convencional, em áreas de lavoura, com solo parcial ou devidamente corrigido, objetivando produzir forragem na entressafra e/ou palhada para o sistema plantio direto no ano agrícola subsequente (COBUCCI, 2007). Várias culturas são utilizadas no cultivo consorciado, como arroz, feijão, milho, girassol e soja. No entanto, o cultivo do milho consorciado com *Brachiaria brizantha* tem se destacado. A braquiária tem sido utilizada devido ao adequado valor nutritivo, à alta produção de matéria verde e ao grande número de sementes viáveis e cultivares tolerantes à cigarrinha das pastagens e a condições de baixa temperatura e seca. A utilização do milho se deve à sua adaptabilidade ao cultivo consorciado, à sua tradição, ao grande número de cultivares adaptados às diversas regiões do País e à utilização na pecuária e na indústria.

Em razão do crescente mercado para a madeira plantada, surge a possibilidade de inclusão do componente arbóreo na integração lavoura-pecuária; nesse caso, o sistema passa a ser uma Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Na mesma área, ocorre a produção de grãos, carne, leite e madeira, o que possibilita a otimização no uso do solo e agrega renda ao produtor. Tradicionalmente, ocorre na Zona da Mata mineira o cultivo de eucalipto para produção de carvão vegetal. O cultivo do milho na entrelinha do eucalipto pode reduzir os custos de implantação da floresta em até 80% (MONIZ, 1987), mas, devido ao menor número de árvores por hectare no cultivo consorciado, há menor produção de madeira. Por essa razão, deve-se priorizar a produção de madeira para serraria, que agrega maior valor de comercialização, em comparação com o carvão vegetal.

Além do aumento da renda do produtor em função da diversificação de atividades e da redução no custo total de produção, destaca-se o benefício direto da presença das árvores na melhoria do ambiente para os animais. Em áreas onde existem várias árvores e pastagem, os animais preferem pastejar sob as árvores, na sombra (PIRES et al., 2004). Experimentos têm demonstrado aumento na produção de leite das vacas à sombra, quando comparadas às vacas em pleno sol (PEREIRA et al., 2008). Maior ganho de peso dos animais também foi obtido em condições de sub-bosque, quando comparado ao pasto sem árvores (ARAÚJO FILHO et al., 2006).

A viabilidade do consórcio é obtida quando são adotadas técnicas de manejo que minimizem a competição intra e interespecífica. Desse modo, a determinação da população de plantas na cultura do milho, o espaçamento entre as fileiras e a forma de plantio da forrageira, ou seja, na linha de plantio do milho, na entrelinha ou combinada na linha e entrelinha, influenciam na produtividade dos consortes. De modo geral, com a redução do espaçamento são obtidas maiores produtividades na cultura do milho (SANGOI et al., 2002; ARGENTA et al., 2001; PENARIOL et al., 2003; AMARAL FILHO et al., 2005); entretanto, os resultados de pesquisas são divergentes em relação à produção de matéria seca da forrageira em função da redução do espaçamento na cultura do milho.

Os arranjos de plantio da forrageira podem variar em função do espaçamento adotado na cultura do milho e da versatilidade da semeadora de plantio direto utilizada. Geralmente, no espaçamento de 0,9-1,0 m, a braquiária pode ser plantada nos arranjos de uma ou duas linhas na entrelinha do milho, ou combinada na linha e entrelinha. Nos espaçamentos menores 0,45-0,5 m a forrageira é semeada apenas na linha de plantio do milho, sendo misturada ao adubo de plantio. Quando as sementes da forrageira são misturadas ao adubo de plantio, elas são depositadas em maiores profundidades, o que provoca o atraso da emergência reduzindo o seu crescimento e diminuindo, assim, a competição com a cultura produtora de grãos (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Cobucci et al. (2001) relatam que a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho; contudo, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron, em subdoses, para reduzir o crescimento da forrageira e garantir o pleno desenvolvimento do milho. Há trabalhos que evidenciam a vantagem do cultivo consorciado com as culturas da soja e do milho, em que foram utilizadas doses reduzidas de herbicidas aplicados no período de pós-emergência (SILVA et al., 2004; FREITAS et al., 2005; JAKELAITIS et al., 2005; SILVA; BENEZ, 2005).

De modo geral, se o manejo adequado não for adotado durante o consórcio, é provável que haja redução no rendimento dos consortes em função da competição por água, luz e nutrientes. Segundo Borghi (2007), o plantio de braquiária na linha e na entrelinha do milho promoveu redução nos teores foliares de nitrogênio, quando comparado ao plantio da forrageira apenas na linha ou na entrelinha do milho. O nitrogênio é o nutriente mineral que as plantas exigem em maior quantidade, devido à sua grande importância no metabolismo, sendo utilizado na síntese de aminoácidos, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos; as proteínas contêm cerca de 18% de N. O

nitrogênio é absorvido pelas plantas como nitrato ou amônio. Nos sistemas cultivados o nitrogênio é absorvido preferencialmente como nitrato, enquanto nos sistemas naturais predomina a absorção de amônio. A nitrato redutase é a enzima responsável pela conversão do nitrato (NO_3^-) em nitrito (NO_2^-). O nitrito formado é translocado até o cloroplasto, onde é transformado em amônio (NH_4^+) pela ação da nitrito redutase. A amônia é incorporada aos aminoácidos glutamina e glutamato e translocada através da planta.

A atividade da NR depende, principalmente, da luz e do contínuo suprimento de nitrato através do xilema (KAWACHI et al., 2002). Sua atividade poderia, por isso, estar relacionada com a produtividade de espécies de milho ou com sua capacidade de responder à adubação nitrogenada (ARAÚJO et al., 2010). O efeito negativo da deficiência de nitrogênio sobre a taxa fotossintética pode estar relacionado, entre outros fatores, à redução no conteúdo de clorofila (CIOMPI et al., 1996), na expansão foliar e na atividade de algumas enzimas do ciclo redutivo do nitrogênio, como a nitrato redutase.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes arranjos de plantio e aplicação de herbicidas nas características agronômicas e fisiológicas do consórcio milho-braquiária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL FILHO, J. P. R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A. et al. Sistema Agrossilvipastoril- **Embrapa Caprinos. Criação Familiar de ovinos e caprinos no Rio Grande do Norte**. EMATER-RN, EMARN, Embrapa Caprinos, p. 193-210, 2006.

ARAÚJO, G. A. A. et al. Doses de molibdênio na cultura do milho pipoca. **Sciencia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 231-237, 2010.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução no espaçamento entre linhas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

CECCON, G. et al. **Consórcio de milho safrinha com *B. ruziziensis*, em lavouras comerciais de agricultores em 2008**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 28 p. (Boletim de Pesquisa, 48).

COBUCCI, T. et al. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 240, p. 25-42, 2007.

COBUCCI, T. et al. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 125-135. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

CIOMPI, S. et al. The effect of nitrogen deficiency on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in sunflower. **Plant Science**, Limerik, v. 118, n. 2, p. 177-184, 1996.

DOMINGUES, L.A.S. **Milho em plantio direto sobre *Brachiaria brizantha* no sistema integração agricultura-pecuária**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, 2004.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food and agriculture**. Livestock in the balance. Roma: FAO, 2009a. 166p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i06980e/i0680e.pdf>>. Acesso em: 2010.

FREITAS, F. C. L. et al. Cultivo consorciado de milho para silagem com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005b.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, p. 59-67, 2005.

KAWACHI, T. Y. et al. Role of xylem sap nitrate in regulation of nitrate reductase gene expression in leaves of barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 48, n. 1, p. 79-85, 2002.

MACEDO, M.C.M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. **Informe agropecuário**, v. 26, n. 226, p. 36-42, 2005.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p.133-146, 2009. (Suplemento Especial)

MATEUS, G. P. et al. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MUNIZ, L. C. et al. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do system dynamics. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEASR, 2007. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, I. P. et al. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 87 p. (Documentos, 64).

PIRES, M. F. A. et al.. Comportamento de novilhas mestiças Holandês x Zebu manejadas em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. In: **ALPA**, 2007.

SILVA, A. C. et al. Efeito de doses reduzidas de fluazifop-p-butyl no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, v. 22, p. 429-435, 2004.

SILVA, A. R. B et al. Cultivares de milho: produtividade em diferentes sistemas de manejo de solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, v. 20, p. 77-90, 2005.

SANGOI, L. et al. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, p. 101-110, 2002.

TRECENTI, R. et al. **Integração lavoura-pecuária-silvicultura**. Brasília: MAPA/SDC, 2008. (Boletim Técnico)

TREZZI, M. M. et al. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condições de campo: II - Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO MILHO E DA *Brachiaria brizantha* NO CULTIVO CONSORCIADO

RESUMO

A competição das plantas daninhas com as culturas resulta na menor disponibilidade de alguns recursos para as espécies, ocasionando deficiências que culminam em alterações nas características fisiológicas relacionadas com a fotossíntese, como a deficiência hídrica e nutricional e a baixa qualidade ou quantidade de luminosidade. Objetivou-se avaliar o efeito de épocas de emergência da braquiária em relação ao milho, bem como dos níveis de adubação e aplicação dos herbicidas nicosulfuron + atrazine, sobre as características fisiológicas dos consortes. Plantas de braquiária tratadas com os herbicidas tiveram as características fisiológicas afetadas negativamente; a época de emergência das plantas de braquiária em relação às de milho alterou as características fisiológicas de ambos; plantas emergidas antes do milho apresentaram maiores na taxas fotossintéticas e transpiratórias e diminuíram a intensidade dessas características no milho. Dessa forma, as plantas de braquiária que emergiram antes da cultura apresentaram maior eficiência fisiológica, sendo mais competitivas que as emergidas nas demais épocas.

Palavras-chave: taxa fotossintética, nicosulfuron, atrazine, adubação.

PHYSIOLOGIC CHARACTERISTICS OF CORN AND *Brachiaria brizantha* IN INTERCROPING SYSTEM

ABSTRACT

Competition of weeds with crops reduces availability of some resources for the species, causing deficiencies whose highest points are changings in physiologic traits related with photosynthesis, as for example water deficiency, nutritional deficiency and low quality or quantity of luminosity. The objective was to evaluate the effect of emergence periods of signal grass in comparison to corn, and levels of fertilization and application of nicosulfuron + atrazine herbicides in the physiological traits of the

companions, as well. Physiologic traits of signal grass plants treated with herbicides were negatively affected, and emergency period of signal grass plants in relation to corn plants, affect physiologic traits of both, plants emerged before corn present greater values of photosynthetic and transpiration rates and reduce those traits in corn plants. Thus, it can be stated that plants which emerged before the crop culture presented better physiologic efficiency, tending to be more competitive than plants emerged in other periods.

Keywords: atrazine, fertilization, nicosulfuron, photosynthetic rate.

INTRODUÇÃO

A competição exercida pelas plantas é um dos principais fatores bióticos que limitam a produtividade da cultura do milho, podendo em alguns casos levar a altas perdas de produtividade (Silva et al., 2007). Várias espécies daninhas são encontradas infestando a cultura do milho, entre elas as pertencentes ao gênero *Brachiaria* (Silva et al., 2007). Essa planta pertence à mesma família do milho, razão pela qual apresenta exigências similares quanto aos recursos do ambiente, o que pode interferir no desenvolvimento da cultura (Radosevich et al., 1997). Entre todos os recursos pelos quais as plantas competem, o fator água é considerado um dos mais limitantes à produção, principalmente em épocas quentes e de baixa precipitação. Nesse caso, uma importante característica das plantas cultivadas pode ser afetada: a eficiência no uso da água (EUA) – caracterizada como a quantidade de água transpirada por uma planta para a produção de certa quantidade de matéria seca (Silva et al., 2007).

O potencial competitivo das plantas pelos recursos do meio varia em função da espécie presente na área (Rigoli et al., 2008), do nível populacional (Vidal et al., 2004) e da época da emergência em relação à cultura (Silva et al., 2007), e das características competitivas dos cultivares (Galon et al., 2007). A competição das plantas daninhas com as culturas leva ao menor fornecimento de alguns recursos para as espécies, ocasionando deficiências que culminam em alterações nas características fisiológicas relacionadas com a fotossíntese, como a deficiência hídrica (Floss, 2008) e nutricional (Melo et al., 2006) e a baixa qualidade ou quantidade de luminosidade (Sharkey & Raschke, 1981). Essas limitações podem levar a alterações na condutância estomática, na concentração interna de gases e, consequentemente, na atividade fotossintética e

também no uso eficiente da água. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto o CO₂ penetra na folha, a água é perdida pela transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera (Concenço et al., 2007, 2009).

A espécie *Brachiaria brizantha* é considerada excelente forrageira tropical e, na maioria dos casos, uma planta daninha na cultura do milho, tendo sido utilizada no sistema de integração agricultura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação, ou na implantação de cultivos consorciados com culturas anuais, visando à diversificação da produção agropecuária, com a formação de pastagens para pecuária extensiva e/ou de palhada. No consórcio de *B. brizantha* com milho, Portes et al. (2000) verificaram que a competição e o sombreamento exercidos pelo milho afetaram o crescimento, o perfilhamento e o rendimento forrageiro de *B. brizantha* até a colheita do milho. Todavia, Cobucci (2001) relata que, em vários ensaios sobre o consórcio de *B. brizantha* com milho, a presença da forrageira não afetou essa cultura; em outros ensaios, foi necessário o uso do herbicida nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira e, com isso, garantir o bom rendimento da cultura. No entanto, plântulas de espécies do gênero *Brachiaria* são consideradas suscetíveis em aplicações pós-iniciais de herbicidas do grupo químico das sulfonilureias nas doses comerciais recomendadas (Lorenzi, 2000).

O herbicida atrazine é empregado para controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura do milho. Apresenta baixa toxicidade para animais e humanos (Rodrigues & Almeida, 2005) e pode ser usado em pré ou em pós-emergência inicial das plantas daninhas. Quando utilizado em pós-emergência nas culturas gramíneas, os sintomas de intoxicação podem se apresentar de forma restrita ou ser mais acentuados nos pontos de contato da calda herbicida com as folhas. Segundo Barela & Christoffoleti (2006), dependendo do grau de intoxicação e da necrose ocasionada no limbo foliar, poderá ocorrer redução na taxa fotossintética da planta, com consequente redução na produtividade da cultura.

O nicosulfuron pertence ao grupo químico das sulfonilureias, sendo utilizado na cultura do milho para controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas nas doses de 40 e 50 g ha⁻¹. O nicosulfuron apresenta Koc médio de 30 mL g⁻¹ e meia-vida, de 21 dias (Rodrigues & Almeida, 2005). Esse herbicida inibe a acetolactato sintase (ALS), é a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada

(valina, leucina e isoleucina), em plantas e microrganismos (Ashton & Monaco, 1991; Anderson et al., 1998).

O objetivo foi avaliar o efeito da época de emergência da braquiária em relação ao milho, bem como dos níveis de adubação e aplicação da mistura de herbicidas nicosulfuron + atrazine, nas características fisiológicas de *Brachiaria* spp. cultivadas em consórcio com o milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial (2 x 2 x 3): com e sem herbicidas; adubação total e 50% da adubação recomendada para a cultivo em vasos; e por três épocas de emergência da braquiária em relação ao milho. Na época 1 a braquiária emergiu 10 dias antes do milho; Na 2, a braquiária emergiu junto com o milho; Na 3, a braquiária emergiu 10 dias depois do milho.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos com 20 dm³ de substrato (solo + fertilizantes). Como substrato utilizou-se Latossolo Vermelho-Amarelo, previamente corrigido e adubado. De acordo com a análise realizada, o solo apresentou as seguintes características: pH em água de 4,3; MO=2,5 dag kg⁻¹; P=1,5 mg dm⁻³; K=40 mg dm⁻³; Al³⁺=0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺=1,3 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺=0,2 cmol_c dm⁻³; CTC(t)=2,1 cmol_c dm⁻³; CTC(T)=6,39 cmol_c dm⁻³; H+Al=4,79 cmol_c dm⁻³; SB=1,6 cmol_c dm⁻³; V=25%; e argila=38%. A adubação do solo foi de 20 g de cloreto de sódio, 500 g de superfosfato simples, 50 g de sulfato de amônio e 150 g de calcário dolomítico, de acordo com recomendação de Cantarutti et al. (2007) para adubação em vaso.

Após o preenchimento dos vasos com o solo, fez-se o plantio de duas sementes de milho e de seis sementes de braquiária por vaso, que foram posteriormente desbastadas, deixando-se uma planta de milho e três de braquiária. Para obtenção das diferentes épocas de emergência da forrageira em relação ao milho, foram realizados testes preliminares de germinação. Os testes mostraram que a braquiária levou dez dias do plantio à emergência, e o milho, cinco. Para obtenção das diferentes épocas de germinação da braquiária em relação ao milho, os plantios foram realizados da seguinte forma: 1) emergência da braquiária dez dias antes do milho = plantio do milho cinco

dias após a emergência da braquiária; 2) emergência da braquiária junto com o milho = plantio do milho cinco dias após o plantio da braquiária; e 3) emergência da braquiária dez dias após o milho = plantio da braquiária no dia da emergência do milho. Apenas a braquiária teve variação na época de emergência das plântulas, as plântulas de milho emergiram na mesma época.

A aplicação dos herbicidas atrazine (Atrazinex[®], 4 L ha⁻¹) e nicosulfuron (Sanson[®], 150 mL ha⁻¹) foi realizada 21 dias após a emergência do milho, quando as plantas apresentavam quatro folhas completamente expandidas. Na aplicação dos herbicidas, utilizou-se pulverizador costal pressurizado por gás carbônico, na pressão de 3,0 kgf cm⁻², equipado com barra com uma ponta de pulverização da série TT 110.02, calibrado para aplicar 200 L ha⁻¹ de calda herbicida.

Foram realizadas as avaliações fisiológicas, no terço médio da primeira folha completamente expandida do perfilho principal das plantas de braquiária e na primeira folha completamente expandida da folha de milho, entre 15 e 45 dias após a aplicação dos herbicidas. Para isso, utilizou-se analisador de gases no infravermelho (IRGA LCA Pro⁺), em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. Avaliou-se a condutância estomática de vapores de água (G^s - mol m⁻¹ s⁻¹), a taxa de transpiração (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹) e a taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹). Ademais, foi obtida a eficiência do uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) pela relação entre quantidade de CO₂ fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada no mesmo período. As avaliações foram feitas no período das 7 às 10 horas.

Os dados foram submetidos à análise de variância, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de braquiária submetidas aos herbicidas nicosulfuron + atrazine apresentaram menor taxa transpiratória (E), comparada aos tratamentos sem a mistura, (Tabela 1). O nicosulfuron é um inibidor da enzima ALS (acetolactato sintase), responsável pela síntese dos aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina), e o atrazine é responsável pela inibição do fotossistema II, paralisando dessa forma o fluxo de elétrons na cadeia transportadora do cloroplasto. Dessa forma, é esperado que esses herbicidas interfiram de forma indireta na E , considerando que o atrazine age diretamente e o nicosulfuron interfere indiretamente no aparato fotossintético.

A presença dos herbicidas reduz drasticamente a condutância estomática nas plantas sensíveis e, em menor grau, em plantas tolerantes. Isso geralmente ocorre pelo fechamento dos estômatos, o qual é influenciado por diversos fatores, como disponibilidade hídrica, luz e energia, poluição e herbicidas usados no controle de plantas daninhas (Ometto et al., 2003).

Tabela 1 - Efeitos da aplicação dos herbicidas atrazine + nicossulfuron na taxa de fotossíntese – A ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração – E ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática – G^s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água – EUA ($\text{mol de CO}_2 \text{ mol de H}_2\text{O}^{-1}$) e relação da concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca), em plantas de braquiária, avaliados 15 dias após a aplicação dos herbicidas

	A	E	G^s	EUA	Ci/Ca
Com herbicida	8,2 b	3,02 b	0,155 b	2,7 b	0,571a
Sem herbicida	23,1 a	4,36 a	0,250 a	5,3 a	0,535b
CV %	26	22	41	23	11

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

A braquiária que recebeu herbicidas apresentou menor taxa fotossintética (A), comparada à do tratamento sem herbicidas (Tabela 1). Essa redução pode ser devido à interferência dos herbicidas no aparato fotossintético da planta. Maior relação Ci/Ca nas plantas em que o herbicida foi aplicado indica que as plantas não estão aptas a consumir o CO_2 presente na câmara subestomática, mostrando que a redução na fotossíntese é resultante de danos no processo fotossintético.

O declínio de transpiração está associado ao fechamento dos estômatos, e variações na abertura estomática causam alterações no potencial hídrico, por atuarem sobre a E (Brodribb & Hill, 2000). A planta tende a fechar os estômatos quando os níveis de luz estão abaixo da radiação fotossinteticamente ativa, ou para evitar o estresse hídrico (Cochard et al., 2002). Todos esses parâmetros estão ligados numa relação de custo/benefício, pois a E também é um mecanismo de diminuição da temperatura da folha. Os processos de transpiração e captura de CO_2 só ocorrem quando os estômatos estão abertos, bem como a G_s . Devido ao calor latente de evaporação (calor efetivamente usado para "aquecer" a água e possibilitar a evaporação), a transpiração tem um poderoso efeito resfriador – importante na regulação da temperatura da folha (Farquhar & Raschke, 1978).

Plantas de braquiária tratadas com herbicidas também apresentaram menor condutância estomática (G_s) (Tabela 1). A redução da condutância estomática foi

observada em soja e *Portulaca oleracea* seis horas após a aplicação do lactofen – inibidor da enzima PROTOX (Wichert & Talbert, 1993). A condutância foliar é composta em pequena parte pela condutância cuticular da epiderme e, quando os estômatos estão abertos, pela Gs, que é controlada pelas células-guarda dos estômatos. Assim, a Gs é proporcional a número, tamanho e diâmetro da abertura dos estômatos, características que dependem, além dos fatores já citados, também de outros fatores endógenos e ambientais (Brodribb & Holbrook, 2003). Ogliari et al. (2009) observaram que o herbicida mesotrione reduziu a taxa fotossintética nas plantas de milho em 78% no primeiro, 66% no segundo dia e 75% no terceiro DAA, em relação ao controle. Plântulas do gênero *Brachiaria* são, em sua maioria, consideradas suscetíveis a aplicações realizadas em pós-emergência precoce de nicosulfuron nas doses comerciais recomendadas, e seus sintomas em plantas sensíveis se manifestam por clorose foliar, necrose e redução do crescimento (Lorenzi, 2000; Shim et al., 2003).

Ao se comparar a época de emergência, constatou-se que as plantas de braquiária emergidas dez dias antes do milho mostraram taxa transpiratória superior à dos tratamentos com emergência simultânea e posterior ao milho (Tabela 2). Deve-se considerar que as plantas que emergiram dez dias depois do milho apresentavam nessa fase três folhas, sendo mais jovens e, conseqüentemente, mais sensíveis à ação dos herbicidas, além de competirem menos com a cultura. No entanto, se a braquiária não for manejada, a produção de milho ficará comprometida e, ao mesmo tempo, não se poderá eliminar a forrageira sem danos severos ao cereal. A alternativa é a aplicação de nicosulfuron em sub-dose, de modo a retardar o crescimento da braquiária, mas sem prejudicá-la em demasia. A dose vai depender do estágio de crescimento da braquiária e das plantas daninhas que ocorrem na área. Quanto mais desenvolvida estiver a braquiária, maior a dosagem (Ferreira et al., 2007).

Quanto a *Brachiaria platyphylla*, Gallaher et al. (1999) observaram que a maior atividade desse herbicida sobre a enzima acetolactato sintase deveu-se à rápida absorção e translocação para as regiões meristemáticas de tecidos em desenvolvimento, onde essa enzima é mais ativa. Assim, na forrageira o herbicida proporcionou determinado nível de injúria nas plantas tratadas, cuja magnitude foi dependente da tolerância dessa espécie à subdosagem testada e do seu estágio de desenvolvimento em relação às plantas daninhas.

Comparando os tratamentos com e sem herbicidas dentro de cada época de emergência da braquiária, observou-se que, aos 45 dias após a aplicação, os tratamentos

que receberam a aplicação dos herbicidas apresentaram menor taxa fotossintética em todas as épocas de emergência (Tabela 3), mostrando que a aplicação do herbicida promove redução na taxa fotossintética da braquiária, independentemente do seu estágio de desenvolvimento. No entanto, a aplicação dos herbicidas promoveu maior redução na fotossíntese quando as plantas de braquiária emergiram junto ou após as plantas de milho, comprovando a maior eficiência da aplicação dos herbicidas em plantas mais jovens.

Tabela 2 - Efeitos de épocas de emergência da braquiária em relação ao milho na fotossíntese – A ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração – E ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática – G^s ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e eficiência do uso da água – EUA ($\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e relação da concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca) em plantas de braquiária, avaliados 45 dias após a aplicação dos herbicidas atrazine + nicossulfuron.

Emergência da braquiária	E	G^s	A	EUA	Ci/Ca
10 DAE*	4,12a	0,238 ^{ns}	21,6a	5,20a	0,570a
Concomitante	3,25b	0,245	13,2b	2,96b	0,589a
10 DDE*	3,69ab	0,239	15,9b	3,57b	0,500b
CV %	22	41	26	23	11

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

*DAE = dias antes da emergência do milho / DDE = dias depois da emergência do milho.

Tabela 3 - Efeito de épocas de emergência da braquiária em relação ao milho, aplicação de herbicidas e níveis de adubação na fotossíntese de plantas de braquiária, 45 dias após a aplicação de herbicidas.

Emergência da braquiária	Fotossíntese ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		Fotossíntese ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	Adubação total	Metade da adubação	Com herbicida	Sem herbicida
10DAE*	24,5a	18,7b	16,5b	26,8a
Concomitante	12,9a	13,6a	5,5b	20,9a
10DDE*	12,4b	19,5a	3,9b	27,9a
CV %	26			

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* DAE = dias antes da emergência do milho/ DDE = dias depois da emergência do milho.

Com relação às épocas de emergência dentro dos tratamentos com e sem herbicidas, verificou-se que, para os tratamentos em que os herbicidas foram aplicados,

as plantas que emergiram dez dias antes do milho mostraram maior taxa de fotossíntese, comparadas às das demais épocas (Tabela 3).

A competição entre plantas daninhas e culturas é um fator crítico para o desenvolvimento da cultura quando a espécie daninha se estabelece junto ou primeiro que a cultura (Radosevich et al., 1996). Todavia, se a cultura se estabelecer primeiro, em função da espécie cultivada, do seu vigor, da velocidade de crescimento inicial e da densidade de plantio, ela poderá cobrir rapidamente o solo, podendo excluir ou inibir significativamente o crescimento das plantas daninhas. De modo geral, a aplicação dos herbicidas, aliada à emergência da braquiária simultaneamente ou depois do milho, proporciona redução da taxa fotossintética da forrageira, podendo interferir na capacidade competitiva da braquiária (Tabela 3).

Para os níveis de adubação dentro dos tratamentos com e sem herbicidas e para as épocas dentro dos tratamentos herbicidas, não foi verificada diferença entre os níveis dentro dos tratamentos. Na Tabela 3, pode-se incluir o fator competição, pois deve-se considerar que plantas de braquiária emergidas antes do milho apresentam maior capacidade competitiva. No entanto, a taxa transpiratória não foi afetada em nenhum dos níveis de adubação nos tratamentos com e sem herbicida.

Quanto aos níveis de adubação dentro das épocas, constatou-se que, aos 10 DAE, a fotossíntese foi inferior no tratamento que recebeu a metade da adubação – essa redução pode ter sido ocasionada pela diminuição na adubação. Firmino et al. (2009), estudando o efeito de níveis de adubação fosfatada em soja, constataram que na fase R5 as reduções nos valores da taxa fotossintética foram significativamente maiores nas plantas que não receberam suplementação de P. Menor taxa fotossintética das plantas de braquiária foi observada quando as plantas emergiram dez dias após o milho, com a dose total de adubo (Tabela 3). Essa redução pode ter sido ocasionada pelo maior desenvolvimento inicial da planta de milho, em função da emergência anterior e maior disponibilidade de adubo.

Para os níveis de adubação dentro dos tratamentos com e sem herbicidas e para as épocas de emergência dentro dos tratamentos herbicidas, não foi observada diferença. Níveis de adubação poderiam representar níveis distintos de vigor de desenvolvimento das plantas e potencial competitivo. Nesse quesito, Concenço et al. (2009), trabalhando com genótipos de capim-arroz em condição de competição, verificaram que a condutância estomática (Gs) das plantas de arroz não foi alterada em função do aumento

no número de plantas de capim-arroz competindo com a cultura, tanto do biótipo resistente quanto do suscetível ao herbicida quinclorac.

Nas plantas tratadas com atrazine + nicosulfuron houve menor eficiência no uso da água (EUA) (Tabela 4). Esta representa a quantidade de CO₂ fixado para a produção de matéria seca em função da quantidade de água transpirada (Silva et al., 2007). As braquiárias que emergiram antes do milho foram mais eficientes no uso da água do que aquelas que emergiram simultaneamente e depois do milho (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito de épocas de emergência da braquiária em relação ao milho e aplicação de herbicidas, na transpiração e eficiência do uso da água de plantas de braquiária consorciadas com o milho, 15 dias após a aplicação de herbicidas

Emergência da braquiária	Transpiração (mol H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹)		Eficiência no uso da Água (mol CO ₂ .mol H ₂ O ⁻¹)	
	Com herbicida	Sem herbicida	Com herbicida	Sem herbicida
10 DAE*	3,74a	4,50a	4,97a	5,44a
Concomitante	2,07b	4,44a	1,85b	4,08a
10 DDE*	3,24b	4,14a	1,60b	5,56a
CV %	20,5		23,0	

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* DAE = dias antes da emergência do milho/ DDE = dias depois da emergência do milho.

Com relação aos tratamentos com e sem herbicidas dentro de cada época, não foi observada diferença entre as plantas tratadas ou não e aquelas que emergiram antes do milho. No entanto, para as plantas que emergiram simultaneamente e depois do milho, as parcelas tratadas com os herbicidas apresentaram menor EUA (Tabela 4). Já para as épocas dentro dos tratamentos com e sem herbicida, observou-se que as plantas emergidas dez dias antes do milho na presença do herbicida mostraram menor EUA, quando comparadas àquelas que emergiram simultaneamente e depois do milho. Quanto às plantas que não receberam a aplicação do produto, não foi observada diferença entre as épocas de emergência (Tabela 4).

Para os níveis de adubação dentro dos tratamentos com e sem herbicidas e para as épocas dentro dos tratamentos herbicidas, não foi verificada diferença na transpiração (Tabela 4). Ao se comparar a transpiração (E) e a eficiência do uso da água (EUA) na presença e ausência dos herbicidas entre as diferentes épocas de emergência, verificou-se que os tratamentos que receberam os produtos apresentaram menor transpiração e

eficiência no uso da água quando a braquiária germinou junto com o milho ou dez dias após este, indicando maior eficiência dos herbicidas quando aplicados em plantas mais jovens (Tabela 4).

Nos tratamentos onde foram aplicados os herbicidas atrazine + nicosulfuron em subdose, as plantas de milho apresentaram maiores valores de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeitos da aplicação de herbicidas na fotossíntese – A ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração – E ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática – G^s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água – EUA ($\text{mol de CO}_2 \cdot \text{mol de H}_2\text{O}^{-1}$) e relação da concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca) em plantas de milho, avaliados 16 dias após a aplicação dos herbicidas

	A	E	G^s	EUA	Ci/Ca
Com herbicida	52a	1,4a	7,3 a	7,0 a	0,426a
Sem herbicida	41b	0,82b	6,7 b	5,9 b	0,330b
CV %	22,0	14,5	28,2	16,9	13,0

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

A melhoria na eficiência fisiológica das plantas de milho deve-se à redução na taxa de crescimento da braquiária em função da aplicação dos herbicidas, uma vez que o menor crescimento das plantas de braquiária reduz a competição com as plantas de milho por nutrientes e, principalmente, por água. A menor taxa fotossintética apresentada pelas plantas de milho nos tratamentos que não receberam aplicação de herbicidas (Tabela 5), provavelmente, foi ocasionada pelo déficit hídrico gerado pela competição. A resposta mais significativa das plantas ao déficit hídrico consiste no fechamento dos estômatos (Taiz & Zeiger, 2009). Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico, exibem frequentemente respostas fisiológicas, que resultam, de modo direto, na economia de água. Assim, a condutância estomática tem relação direta com a disponibilidade hídrica no solo (Bianchi et al., 2007). Avaliando a relação ci/ca, verifica-se menor valor da nos tratamentos em que não foi feita a aplicação de herbicidas. Isso indica que o aparato fotossintético está funcionando normalmente e que a redução da taxa fotossintética está relacionada com a redução na concentração de CO_2 na câmara subestomática, ocasionada pelo fechamento dos estômatos. Nos tratamentos em que foram aplicados os herbicidas, as plantas apresentaram maior condutância estomática, o que permite maior influxo de CO_2 , aumentando a taxa fotossintética. Isso é evidenciado na maior relação ci/ca, indicando o suprimento adequado de CO_2 para as células.

Nos tratamentos onde as plantas de braquiária emergiram anteriormente, as plantas de milho apresentaram menores taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito de época de emergência da braquiária na fotossíntese ($A = \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($E = \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($G^S = \text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$), eficiência do uso da água ($\text{EUA} = \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e relação da concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca) de plantas de milho.

Emergência da braquiária	E	G^S	A	EUA	Ci/a
10 DAE	6,03b	0,51b	36,1b	5,97b	0,290b
Concomitante	7,41a	1,36a	54,8a	7,03a	0,437a
10 DAE	7,69a	1,50a	52,9a	6,97a	0,419a
CV %	14,5	28,2	22,0	16,9	13,0

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* DAE = dias antes da emergência do milho/ DDE = dias depois da emergência do milho.

A redução da fotossíntese nas plantas de milho em função da emergência anterior da braquiária, também está relacionada ao processo difusivo e não à interferência direta dos herbicidas nas fases da fotossíntese. As plantas de braquiária que emergiram antes obtiveram vantagem competitiva em relação ao milho, estando, portanto, aptas a absorver maior quantidade de água e nutrientes. Sob deficiência hídrica moderada, o milho apresenta decréscimo da fotossíntese devido à diminuição da condutância estomática, levando ao fechamento dos estômatos e à redução da transpiração. Contudo, sob estresse severo e prolongado, limitações não estomáticas (bioquímicas) começam a ocorrer (Grzesiak et al., 2006). Embora não se tenha mensurado, as plantas de milho cultivadas nos vasos em que a forrageira emergiu primeiro apresentaram sintomas visuais de déficit hídrico, como murchamento e enrolamento de folhas. Nessas condições, a planta tende a fechar seus estômatos, como forma de minimizar a perda de água para o ambiente. O fechamento dos estômatos reduz a entrada de CO_2 na câmara subestomática, diminuindo a quantidade de substrato disponível para o ciclo de Calvin. Essa hipótese pode ser comprovada ao se avaliar a relação Ci/Ca , que faz uma relação direta entre a concentração de CO_2 na câmara subestomática e a concentração de CO_2 no ambiente, de modo que o menor valor de Ci/Ca encontrado no tratamento com emergência da braquiária dez dias antes do milho indica que as plantas de milho estão consumindo o CO_2 normalmente e que a redução na fotossíntese está ocorrendo em função da redução do substrato para a fotossíntese.

CONCLUSÕES

A aplicação de herbicidas aumenta as taxas de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e eficiência do uso da água nas plantas de milho e promoveu redução delas nas plantas de braquiária.

Plantas de braquiária que emergem anteriormente ao milho apresentam maiores valores de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e eficiência do uso da água e reduzem esses parâmetros nas plantas de milho.

A maior disponibilidade de nutrientes aumenta a taxa fotossintética da espécie que primeiro se desenvolve no ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e pelas bolsas concedidas.

LITERATURA CITADA

ANDERSON, D. D.; NISSEN, S. J.; MARTIN, A. R. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghum bicolor*) biotype. **Weed Sci.**, v. 46, n. 1, p. 158-162, 1998.

ASHTON, F. M.; MONACO, T. D. **Weed science: principles and practices**. 3.ed. New York : Journal Wiley, 1991. 272 p.

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

BIANCHI, C.A.M. et al. Condutância da folha em milho cultivado em plantio direto e convencional em diferentes disponibilidades hídricas. **Ciência Rural**, v.37, p.315-322, 2007.

BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. **Plant Physiol.**, v. 123, n. 3, p. 1021-1028, 2000.

BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiol.**, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.

- CAMTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: ZAMBOLIM, L. In: **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa: UFV, 2001. p. 583-624.
- COCHARD, H. et al. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiol.**, v. 128, n. 1, p. 282-290, 2002.
- CONCENCO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.
- CONCENCO, G. et al. Uso da água por plantas de arroz em competição com biótipos de *Echinochloa crusgalli* resistente e suscetível ao herbicida quinclorac. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 249-256, 2009.
- FARQUHAR, G. D.; RASCHKE, K. On the resistance to transpiration of the sites of transpiration within the leaf. **Plant Physiol.**, v. 61, n. 6, p. 1000-1005, 1978.
- FERREIRA, L. R. et al. Formação de pastagens em sistemas de integração. **Informe Agropecuário – Integração Lavoura-Pecuária**. EPAMIG, v. 28, n. 240, p. 52-62, 2007.
- FIRMANO, R. S.; KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Relação entre adubação fosfatada e deficiência hídrica em soja. **Ci. Rural**, v. 39, n. 7, p. 1967-1973, 2009.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4. ed. Passo Fundo-RS: UPF, 2008. 749 p.
- GALLAHER, K. et al. Absorption, translocation and metabolism of primisulfuron and nicosulfuron in broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) and corn. **Weed Sci.**, v. 47, p. 8-12, 1999.
- GALON, L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 697-707, 2007.
- GRZESIAK, M. T.; GRZESIAK, S.; SKOCZOWSKI, A. Changes of leaf water potential and gas exchange during and after drought in triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. **Photosynthetica**, Prague, v. 44, p. 561-568, 2006.
- HARLEY, P.C.; TENHUNEN, J.D. Modeling the photosynthetic response of C3 leaves to environmental factors. In: Modeling Crop Photosynthesis - from Biochemistry to Canopy. **Crop Science Societal American**, p. 17-39, 1991.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 385 p.

MELO, P. T. B. S. et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **R. Bras. Agroec.**, v. 12, n. 1, p. 37-43, 2006.

OGLIARI, J. et al. Sistemas primários de transporte de prótons integram os mecanismos de desintoxicação do mesotrione em plantas de milho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 799-807, 2009.

OMETTO, J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. CD-ROM.

PORTES, T. A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Physiological aspects of competition. In: **Weed ecology implicatios for managements**. New York: John Willey and sons, 1996. p. 217-301.

RIGOLI, R. P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Edição dos autores, 2005. 592 p.

SHARKEY, T. D.; RASCHKE, K. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiol.**, v. 68, n. 5, p. 1170-1174, 1981.

SHIM, S.I. et al. Response of leaf acetolactate synthase from different leaf positions and seedling ages to sulfonylureia herbicide. **Pest. Bioch. Physiol.**, v. 75, p. 3946, 2003.

SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-148.

VIDAL, R.A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.

WICHERT, R. A.; TALBERT, R. E. Soybean (*Glycine max* L.) response to lactofen. **Weed Sci.**, v. 41, p. 23-27, 1993.

ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO CONSORCIADOS COM BRAQUIÁRIA EM TRÊS ARRANJOS DE PLANTIO

RESUMO

A integração lavoura-pecuária consiste em diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia, implantados na mesma área, em consórcio, rotação ou sucessão. Várias culturas têm sido utilizadas, porém tem se destacado o consórcio entre milho e *Brachiaria brizantha*, pela importância das culturas e pela sua adaptação ao cultivo consorciado. O objetivo foi avaliar a influência da utilização arranjos de plantio da braquiária na produtividade e na atividade da nitrato redutase em diferentes híbridos de milho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em arranjo fatorial 4x3: Os tratamentos eram constituídos de quatro híbridos de milho DKB 747, BM2202, AGN30A00 e AG2060 e três arranjos de plantio da forrageira: arranjo 1 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha de plantio do milho; arranjo 2 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha; e arranjo 3 – cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio. A redução no espaçamento entre as fileiras do milho promoveu aumento na sua produtividade e reduziu o crescimento da braquiária. Menor atividade da nitrato redutase nas plantas de milho foi encontrada no cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha de plantio do milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, milho, braquiária, integração agricultura-pecuária.

ACTIVITIES OF NITRATE REDUCTASE AND YIELD OF HIBRIDS OF CORN INTERCROPED WITH *Brachiaria Brizantha* IN THREE ARRANGEMENT OF PLANTING.

ABSTRACT

Livestock-cropping integration is the simultaneous cultivation of a cereal and a forage plant in the same area. Many cultures have been used, but, corn intercropped

with Marandu grass has stood out because of the importance of the cultures and because of its adaptation to intercropping. The objective of this work was to evaluate the influence of using planting arrangement on yield and activities of nitrate reductase in different corn hybrids. It was used a random block design with four replicates, in a 4x3 factorial arrangement. The treatments were four corn hybrids (DBK747, AGN30A00, BM2202 and AG2060) and three forage planting arrangement: arrangement 1, corn cultivated in a 0.9 m line spacing with two lines of *Brachiaria brizantha* between lines at 0.3 m from corn planting line; arrangement 2, corn cultivation at 0.9 m of spacing with one line of *Brachiaria brizantha* in corn sowing line mixed to planting fertilizer and another line in the center of between lines; arrangement 3, corn cultivation spaced by 0.45 m with *Brachiaria brizantha* in corn sowing line, mixed to planting fertilizer. Spacing reduction between corn rows increased corn yield and reduced forage growth for all evaluated hybrids. Corn hybrids with smaller size and leaf area enable greater forage growth and they may be more subjected to competition. Planting arrangement in which *Brachiaria brizantha* is sown in greater depths delay its emergence and give more competitive vantage to corn.

Keywords: arrangement, brachiaria, corn, intercropping.

INTRODUÇÃO

No sistema de integração lavoura-pecuária, é possível conduzir ao mesmo tempo, e numa mesma área, uma cultura produtora de grãos e uma forrageira destinada à exploração pecuária por meio da consorciação entre a cultura de interesse e a forrageira. Várias culturas têm sido utilizadas no cultivo consorciado com *Brachiaria brizantha*, porém o milho tem se destacado pela importância econômica e características fisiológicas, que proporcionam alta eficiência ao consórcio. Na integração lavoura-pecuária também ocorre melhor utilização do espaço: em uma mesma área têm-se a produção de grãos e a atividade pecuária.

No entanto, quando duas espécies são cultivadas ao mesmo tempo, estão sujeitas a interferências mútuas, o que pode resultar em competição pelos recursos do ambiente, levando a perdas que inviabilizam o consórcio. Dentre os fatores que afetam a produtividade do milho no cultivo consorciado, merece destaque o arranjo de plantio.

A forrageira pode ser semeada diretamente na entrelinha do milho, onde a semeadora-adubadora é preparada de modo que, alternadamente, tem-se um carrinho executando o plantio do milho e outro executando o plantio da braquiária. Também existe a opção da semeadura da forrageira a lanço, ou semeada na linha de plantio do milho. Nesse caso, as sementes da braquiária são misturadas ao adubo de plantio e acondicionadas em compartimento específico da semeadora. O plantio da forrageira na linha de plantio do milho pode promover a redução da produtividade deste, quando comparado ao plantio realizado apenas na entrelinha (Borghi et al., 2007). Os relatos sobre a competição interespecífica variam de acordo com o arranjo de plantio adotado: alguns trabalhos relatam que a forrageira não interferiu na produtividade do milho (Cobucci et al., 2001), ao passo que outros mostram a necessidade da aplicação de herbicidas em subdose para reduzir o crescimento da forrageira e permitir o pleno desenvolvimento do milho (Jakelaitis et al., 2004).

A utilização de híbridos de milho com diferente arquitetura foliar e ciclo de vida podem influenciar diretamente na dinâmica do consórcio, uma vez que os híbridos simples possuem arquitetura foliar moderna, ou seja, plantas menores e folhas eretas, o que permite maior penetração de luz no dossel e favorece o desenvolvimento da forrageira, quando comparados aos híbridos duplo e triplo, que são plantas de maior porte e folhas planiformes.

Entre outros fatores, o período em que a forrageira disputa os recursos do ambiente com a cultura pode alterar a produtividade desta, tornando necessário o uso de medidas de controle, como a utilização de herbicidas em subdose, para evitar a continuidade dessa interferência (Silva et al., 2002). Quando a braquiária é misturada ao adubo e semeada na linha de plantio do milho, é depositada em maior profundidade, o que ocasiona atraso na sua emergência, favorecendo a cultura do milho (Kluthcouski et al., 2000). A emergência da forrageira posteriormente à emergência do milho propicia vantagem competitiva a este, devido à redução do período de competição por água e nutrientes entre as espécies.

O objetivo foi avaliar a influência da utilização arranjos de plantio da braquiária na produtividade e na atividade da nitrato redutase em diferentes híbridos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2008/09 na Estação Experimental de Coimbra, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no município de Coimbra, na Zona da Mata de Minas Gerais, com altitude de 715 m. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação de quatro híbridos de milho e três arranjos de plantio: arranjo 1 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho; arranjo 2 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha; e arranjo 3 – cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio.

Os híbridos de milho utilizados foram DKB 747 (híbrido duplo, porte médio/alto, folhas decumbentes, precoce), BM2202 (híbrido duplo, porte médio/alto, folhas planiformes, precoce), AGN30A00 (híbrido simples, porte baixo, arquitetura foliar ereta, superprecoce) e AG2060 (híbrido duplo, porte alto, folhas planiformes, normal), e a espécie forrageira foi a *Brachiaria brizantha* cv Marandu. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,2 m de profundidade, para análise química de profundidade para análise química de rotina. Os resultados revelaram as seguintes características: 70% de argila; pH em água de 4,9; 8,2 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 55 mg dm⁻³ de K; 0,2 cmol_c dm⁻³ de Al; 1,1 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,6 cmol_c dm₃ de Mg; e 1,8 g dm⁻³ de MO.

Cerca de 30 dias antes do plantio, a cobertura vegetal da área foi dessecada com glifosato (1.800 g ha⁻¹ do i.a.), com volume de calda de 250 L ha⁻¹. A semeadura da cultura do milho e da braquiária foram realizadas em 21 e 22 de novembro, com uma semeadora-adubadora para plantio direto. A profundidade da deposição das sementes de milho foi de 5 cm. A população de plantas foi de 70.000 plantas ha⁻¹ para o híbrido AGN30A00 e 55.000 plantas ha⁻¹ para os demais, de acordo com recomendação de plantio das empresas produtoras das sementes. A densidade de semeadura da braquiária foi de 5 kg ha⁻¹ (VC=76%). Nos arranjos de plantio onde a forrageira foi plantada na entrelinha do milho, as sementes foram acondicionadas no depósito de sementes da semeadora e depositadas na profundidade de 3 cm. Nos arranjos em que a forrageira foi semeada na linha de plantio do milho, as sementes foram misturadas ao adubo e

acondicionadas no compartimento de fertilizantes da semeadora, distribuídas na profundidade de 8 cm, abaixo da semente de milho.

A adubação de semeadura constou da aplicação de 28 kg ha⁻¹ de N, 98 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 56 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondentes a 350 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16. Quando a cultura do milho atingiu o estágio de quatro folhas completamente expandidas, procedeu-se à adubação de cobertura, com 210 kg ha⁻¹ de ureia.

Cada unidade experimental foi constituída de seis linhas de 6 m de comprimento (36 m²), os dados relativos à produtividade do milho e da braquiária, foram coletados nas duas fileiras centrais, descartando-se 1,0 m nas extremidades. A amostragem para determinação dos teores de nutrientes nas folhas, foi feita quando mais de 50% das plantas de milho se encontravam pendoadas e com presença de estilo-estigma. Fez-se a coleta da folha oposta à espiga superior, conforme Malavolta et al. (1997), em 10 plantas por unidade experimental.

A atividade da nitrato redutase foi determinada na folha oposta à espiga superior. Ela foi coletada entre 7 e 8 horas da manhã. As amostras foram acondicionadas em caixa térmica com gelo. No laboratório, discos foliares de 1 cm de diâmetro, que foram incubados em 10 mL de meio tampão fosfato (KH₂PO₄ e K₂HPO₄) 0,2 M (pH 7,5), nitrato de potássio 0,25 M, propanol e Triton X 100 10%. Após a imersão, as amostras foram transferidas ao dessecador e submetidas à infiltração a vácuo por um minuto, três vezes, com a finalidade de aumentar a penetração da solução nos tecidos. Em seguida, os frascos de incubação, envoltos em papel-alumínio, foram levados a banho-maria a 30 °C. Nos tempos previamente ajustados de 30 e 60 min, retiraram-se amostras de 1 mL, no qual foram adicionados 0,3 mL de sulfanilamida 1%, 0,3 mL de naftilenodiamino 0,02% e 2,4 mL de água. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 540 nm. A atividade da NR foi determinada pela quantidade de nitrito produzida, comparando os valores obtidos com a curva-padrão para esse íon. A atividade foi expressa em µmoles de nitrito por hora por grama de matéria fresca (µmoles de NO⁻² hora/g matéria fresca).

Os dados foram submetidos à análise de variância, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa no peso de mil grãos e peso médio de espigas entre os híbridos avaliados, no entanto, esta diferença não resultou em diferença estatística entre suas produtividades. O híbrido AGNA30A00, embora tenha apresentado menor peso de espigas, obteve valor satisfatório de produtividade em função da maior população de plantas (Tabela 1).

O AGNA30A00 apresentou menor índice de área foliar que os demais (Tabela 1). O índice de área foliar que determina a taxa máxima de crescimento é conhecido como IAF crítico, o qual varia em função do ambiente que a planta estiver submetida. O IAF crítico para a cultura do milho oscila entre valores de 3 a 5, de acordo com a região, híbridos e sistema de produção considerados (Fancelli & Dourado-Neto, 2004). Para manifestação da capacidade produtiva, é necessário que a planta apresente 85 a 90% da IAF crítico, o AGN30A00 apresentou menor índice de área foliar menor que o valor crítico, comprometendo o seu potencial produtivo.

Em média, os valores da atividade da nitrato redutase, foram 20 a 30 % maiores para os híbridos BM2202 e AGN30A00, em relação aos demais. Apesar de não diferir significativamente, estes híbridos também foram os mais produtivos (Tabela 1). As diferenças genotípicas quanto a produção de grãos podem ser atribuídas à capacidade de absorção de nitrato do solo (Purcino et al, 1998) e consequentemente a elevação da atividade da nitrato redutase, uma vez que a atividade da enzima varia em função da concentração do substrato (Redinbaugh et al ,1991).

A matéria seca da parte aérea das plantas de braquiária, não diferiu estatisticamente em função dos híbridos de milho avaliados (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtividade (PROD) peso de mil grãos (PMG), peso médio de espigas (PME), índice de área foliar (IAF) e atividade da nitrato redutase NR ($\mu\text{moles de NO}_2^-$ /hora/g M.F.) de híbridos de milho e matéria seca de braquiária (MSBQ)

	PMG (g)	PME (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	IAF	NR ($\mu\text{moles de NO}_2^-$ /hora/g M.F.)	MSBQ (kg ha ⁻¹)
BM2202	292 b	153a	6.918	3,42a	4,0 ab	3.156
AG2060	260 c	140ab	5.533	3,22a	3,4 b	4.852
DKB747	326 a	152a	6.206	3,24a	3,3 b	3.751
AGN30A00	298 b	118b	6.626	2,89b	4,4 a	4.690
CV%	7,8	17,0	21,2	8,5	19,1	38,1

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A redução do espaçamento entre linhas de milho aumentou a produtividade em 45% na produtividade (Tabela 2). Resultados semelhantes foram alcançados por Silva et al. (2006) com a redução no espaçamento entre fileiras de 80-100 cm para 40-50 cm conseguiu aumentos de produtividade da ordem de 10%, em regiões subtropicais no Sul do Brasil. Na região Centro-Oeste a redução no espaçamento de 0,9 para 0,45 m promoveu incrementos ainda maiores do que os encontrados no Sul do País, alcançando valores de 10 a 40% maiores (Fundação, 2002). A redução do espaçamento de semeadura entre linhas propicia melhor distribuição espacial das plantas de milho (Sangoi et al., 2002). Isso reduz a competição intraespecífica pelos recursos ambientes, estimula o crescimento da cultura no início do seu ciclo e incrementa a interceptação da luz, aumentando a sua eficiência de uso.

Tabela 2 - Produtividade do milho (PROD), em kg.ha⁻¹; índice de área foliar do milho (IAF), em m².m⁻²; atividade da enzima nitrato redutase (NR), em µmoles de NO²⁻/hora/g matéria fresca; e matéria seca da parte aérea da braquiária (MSBQ), em kg.ha⁻¹, em função de arranjos de plantio

ARRANJOS*	PROD	IAF	NR	MSBQ
1	5.510 b	3,0 b	3,1 b	6.284 a
2	5.568 b	3,1 b	4,2 a	3.735 b
3	8.033 a	3,5 a	4,1 a	2.318 c
CV%	21,2	8,5	19,6	38,0

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

* 1 = cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho; 2 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha; 3 – cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio.

A redução do espaçamento promoveu maior sombreamento da entrelinha em função do arranjo espacial das plantas, o que reduziu o crescimento da braquiária. No espaçamento de 0,45 m, todos os híbridos de milho apresentaram maior da área foliar, intensificando os efeitos do sombreamento sobre as plantas de braquiária (Tabela 2).

Todos os híbridos apresentaram redução na produtividade quando se adotou o espaçamento de 0,9 m entre fileiras (Tabela 2). No entanto, o plantio de duas linhas de braquiária na entrelinha ou de braquiária na linha e na entrelinha não interferiu na produtividade do milho. Isso se deve ao fato de esses híbridos apresentarem maior altura de plantas e maior área foliar quando comparados ao AGNA30A00, o que diminuiu a taxa de interceptação de luz pelas plantas de braquiária, reduzindo o seu crescimento.

O cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, aumentou a distância entre plantas e possibilitou melhor arranjo de plantas de milho, o que permitiu rápido crescimento destas e promoveu maior sombreamento das plantas de braquiária, retardando o acúmulo de biomassa por parte da forrageira durante o período de competição interespecífica (Tabela 2).

Adotando-se o cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha, as sementes de braquiária foram misturadas ao adubo e depositadas a uma profundidade de 8 cm na linha de plantio do milho. Nessa condição, as plantas de braquiária foram intensamente sombreadas pelas plantas de milho e tiveram sua emergência retardada, o que favoreceu o desenvolvimento do milho. Portes et al. (2000), ao avaliarem a consorciação das mesmas culturas utilizadas neste experimento, relataram que a deposição das sementes de braquiária a 10 cm de profundidade, com o fertilizante, retardou a emergência das plântulas da forrageira em aproximadamente cinco dias e as enfraqueceu; em virtude do sombreamento provocado pelo milho durante o período de consorciação, a forrageira apresentou crescimento lento, em especial pelo fato de ambas as espécies possuírem metabolismo C₄ de fixação do CO₂.

O maior crescimento das plantas de braquiária na entrelinha do milho pode ocasionar competição por água e nutrientes, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas de milho. O nitrogênio movimenta-se no solo por fluxo de massa, e a exploração da mesma área do solo pelo sistema radicular das duas culturas pode reduzir o influxo desse nutriente para as raízes, causando redução no suprimento de nitrato através do xilema e, assim, reduzindo a atividade da nitrato redutase (Kawachi et al., 2002). A menor disponibilidade de nitrogênio para a planta pode ocasionar redução na taxa fotossintética, redução dos níveis de clorofila (Ciompi et al., 1996) e redução na expansão foliar e na atividade de algumas enzimas do ciclo redutivo do nitrogênio, como a nitrato redutase. A atividade da enzima nitrato redutase foi estatisticamente menor no cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho (Tabela 2) – esse resultado pode ser atribuído ao maior desenvolvimento da braquiária, em função da menor profundidade de plantio adotada. Neste arranjo, a semeadura da braquiária foi feita na profundidade de 3 cm, o que ocasionou emergência mais rápida das plantas, conferindo vantagem competitiva a ela. Quando a braquiária foi semeada na linha de

plantio do milho, as sementes foram misturadas ao adubo e depositadas abaixo das sementes de milho, a uma profundidade de 8 cm, o que retardou a sua emergência. Portes et al. (2000), ao avaliarem a consorciação das mesmas culturas utilizadas neste experimento, relataram que a deposição das sementes de braquiária a 10 cm de profundidade, com o fertilizante, retardou a emergência das plântulas da forrageira em aproximadamente cinco dias.

A atividade da nitrato redutase apresentou diferença em função do arranjo de plantio. A menor atividade da enzima ocorreu no cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho (Tabela 2). A menor atividade da nitrato redutase nesse arranjo de plantio, pode ser atribuída ao maior crescimento da forrageira na entrelinha, ocasionado pela maior disponibilidade de luz e rápida emergência. No arranjo de plantio de duas linhas na entrelinha do milho, a semeadura foi feita com a utilização do compartimento para sementes da semeadora e não misturada ao adubo, o que possibilita a deposição mais superficial das sementes, favorecendo a sua emergência. O maior crescimento da forrageira nesse arranjo pode ter ocasionado competição com as plantas de milho por água e nutrientes, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio e causando assim a redução na atividade da nitrato redutase. A atividade da nitrato redutase correlaciona-se positivamente com a disponibilidade de nitrato no meio, plantas de milho, quando avaliadas em solos com maior disponibilidade de nitrogênio, apresentam maior atividade da nitrato redutase, quando comparadas com as cultivadas em baixo N (Oliveira, 2009; Majerowics et al., 2002).

O referido híbrido apresentou menor altura de plantas e menor área foliar em relação aos demais (Tabela 1), promovendo menor sombreamento na entrelinha e permitindo, dessa forma, maior crescimento da braquiária

Em geral, essa capacidade de interceptação da radiação incidente está relacionada ao índice de área foliar (Amaral Filho et al., 2005), pois fatores como envergadura da folha, desfolhamento, deficiência de nutrientes e condições de estresse das plantas, por causa da seca, comprometem os processos fisiológicos destas; ao se adotar a redução no espaçamento entre linhas, alguns desses fatores tendem a ser minimizados, pelo melhor arranjo espacial entre as plantas na área (Argenta et al., 2001; Andrade et al., 2002).

A redução do espaçamento entre as fileiras ocasionou redução na produtividade de matéria seca de braquiária, maiores produtividades foram obtidas utilizando-se o

espaçamento de 0,9 m entre as linhas do milho (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Borghi et al. (2007).

No desdobramento da interação entre híbridos de milho e arranjos de plantio, o híbrido AGNA30A00 apresentou menor produtividade no cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de Brachiaria brizantha localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho, quando comparado aos demais arranjos (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito de arranjos de plantio na produtividade (PROD), em kg ha⁻¹; peso de mil grãos (PMG), em g; peso médio de espigas (PME), em g; índice de área foliar (IAF), em m² m⁻²; e atividade da nitrato redutase NR (μmoles de NO²⁻/hora/g M.F.) de híbridos de milho e matéria seca da parte aérea da braquiária (MSBQ), em kg ha⁻¹, no cultivo consorciado

Arranjos de plantio*	PROD	IAF	NR	MSBQ
AGN30A00				
1	4.094c	2,65b	2,61 b	6.492a
2	6.081b	2,72b	5,66 a	4.499b
3	9704a	3,33a	4,93 a	3.079c
DKB 747				
1	5.605b	2,98b	3,04 a	5.017a
2	5.763b	3,26ab	3,76 a	3.832b
3	7.252a	3,51ab	3,28 a	1.795c
AG 2060				
1	4.856b	3,42a	3,46 a	8.100a
2	4.601b	2,97ab	2,94 a	3.868b
3	7.142a	3,42ab	3,89 a	2.588c
BM 2202				
1	6.888b	3,15b	3,28 a	5.527a
2	5.829b	3,43ab	4,36 a	2.741b
3	8.036a	3,69ab	4,49 a	1.200c
CV%	21,0	8,5	19,1	30

Em cada híbrido, as médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

* 1 = cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de Brachiaria brizantha localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho; 2 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha; 3 – cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio.

A menor produtividade pode ter sido ocasionada pela maior competição das plantas de braquiária neste arranjo. Nos arranjos de plantio em que a braquiária foi semeada na entrelinha do milho, esta é depositada a uma menor profundidade, promovendo emergência mais rápida e podendo, assim, competir com o milho. O referido híbrido apresentou menor altura de plantas e menor área foliar em relação aos

demaís (Tabela 3), promovendo menor sombreamento na entrelinha e permitindo, dessa forma, maior crescimento da braquiária.

A nitrato redutase é considerada uma das enzimas-chave na regulação da disponibilidade de nitrogênio reduzido para o metabolismo das plantas. Sua atividade poderia, por isso, estar relacionada com a produtividade de variedades de milho ou com sua capacidade de responder à adubação nitrogenada (Araújo et al., 2009; Borges et al., 2006). Dentre os híbridos de milho avaliados, o AGN30A00 foi o que apresentou maior atividade da nitrato redutase (Tabela 1). Por causa do seu papel regulador da disponibilidade de N reduzido para o metabolismo das plantas, tem-se sugerido que a atividade da nitrato redutase está relacionada com a produtividade do milho e/ou sua capacidade em responder à adubação nitrogenada (Beevers & Hageman, 1969). Esta tendência foi comprovada, pois nos arranjos de plantio em que o híbrido AGN30A00, não sofreu interferência da braquiária, este apresentou valores de produtividade e atividade da nitrato redutase superior aos demais (Tabela 3).

No desdobramento da interação entre os híbridos de milho e arranjos de plantio, o híbrido AGN30A00 apresentou menor atividade da nitrato redutase no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito de arranjos de plantio de milho consorciado com braquiária na atividade da enzima nitrato redutase (NR) em $\mu\text{moles de NO}^{-2} \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de matéria fresca.

ARRANJO DE PLANTIO*	AGN30A00	BM 2202	AG2060	DKB747
1	2,61Ba	3,28Aa	3,46Aa	3,04Aa
2	5,66Aa	4,36Aab	2,94Ab	3,76Ab
3	4,93Aa	4,49Aab	3,89Aab	3,28Ab
CV%	19,6	19,6	19,6	19,6

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

* 1 = cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de *Brachiaria brizantha* localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho; 2 – cultivo do milho no espaçamento de 0,9 m, com uma linha de braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio, e outra no centro da entrelinha; 3 – cultivo do milho no espaçamento de 0,45 m, com braquiária na linha de semeadura do milho, misturada ao adubo de plantio.

A menor atividade da enzima pode ter sido ocasionada pela maior competição das plantas de braquiária neste arranjo. O híbrido AGN30A00 apresentou menor índice de área foliar neste arranjo, quando comparado aos demais (Tabela 3), o que permitiu

maior crescimento das plantas de braquiária, ocasionando maior competição por nutrientes, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio, e assim, a atividade da nitrato redutase. Estudando as bases genéticas e bioquímicas da eficiência de uso de nitrogênio em milho, Hirel et al. (2001) encontraram correlações significativas entre características fisiológicas (atividades das e das enzimas NR e GS e teor de nitrato na parte aérea das plantas) e características agronômicas (produtividade e peso de grãos). Gallais & Hirel (2004) enfatizaram que essas correlações foram dependentes da quantidade de fertilização nitrogenada. A atividade das enzimas NR e da GS em plantas de milho adequadamente supridas com nitrogênio foi superior em relação à das plantas submetidas a estresses por deficiência de nitrogênio (Majerowics et al., 2002).

Não houve diferença significativa no teor de nitrogênio nas folhas, em função dos híbridos ou arranjos de plantio adotados. O teor de N nas folhas encontra-se abaixo do nível considerado ideal para todos híbridos avaliados, que é de 2,7 a 4,0 dag kg⁻¹ (Ferreira et al ; 2001). O menor teor de nitrogênio na folha, foi encontrado no híbrido AGNA30A00, utilizando-se o espaçamento de 0,9 m, com duas linhas de Brachiaria brizantha localizadas na entrelinha a 0,3 m da linha do milho, onde também foi verificada menos atividade na nitrato redutase. Para os demais híbridos e espaçamentos o teor de nitrogênio nas folhas variou entre 2,13 e 2,64 dag kg⁻¹.

CONCLUSÕES

A redução no espaçamento entre as fileiras do milho promoveu aumento na sua produtividade e reduziu o crescimento da braquiária.

Híbridos de milho com menor porte e área foliar estão mais sujeitos à competição com a braquiária, em função do arranjo de plantio adotado.

A redução do espaçamento promoveu aumento na área foliar do milho.

Menor atividade da nitrato redutase nas plantas de milho foi encontrada no arranjo de plantio 1.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e pelas bolsas concedidas.

LITERATURA CITADA

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **R. Bras. Ci. do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.

ANDRADE, F. H.; CALVIÑO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agron. J.**, v. 94, p. 975-980, 2002.

ARAÚJO, G. A. A.; TEIXEIRA, A. R.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; ROCHA, P. R. R. Doses de molibdênio na cultura do milho pipoca. **Sci. Agrária**, 2009.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução no espaçamento entre linhas. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 36, p. 71-78, 2001.

BORGES, E.; A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A.; SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Caatinga**, v. 19, p. 278-286, 2006.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANA TROPICAIS SUPLAMERICANAS, 2001, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 125-135. (Documentos, 123)

GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **J. Exp. Botany**, v. 55, n. 396, p. 295-306, 2004.

GOUY, A.; CADIOU, S.; RETAILLIAU, C.; FALQUE, M.; GALLAIS, A. Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in Maize. **Plant Physiology**, v. 125, p. 1258-1270, 2001.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIANA, R. G. 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.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BACELLOS, A. O.; MAGNABOSCO, C. U. **Sistema Santa Fé: tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular técnica, 38).

MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J. M. S; MEDICI, L. O.; BISON, O.; PEREIRA, M. B.; SANTOS Jr. U. M. Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho. **Rev. Bras. Bot.**, v. 25, n. 2, p. 129-136, 2002.

MIRANDA, G. V.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; SANTOS, I. C. Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 451-459, 2005.

OLIVEIRA, L. R. **Eficiência de uso de nitrogênio e atividade da nitrato redutase e glutamina sintetase em milho**. 94 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, viçosa-MG, 2009.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, p. 1349-1358, 2000.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002.

SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 125-135. (Documentos, 123).

EFEITOS DE ESPAÇAMENTOS E FORMAS DE PLANTIO DA BRAQUIÁRIA NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos de espaçamento entre fileiras de milho e o modo de plantio de *Brachiaria brizantha* na formação/recuperação de pastagens no sistema agrossilvipastoril. O experimento foi conduzido em área de pasto degradado, no município de Viçosa, MG. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em arranjo fatorial 2x3, com quatro repetições. Foram avaliados os híbridos de milho AS1575 (híbrido simples) e DKB 747 (híbrido duplo), submetidos a três espaçamentos (0,5; 0,75 e 1,0 m). Os híbridos foram cultivados na entrelinha do eucalipto, a 0,5 e 1,0 m das árvores. O espaçamento adotado foi de 8 x 3 m. As sementes de braquiária foram misturadas ao adubo de plantio e semeadas na linha do milho. No espaçamento de 0,5 m foram utilizados 20 kg de sementes de braquiária misturados ao adubo de plantio; No espaçamento de 0,75 m, foram misturados 15 kg de sementes ao adubo de plantio e 5 kg aplicados a lanço; e no espaçamento de 1,0 m foram utilizados 10 kg de sementes, que foram misturadas ao adubo de plantio, e 10 kg aplicados a lanço. As variações no espaçamento não influenciaram estatisticamente a produtividade de grãos de milho; no entanto, maiores valores de produtividade foram encontrados no espaçamento de 0,75 m, em razão do melhor aproveitamento da área na entrelinha do eucalipto. A redução no espaçamento entre as fileiras promoveu menor produção de matéria seca de braquiária na colheita do milho; contudo, aos 390 dias após o plantio não foi encontrada diferença na produção da forrageira. Não houve diferença no crescimento inicial do eucalipto em função da utilização de diferentes híbridos de milho e espaçamentos.

Palavras-chave: milho, braquiária, eucalipto, integração lavoura-pecuária.

EFFECTS OF SPACING AND FORMS OF BRACHIARIA PLANTING, IN THE PRODUCTION OF THE SYSTEM AGROSSILVIPASTORIL

ABSTRACT

This research aims to evaluate the effects of corn row spacing and the way of *Brachiaria brizantha* planting in the formation/recovery of pasture in the system agrossilvipastoril. The experiment was conducted in an area of degraded pasture in Viçosa, MG. The experimental lineation adopted was randomized block in factorial arrangement (2x3), with four replications. We evaluated the corn hybrids AS1575 (simple hybrid) and DKB 747 (double hybrid) under three spacings (0.5 ; 0.75 and 1.0 m). The hybrids were planted between rows of eucalyptus, in 1.0 m of the plants. The spacing adopted for the eucalyptus was 8 x 3, and the seeds of brachiaria were mixed with planting fertilizer and planted in the corn row. In the spacing at 0.5 m, 20 kg of brachiaria seeds were used and mixed with planting fertilizer, spaced at 0.75 m and we mixed 15 kg of seeds to planting fertilizer and applied 5 kg at haul, and in the spacing of 1.0 m were used 10 kg of seeds that were mixed with planting fertilizer and 10 kg applied at haul. Variations in the spacing did not influence statistically the productivity of corn, however, higher productivity was found at the spacing of 0.75 m in the best use of the area between rows of eucalyptus trees. The reduction in spacing between the rows promoted less dry material production of brachiaria in the corn harvest, however, 390 days after planting there was no difference between treatments. There was no difference in the production of eucalyptus wood, depending on the use of different hybrids and spacing used.

Keywords: corn, brachiaria, eucalyptus, spacing, intercropping.

INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) consiste em sistemas produtivos de grãos, fibras, madeira, carne e leite, implantados em uma mesma área, em consórcio, rotação ou sucessão. A consorciação de espécies arbóreas, forrageiras e culturas produtoras de grãos também é conhecida como Sistema Agrossilvipastoril. Várias espécies têm sido utilizadas nesse sistema, como milho, sorgo, arroz, feijão, soja e

girassol. No entanto, o milho tem se destacado em razão da tradição de cultivo e da ampla utilização e adaptação ao cultivo consorciado. O sistema garante a manutenção do ganho de peso dos animais e a produção de leite em níveis satisfatórios durante todo o ano, devido à melhoria na qualidade das pastagens, além de possibilitar a diversificação de renda, pela produção de madeira e grãos.

A produção de madeira é uma atividade que proporciona retorno financeiro a médio e longo prazo. Dessa forma, as culturas anuais são utilizadas, a fim de que a cultura de grãos pague, pelo menos em parte, os custos da implantação do sistema. Nesse sistema, cultivam-se grãos por um ou dois anos, e, após a formação da pastagem, pode ocorrer a entrada dos animais na área.

A presença de árvores na pastagem proporciona melhoria climática no ambiente, e o capim permanece verde e palatável por mais tempo. Contudo, o estabelecimento de forrageiras em condições de sombreamento depende de alguns fatores para o sucesso da produtividade desses sistemas, como a identificação de espécies que resistam à competição imposta pela cultura na sua fase inicial e apresentem boa produtividade no sub-bosque das árvores (Wong & Wilson, 1971). Estudos realizados por Carvalho (1997), visando à avaliação de forrageiras em condição de sombreamento, mostraram que as espécies mais adaptadas são *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*. As plantas de *Brachiaria brizantha* apresentam plasticidade fenotípica e boa resposta ao sombreamento. Em ambiente com 60% de sombreamento a redução na produção da forrageira foi da ordem de 22% (Castro et al., 1999). O sombreamento proporciona, respectivamente, incrementos de 28 e 12% no percentual de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das folhas da forrageira (Embrapa Gado de Leite). Em áreas onde são encontradas árvores e pastagem, os animais preferem pastejar sob as árvores, na sombra (Pires et al., 2007), e, nessa condição, ocorre maior ganho de peso (Kucseva et al., 2004).

A adoção do plantio direto agrega valores do ponto de vista econômico, ambiental e social. Ele reduz a necessidade do uso de máquinas em até 48% e o consumo de combustíveis em cerca de 60% conferindo sustentabilidade ambiental e menor custo de produção. Também reduz a compactação e controla a erosão do solo, em razão do aumento da infiltração de água; com isso, ocorre menor escoamento superficial, minimizando o assoreamento e a contaminação dos cursos d'água.

O arranjo de plantio adotado entre milho e braquiária deve amenizar a competição entre as espécies, por meio de um arranjo espacial que retarde o crescimento

da forrageira durante o período de competição interespecífica, possibilitando o desenvolvimento satisfatório do milho (Oliveira et al., 1996). Alguns trabalhos têm relatado que a presença da forrageira não alterou a produtividade de grãos de milho (Cobucci et al., 2001). Todavia, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicosulfuron, em subdoses, para reduzir o crescimento da forrageira e garantir o pleno desenvolvimento do milho (Jakelaitis et al., 2005).

A forrageira pode ser semeada diretamente na entrelinha do milho, onde a semeadora adubadora é preparada de modo que, alternadamente, haja um carrinho executando o plantio do milho e outro executando o plantio da braquiária. Também existe a opção de semeadura da forrageira a lanço ou na linha de plantio do milho. Nesse caso, as sementes da braquiária são misturadas ao adubo de plantio e acondicionadas em compartimento específico da semeadora. A escolha do arranjo de plantio no sistema plantio direto deve ser feita com base em critérios agrônômicos, na possibilidade de mecanização da área e nas opções de arranjos de plantio oferecidos pela semeadora adubadora, que estão intimamente relacionados com o nível tecnológico adotado pelo produtor.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização de diferentes espaçamentos e modos de plantio da braquiária na formação da pastagem, produtividade do milho e crescimento inicial do eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2007/2008, no município de Viçosa-MG, em área de pasto degradado, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa, cujas características químicas encontram-se na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 3, com quatro repetições. Foram utilizados os híbridos de milho AS1575 e DKB 747 em plantio consorciado com *Brachiaria brizantha*, combinados com três espaçamentos entre fileiras de milho (0,5, 0,75 e 1,0 m). Os híbridos foram avaliados mantendo-se a população de 55.000 planta ha⁻¹ nos três espaçamentos adotados, e variando-se a população da seguinte forma: 45, 55 e 65 mil plantas/ha, nos espaçamentos de 1,0; 0,75 e 0,5 m, respectivamente. Cada parcela era constituída de 8 m de comprimento por 6 m de largura, totalizando uma área de 48 m². Os dados experimentais da cultura do milho

foram coletados em duas fileiras de 4 m no centro da parcela, e os relativos à braquiária, aleatoriamente na parcela, desprezando-se a bordadura.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental

Profundidade da Amostra	pH (H ₂ O)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Al (cmol _c dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	CTC(T) (cmol _c dm ⁻³)	V (%)	M (%)
0-10 cm	5,35	3,0	40	0,10	1,58	0,63	4,6	6,91	33,4	4,1
10-20 cm	4,95	0,5	18	0,39	0,76	0,23	4,6	5,64	18,4	27,3

A semeadura do milho foi feita no dia 28 de novembro de 2007, com semeadora adubadora para plantio direto. Trinta dias antes do plantio realizou-se a dessecação das plantas presentes na área, utilizando 1.800 g ha⁻¹ de glyphosate e 0,480 L ha⁻¹ de 2,4-D, e o solo foi corrigido com 1,5 t de calcário por hectare. O estande adotado foi de 55.000 plantas por hectare, nos três espaçamentos. A adubação de plantio foi de 500 kg ha⁻¹ da formulação 8-28-16 no plantio e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aplicados em cobertura, quando o milho apresentava quatro folhas completamente expandidas.

A espécie forrageira foi *Brachiaria brizantha* cultivar-MG5. A sua semeadura foi feita da seguinte forma: no espaçamento de 0,5 m, foram utilizados 20 kg de sementes de braquiária, vc = 36%, misturados ao adubo de plantio do milho; no espaçamento de 0,75 m, foram misturados 15 kg de sementes ao adubo de plantio e 5 kg aplicados a lanço; e no espaçamento de 1,0 m, foram utilizados 10 kg de sementes misturadas ao adubo de plantio e 10 kg aplicados a lanço. A aplicação a lanço ocorreu após o plantio do milho, com o uso de espalhador costal de grãos.

Foi utilizado o clone de eucalipto 3336 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*). O transplantio do eucalipto foi realizado logo após a emergência do milho, no espaçamento de 8 x 3 m. A adubação de plantio foi realizada com 300 g por cova de fosfato reativo, e a adubação de cobertura foi feita aos 15, 30 e 90 dias após o transplantio (DAT), com as seguintes doses: 160 g da formulação 6-30-6, 50 g (15 DAT), 50 g da formulação 30-0-10 (30 DAT) e 150 g de KCl mais 10 g de bórax aos 90 dias após o plantio.

Durante o ciclo da cultura do milho, foram avaliados o estande, a altura de plantas e o rendimento de grãos. No eucalipto, foi avaliado o volume de madeira produzido 540 dias após o transplantio. O cálculo do volume de madeira produzido foi

feito com a seguinte fórmula: volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) = altura x área da base x fator de forma de povoamentos novos (0,5) x número de árvores por hectare.

A produtividade da forrageira foi avaliada na colheita do milho, aos 390, 450 e 510 dias após a implantação do sistema, por meio da coleta de amostras, as quais foram secas em estufa de circulação forçada de ar e pesadas em balança de precisão. Entre a avaliação feita aos 390 e 450 dias após a implantação, foram inseridos nove bovinos, que permaneceram por cinco dias na área experimental.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os híbridos AS1575 e DKB 747 diferiram entre si, em relação à altura de planta, nos espaçamentos de 0,5 e 1,0 m (Tabela 2). O híbrido AS1575 respondeu de forma positiva nesse componente, com o aumento da densidade populacional. Da mesma forma, Argenta et al. (2001) e Alvarez et al. (2006) observaram maiores alturas de plantas e de inserção da espiga com o aumento da densidade populacional, sugerindo uma tendência natural de aumento de altura de plantas em situação de alta densidade. A altura das plantas será tanto maior quanto maior a população, devido ao efeito combinado da competição intraespecífica por luz, com consequente estímulo da dominância apical das plantas (Argenta et al., 2001).

Tabela 2 - Altura de plantas (m) de milho consorciado com *Brachiaria brizantha*, em função do modo de plantio e densidade

Híbrido	Espaçamento 0,5 m (65.000 planta ha^{-1})	Espaçamento - 0,75 m (55.000 planta ha^{-1})	Espaçamento - 1,0 m (45.000 planta ha^{-1})
AS1575	2,10 aA	1,80 aB	1,76 bB
DKB747	1,76 bB	1,81 aAB	1,90 aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Maior produtividade de milho foi obtida no espaçamento de 0,75m entre fileiras para o híbrido AS1575. Para DKB747 as maiores produtividades foram obtidas nos espaçamentos de 0,75 e 1,0 m (Tabela 3). A presença do eucalipto não produziu efeitos negativos na cultura do milho, em razão do pequeno porte das plantas durante o ciclo da cultura. É possível que no segundo ano de cultivo, em função da maior altura

das plantas de eucalipto, ocorra maior sombreamento e seja necessário adotar maior espaçamento entre as culturas, para que não haja redução da produtividade do milho.

Tabela 3 - Efeito de espaçamento na produtividade do milho e da braquiária, avaliado na colheita do milho e volume de madeira de eucalipto produzido aos 540 dias após o transplântio (DAT)

Híbrido (55.000 plantas/ha)	Espaçamento (m)	Produtividade do milho (kg ha ⁻¹)	Matéria seca de braquiária (kg ha ⁻¹)	Volume de madeira por hectare (m ³)
AS 1575	0,50	4.749 B	1.100 B	9,7 A
	0,75	6.138 A	3.263 A	11,5 A
	1,00	5.316 B	3.695 A	8,5 A
DKB 747	0,50	3.328 B	1.025 B	10,4 A
	0,75	5.424 A	2.511 A	12,9A
	1,00	5.146 A	3.224 A	11,5 A

Em cada híbrido avaliado, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, dentro de cada híbrido avaliado.

A produtividade média do sistema foi de 5.400 kg ha⁻¹ para o híbrido AS1575 e de 4.600 kg ha⁻¹ para o DKB747. A produtividade média do AS1575 e DKB747 em monocultivo é de 7.300 e 6.000 kg ha⁻¹, respectivamente. A menor produtividade do milho no sistema agrossilvipastoril deve-se à redução de 24% da área cultivada no espaçamento de 0,5 e 1,0m, e de 12% no espaçamento de 0,75m, em função do componente arbóreo. No entanto, ao se analisar a viabilidade do sistema, deve ser computada a produção de madeira e a formação da pastagem.

Entre os espaçamentos adotados, o melhor aproveitamento da área foi obtido com a utilização do espaçamento de 0,75 m entre fileiras. A semeadora adubadora para plantio direto utilizada, possui três compartimentos para depósito de adubo e sementes. A regulagem da semeadora para realização do plantio a 0,75 m permite que o trator realize três passagens na área, realizando o plantio de nove linhas de milho, utilizando 6,75 m dos 8,0 m disponíveis para o plantio do milho na entrelinha do eucalipto, resultando numa distância de aproximadamente 0,6 m entre as plantas de milho e o eucalipto. Nesse caso, há uma ocupação de aproximadamente 85% da área total com o plantio do milho. No plantio em espaçamento de 0,5 m, o trator faz quatro passagens na área, realizando o plantio de 12 linhas. No espaçamento de 1,0 m, o trator realiza duas operações e executa o plantio de seis linhas. Em ambos os casos, a área utilizada com o plantio do milho corresponde a 6,0 m dos 8,0 m disponíveis para o plantio do milho na

entrelinha do eucalipto, resultando numa distância de aproximadamente 1,0 m entre as fileiras de milho e as plantas de eucalipto. Neste caso, temos um aproveitamento de 75% da área total, com o plantio do milho.

O híbrido AS1575 obteve maior produtividade no espaçamento de 0,5 m entre fileiras, com a população de plantas de 65.000 plantas por hectare. Nas populações de 55.000 e 45.000 plantas por hectare, este não difere significativamente do DKB747 (Tabela 4). O AS1575 é um híbrido simples, caracterizado por maior potencial produtivo, porém apresenta maior exigência nutricional e maior custo de sementes. Utilizando a mesma população de plantas com o DKB 747, obteve-se valores semelhantes de produtividade com o menor custo das sementes.

Tabela 4 - Produtividade de grãos de milho consorciado com *Brachiaria brizantha*, em função do modo e densidade de plantio

Híbrido	Espaçamento 0,5 m	Espaçamento 0,75 m	Espaçamento 1,0 m
-	(65.000 planta ha ⁻¹)	(55.000 planta ha ⁻¹)	(45.000 planta ha ⁻¹)
AS1575	7.362aA	6.000aB	4.075aC
DKB747	4.343bA	5.307aA	4.261aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O aumento da produtividade de grãos com a redução do espaçamento entre linhas é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição por luz, água e nutrientes entre as plantas na linha, devido à sua distribuição mais equidistante (Argenta et al., 2001). O AS 1575 é um híbrido simples que possui arquitetura foliar moderna, o que possibilita o seu cultivo com maior população de plantas, conforme recomendado pela empresa produtora de sementes. 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).

Tabela 5 - Produtividade de grãos de milho consorciado com *Brachiaria brizantha*, em função do modo e densidade de plantio

Híbrido	Espaçamento - 0,5 m	Espaçamento - 0,75 m	Espaçamento - 1,0 m
-	(55.000 planta ha ⁻¹)	(55.000 planta ha ⁻¹)	(55.000 planta ha ⁻¹)
AS1575	4.749 Ba	6.138 Aa	5.316 Ba
DKB747	3.328 Bb	5.424 Aa	5.146 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O híbrido DKB 747 apresentou menor produtividade, quando comparado ao AS1575, com redução do espaçamento e aumento da população de plantas (Tabela 4). A população ideal depende do cultivar, da fertilidade do solo, da disponibilidade hídrica e da época de semeadura. Desse modo, a produtividade tende a se elevar com o aumento da população, até atingir determinado número de plantas por área, considerado como população ótima (Dourado Neto et al., 2003). O híbrido DBK747 apresenta maiores valores de produtividade na população de 55.000 plantas por hectare – população recomendada para o híbrido (Tabela 4). As populações de 65.000 e 45.000 plantas por hectare promoveram menor produtividade em função da arquitetura foliar da planta, que possui folhas com maior ângulo de inserção, proporcionando maior competição por luz e pelo estande inadequado, respectivamente.

O volume de madeira produzido pelas plantas de eucalipto não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 3), indicando não haver interferência do consórcio milho-braquiária sobre o crescimento inicial do eucalipto. A ausência de interferência está relacionada à distância entre as plantas de milho e eucalipto. As fileiras de milho foram estabelecidas a 1,0 m das plantas de eucalipto nos espaçamentos de 0,5 e 1,0 m e a 0,6 m reduzindo a competição entre as espécies.

Estudos realizados em sistema agroflorestal no Estado do Mato Grosso do Sul mostraram que a redução da distância entre as fileiras de milho e do eucalipto causou prejuízo ao desenvolvimento do eucalipto. O espaçamento de 0,45 m entre as fileiras provocou drástica redução no crescimento do eucalipto (Daniel et al., 2004). À medida que se aumenta o número de fileiras de milho entre as do eucalipto, o crescimento deste é prejudicado (Moniz et al., 1987).

No cultivo consorciado, o menor número de árvores/ha (416) e a menor competição entre as plantas proporcionam ganho mais rápido de diâmetro. Aos nove anos é possível a colheita de madeira para a produção de postes para eletrificação, e aos

12 anos, de toras acima de 30 cm de diâmetro para serraria. Esses produtos têm valor agregado, que pode chegar a seis vezes o da madeira para energia (carvão). Esse valor agregado, somado às receitas com as da lavoura e da pecuária, compensa o maior volume de madeira produzido no sistema convencional (3 x 2) (Trecenti, 2010).

A redução do espaçamento entre as fileiras de milho reduziu o crescimento das plantas de braquiária avaliadas na colheita do milho (130 DAT) (Tabela 3). Essa redução foi ocasionada pela diminuição da incidência luminosa em função do menor espaçamento adotado. Esses resultados corroboram os obtidos por Borghi et al. (2007), em que a redução do espaçamento entre as fileiras de milho de 0,9 para 0,45 m promoveu redução no crescimento da braquiária. Nos espaçamentos de 0,75 e 1,0 m também houve a semeadura de braquiária a lanço após a emergência do milho. A braquiária aplicada a lanço na área promoveu melhor distribuição de plantas e possibilitou maior aproveitamento da luz nesses espaçamentos. Em geral, tem se observado que, nos mais variados arranjos de plantio, maior produtividade da forrageira é obtida nos maiores espaçamentos e quando esta é semeada ou aplicada a lanço na entrelinha. Borghi (2008), avaliando a formação de pastagem de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho cultivado nos espaçamentos de 0,45 e 0,9 m, verificou maior produção de matéria seca da forrageira no espaçamento de 0,9 m. Em relação aos arranjos de plantio, aqueles que propiciam o crescimento da forrageira na entrelinha do milho, geralmente, apresentam melhores resultados. Freitas (2005), avaliando arranjos de semeadura da braquiária consorciada com o milho, encontrou maior produtividade da forrageira no arranjo de duas linhas de braquiária na entrelinha do milho.

Havendo necessidade de utilização da pastagem logo após a colheita do milho, deve-se optar pelos espaçamentos de 0,75 ou 1,0 m, que propiciam a formação mais rápida da pastagem. No entanto, deve haver critério na entrada de animais na área, pois ela pode causar danos ao componente arbóreo. A entrada de animais de 350 kg cerca de 360 dias após o transplantio não causou dano às plantas de eucalipto. Nessa fase do sistema as plantas de eucalipto apresentavam, em média, 5,0 m de altura (Santos, 2009).

Não houve diferença na produção de matéria seca de braquiária avaliada ao 390 dias após o plantio (Tabela 6), mostrando que em todos os espaçamentos adotados houve boa formação da pastagem. As plantas avaliadas nessa época encontraram condições favoráveis ao seu desenvolvimento, em razão das chuvas ocorridas no período de novembro e dezembro e do longo período de descanso.

Tabela 6 - Produtividade da braquiária (kg ha⁻¹) consorciada em diferentes espaçamentos

Híbrido	Espaçamento (m)	Dias após o plantio			
		130	390	450	510
AS 1575	0,50	1.100 B	5.833 A	2.708 AB	12.166 A
	0,75	3.263 A	6.252 A	3.361 AB	9.122 AB
	1,00	3.695 A	6.850 A	4.169 A	5.911 B
DKB 747	0,50	1.025 B	4.584 A	1.896 B	6.167 B
	0,75	2.511 A	7.760 A	3.406 AB	7.839 AB
	1,00	3.224 A	6.528A	3.152 AB	6.022 B

Em cada híbrido avaliado, as médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na avaliação feita aos 450 dias após o plantio, o espaçamento de 0,5 m apresentou menor acúmulo de forragem em relação aos demais (Tabela 6). Entre o período de 390 e 450 dias após o plantio, foram inseridos nove animais na área experimental, e nela permaneceram por cinco dias. O maior dano ocasionado pelo pastejo no espaçamento de 0,5 m aos 450 dias após o plantio deve-se à menor biomassa da forrageira no momento do pastejo. A menor produção de forragem resultou em menor massa de bocado, o que ocasionou aumento do número de bocados realizados por unidade de tempo (taxa de bocados) e aumento do tempo gasto com a atividade de pastejo. A avaliação realizada aos 510 dias após o plantio revelou grande capacidade de recuperação da forrageira no espaçamento de 0,5 m. Essa estabilidade da produção para uma amplitude relativamente grande de condições de pasto foi resultado de um processo dinâmico de compensação entre número e tamanho de perfilhos. As áreas de pastos mais baixos contêm maior densidade populacional de perfilhos pequenos, e as de pastos mais altos, menor densidade populacional de perfilhos grandes. Pastos mantidos mais baixos mostraram recuperação mais rápida da produção de forragem após o inverno que pastos mantidos mais altos; durante o verão, pastos mantidos mais altos produziram significativamente mais que pastos mais baixos (Sbrissia, 2004).

CONCLUSÕES

A resposta do rendimento de grãos de milho à redução do espaçamento entre linhas é influenciada pelo híbrido e pela densidade das plantas.

A redução no espaçamento entre fileiras do milho reduz o crescimento da braquiária.

O espaçamento de 0,75 m entre fileiras de milho, proporciona melhor aproveitamento da área com a utilização da semeadora adubadora de três linhas.

O cultivo do milho a 0,6 e 1,0 m das plantas de eucalipto não interfere no crescimento do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e pelas bolsas concedidas.

LITERATURA CITADA

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

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, 2005.

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

BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS, JR. B. A. Produção de matéria seca e composição química da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em sub-bosque de angico vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, 1997.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO

SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.125-135. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

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.

DANIEL, O.; BITTENCOURT, D.; GELAIN, E. Avaliação de um sistema agroflorestal eucalipto-milho no Mato Grosso do Sul. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2004.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **R. Bras. Milho Sorgo**, v. 2, p. 63-77, 2003.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaços 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.

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

KUCSEVA, C. D.; BALDUENA, O.; STHARINGER, R.; SLANAC, A. L. Efeito de la provision de sombra o su falta sobre el confort em terneros destetados precozmente. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, v. 25, p. 123-129, 2004.

MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MONIZ, C.V.D. **Comportamento inicial do eucalipto (*Eucalyptus torelliana*) em plantio consorciado com milho (*Zea mays*) no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 1987.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. A.; SILVA, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E. M.. **Sistema Barreirão: recuperação/ renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 87 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 64).

PIRES, M. F. A.; SALLA, L. E.; PACIULO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MOSTARO, L. E.; AROEIRA, L. J. Comportamento de novilhas mestiças Holandês x Zebu manejadas em pastagens de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **ALPA**, 2007.

SANTOS, M. V. **Renovação de pastagem em plantio direto e sistema agrosilvipastoril**. 127 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2009.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) – Piracicaba, ESALQ, 2004.

TRECENTI, R. Experiências no desenvolvimento da ILPF no cerrado. **Simpósio de Integração Lavoura Pecuária Floresta: Alternativa para a produção sustentável nos trópicos**. Montes Claros: UFMG, p. 65-72.

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.

WONG, C. C.; STUR, W. W. Persistence of an erect and prostrate paspalum species as affected by shade and defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1993, Nice. **Proceedings...** Nice, 1993. p. 2059-2060.