

MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS

**IMPACTO DO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA NO CRESCIMENTO,
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FISIOLÓGICAS DO MILHO E NA
ATIVIDADE DA MICROBIOTA DO SOLO**

Tese 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
2013

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

T

F866i
2013

Moreira de Freitas, Marco Antonio, 1986-

Impacto do consórcio milho-braquiária no crescimento,
características nutricionais e fisiológicas do milho e na atividade
da microbiota do solo / Marco Antonio Moreira de Freitas. —
Viçosa, MG, 2013.

ix, 78f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Antonio Alberto da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Milho. 2. Plantas forrageiras. 3. Cultivo consorciado.
4. Solo - Uso. 5. Herbicidas. 6. Fotossíntese. 7. Sustentabilidade.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.15

MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS

**IMPACTO DO CONSÓRCIO MILHO-BRAQUIÁRIA NO
CRESCIMENTO, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E
FISIOLÓGICAS DO MILHO E NA ATIVIDADE DA MICROBIOTA DO
SOLO**

Tese 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: 13 de novembro de 2013.

Tocio Sedyama

Evander Alves Ferreira

José Eustáquio de Souza Carneiro

Paulo Roberto Cecon

Antonio Alberto da Silva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida, e por ter feito dar tempo nessa correria toda.

Aos meus pais Sônia e Manuel, e irmão Márcio pelo amor, carinho e total apoio sempre, sem os quais nada teria sido possível na minha vida.

Ao Professor Antonio Alberto da Silva, pela oportunidade, confiança, atenção, apoio, sugestões e compreensiva orientação.

Aos professores Lino Roberto Ferreira e Paulo Roberto Cecon pela colaboração e atenção dedicada durante a realização deste trabalho.

A todos meus familiares e amigos pelo apoio e o fato de sempre estarem à disposição para ajudar em qualquer ocasião.

A toda equipe daninhas, pelo auxílio no desenvolvimento dos trabalhos e pela amizade e o companheirismo de sempre. Não fiz nada sozinho, sem vocês nada teria sido realizado.

Um agradecimento especial ao Daniel Valadão, Gustavo Antonio, Fernanda pela ajuda e contribuição direta no desenvolvimento desse trabalho.

E claro às meninas da secretaria da pós-graduação da fitotecnia, Rafaela e Tatiane, extremamente prestativas, atenciosas e competentes, me salvando sempre. Sem palavras para agradecer, pela ajuda depois desses 28 meses incomodando-as.

Ao departamento de Fitotecnia, e à UFV pela oportunidade de aprendizado.

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e bolsa de estudo concedida.

BIOGRAFIA

MARCO ANTONIO MOREIRA DE FREITAS, filho de Manuel Helvécio Lopes de Freitas e Sônia Bastos Moreira de Freitas, nasceu em 11 de setembro de 1986, no município de Viçosa, Minas Gerais.

Em dezembro de 2004, concluiu o Ensino Médio no Colégio de Aplicação-COLUNI, Viçosa - MG.

Em janeiro de 2010, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em janeiro de 2010, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Julho de 2011. No mesmo ano ingressou no Doutorado no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, na mesma universidade, submetendo-se à defesa de tese em 13 novembro de 2013.

ÍNDICE

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 LITERATURA CITADA.....	5
2. TEORES DE NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE GRÃOS DE MILHO CONSORCIADO COM <i>Urochloa brizantha</i> COM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS.....	7
2.1 RESUMO.....	7
2.2 ABSTRACT.....	8
2.3 INTRODUÇÃO.....	9
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
2.6 LITERATURA CITADA.....	21
3. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO CONSORCIADO <i>Urochloa brizantha</i>, COM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM APLICAÇÃO DE NICOSULFURON.....	24
3.1 RESUMO.....	24
3.2 ABSTRACT.....	25
3.3 INTRODUÇÃO.....	26
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.6 LITERATURA CITADA.....	38
4. ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO NO CONSÓRCIO MILHO – <i>Urochloa brizantha</i> COM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM APLICAÇÃO DE HERBICIDA.....	40
4.1 RESUMO.....	40
4.2 ABSTRACT.....	41
4.3 INTRODUÇÃO.....	43
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.6 LITERATURA CITADA.....	57

5. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E RENDIMENTO DO MILHO CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS.....	60
5.1 RESUMO.....	60
5.2 ABSTRACT.....	61
5.3 INTRODUÇÃO.....	62
5.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
5.6 LITERATURA CITADA.....	75
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78

RESUMO

FREITAS, Marco Antonio Moreira de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2013. **Impacto do consórcio milho-braquiária no crescimento, características nutricionais e fisiológicas do milho e na atividade da microbiota do solo.** Orientador: Antonio Alberto da Silva. Co-orientador: Lino Roberto Ferreira.

O cultivo consorciado do milho com espécies forrageiras é prática comum por permitir melhor uso da terra e sustentabilidade do sistema agrícola. Porém a competição entre culturas que apresentam similaridades nos processos fotossintéticos, se não controlada adequadamente, pode inviabilizar economicamente este sistema de cultivo. Deste modo, para se obter sucesso no consórcio milho-braquiária é necessário garantir a vantagem competitiva inicial do milho pelos recursos naturais, especialmente a luz. Para isso ocorrer deve-se adequar o espaçamento entre linhas da cultura à densidade de semeadura e a taxa de crescimento inicial da forrageira. Esta pode ser feita com aplicações de subdoses de herbicidas. Nesta pesquisa foram avaliados os efeitos de espaçamentos entre linhas do milho associado a densidades de semeadura da *Urochloa brizantha*, com e sem aplicação do herbicida para redução da taxa de crescimento da forrageira, sobre o crescimento, características fisiológicas, produtivas, teores de nutrientes nas plantas de milho. Foram ainda avaliados os efeitos desses tratamentos na atividade da microbiota do solo por meio de indicadores microbiológicos, tendo como objetivo comprovar a sustentabilidade desse sistema agrícola. Para isso, foram realizados dois experimentos; um com milho cultivado no espaçamento de 0,50 m e o outro com 1,0 m entre linhas. Os tratamentos casualizados em blocos, com quatro repetições e arranjados da mesma maneira nos dois experimentos, em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator a dose aplicada do herbicida nicosulfuron (0 e 8 g ha⁻¹) e como segundo as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg de sementes por hectare). Os atributos microbiológicos do solo foram avaliados apenas no experimento com espaçamento de 0,5 m entre linhas do milho. Para as avaliações microbiológicas as amostras de solo de solo rizosférico foram coletadas por ocasião do florescimento do milho visando determinar a taxa respiratória, o carbono associado à biomassa microbiana, o quociente metabólico, a diversidade e número

de esporos, a glomalina total e a glomalina facilmente extraível, e também foram coletadas as raízes mais finas do milho para determinação das porcentagens de colonização dessas por hifas. O acúmulo da matéria seca da parte aérea e área foliar do milho foram alteradas negativamente quando o milho foi cultivado no espaçamento de 1,00 m, enquanto que a altura de plantas aumentou. O aumento da densidade de semeadura da braquiária reduziu em até 15% a produtividade do milho. Todavia, esta redução foi três vezes inferior quando foi aplicado o 1/5 da dose recomendada do nicosulfuron (8 g ha^{-1}). Os teores de nitrogênio foliar no milho responderam de forma inversa ao aumento da densidade da forrageira no consórcio. O aumento da densidade da forrageira, no milho cultivado no espaçamento de 1,00 m entre fileiras promoveu a redução linear dos teores de P e K, independente da aplicação do nicosulfuron. Entretanto para o espaçamento de 0,50 m essa redução foi observada apenas na ausência do herbicida. Maiores valores para todas variáveis relacionadas à produção foram verificados com a redução do espaçamento e a aplicação do herbicida. As maiores densidade de semeadura da braquiária e a aplicação do herbicida interferiram nos indicadores microbiológicos do solo. A redução do espaçamento do milho aliada a aplicação da subdose do nicosulfuron, reduziu os efeitos negativos da interferência da *U. brizantha* sobre a nutrição e produção do milho. Conclui-se que independente do espaçamento entre linhas do milho consorciado com as maiores densidades de forrageira, o nicosulfuron aplicado na dose de 8 g ha^{-1} mostrou-se eficiente para reduzir a taxa de crescimento da *U. brizantha* e otimizar o crescimento e desenvolvimento do milho garantindo a sustentabilidade do sistema de cultivo.

ABSTRACT

FREITAS, Marco Antonio Moreira de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, november, 2013. **Impact of farming system intercropped on growth, in nutritional characteristics of corn and activity of soil microbiota.** Adviser: Antonio Alberto da Silva. Co-adviser: Lino Roberto Ferreira.

The intercropping of maize with forage species is common practice to allow better land use and sustainability of the agricultural system. However, the competition between cultures that have similarities in photosynthetic processes, if not controlled properly, can derail economically this cultivation system. Thus, to succeed in the consortium corn signalgrass is necessary to ensure the initial competitive advantage of corn over natural resources, especially light. For this to occur should adjust the spacing between rows of trees to plant density and the initial rate of forage growth. This can be done with sublethal herbicide applications. This research evaluated the effects of row spacing of corn associated with seeding densities of *Urochloa Brizantha* with and without herbicide application to reduce the rate of growth of forage on growth, physiological characteristics, production, nutrient contents in plants corn. We also assessed the effects of these treatments on soil microbes by microbiological indicators, aiming to demonstrate the sustainability of this farming system activity. For this, two experiments were conducted in a randomized block design with four replications: one with corn grown in the spacing of 0.50 m and the other with 1.0 m between rows. Treatments were arranged in the same way in both experiments, in a 2x4 factorial design, with the first factor to the dose applied nicosulfuron (0 and 8 g ha⁻¹) and as second the forage seeding rates (0, 2, 4 and 6 kg of seeds per hectare). Microbiological soil properties were evaluated only in the experiment with 0.5 m spacing between rows of corn. For microbiological analyzes soil samples of rhizosphere soil were collected during flowering maize to determine the respiratory rate, the carbon associated with microbial biomass, metabolic quotient, the diversity and number of spores, total glomalin and glomalin extracted easily, and were also collected the finer roots of corn to determine the percentages of colonization by these hyphae. The accumulation of dry matter of shoots and leaf area were negatively altered corn when corn was grown at a spacing of 1.00 m, while the height of plants increased. Increasing the seeding rate

brachiaria reduced by up to 15 % corn yield. However, this reduction was three times lower when applied to 1/5 the recommended dose of nicosulfuron (8 g ha^{-1}). The levels of foliar nitrogen on corn reverse responded to increased density of forage in the consortium. The increased density of forage maize grown in the spacing of 1.00 m between rows promoted the linear reduction of P and K, independent of the application of nicosulfuron. However, for the spacing of 0.50m this reduction was seen only in the absence of herbicide. Highest values for all variables related to production were observed with narrow row spacing and herbicide application. The highest density of seeding and herbicide application brachiaria interfered with microbiological indicators of soil. Narrow row spacing of corn combined application of suboptimal dose of nicosulfuron reduced the negative effects of the interference of *U. Brizantha* about nutrition and corn production.

1 - INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo consorciado entre o milho e forrageiras possibilita, o melhor uso do solo, permitindo que este seja explorado durante todo o ano ou, na maior parte dele. Além disso, favorece o aumento da oferta de grãos, carne e leite a menores custos garantindo a sustentabilidade do sistema agropecuário devido ao sinergismo criado entre lavoura e pastagem.

O diferencial de tempo e espaço, no acúmulo de biomassa entre as espécies, permite a realização do consórcio entre culturas produtoras de grãos e forrageiras tropicais (Kluthcouski & Yokoyama, 2003). De acordo com Jakelaitis *et al.* (2004), a competição existente entre as espécies se não manejadas adequadamente pode inviabilizar o cultivo consorciado. Deste modo, o conhecimento dos fatores que influenciam as vantagens competitivas iniciais das culturas em consórcio torna-se de grande importância no êxito da formação da pastagem no período de outono–inverno, e na produção satisfatória de grãos. A competitividade inicial entre as culturas consorciadas pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas (Oliveira et al., 1996), que retarda sobremaneira o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição. Pode-se também associar a estes métodos culturais aos métodos químicos que consistem na aplicação de herbicidas que vão inibir a taxa de crescimento da forrageira (Silva; Silva 2007).

Deste modo, o posicionamento das cultivares de acordo com sistema de produção (espaçamento e a profundidade de semeadura, o volume e a época de irrigação, a quantidade e a localização da adubação e a época de semeadura) e aos fatores climáticos são condições essenciais para o sucesso do sistema de cultivo consorciado (Oliveira et al., 1996). Todavia, para que essas decisões sejam tomadas são necessários conhecimento das limitações (pontos fortes e fracos) de cada espécie que compõe o sistema.

Outra grande aplicação do plantio de culturas anuais em rotação, ou em consórcios com espécies forrageiras, tem sido a formação e reforma de pastagens no sistema integrado agricultura pecuária. Nesta situação, culturas de interesse econômico são exploradas, visando a redução dos custos de produção, principalmente com adubação, preparo do solo e controle de plantas daninhas (Souza Neto, 1993). Todavia, deve-se levar em conta que o potencial competitivo das plantas, pelos recursos do meio,

variam 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 da cultura, bem como das características competitivas das cultivares (Galon et al., 2007).

A espécie *U. brizantha* é apontada como excelente forrageira tropical. Contudo, em condições de plantio de milho solteiro, é considerada uma planta daninha, pois se não manejada corretamente pode causar severa redução na produtividade da cultura. Entretanto, devido ao seu potencial forrageiro, a *U. brizantha* vem sendo utilizada no sistema de integração agricultura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação, ou na implantação de cultivos consorciados com culturas anuais. Este consórcio permite a diversificação da produção agropecuária, com a formação de pastagens para pecuária extensiva e/ou a formação de palhada. Todavia, Cobucci et al. (2001) relatam que o consórcio de *U. brizantha* com o milho afeta negativamente a produtividade da cultura. Jakelaitis et al (2005) comprovaram que aplicações de subdoses do nicosulfuron permitiu ótimo crescimento e desenvolvimento milho com produtividade de grãos semelhante ao cultivo solteiro além de bom crescimento da forrageira.

Além da utilização de herbicidas em cultivos consorciados, a competição imposta pela braquiária às plantas de milho pode ser amenizada com a adoção de práticas culturais, como modificações no arranjo espacial dessas plantas (Oliveira et al., 1996), que retardam o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica.

Acredita-se que a competição das plantas de braquiária com as culturas possa limitar o fornecimento de alguns recursos para a cultura, ocasionando deficiências que culminam em alterações nas características fisiológicas relacionadas com a fotossíntese, como a deficiência hídrica (Floss, 2008), nutricional (Melo et al., 2006) e baixa qualidade ou quantidade de luminosidade (Sharkey & Raschke, 1981). Essas limitações podem levar a alterações na condutância estomática, concentração interna de gases com consequências na eficiência fotossintética e no uso eficiente da água. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂, a água é perdida pela transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera (Concenço et al., 2008). Outros fatores importantes que influenciam estes processos são o espaçamento, a densidade de plantas e as características morfológicas das plantas do milho. Por essas razões a densidade de semeadura e o espaçamento do milho foram alterados ao longo do tempo. Isto ocorreu à medida que modificações de ordem

genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram incorporadas nas plantas pelos programas de melhoramento, concomitantemente com as mudanças no manejo da cultura. Os híbridos lançados a partir da década de 1990 foram selecionados sob altas densidades de plantas, tendo-se tornado, também, mais tolerantes aos estresses ocasionados por deficiência hídrica ou nutricional (Duvick, 1997).

A redução do espaçamento de semeadura entre linhas propicia melhor distribuição espacial de plantas de milho (Sangoi et al., 2002) e melhor produção de grãos aliada à maior cobertura do solo. Além disso, a consorciação das forrageiras pode promover a supressão na emergência das plantas daninhas, em virtude do rápido crescimento dessas espécies após a colheita da cultura produtora de grãos (Jakelaitis et al., 2004; Freitas et al., 2005).

Dentre os herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas na cultura do milho, destacam-se o atrazine e alguns herbicidas do grupo químico das sulfoniluréias, como o nicosulfuron (Zagonel, 2002). Esse herbicida é utilizado no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas nas doses de 40 e 50 g ha⁻¹, apresenta Koc médio 30 mg L⁻¹ e meia vida de 21 dias (Rodrigues & Almeida, 2011). Age inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), que é a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) em plantas e micro-organismos (Anderson et al., 1998).

A seletividade das sulfoniluréias para as culturas é devido a metabolização a taxas diferenciadas pelas plantas (Sweetser; Schhow; Hutchenson, 1982; Carey; Penner; Kells, 1997) e nas velocidades de absorção e translocação nos vegetais.

Espécies tolerantes como o milho detoxicam rapidamente estes herbicidas, transformando-os em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monoxigenase em reações de hidroxilação e glioxilação (Fonne-Pfister et al., 1990).

A atividade da microbiota no solo constitui importante fator que influencia no comportamento de herbicidas. A taxa de dissipação dessas moléculas no ambiente é obtida em função da interação existente entre os micro-organismos, os substratos e os constituintes do solo (Aislabie & Lloyd-Jones, 1995). A taxa de evolução de CO₂ do solo tem sido utilizada como parâmetro para determinação da atividade e da biomassa microbiana do solo. A biomassa microbiana é responsável pela decomposição e acúmulo de matéria orgânica, além das transformações envolvendo nutrientes minerais ou compostos no solo. Esta tem sido proposta como medida sensível para avaliação de distúrbios no solo, principalmente daqueles resultantes da aplicação de substâncias

xenobióticas. Pesquisas indicam que herbicidas afetam negativamente os microorganismos do solo (Kinney et al., 2005; Santos et al., 2005), no entanto, tais estudos ainda são escassos em condições de clima, sistemas de cultivo e solos tropicais.

Com objetivo de desenvolver um sistema de consórcio do ponto de vista econômico e sustentável avaliou-se nessa pesquisa os efeitos das densidades de semeadura de *Urochloa brizantha* cultivada em consórcio com o milho, com e sem a aplicação de subdoses de nicosulfuron sobre o crescimento, características nutricionais, fisiológicas, e produtivas do milho, e também sobre os indicadores biológicos da atividade da microbiota do solo.

1.1 - LITERATURA CITADA

AISLAYLABIE, J.; LLOYD-JONES, G. A.A review of bacterial degradation of pesticides. **Aust. J. Soil Res.**, v. 33, n. 6, p. 925-942, 1995.

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

CAREY, J.B.; PENNER, D.; KELLS, J.J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n.1, p. 22-30, 1997.

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).

FLOSS, E. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 4 ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733p.

FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, J.; KREUZIK.; RAMSTEINER,K.; EBERT, E. Hydroxylation of primisulfuron by inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 37, n.1, p. 165-173, 1990.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, p.49-58, 2005.

GALON, L.et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, p.709-718, 2007.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F.; FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v.22, p.553-560, 2004.

KINNEY, C. A.; MANDERNACK, K. W.; MOSIER, A. R. Laboratory investigations into the effects of the pesticides mancozeb, chlorothalonil, and prosulfuron on nitrous oxide and nitric oxide production in fertilized soil. **Soil Biol. Biochem.**, v. 37, p. 837-850, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.131-141.

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

MELO, A. S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, p.733-741, 2009.

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

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

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos autores, 2011. 697 p.

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, p.101-110, 2002.

SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SWEETSER, P.B.; SCHOW, G.S.; HUTCHENSON, J.M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 18, n.1, p. 18-23, 1982.

SOUZA NETO, J.M. Formação de pastagem de *Brachiaria brizantha* c.v. Marandu com o milho como cultura acompanhante. **Dissertação de mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 1993. 58p.

VIDAL, R.A.; SPADER, V.; FLECK, N.G.; MEROTTO JR., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, p.63-69, 2004.

ZAGONEL, J. Eficácia do Equip Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho em plantio direto. **Boletim Informativo**, SBCPD, v. 8, n. 2, p. 27-32, 2002.

2 – TEORES DE NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE GRÃOS DO MILHO CONSORCIADO COM *Urochloa brizantha* EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

2.1 - RESUMO

A competição entre milho e forrageira pode inviabilizar economicamente o consórcio pela redução na produção de grãos do milho e de matéria seca da forrageira. Na busca por definir arranjos de plantas que permitam tornar esse sistema mais eficiente realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos da interferência de densidades de *Urochloa brizantha* na nutrição e massa de grãos do milho. Foram realizados dois experimentos de campo no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados de modo semelhante nos dois experimentos, em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator a dose aplicada do herbicida nicosulfuron (0 e 8 g ha⁻¹) e o segundo as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg de sementes por hectare). A interferência da braquiária reduziu os teores foliares de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio nas plantas de milho consorciadas com a forrageira. Maiores valores de produção de grãos foram verificados com a redução do espaçamento e a aplicação da subdose recomendada do herbicida (e 8 g ha⁻¹). Concluiu-se que independente da densidade de semeadura da *U. brizantha* a redução do espaçamento entre linhas do milho aliada à aplicação da subdose do nicosulfuron causou efeito positivo por reduzir o crescimento inicial da forrageira, resultando em menor interferência da *U. brizantha* no acúmulo de nutrientes pelas plantas de milho e na produtividade de grãos da cultura.

Palavras chave: nicosulfuron, competição, espaçamento.

LEVELS OF NUTRIENTS AND GRAIN YIELD OF CORN WITH INTERCROPPED *Urochloa brizantha* IN DIFFERENT ARRANGEMENTS OF PLANTS

2.2 – ABSTRACT

Competition between corn and forage can economically cripple the consortium by the reduced production of maize and dry matter content of the forage. In seeking to define plant arrangements, which make this system more, efficient was held this research with the objective of evaluating the effects of interference densities *Urochloa Brizantha* nutrition and grain yield of corn. Two field experiments were conducted in a randomized complete block design with four replications. Treatments were arranged similarly in both experiments, in a 2x4 factorial design, with the first factor to the applied nicosulfuron (zero and 8 g ha⁻¹) and according to the forage seeding rates (zero, 2, 4 and dose 6 kg of seeds per hectare). The interference of brachiaria reduced foliar nitrogen, potassium, phosphorus and calcium in plants intercropped with maize forage. Higher values of grain yield were observed with the reduction of the spacing and the application of the herbicide recommended underdosing (and 8 g ha⁻¹). It was concluded that regardless of the seeding density of *U. Brizantha* reducing the spacing combined with the application of suboptimal dose of nicosulfuron corn caused positive effect by reducing the initial forage growth, resulting in less interference of *U. Brizantha* on nutrient uptake by corn plants and grain yield of the crop.

Key words: nicosulfuron, competition, spacing.

2.3 – INTRODUÇÃO

O uso de culturas anuais em rotação, ou em consórcios com espécies forrageiras, tem-se constituído numa das principais estratégias de formação e reforma de pastagens no Brasil. Diversas culturas de interesse econômico têm sido exploradas, com o objetivo de amenizar os custos de produção da pastagem (Souza Neto, 1993). Em consórcio com forrageiras, especificamente do gênero *Urochloa*, várias culturas têm sido empregadas, porém existe uma preferência pelo milho, devido à sua tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados a diferentes regiões ecológicas do Brasil e à excelente adaptação nesse sistema de manejo.

O cultivo simultâneo de duas espécies promove a competição pelos recursos de crescimento como água, luz e nutrientes que pode resultar na redução da produtividade. Essa mutua interferência entre as plantas varia em função da espécie presente na área (Rigoliet al., 2008), do nível populacional (Vidal et al., 2004), da época da emergência (Silva et al., 2009), bem como pelas características competitivas das cultivares (Galon et al., 2007).

No caso do cultivo consorciado a competitividade pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas (Oliveira et al., 1996), retardando o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica.

A redução do espaçamento entre linhas do milho contribui para o melhor aproveitamento da radiação solar e o sombreamento mais rápido do solo (Sangoi et al., 2002). Todavia, acredita-se que o plantio da braquiária na linha do milho pode potencializar a competição entre as espécies sendo necessário o uso de herbicidas aplicados em subdoses visando reduzir a taxa de crescimento da forrageira até que essa seja sombreada pela cultura (Jakealitis et al., 2004).

As forrageiras podem interferir no estado nutricional das culturas e consequentemente na produtividade final de grãos, sendo a magnitude desta interferência dependente das condições do solo e clima, dos cultivares utilizados e do manejo empregado (Silva et al., 2004). O consórcio entre a cultura do milho e a forrageira será viável quando essas plantas possuírem taxa de crescimento inicial diferenciado e picos de demandas nutricionais em fases distintas. Tornando, dessa

forma, possível atender às exigências das diferentes espécies sem exceder a taxa máxima pela qual os nutrientes podem ser supridos pelo solo (Willey, 1979).

A habilidade em retirar os nutrientes do solo e as quantidades requeridas variam não só com o cultivar, mas também com o grau de competição (Carvalho et al., 2011). Neste sentido as informações obtidas na análise nutricional das plantas se tornam imprescindíveis para conhecimento das diferentes interações entre as espécies em consórcio. Além disso, esses resultados podem ser utilizados para se planejar novos arranjos de plantio que favoreçam o pleno desenvolvimento das espécies em momento oportuno.

Desta maneira, objetivou-se quantificar a interferência de arranjos de plantas de milho associado a densidade de semeadura de *U. brizantha* com e sem a aplicação do herbicida nicosulfuron no teor de nutrientes e na produção de grãos do milho.

2.4 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em condição de campo na Estação Experimental Professor Clibas Vieira, pertencente ao campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, durante os meses de outubro de 2011 a abril de 2012 em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A adubação foi realizada de acordo com análise prévia do solo (Tabela 1) e seguindo as recomendações para a cultura do milho (Fancelli & Dourado Neto, 2008) aplicou-se 400 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (NPK), distribuídos na linha de plantio do milho. A adubação de cobertura foi realizada aplicando-se de 120 kg de N na forma de uréia aos 40 dias após a semeadura da cultura. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Geiger, 1961), com temperatura média anual de 21°C e precipitação média anual de 1.200 mm. As precipitações pluviais e temperaturas médias semanais ocorridas durante o período experimental estão apresentadas na Figura 1.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo da área experimental

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				---%---			dag/kg	
Argissolo	5,6	5,9	64	2,0	0,8	0,3	3,3	2,96	2,96	6,26	47	0	2,6
Características Físicas (%)													
Textura (%)	Argilosa	Argila = 43			Silte = 14			Areia =43					

Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997).

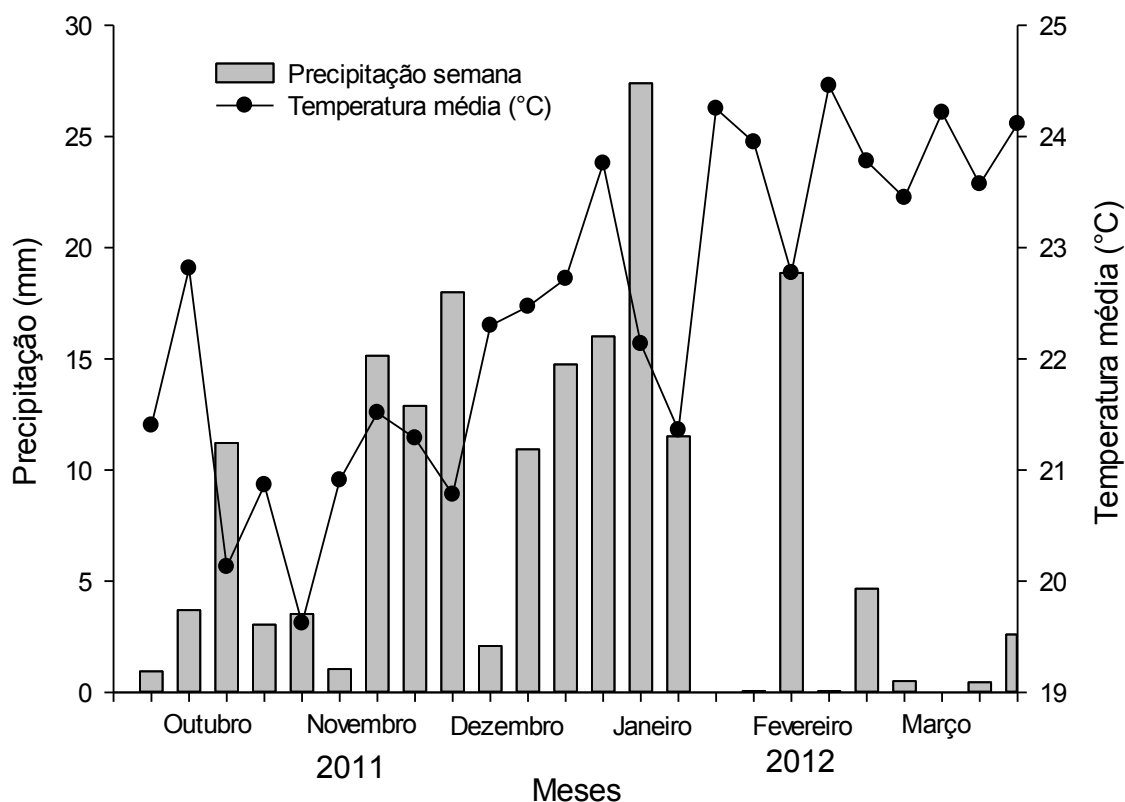


Figura 1: Precipitação pluvial e temperaturas médias semanais durante o período de condução dos experimentos.

Os dois experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. O primeiro ensaio foi realizado com o milho cultivado no espaçamento de 0,50 m entre fileiras e o segundo ensaio com 1,00 m entre as fileiras do milho, mantendo-se a população 60.000 plantas ha⁻¹ nos dois experimentos. Os tratamentos dos dois ensaios foram arranjados em esquema fatorial 2x4 sendo o primeiro fator a aplicação ou não da subdose do herbicida nicosulfuron (8,00 g ha⁻¹) e o segundo fator as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 Kg ha⁻¹).

A semeadura do milho foi feita no sistema de semeadura direta com prévia dessecação da área experimental com a aplicação da mistura em tanque dos herbicidas glyphosate (1080 g ha⁻¹) + 2,4-D (540 g ha⁻¹) aos sete dias antes do plantio das culturas. O híbrido de milho DKB 390 foi semeado no dia 20 de outubro de 2011 com uso de uma semeadora múltipla Semeato SHM 11/13, com cinco linhas de plantio para o espaçamento de 0,50 m, e três linhas de plantio para o espaçamento de 1,00 m.

Na mesma data de plantio do milho realizou-se também a semeadura manual da *Urochloa brizantha* (BRS Piatã) V.C = 76%. No experimento em que o milho apresentava espaçamento entre linhas de 0,50 m, a braquiária foi semeada na mesma linha da cultura e no ensaio de 1,00 m, a semeadura da forrageira foi realizada na linha e na entrelinha do milho, mantendo-se para os experimentos a mesma distancia de 0,50 m entre as linhas de forrageira. A quantidade de sementes de *U. brizantha* foi calculada respeitando as especificações de cada tratamento.

O controle das plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida atrazine na dose de 1500 g ha⁻¹ aos 20 dias após o plantio da cultura em todos os tratamentos do experimento, quando as plantas de milho encontravam-se com quatro a seis folhas completamente expandidas e as plantas de *U. brizantha* com três a cinco folhas.

As parcelas experimentais dos dois experimentos foram constituídas de 6 e 12 linhas de milho com 5 metros de comprimento para o ensaio no espaçamento de 1,00 m e 0,5 m, respectivamente. Quando o ensaio apresentava linhas espaçadas de 1,00 m a área útil da parcela correspondeu as 4 linhas centrais excluindo-se 1,00 m de comprimento de cada extremidade, perfazendo-se 12,00 m² de área. Para o espaçamento de 0,50 m avaliou-se as 8 linhas centrais sendo a área útil a mesma do outro experimento.

Aos 60 dias após a emergência (DAE), ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) coletou-se a folha oposta e abaixo da espiga superior de dez plantas de milho por parcela para avaliação do teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), e Calcio (Ca), e aos 150 dias após o plantio foram colhidas a área útil de cada parcela para avaliação da massa dos grãos do milho.

As folhas coletadas foram secadas em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) até atingir massa constante e posteriormente o moído (< 1,00 mm) e submetidos a análise nutricional. O N foi determinado por destilação Kjeldahl, após digestão sulfúrica do material vegetal (Tedesco et al., 1995). O material vegetal foi submetido à digestão nitro-perclórica para determinação dos teores de P por colorimetria (Braga e De Felipo, 1974), de K por espectrometria e emissão de chama e de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco et al., 1995).

Na ocasião da colheita do milho, realizou-se uma amostragem para determinação da matéria seca da braquiária nos dois experimentos. Para isso, foram realizadas aleatoriamente quatro amostragens, através do corte ao nível do solo da braquiaria, com

o uso de um quadrado metálico de 0,50 m de lado. Esse material foi seco em estufa com circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) até atingir massa constante, sendo posteriormente pesada a matéria seca de *U. brizantha* em balança de precisão 0,01 g.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para os fatores qualitativos as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para o fator quantitativo o modelo foi escolhido baseado na significância do coeficiente de regressão utilizando-se o teste t adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = S.Q.Reg/S.Q.Trat$) e no comportamento biológico observado.

Foi feita análise de variância conjunta dos dois experimentos para interpretação dos dados.

2.5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância para o teor de nitrogênio do milho constatou-se significância dos fatores densidade de braquiária e espaçamento (Tabela 2). As plantas cultivadas no maior espaçamento (1,00 m) apresentaram maior teor de N em relação às cultivadas a 0,5 m entre linhas (Tabela 3) contrariando resultados encontrados por Broghi & Crusciol, (2007), que não observaram diferença no teor de N do milho semeado nos espaçamentos de 0,45 e 0,90 m. Todavia a aplicação de nicosulfuron não alterou o acúmulo deste nutriente, independente da densidade de braquiária (Figura 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância correspondente aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca) e massa de grãos do milho (MGrãos) de milho em diferentes arranjos de plantas no consórcio

FV	GL	Quadrados médios				
		N	P	K	Ca	MGrãos
Blocos/Espaçamento	6	0,048	0,00012	0,0145	0,00624	18296,84
Espaçamento (E)	1	0,42*	0,0009*	0,404*	0,0039	31358,51
Herbicida (H)	3	0,012	0,0038*	0,266*	0,0175*	412806,20*
E x H	1	0,14	0,0016*	0,02042*	0,0201*	67383,51
Densidade (D)	3	0,24*	0,0016*	0,324*	0,0103*	148536,20*
E x D	1	0,051	0,000199	0,665	0,0073	34172,97
D x H	3	0,023	0,000512*	0,0204	0,0028	67983,45*
D x E x H	3	0,027	0,00036*	0,0732*	0,0119	32889,64
Resíduo	42	0,0445	0,00012	0,0221	0,0028	25124,45
CV %		7,33	3,73	9,39	12,08	7,28

*F significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3. Média do teor de nitrogênio, em dag kg⁻¹, nas plantas de milho cultivadas em nos espaçamentos de 0,5 e 1,00 m entre linhas.

Espaçamento	
1,00 m	2,95A
0,50 m	2,79B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

O aumento na densidade da *U. brizantha* promoveu redução linear no teor de N nas plantas de milho (Figura 2). Segundo Jakelaitis et al. 2006, os principais fatores responsáveis pela interferência de *U. brizantha* no rendimento do milho, são o rápido desenvolvimento do seu sistema radicular e elevada absorção de nitrogênio. Este nutriente no milho é o principal fator limitante da produção de grãos, assim como da produção de biomassa das demais poáceas forrageiras, especialmente as pertencentes ao gênero *Urochloa* (Abreu e Monteiro, 1999; Cecato et al., 2000). Dessa forma, conforme relatado por Rajcan e Swanton, 2001, a presença do agente competidor durante o desenvolvimento e crescimento inicial do milho pode afetar a disponibilidade de N no solo e sua distribuição na planta.

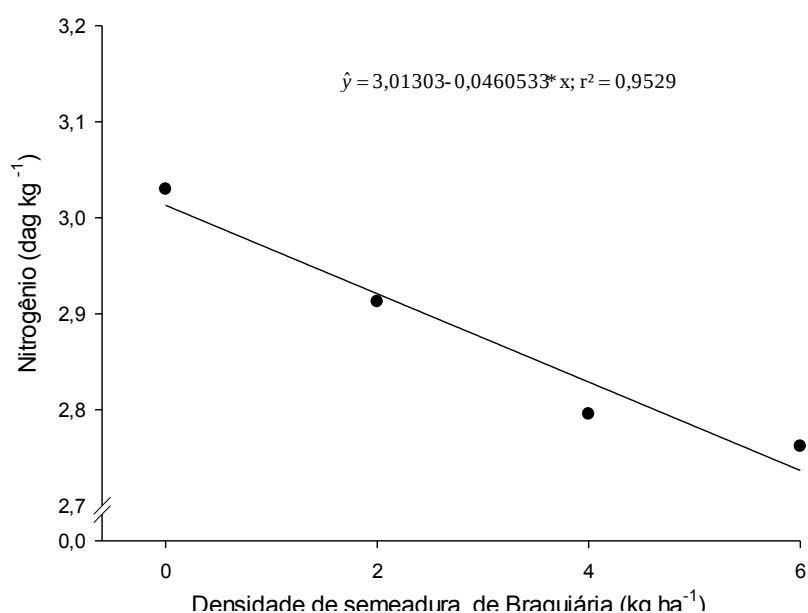


Figura 2: Teores de nitrogênio em folhas do milho cultivado em consórcio em função da densidade de semeadura da *U. brizantha*

Constatou-se interação significativa entre os fatores densidade de braquiária, espaçamento da cultura e aplicação de nicosulfuron para o teor de fósforo do milho (Tabela 2). Para o espaçamento de 1,00 m foi observado menores teores de P nas plantas de milho cultivadas na ausência da aplicação do herbicida, enquanto que, para o espaçamento de 0,50 m não houve diferença significativa (Tabela 4). Quando foi aplicado o herbicida, maiores teores de P foram encontrados no milho cultivado com 1,00 m entre linhas. Entretanto, na ausência da subdose de nicosulfuron não houve diferença entre os espaçamentos (0,50 e 1,00 m) para variável teor de fósforo em plantas de milho.

Tabela 4. Média do teor de fósforo, em dag kg^{-1} , nas plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio e na presença (Pres) e ausência (Aus) de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos							
	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m
Pres	0,334 Aa	0,303Ab	0,294 Aa	0,287 Aa	0,313 Aa	0,285 Ab	0,297 Aa	0,294Aa
Aus	0,298 Ba	0,294 Aa	0,289 Aa	0,293 Aa	0,275 Ba	0,289 Aa	0,274Ba	0,271Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A medida em que a densidade de semadura da *U. brizantha* foi aumentada observou-se redução linear nos teores de P em todos os tratamentos, exceto para o milho semeado no espaçamento de 0,50 m com aplicação do nicosulfuron (Figura 3). Esse resultado pode ser explicado pelo efeito inibitório desse herbicida no crescimento da braquiária aliado ao melhor controle cultural (Jakelaitis et al., 2005) exercido pela redução do espaçamento entre linhas do milho. De acordo com Borghi e Crusciol (2007), em condições de cultivo consorciado, é possível que a competição por nutrientes seja minimizada pela adoção de práticas que favoreçam o controle cultural de plantas daninhas.

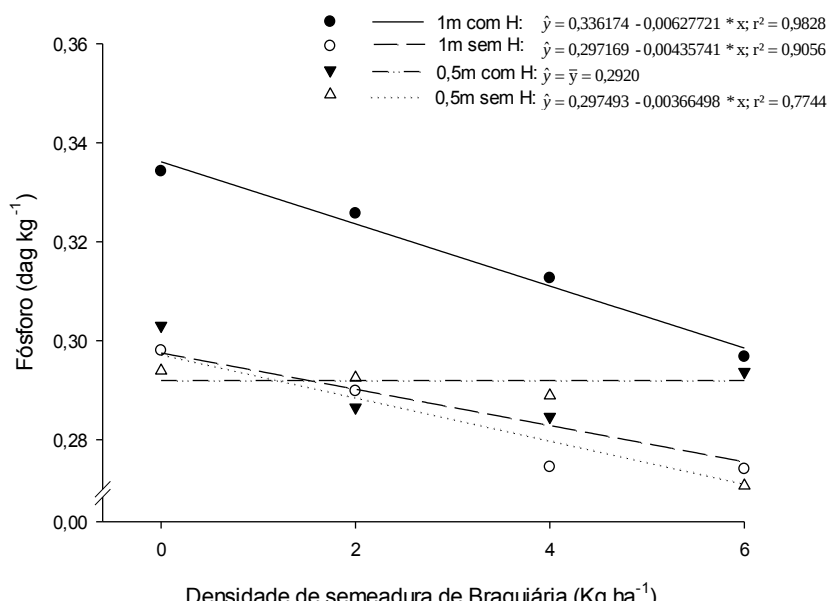


Figura 3: Teores de fósforo em folhas do milho cultivado em consórcio em função da densidade de semeadura da U. brizantha

Semelhante ao observado para o fósforo constatou-se para os teores de potássio (K) interação tripla dos fatores avaliados, todavia para o cálcio (Ca) observou-se interações duplas entre densidade x espaçamento e entre herbicida x espaçamento (Tabela 2). A aplicação de nicosulfuron proporcionou maiores valores nos teores de K e Ca do milho no espaçamento de 1,00 m enquanto no cultivo com espaçamento de 0,50 m não foi observada diferença estatística entre a aplicação do herbicida e a testemunha (Tabelas 5 e 6). Observa-se também que a semeadura de 0,50 m entre linhas do milho foi suficiente para permitir a obtenção de valores de potássio e cálcio estatisticamente semelhantes na ausência e na presença do herbicida.

O milho, diferentemente de outras espécies da família das poáceas, possui baixa capacidade de compensar espaços vazios, por raramente perfilhar e por apresentar limitada capacidade de expansão foliar (Sangoi et al., 2010). Sendo assim, a melhor distribuição das plantas na área por meio da redução do espaçamento entre linhas de semeadura pode favorecer absorção de alguns nutrientes por essa em relação a plantios menos adensados, além do controle cultural melhor exercido no plantio adensado do milho, que reduz o acúmulo inicial de biomassa da forrageira (Jakelaitis et al., 2005) e provavelmente sua demanda nutricional.

Tabela 5. Média do teor de potássio em dag kg⁻¹, nas plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio e na presença (Pres) e ausência (Aus) de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos (m)							
	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m
Pres	1,80 Aa	1,78 Aa	1,76 Aa	1,55 Ba	1,59 Aa	1,64 Aa	1,53 Aa	1,53 Aa
Aus	1,66 Aa	1,84 Aa	1,29Ba	1,82 Aa	1,33 Bb	1,56 Aa	1,07 Bb	1,59 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores foliares de K do milho foram reduzidos linearmente com o aumento da densidade de plantio da braquiária, independente do espaçamento e da aplicação do herbicida (Figura 4). A redução no conteúdo relativo de nutrientes em função da interferência promovida pelas plantas daninhas também foi relatada por outros autores para as culturas do café, abacaxi e cana-de-açúcar (Ronchi et al., 2003 e Catunda et al., 2006).

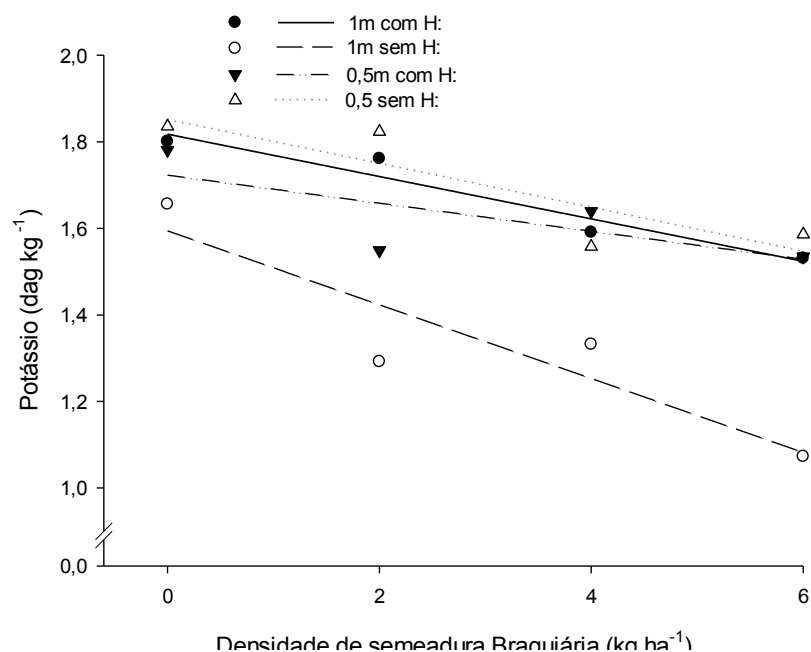


Figura 4: Teores de potássio em folhas do milho cultivado em consórcio em função da densidade de semeadura da *U. brizantha*

O aumento na densidade de semeadura da braquiária consorciada com o milho promoveu redução apenas nos teores de cálcio independente dos tratamentos aplicados às plantas de milho (Figura 5). Gimenes et.al. (2008) relataram que maiores densidades

de forrageira possibilitaram grande exploração do solo em superfície e volume e, consequentemente, intensificou os efeitos competitivos sobre as demais plantas do sistema.

Tabela 6. Média do teor de cálcio em dag kg^{-1} , nas plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron¹.

Espaçamento	Nicosulfuron (8 g ha^{-1})	
	Presença	Ausência
1,00 m	0,479 Aa	0,411 Ab
0,50 m	0,428 Ba	0,430 Aa

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

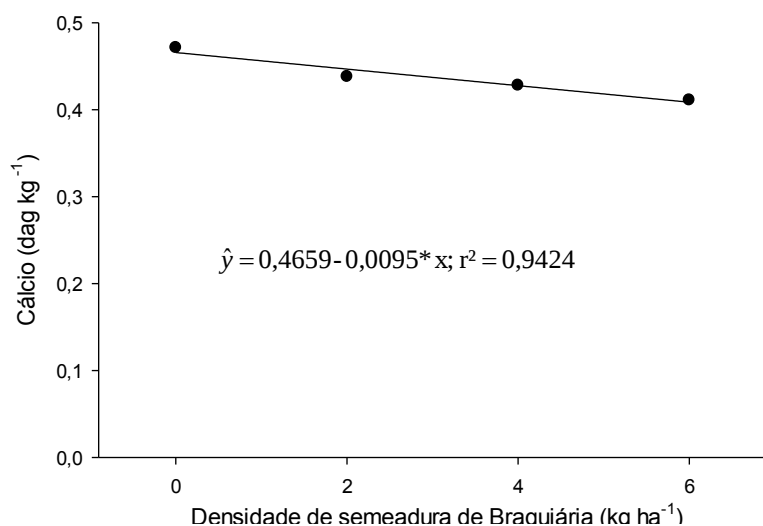


Figura 5: Teores de cálcio em folhas do milho cultivado em consórcio em função da densidade de semeadura da U. brizantha

O incremento na densidade da forrageira reduziu os valores da massa de grãos do milho (Figura 6). Esses resultados corroboram com os obtidos em diversos trabalhos (Cobuci et al. 2001; Freitas et al. 2005; Jakelaitis et al. 2008). A redução da massa de grãos do milho consorciado com a maior densidade de semeadura de forrageira em relação à testemunha de milho solteiro, na presença da subdose de nicosulfuron foi de aproximadamente 5%, enquanto que na ausência do produto a queda na produção superou os 15%. Este resultado pode ser explicado pela boa seletividade do milho ao

nicosulfuron e pela alta eficiência desse herbicida em reduzir o crescimento da *U. brizantha* quando aplicado em subdose (Petter et al. 2011).

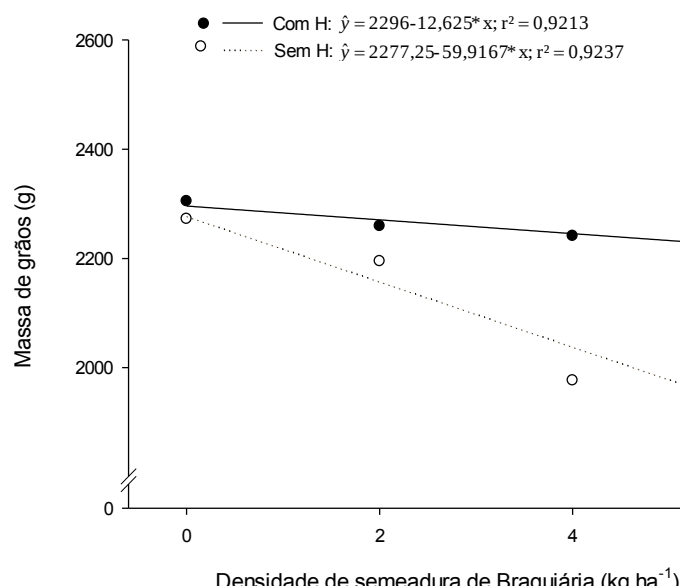


Figura 6. Massa de grãos de milho cultivados em consórcio submetidos ou não aplicação do herbicida nicosulfuron em função da densidade de plantio da braquiária.

Tabela 7. Média da matéria seca de grãos, em kg, das plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio consorciado com quatro densidades de *Urochloa brizantha*, na presença e na ausência de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8g ha ⁻¹)	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)			
	0	2	4	6
Presença	2305,00 A	2259,37 A	2241,25 A	2226,87 A
Ausência	2272,50 A	2195,00A	1976,67 B	1945,83 B

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Jakelaitis *et al.* 2006, constataram que quando o milho se estabelece antes da forrageira não há perdas no rendimento de grãos. Estes autores atribuem isso ao rápido estabelecimento do milho em relação à braquiária, tendo como consequência o domínio do milho sobre a forrageira devido a competição principalmente pela luz. No entanto, de acordo com estes mesmos autores as densidades mais elevadas de *U. brizantha* podem reduzir a produção da cultura sendo recomendado o manejo para evitar perdas significativas na colheita. Cobucci (2001) relatou também a necessidade em algumas situações do cultivo consorciado foi necessário o uso do herbicida nicosulfuron em subdoses para reduzir o crescimento da forrageira e, com isso, garantir o bom rendimento da cultura.

As quantidades extraídas de nutrientes pelas plantas de milho variam em função da produção obtida, além de outros fatores como variedade de milho, nível e disponibilidade de nutrientes, manejo da cultura e condições climáticas, entre outros que também afetam a extração de nutrientes por plantas dessa cultura.

Na tabela 7 estão apresentados os valores de matéria seca acumulada pelas plantas de *U. brizantha* cultivadas em diferentes densidades no sistema de consórcio com o milho. Observou-se que o aumento da densidade de semeadura da *U. brizantha* não proporcionou maiores valores de matéria seca para o tratamento com 0,50 m entre linhas do milho e presença da subdose do nicosulfuron. Constatou-se também que independente do espaçamento utilizado a aplicação do herbicida contribuiu para menor produção de matéria seca da braquiária.

Tabela 8. Matéria seca das diferentes densidades de semeadura de *Urochloa brizantha* coletada em um metro quadrado no sistema consorciado com o milho em dois espaçamentos com sem aplicação de subdose de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8g ha ⁻¹)	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)					
	2		4		6	
	Espaçamentos					
	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m
Presença	11,33 Aa	9,78 Aa	21,98 Aa	14,31 Ab	24,58 Aa	10,66 Ab
Ausência	19,51 Ba	14,71Bb	23,27 Ab	37,56 Ba	26,60 Ab	60,13 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Menores valores de matéria seca para as maiores densidades de semeadura da *Urochloa brizantha* (4 e 6 Kg ha⁻¹ de sementes) foram obtidos no consórcio com o menor espaçamento entre linhas do milho e com a aplicação do nicosulfuron em 1/5 da dose recomendada subdose (Tabela 7). Isso confirma o efeito positivo da redução do espaçamento entre fileiras do milho e da aplicação da subdose do herbicida na redução da taxa de crescimento inicial da forrageira e do potencial competitivo dessa com a cultura do milho em consórcio.

Concluiu-se que para se obter sucesso econômico neste sistema de cultivo consorciado é necessário atenção especial ao espaçamento das plantas de milho, à densidade de semeadura da forrageira e que a aplicação da subdose do nicosulfuron é uma alternativa importante para minimizar os efeitos competitivos das maiores densidades de *Urochloa brizantha* com o milho.

2.6 - LITERATURA CITADA

ABREU, J.B.R. & MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. *B. Ind. Animal*, 56:137-146, 1999.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos de plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.13, p.3-85, 1974.

BORGHI, E. & CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.163-171, 2007.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 301p.

CARVALHO, A.J. de; CARNEIRO, J.E. de S.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R.; SANTOS, M.V. 2011. Efeito da época de semeadura de *Brachiaria decumbens* e de dessecantes em pré-colheita sobre o rendimento de grãos do feijoeiro e a biomassa forrageira em cultivo consorciado. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n. 5. p. 893-899.

CATUNDA, M.G. et al. Interferência de plantas daninhas no acúmulo de nutrientes e no crescimento de plantas de abacaxi. **Planta daninha**, v.24, n.1, p. 199-204, 2006.

CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E. N. et al. Avaliação da produção e de algumas características fisiológicas de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.

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

FANCELLI, A. L. ; DOURADO NETO, D. ; **Produção de Milho**. 2ed. 2008. 360p.

FREITAS, F. C. L. et al. A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GEIGER, R., 1961: Überarbeitete Neuausgabe von Geiger, " R.: K öppen-Geiger / Klima der Erde. (Wandkarte 1:16 Mill.) – Klett-Perthes, Gotha.

GIMENES, M.J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E.P.; POGETTO, M.H.F.A.D.; CHRISTOVAM, R.S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguiana, v.15, n.2, p.61-76, 2008.

GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, p.709-718, 2007.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2005.

JAKELAITIS, A. et al. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.1, p.53-60, 2006.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesq. Agro. Tropical**, 38: 118-127, 2008.

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

PETTER, F.A.; PACHECO, P.P.; PROCÓPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; VOLF, M. R. Seletividade de herbicidas à cultura do milho e ao capim-braquiária cultivadas no sistema de integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 32, n. 3, p. 855-864, jul/set. 2011

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Res.**, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2001.

RIGOLI, R.P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C.E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S.P. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v.26, p.93-100, 2008.

RONCHI, C. P. et al. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

SILVA, P.S.L.; MESQUITA, S.S.X.; ANTÔNIO, R.P. & SILVA, P.I.B. Number and time of weeding effects on maize grain yield. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.204-213, 2004.

SILVA, A.C.; FREITAS, R.S.; FERREIRA, L.R.; FONTES, P.C.R. Acúmulo de macro e micronutrientes por soja e *brachiaria brizantha* emergida em diferentes épocas. **Planta daninha**, v.27, p.49-56, 2009.

SOUZA NETO, J.M. Formação de pastagem de *Brachiaria brizantha* c.v. Marandu com o milho como cultura acompanhante. **Dissertação de mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 1993. 58p.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p., 1995.

VIDAL, R.A.; SPADER, V.; FLECK, N.G.; MEROTTO JR., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, p.63-69, 2004.

WILLEY, R. S. (1979). **Intercropping** – its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts* 32:1–10.

3 - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO CONSORCIADO *Urochloa brizantha*, COM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM APLICAÇÃO DE NICOSULFURON

3.1 - RESUMO

Em cultivos simultâneos, as culturas podem ter seu crescimento, desenvolvimento e produção comprometidos devido à competição interespecífica pelos recursos naturais. Todavia acredita-se que com o manejo adequado das culturas consorciadas é possível obter vantagens econômicas nesse sistema. Neste trabalho avaliou-se o crescimento e produtividade do milho, cultivado em dois espaçamentos em consórcio com diferentes densidades de semeadura de *Urochloa brizantha*, com e sem aplicação do nicosulfuron. Para isso, foram realizados dois experimentos de campo. Cada ensaio correspondeu a um espaçamento do milho (0,50 ou 1,00 m). Os tratamentos dos dois experimentos foram semelhantes e arranjados em esquema fatorial 2x4 em blocos casualizados com quatro repetições, sendo o primeiro fator a dose aplicada do herbicida nicosulfuron (0 e 8,00 g ha⁻¹) e o segundo fator as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg de sementes por hectare). A matéria seca da parte aérea e área foliar do milho foram afetadas negativamente em função das densidades de semeadura da braquiária, quando o milho foi cultivado no espaçamento de 1,00 m, enquanto que a altura média das plantas de milho aumentou. A aplicação do nicosulfuron na dose de 1/5 da recomendada (8,0 g ha⁻¹) mostrou-se eficiente para garantir o pleno crescimento do milho. Maiores densidades de *U. brizantha* reduziram em 5% e 15% a produtividade do milho com e sem aplicação do nicosulfuron, respectivamente. Nos tratamentos com a presença da subdose do nicosulfuron e espaçamento de 0,50 m metro entre linhas do milho, houve menor acúmulo de biomassa seca de *U. brizantha*. Conclui-se que maiores densidades de *U. brizantha* reduzem o crescimento e a produtividade da cultura do milho. Entretanto a adoção de práticas culturais como o adensamento entre fileiras do milho e a aplicação de subdose do herbicida reduzem o potencial competitivo da forrageira, possibilitando maiores crescimento e produtividade do milho consorciado, semelhantes ao obtido para o milho solteiro, com a vantagem de maior quantidade palhada para cobertura do solo.

Palavras chave: Densidade de semeadura, espaçamento, arranjo de plantas, controle cultural, nicosulfuron.

**GROWTH AND PRODUCTION OF CORN INTERCROPPED *Urochloa*
Brizantha, WITH DIFFERENT ARRANGEMENTS OF PLANTS, WITH AND
WITHOUT APPLICATION nicosulfuron**

3.2 – ABSTRACT

In simultaneous crops, crops may have their growth, development and production compromised due to interspecific competition for natural resources. However, it is believed that with the proper management of intercropping is possible to obtain economic advantages this system. In this paper, we evaluate the growth and yield of corn grown in two spaces in consortium with different population densities of *Urochloa Brizantha*, with and without application of nicosulfuron. Thus, two experiments were conducted. Each test corresponds to a spacing of maize (0.50 or 1.00 m). The treatments of both experiments were similar and arranged in a 2x4 factorial design with four replications in randomized blocks, with the first factor to the nicosulfuron applied dose (0 and 8.00 g ha⁻¹) and the second factor the seeding densities of forage (0, 2, 4 and 6 kg of seeds per hectare). The dry matter of shoots and leaf area of corn were affected negatively depending on seeding rates of *Brachiaria*, when corn was grown at a spacing of 1.00 m, while the average height of corn plants increased. The application of nicosulfuron at a dose of 1/5 of the recommended (8.0 g ha⁻¹) was efficient to ensure full growth of corn. Higher densities *U. Brizantha* reduced by 5% and 15 % maize yield with and without application of nicosulfuron, respectively. Treatments in the presence of suboptimal dose of nicosulfuron and 0.50 m spacing between rows of corn metro had lower dry biomass of *U. Brizantha*. It was concluded that higher densities of *U. Brizantha* reduce the growth and yield of maize. However the adoption of cultural practices such as planting density between rows of corn and herbicide application subdose reduce the competitive potential of the forage, allowing faster growth and yield of intercropping, similar to that obtained for the sole maize corn, with the advantage of greater quantity straw for ground cover.

Key words: Seeding density, spacing, arrangement of plants, cultural control, nicosulfuron

3.3 – INTRODUÇÃO

O consórcio entre espécies cultivadas tem se mostrado de grande importância para a manutenção dos sistemas agrícolas. Esse sistema de cultivo além das vantagens econômicas proporciona sustentabilidade quanto à fertilidade do solo e manejo de plantas daninhas (Freitas et al., 2005). Além disso, pode ser utilizada para recuperação de pastagens degradadas, como no caso do consorcio do milho com forrageiras do gênero *Urochloa*.

Estas culturas em consórcio podem ter o crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente sua produção final comprometida. Isso pode ocorrer devido a competição pelos recursos naturais como água, luz e nutrientes, que podem comprometer o rendimento econômico do sistema de cultivo (Silva, 2007). Entretanto a interferência de uma cultura sobre a outra pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas e, também por meio de tratamentos químicos (Oliveira et al., 1996).

No consórcio entre milho e forrageira o acúmulo de biomassa por parte da forrageira pode ser reduzido inicialmente por meio de técnicas culturais sem, contudo, afetar a produtividade do milho (Freitas et al., 2008), além da vantagem de possibilitar a cobertura do solo, o controle de plantas daninhas e agregar sustentabilidade ao sistema de cultivo.

O sucesso do consórcio milho-braquiaria é atribuído, principalmente, ao diferencial de tempo e espaço, no acúmulo de matéria seca entre as espécies (Kluthcouski & Yokoyama, 2003). Segundo Jakelaitis et al., (2005) o rendimento de grãos do milho consorciado pode ser semelhante ou inferior (Severino et al., 2005) ao do milho solteiro, dependendo da densidade de semeadura da forrageira (Gimenes et al., 2008) e do controle das plantas daninhas.

Pesquisas comprovaram que o consórcio da braquiária com o milho reduziu o rendimento da forrageira, em relação ao monocultivo, nos mais variados arranjos de semeadura (Freitas et al., 2005; Leonel et al., 2009). Entretanto isto apenas ocorre na fase inicial da formação da pastagem. Esse menor crescimento inicial da forrageira é desejável, por permitir o bom desenvolvimento e rendimento de grãos do milho. Todavia, para se obter este efeito positivo muitas vezes é necessária a aplicação de

herbicidas em subdoses no intuito de reduzir o crescimento da forrageira e, com isso, garantir maiores rendimentos do milho (Jakelaitis et al., 2005).

O herbicida nicosulfuron, seletivo para cultura do milho, pertence ao grupo químico das sulfoniluréias. É eficiente no controle da maioria das gramíneas e algumas dicotiledôneas nas doses recomendadas de 40 e 50 g ha⁻¹. Apresenta Koc médio de 30mg L⁻¹ e uma meia-vida de 21 dias no solo (Rodrigues & Almeida, 2011). Age inibindo a acetolactatosintase (ALS), que é a principal enzima na rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina), essenciais para o crescimento de plantas e diversos micro-organismos (Anderson et al., 1998). Vários trabalhos têm relatado o potencial deste herbicida para a supressão parcial do crescimento da braquiaria, quando utilizado em subdoses, visando reduzir a competição dessa forrageira com o milho (Freitas et al., 2005; Jakelaitis et al., 2005; Jakelaitis et al., 2007; Macedo et al., 2009;).

A redução do espaçamento entre linhas do milho propicia melhor distribuição espacial de plantas na área, maior eficiência na utilização da luz, água e nutrientes (Sangoi et al., 2002). Além disso, reduz a interferência das plantas daninhas, sobre a cultura, o processo erosivo do solo.

Para a implantação do consórcio o conhecimento do comportamento das espécies, com relação a competição pelos fatores de produção, pode ser o diferencial para obtenção de êxito na formação da pastagem no período de outono–inverno, e para a produção satisfatória do milho. Na busca desses conhecimentos realizou-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o crescimento e produtividade do milho cultivado em dois espaçamentos e em consorcio com diferentes densidades de *Urochloa brizantha*, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

3.4 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em condição de campo na Estação Experimental Professor Clibas Vieira, pertencente ao campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, durante os meses de outubro de 2011 a abril de 2012 em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A adubação foi realizada de acordo com análise prévia do solo (Tabela 1) e seguindo as recomendações para a cultura do milho (Fancelli & Dourado Neto, 2008), na dose de 400 kg/ha 8-28-16 (NPK), distribuídos na linha de plantio do milho. A adubação de cobertura constou-se da

aplicação de 120 kg de N na forma de uréia. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Geiger, 1961), com temperatura média anual de 21°C e precipitação média anual de 1.200 mm. As precipitações pluviais e as temperaturas médias semanais ocorridas durante o período experimental estão apresentados na Figura 1.

Tabela 1 – Características químicas de amostras de solo da área experimental

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	H ₂ O	mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³			---	---	dag/kg
Argissolo	5,6	5,9	64	2,0	0,8	0,3	3,3	2,96	2,96	6,26	47	0	2,6
Características Físicas (%)													
Textura (%)	Argilosa			Argila = 43				Silte = 14					Areia = 43%

Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997).

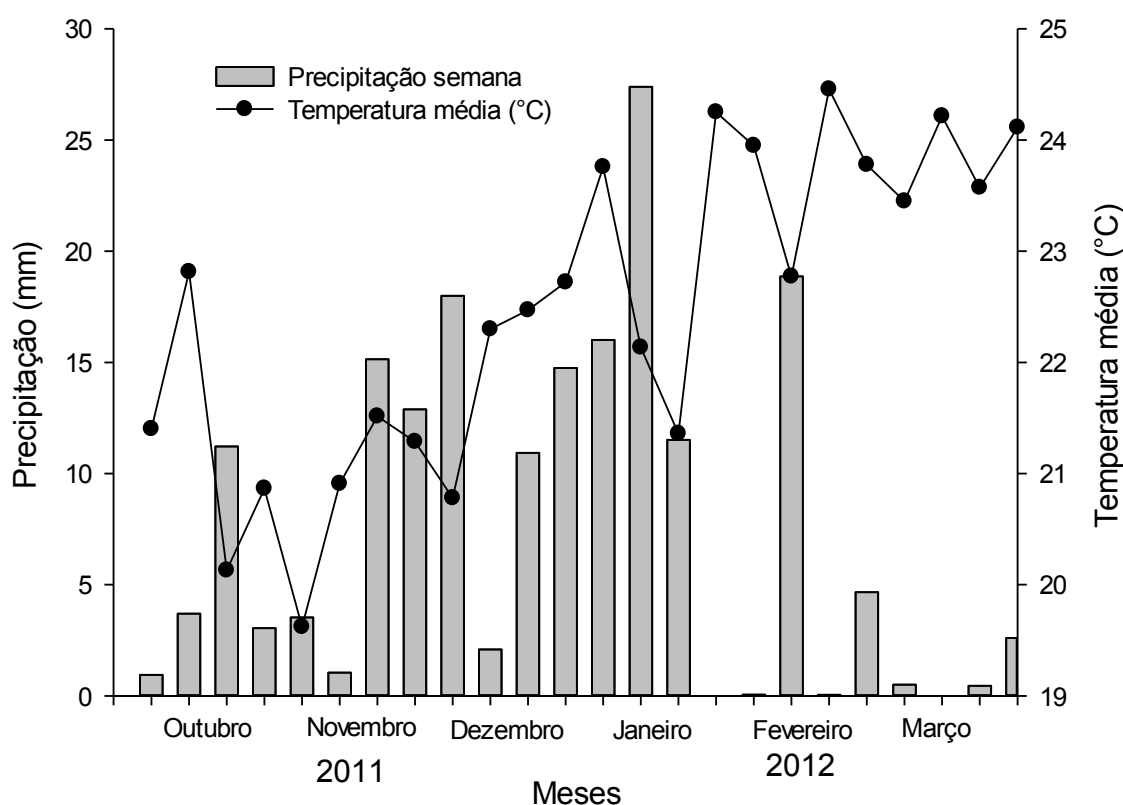


Figura 1: Precipitação pluvial e temperaturas médias semanais durante o período de condução dos experimentos.

Os dois experimentos foram delineados em blocos casualizados, com quatro repetições. No primeiro, o ensaio foi realizado com o milho cultivado no espaçamento de 0,50 m entre fileiras e o no segundo 1,00 m entre fileiras, mantendo-se a população 60.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos dos dois ensaios foram arranjados em esquema fatorial 2x4 sendo o primeiro fator a aplicação ou não da subdose do herbicida nicosulfuron (8,00 g ha⁻¹) e o segundo fator as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 Kg ha⁻¹).

A semeadura do milho foi feita no sistema de semeadura direta com prévia dessecação da área experimental através da aplicação da mistura em tanque dos herbicidas glyphosate (1080 g ha⁻¹) + 2,4-D (540 g ha⁻¹) aos sete dias antes do plantio das culturas. O híbrido de milho DKB 390 foi semeado no dia 20 de outubro de 2011 com uso de uma semeadora múltipla Semeato SHM 11/13, com cinco linhas de plantio para o espaçamento de 0,50 m, e três linhas de plantio para o espaçamento de 1,00 m.

Na mesma data de plantio do milho realizou-se também a semeadura manual da *Urochloa brizantha* (BRS Piatã) V.C = 76%. No experimento em que o milho apresentava espaçamento entre linhas de 0,50 m, a braquiaria foi semeada na mesma linha da cultura e no ensaio de 1,00 m, a semeadura da forrageira foi realizada na linha e na entrelinha do milho, mantendo-se para os experimentos a mesma distancia de 0,50 m entre as linhas de forrageira. A quantidade de sementes de *U. brizantha* foi calculada respeitando as especificações de cada tratamento.

O controle das plantas daninhas foi realizado com a aplicação aos 20 dias após o plantio da cultura do herbicida atrazina na dose de 1500 g ha⁻¹ em todos os tratamentos do experimento, quando as plantas de milho encontravam-se com quatro a seis folhas completamente expandidas e as plantas de *U. brizantha* com três a cinco folhas.

As parcelas experimentais dos dois experimentos eram constituídas de 6 e 12 linhas de milho com 5 metros de comprimento para o ensaio no espaçamento de 1,00 m e 0,5 m, respectivamente. Quando o ensaio apresentava linhas espaçadas de 1,00 m a área útil da parcela correspondeu as 4 linhas centrais excluindo-se 1,00 m de comprimento de cada extremidade, perfazendo-se 12,00 m² de área. Para o espaçamento de 0,50 m avaliou-se as 8 linhas centrais sendo a área útil a mesma do outro experimento.

Aos 60 dias após a emergência (DAE), ocasião do florescimento do milho, foi avaliada a altura de 10 plantas de milho por parcela útil, e também coletada cinco plantas de milho por parcela para determinação da matéria seca da parte aérea (MS) e

área foliar (AF). A MS foi obtida a partir da secagem em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) até atingir massa constante, seguido de pesagem do tecido seco das plantas em balança com precisão de 0,01 g. A AF foi determinada utilizando-se o medidor de área foliar LI – 3100 C avaliando-se todas as folhas das plantas de milho coletadas.

Na ocasião da colheita do milho, realizou-se uma amostragem para determinação da matéria seca da braquiária nos dois experimentos. Para isso, foram realizadas aleatoriamente quatro amostragens, através do corte ao nível do solo da braquiaria, com o uso de um quadrado metálico de 0,50 m de lado. Esse material foi seco em estufa com circulação forçada de ar (70 ± 2 °C) até atingir massa constante, sendo posteriormente pesada a matéria seca de *U. brizantha* em balança de precisão 0,01 g.

Aos 150 dias após plantio (DAP) foram colhidas a área útil de cada parcela sendo determinadas a massa de espigas (ME) por parcela útil. Na mesma ocasião foi estimada a produtividade de grãos corrigida para 13 % de umidade.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para os fatores qualitativos as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para o fator quantitativo o modelo foi escolhido baseado na significância do coeficiente de regressão utilizando-se o teste t adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = S.Q.Reg/S.Q.Trat$) e no comportamento biológico observado.

Foi feita análise de variância conjunta dos dois experimentos para interpretação dos dados.

3.5- RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A análise de variância conjunta dos dados avaliados encontra-se descrita na Tabela 2. Constatou-se menor acúmulo de matéria seca da parte aérea do milho (MS) quando este foi cultivado no espaçamento de 1,00 m entre linhas sem aplicação do nicosulfuron (Tabela 3). No entanto, para o milho cultivado no menor espaçamento entre fileiras (0,50 m) não houve diferença estatística para a MS independente da aplicação do herbicida (Tabela 3). É possível inferir que a redução da distância entre as linhas do milho promoveu a cobertura do solo de forma mais rápida reduzindo os efeitos competitivos da braquiária mesmo na situação em que não foi aplicada a subdose

do herbicida. Isto ocorre porque a radiância fotossinteticamente efetiva é interceptada primeira pelas plantas de milho que crescem e formam folhas mais rápido que a *Urochloa brizantha* (Jakelaitis et al., 2005; Petter et al., 2011).

Tabela 2. Resumo da Análise de variância conjunta (ANOVA) do experimento referente às variáveis matéria seca (MS), área foliar (AF), altura de plantas (AP), massa de espigas (ME) e produtividade (PROD).

FV	GL	Quadrados médios				
		MS	AF	AP	ME	PROD
Blocos/Espaçamento	6	465,03	1182003	0,008	16316,71	215755,20
Espaçamento (E)	1	11131,17*	14270000*	0,0387*	3397,11	518000,10
Herbicida (H)	3	28,07	23765000*	0,0545*	753918,40*	5544717*
E x H	1	9018,55*	373462,60	0,0017	59167,18	1101917
Densidade (D)	3	419,65	3923914	0,0127	223184,60*	3152308*
E x D	1	692,13	949683,50	0,00285	65608,34	771158,10
D x H	3	1091,24	6259744*	0,00886	162891,30*	1685827*
D x E x H	3	1881,44*	4475161*	0,00887	32485,77	367448,80
Resíduo	42	683,05	1068063	0,00671	34033,81	389017,40
CV %		12,88	8,74	4,18	6,35	7,14

*F significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3. Produção média de matéria seca da parte aérea do milho cultivado nos espaçamentos de 0,50 e 1,00 m entre linhas, em consórcio com *Urochloa briantha* com (Pres) e sem (Aus) aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos							
	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m
Pres	211,29Aa	189,20Ba	216,93Aa	189,30Ba	207,35Aa	221,39Aa	168,00Ab	214,22Aa
Aus	185,70Aa	248,82Aa	175,28Bb	227,59Aa	171,22Ab	216,41Aa	181,71Ab	221,55Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Figura 2 observou-se que o aumento da densidade de braquiária resultou na redução linear da MS do milho cultivado no espaçamento de 0,50 m sem aplicação de nicosulfuron. Todavia para esse mesmo espaçamento com a utilização do controle químico da forrageira não houve diferença significativa entre os valores médios de matéria seca da parte aérea do milho cultivado consorciado com as maiores densidade de semeadura da *U. brizantha* (Tabela 3). Esse resultado confirmou resultados de pesquisas em que doses reduzidas do nicosulfuron retardaram o crescimento inicial da forrageira diminuindo seu efeito competitivo sobre o milho (Jakelaitis et al., 2004;

Trigueiro et al., 2007; Petter et al., 2011). Para o maior espaçamento entre linhas do milho houve redução na MS com o acréscimo na densidade de forrageira. Observou-se o valor mínimo de 171,70 g de biomassa seca da cultura no tratamento com o milho cultivado com 1,00 m entre linhas, sem aplicação do herbicida na densidade de 3,30 kg ha⁻¹ de braquiária. No mesmo espaçamento com aplicação da subdose de nicosulfuron, as plantas de milho apresentaram máximo acúmulo de matéria seca (218,40 g) na densidade de 1,76 Kg ha⁻¹ da forrageira.

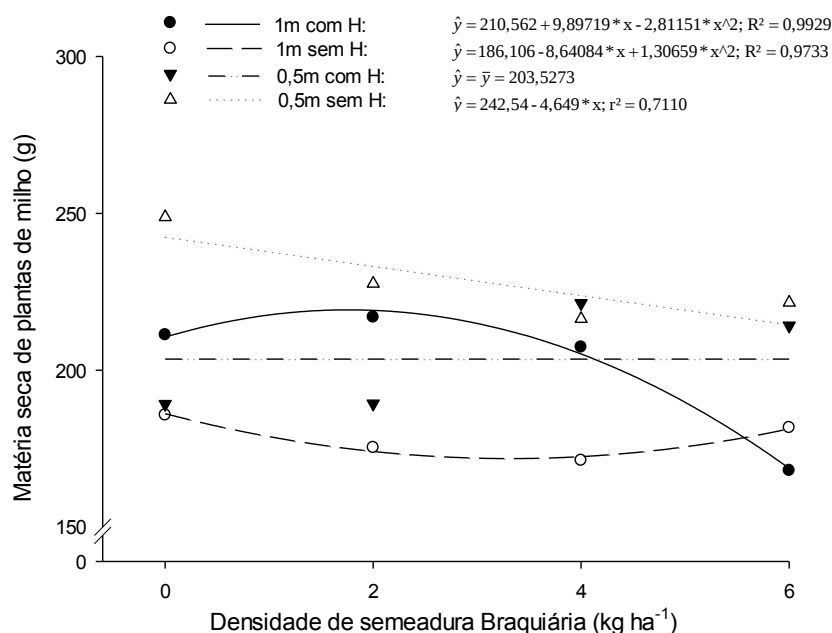


Figura 2: Produção média da matéria seca do milho em função da densidade de plantio da *U. brizantha* com e sem aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron¹.

Maiores valores para área foliar (AF) das plantas de milho foram observada nos tratamentos onde a cultura foi semeada com espaçamento entre fileiras de 0,50 m e cultivada com aplicação da subdose do nicosulfuron (Tabela 4). Quando cultivado no espaçamento de 1,00 m as plantas de milho apresentaram aproximadamente 10% a menos de AF semelhante ao constatado quando a cultura conviveu com a braquiaria sem aplicação do herbicida. Segundo Alvim et al. (2010) toda a AF do milho tem a sua participação na produção de fotoassimilados e a redução da AF é acompanhada pela redução dos componentes produtivos.

Tabela 4. Área foliar média (cm²) de plantas de milho cultivado em dois entre linhas (0,50 e 1,00 m), em consórcio com a *Urochloa brizantha* com e sem aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos							
	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m
Pres Aus	11867,9Aa	12323,8Aa	12469,7Aa	12536,4Aa	11302,3Ab	13902,3Aa	12529,6Aa	12573,7Aa
	11123,4Ab	13061,8Aa	11769,9Aa	12146,2Aa	11171,6Aa	11105,2Ba	8618,4Ba	10759,1Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para o milho cultivado no espaçamento entre linhas de 0,50 m, na ausência da subdose de nicosulfuron, o aumento da densidade de semeadura da *U. brizantha* promoveu redução linear da área foliar (Figura 3). O máximo valor de área foliar (11870,57 cm²) das plantas de milho cultivadas com um 1,00 m entre fileiras e sem aplicação do herbicida foi observado na densidade de semeadura de 1,98 kg ha⁻¹ de braquiária (Figura 3). A partir de densidades de semeadura de *U. brizantha* superiores a 1,98 kg ha⁻¹ houve redução da AF das plantas de milho (Figura 3).

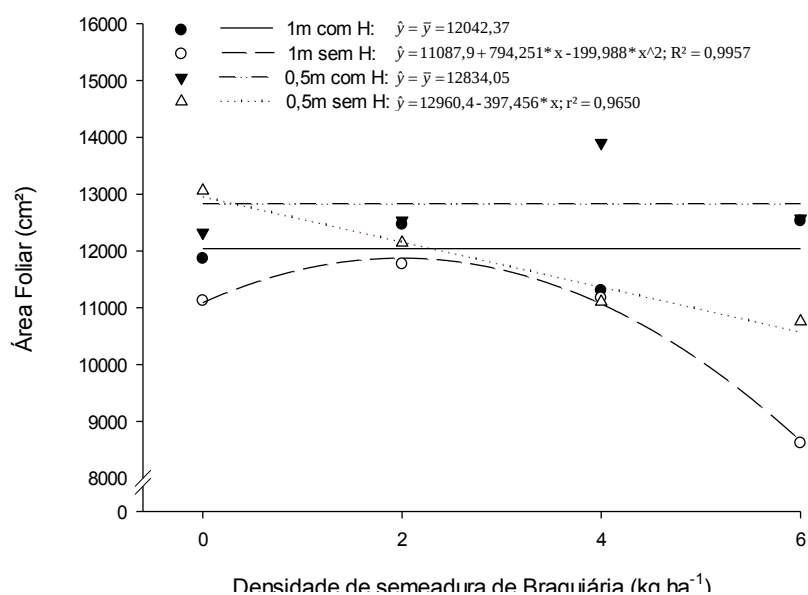


Figura 3: Média da área foliar por parcela de plantas de milho em função da densidade de plantio da *U. brizantha* com aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron.

Quanto aos efeitos dos tratamentos sobre a altura de plantas de milho (AP) constatou-se maiores valores quando a cultura foi cultivada no espaçamento de 1,00 m e na presença da subdose do nicosulfuron (Tabela 5). A AP foi a única variável dentre as avaliadas nesse trabalho não afetada de forma direta pelas diferentes densidades de semeadura da *Urochloa brizantha*.

Tabela 5. Média da altura de plantas do milho cultivado nos espaçamentos de 0,50 e 1,00 m entre linhas, em consórcio com a *Urochloa brizantha* com ou sem aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron.

Espaçamento		Nicosulfuron (8 g ha ⁻¹)	
1,00 m	1,98 A	Presença	1,99 A
0,50 m	1,93 B	Ausência	1,94 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na análise conjunta dos dois experimentos com diferentes espaçamentos entre linhas de milho, observou-se interação significativa entre as densidades de *U. brizantha* e aplicação ou não de nicosulfuron, para a massa de espigas (ME) do milho (Tabela 2). Com a aplicação de 1/5 da dose recomendada do nicosulfuron observou maiores valores para as médias de ME do milho cultivado em consórcio com as densidades de 4,00 e 6,00 kg ha⁻¹ de semeadura da braquiária (Tabela 7). No entanto, na ausência do herbicida houve redução linear da ME com aumento da densidade de semeadura da *U. brizantha* (Figura 4), indicando o efeito negativo da interferência da forrageira corroborando com resultados observados por diversos autores (Cobucci et al., 2001; Jakelaitis et al. 2004; Freitas et al., 2005; Jakelaitis et al., 2005; Silva et al., 2004; Silva & Benez, 2005; Borghi & Crusciol., 2007).

Tabela 7. Produção média de espigas, em kg, das plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio consorciado com quatro densidades de *Urochloa brizantha*, na presença e na ausência de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8g ha ⁻¹)	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)			
	0	2	4	6
Presença	3052,50 A	3006,06 A	2983,12 A	3015,83 A
Ausência	2996,11 A	2975,00 A	2621,45 B	2596,66 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

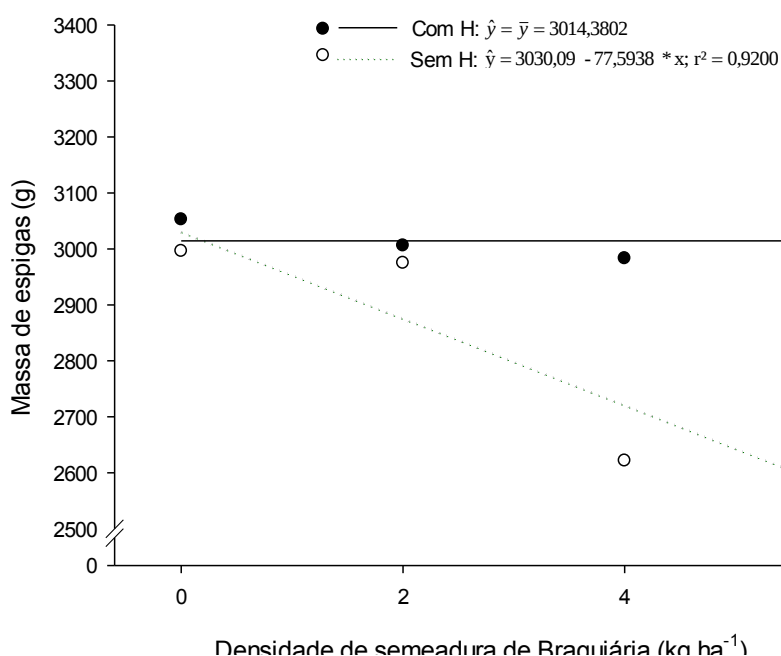


Figura 4: Produção média de espigas de milho em gramas em função da densidade de semeadura da *U. brizantha* e a aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron

Constatou-se redução linear da produtividade de grãos do milho com o aumento da densidade de semeadura de *U. brizantha*, mesmo com a aplicação do herbicida nicosulfuron (Figura 5 e Tabela 8). Todavia essa queda na produção não foi superior a 5% mesmo quando em consórcio com a maior densidade de *Urochloa brizantha* (Figura 5). Na ausência da subdose do herbicida a produtividade do milho consorciado foi 15 % menor que a produtividade do milho solteiro para as densidades de semeadura de 4,00 e 6,00 kg ha⁻¹ da *U. brizantha* (Figura 5 e Tabela 8). Este fato comprova a necessidade da utilização da subdose do nicosulfuron na pós-emergência do milho no cultivo consorciado com a braquiária visando diminuir o efeito da competição inicial

entre essas culturas que pode comprometer não apenas o crescimento vegetativo, mas também a produção de grãos cultura (Jakelaitis et al., 2004).

Tabela 8. Produtividade média, em kg ha⁻¹, das plantas de milho cultivado em dois espaçamentos de plantio consorciado com quatro densidades de *Urochloa brizantha*, na presença e na ausência de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8g ha ⁻¹)	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)			
	0	2	4	6
Presença	9220,00 A	9037,50 A	8965,00 A	8907,50 A
Ausência	9186,67 A	9010,83 A	7906,67 B	7671,11 B

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

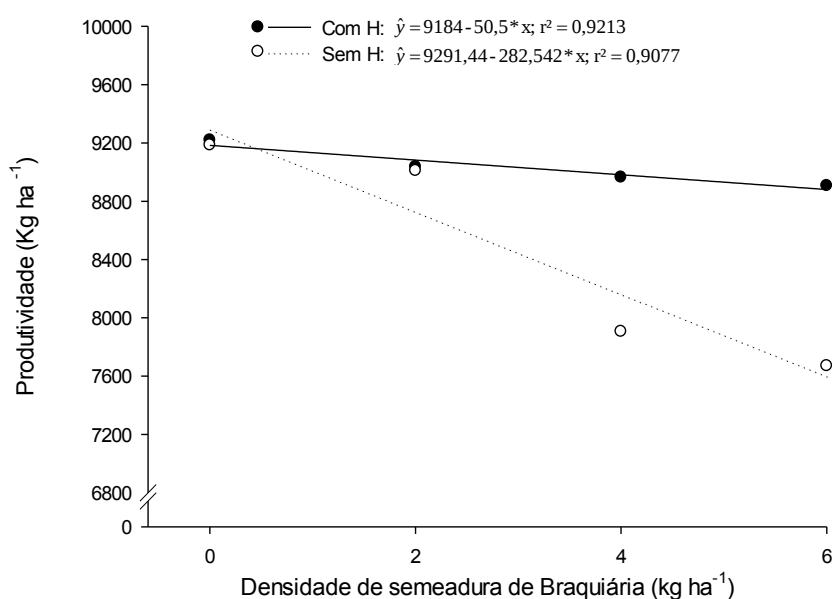


Figura 5: Média da produtividade de grãos de milho em função da densidade de plantio da *U. brizantha* e aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron.

Diversos autores (Freitas et al., 2005; Jakelaitis et al., 2005; Freitas et al., 2008; Leonel et al., 2009) demonstraram que o milho consorciado com a braquiária pode apresentar produção semelhante à obtida no monocultivo. Todavia para que isso fosse possível foi necessário realizar o manejo por meio da alteração do espaçamento do milho e da aplicação da subdose do herbicida para reduzir o crescimento inicial da braquiária (Tabela 9), conforme constatado nesse trabalho.

Verificou-se ainda nesse trabalho que a redução do espaçamento aliado à aplicação da subdose do nicosulfuron mostraram-se eficientes para garantir menor acúmulo de biomassa de *U. brizantha* (Tabela 9) e o pleno desenvolvimento do milho. Vale ressaltar que neste experimento o plantio da braquiaria foi feito na linha do plantio de milho no momento da semeadura da cultura. Possivelmente, em outros sistemas de plantio, como a semeadura realizada na máquina, podem alterar o padrão de resposta da cultura em função do maior desenvolvimento da forrageira. Desta maneira, torna-se indispensável à adoção de estratégias que reduzam a interferência da braquiária nos momentos críticos de crescimento e desenvolvimento do milho.

Tabela 9. Matéria seca das diferentes densidades de semeadura de *Urochloa brizantha* coletada em um metro quadrado no sistema consorciado com o milho em dois espaçamentos com sem aplicação de subdose de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8g ha ⁻¹)	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)					
	2		4		6	
	Espaçamentos					
	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m	1,00m	0,50m
Presença	11,33 Aa	9,78 Aa	21,98 Aa	14,31 Ab	24,58 Aa	10,66 Ab
Ausência	19,51 Ba	14,71Bb	23,27 Ab	37,56 Ba	26,60 Ab	60,13 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Maiores densidades de semeadura de *U. brizantha* reduziram o crescimento e a produtividade da cultura do milho. Entretanto, a adoção de práticas culturais como adensamento entre fileiras do milho e aplicação de subdose do nicosulfuron mostraram-se eficientes para reduzir o potencial competitivo da forrageira e possibilitaram o maior crescimento e produtividade do milho consorciado; semelhantes ao milho solteiro com a vantagem de produção de maior quantidade palhada para cobertura do solo.

3.6- LITERATURA CITADA

ALVIM, K.R.T.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.F.; GOMES, L.S.; LOPES, M. T.G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, v.40, n.5, p.1017-1022, 2010.

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

BORGHI E. & CRUSCIOL C.A.C., 2007 Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.2, p.163-171, fev. 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 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).

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, p.49-58, 2005.

GEIGER, R. Überarbeitete Neuausgabe von Geiger, R. Köppen Geiger / **Klima der Erde**. (Wandkarte 1:16 Mill.). – Klett Perthes, Gotha, 1961.

GIMENES, M.J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E.P.; POGETTO, M.H.F.A.D.; CHRISTOVAM, R.S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.15, n.2, p.61-76, 2008.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.4, p.553-560, out./dez. 2004.

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

JAKELAITIS, A. et al. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e de *Brachiaria brizantha* sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.131-141.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G.; MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L.A.; QUEIROZ, A.C. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com o milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.1, p.177-189, jan. 2009

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

OLIVEIRA, E.L. e PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.38, n.1-2, p.47-57, Aug. 1996.

PETTER, F.A.; PACHECO, P.P.; PROCÓPIO, S.O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; VOLF, M. R. Seletividade de herbicidas à cultura do milho e ao capim-braquiária cultivadas no sistema de integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 32, n. 3, p. 855-864, jul/set. 2011

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.L.S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos autores, 2011. 697 p.

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, p.101-110, 2002.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I - Implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.4, p.589-596, out./dez. 2005.

SILVA, P.S.L.; MESQUITA, S.S.X.; ANTÔNIO, R.P. & SILVA, P.I.B. Number and time of weeding effects on maize grain yield. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.204-213, 2004.

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

TRIGUEIRO, L. R. C.; MARTINS, D.; DOMINGOS, V. D.; MARTINS, C. C.; TERRA, M. A.; CARDOSO, L. A. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre capim-colonião e efeito na qualidade das sementes. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 341-349, 2007.

4. ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO NO CONSÓRCIO MILHO – *Uroclhoa brizantha* COM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM APLICAÇÃO DE HERBICIDA

4.1 – RESUMO

O consócio do milho com espécies forrageiras é prática comum no Brasil, principalmente em áreas de renovação de pastagem. Entretanto, para que este sistema seja econômico e sustentável é necessário adotar técnicas culturais que permitam o rápido crescimento inicial do milho e moderado da forrageira. Normalmente para que isso ocorra é necessário ajustar a distribuição das plantas na área e o controle inicial da taxa de crescimento da forrageira com a aplicação da dose reduzida do herbicida. Entretanto não se conhece como essas práticas e tecnologias de produção podem afetar a colonização micorrízica, o quociente metabólico, a respiração microbiana, o número e a diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares FMAs. Na busca desse conhecimento realizou-se essa pesquisa com o objetivo de avaliar os efeitos do espaçamento entre linhas de milho e da densidade de semeadura da *Uroclhoa brizantha* nos atributos microbiológicos indicadores de qualidade do solo. Nesse experimento o milho foi cultivado com espaçamento entre linhas de 0,5 m. Os tratamentos avaliados foram arranjos em esquema fatorial 2x4, em blocos casualizados, sendo o primeiro fator doses aplicadas do herbicida nicosulfuron (0 e 1/5 da recomendada) e o segundo as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg de sementes por hectare). As amostras de solo para a análise da taxa respiratória, do carbono associado à biomassa microbiana, do quociente metabólico, da diversidade e número de esporos de fungos micorrízicos, da glomalina total e facilmente extraível foram coletadas no florescimento do milho (60 dias após emergência das plantas). Nesta ocasião foram também coletadas as raízes mais finas do milho para determinação das porcentagens de colonização micorrízica dessas. Verificou-se que densidade de semeadura da *U. brizantha* interferiu na respiração microbiana, no quociente metabólico, na colonização micorrízica e na população de FMAs. Maiores densidades de semeadura da forrageira associada a aplicação da subdose do nicosulfuron resultou em menor quociente metabólico da microbiota do solo, indicando maior equilíbrio do sistema. A produtividade do milho com aplicação da subdose do herbicida não foi afetada pelas densidades de semeadura da forrageira. Todavia na ausência da subdose do nicosulfuron resultou em queda linear

da produtividade do milho com o aumento da densidade de semeadura da forrageira. Conclui-se que o manejo adequado do sistema consorciado proporcionou sustentabilidade econômica e ambiental ao sistema produtivo.

Palavras chave: Glomalina, nicosulfuron, indicadores microbiológicos, micorriza, biomassa microbiana.

ATTRIBUTES OF SOIL BIOLOGIC CORN IN INTERCROPPING - *Uroclhoa brizantha* WITH DIFFERENT ARRANGEMENTS OF PLANTS, WITH AND WITHOUT APPLICATION OF HERBICIDE

4.2 – ABSTRACT

The consortium of corn forage species is common practice in Brazil, especially in areas of pasture renewal. However, for this system to be economical and you need to adopt sustainable cultivation techniques that enable the rapid early growth of corn and moderate forage. Usually for this to occur is necessary to adjust the distribution of plants in the area and the initial rate control forage growth with the application of the reduced rate of herbicide. However it is not known how these practices and production technologies may affect mycorrhizal colonization, metabolic quotient, microbial respiration, the number and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi spores of AMF. In pursuit of this knowledge was held this research with the objective of evaluating the effects of row spacing on corn and sowing density of *Urochloa Brizantha* the microbiological attributes of soil quality indicators. In this experiment, the corn was grown with spacing of 0.5 m. The treatments were arranged in a 2x4 factorial design in randomized blocks, with the first doses of nicosulfuron (0 to 1/5 of the recommended) and according to the forage, seeding rates (0, 2, 4 and 6 kg of factor seeds per hectare). Soil samples for analysis of respiratory rate, carbon associated with microbial biomass, metabolic quotient, the diversity and number of spores of mycorrhizal fungi, total and easily extractable glomalin were collected at flowering maize (60 days after emergence plants). On this occasion were also collected the finer roots of corn to determine the percentages of mycorrhizal colonization of these. It was found that seeding density of *U. Brizantha* interfered with microbial respiration, metabolic quotient, mycorrhizal colonization and population AMF. Higher seeding rates of forage associated with implementation of suboptimal dose of nicosulfuron resulted in lower metabolic quotient

of soil microbiota, indicating a more balanced system. The corn production with suboptimal dose of the herbicide application was not affected by seeding rates of forage. However in the absence of suboptimal dose of nicosulfuron resulted in a linear decline in corn yield with increasing seeding rate of forage. It is concluded that the proper management of the consortium system provided economic and environmental sustainability to the production system.

Key words: Glomalin, nicosulfuron, microbiological indicators, mycorrhiza, microbial biomass.

4.3 – INTRODUÇÃO

O consócio do milho com espécies forrageiras é prática comum no Brasil, principalmente em áreas de renovação de pastagem. O sucesso econômico desse sistema de cultivo apenas é possível com a adoção de práticas culturais adequadas como utilização de densidade adequada de semeadura da forrageira, e uso de herbicidas para reduzir o crescimento da forrageira (Jakelaitis et al., 2005; Freitas et al., 2005; Jakelaitis et al., 2007).

Em qualquer sistema produtivo, a qualidade do solo está intimamente relacionada à atividade microbiana do solo. Indicadores microbiológicos são utilizados para avaliação de distúrbios no ecossistema, em função dos tipos de manejo utilizados, os quais podem alterar a atividade microbiana do solo, interferindo na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica, na qualidade física e química do solo e consequentemente no crescimento e desenvolvimento das culturas (Tótola; Chaer, 2002; Bottomley, 2005).

Dentre os indicadores microbiológicos mais utilizados para avaliar a sustentabilidade de um sistema agrícola, estão a taxa respiratória (TR), a biomassa microbiana (BM), o quociente metabólico (qCO_2), a produção de glomalina, a colonização micorrízica, o número e a diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (Santos et al., 2005; Tuffi et al., 2005; Vivian et al., 2006; Reis et al., 2008, Ramos et al., 2012; Rillig et al., 2002).

A TR é a medida da produção de CO_2 resultante da atividade metabólica dos macro e micro-organismos do solo (Doran; Parkin, 1994). Esta quando elevada indica distúrbios ecológicos ou altos níveis de produtividade do ecossistema solo (Islam; Weil, 1998). A BM é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo, envolvida na degradação da matéria orgânica, na ciclagem e disponibilidade dos nutrientes e na degradação de compostos tóxicos no solo (Angers et al., 1993; Moormam, 1994). O qCO_2 é a relação entre a taxa respiratória por unidade de BM do solo por unidade de tempo. É considerada como indicador mais adequado para avaliar o efeito do manejo ou condições de estresse sobre a atividade microbiana do solo a curto prazo (Anderson; Domsch, 1993). Baixos valores indicam maior eficiência da BM na utilização dos recursos do ecossistema, ou seja, menos carbono (C) é perdido como CO_2 e maior proporção de C é incorporado nas células microbianas, portanto o sistema está mais estável (Sakamoto; Obo, 1994; Reis et al., 2008).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são simbioses obrigatórios pertencentes à ordem Glomerales, são capazes de se associar com cerca de 80% das espécies vegetais conhecidas. Essa simbiose aumenta a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, o que pode aumentar a sua competitividade e produtividade. A diversidade dos FMAs está intimamente ligada a estabilidade das comunidades vegetais e ao tipo de manejo do solo (Berbara et al., 2006).

A glomalina é um composto proteico formado por glicoproteínas produzidas por FMAs que contribuem para a agregação do solo. Quando comparada aos polissacarídeos produzidos por outros micro-organismos, apresenta maior eficiência na formação dos agregados do solo por ser hidrofóbica, tornando-se mais estável que esses polissacarídeos, que em sua maioria são solúveis em água e de fácil degradação (Nichols, 2008). Por esse motivo, a glomalina representa um reservatório de carbono no solo, pois são compostos que apresentam alta estabilidade podendo atingir $1,45 \text{ t ha}^{-1}$ de carbono em florestas tropicais, considerando-se apenas os 10 cm superficiais (Lovelock et al., 2004).

Considerando a importância de se conhecer a sustentabilidade do sistema de cultivo consorciado entre milho e braquiária e a manutenção da qualidade do solo, avaliou-se neste trabalho os efeitos de diferentes densidades de semeadura de *U. brizantha* em consórcio com milho com e sem aplicação da subdose de nicosulfuron sobre indicadores microbiológicos de qualidade de solo, visando confirmar a sustentabilidade do sistema de cultivo.

4.4 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de campo, instalado no delineamento inteiramente casualizado na Estação Experimental Professor Clibas Vieira, pertencente ao campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa (43, 14 e 43% de argila, silte e areia, respectivamente). A adubação foi realizada de acordo com análise prévia do solo (Tabela 1) e seguindo recomendações para a cultura do milho, na dose de 400 kg ha^{-1} 8-28-16 (NPK), distribuídos na linha de plantio do milho mais adubação de cobertura pela aplicação de 120 kg de N na forma de uréia.

Tabela 1 – Características químicas de amostras do solo da área experimental

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----					cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----		dag
Argissolo	5,6	5,9	64	2,0	0,8	0,3	3,3	2,96	2,96	6,26	47	0	2,6
Atributos Físicos (%)													
Textura(%)	Argilosa	Argila = 43					Silte = 14				Areira=43%		

Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997).

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2x4 sendo o primeiro fator a aplicação ou não da subdose do herbicida nicosulfuron (8,00 g ha⁻¹) e o segundo fator as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹).

Para instalação do experimento foi empregado o sistema de plantio direto realizando-se a prévia dessecação através da aplicação da mistura em tanque dos herbicidas glyphosate (1080 g ha⁻¹) + 2,4-D (0,80 L ha⁻¹) sete dias antes do plantio das culturas. O híbrido de milho DKB 390 foi semeado no dia 20 de outubro de 2011 com uso de semeadora múltipla Semeato SHM 11/13, com capacidade de semeio de 5 linhas de plantio no espaçamento de 0,50 m, totalizando população de 60.000 de plantas por hectare.

Na mesma data de plantio do milho realizou-se também a semeadura manual da *Urochloa brizantha* na mesma linha da cultura, com a quantidade de sementes de braquiária em função das definições de cada tratamento.

As parcelas experimentais foram constituídas de 12 linhas de milho com 5 metros de comprimento, totalizando 30 m². As 8 linhas centrais representando 12 m² foram tomadas como área útil avaliada da parcela.

Foi realizada a aplicação em pós-emergência do herbicida atrazina na dose de 1500 g ha⁻¹ em todos os tratamentos do experimento, aos 20 dias após o plantio do milho, estágio em que as plantas de milho encontravam-se com 4 folhas completamente expandidas e as plantas de *U. brizantha* com 3 a 5 folhas, para controle das outras plantas daninhas presentes na área.

Aos 60 dias após a emergência (DAE), ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), coletou-se amostras de solo rizosférico das plantas milho. Essas amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, destorroadas, e peneiradas em malha de 4 mm.

Após a retirada do solo rizosférico, as raízes foram coletadas, lavadas em água e então separadas as raízes finas com potencial de colonização micorrízica. Posteriormente 1 g de raízes finas foram armazenadas em FAA (formalina-álcool-ácido acético 95%), para posterior quantificação da colonização micorrízica. Para determinação da porcentagem de raízes colonizadas por fungos micorrízicos, estas foram clarificadas com KOH a 10%, coradas em lactoglicerol contendo Azul de Tripiano (Schenck, 1982) e dispostas em placa de Petri com o fundo quadriculado, onde cada segmento radicular interceptando uma linha do quadrículo foi computado como micorrizado ou não, calculando-se a porcentagem de colonização (Giovanetti & Mosse, 1980).

Amostras de 100 g de solo rizosférico foram colocadas em frascos, com umidade ajustada para 80% da capacidade de campo. Essas amostras foram colocadas em um respirômetro para avaliar a respiração microbiana, carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (qCO_2), conforme metodologia de Reis et al. (2008). A respiração microbiana foi estimada a partir da quantidade de CO_2 evoluído de amostras de 100 g do solo, capturado em frascos contendo 100 mL de NaOH ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$), em sistema de fluxo de ar contínuo (isento de CO_2 e mantido umidade). Quatro frascos sem amostras de solo foram incubados, constituindo-se amostras em branco.

A taxa respiratória do solo foi avaliada aos 18 dias de incubação por titulação indireta do NaOH com HCl ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$), determinando-se o excesso de NaOH que não reagiu com o CO_2 evoluído das amostras de solo. Retirou-se 18 g de solo de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM). Esta foi determinada utilizando o método descrito por Vance et al. (1987), modificado por Islam & Weil (1998), no qual as amostras foram tratadas com radiação de micro-ondas por tempo previamente calculado (60 + 60 segundos), em vez da fumigação com clorofórmio.

O CBM foi extraído das amostras (irradiadas e não irradiadas) de solo com 80 mL da solução de K_2SO_4 ($0,5 \text{ M}$); em seguida, as amostras foram submetidas à agitação por 30 min, em mesa agitadora horizontal, permanecendo em repouso durante mais 30 min. Após o repouso, as amostras foram filtradas em papel Whatman nº 42. Em tubo digestor foi adicionado 10 mL do filtrado, 2 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ ($0,0667 \text{ M}$) e 10 mL de solução de H_2SO_4 concentrado. O volume foi completado para 100 mL e adicionadas oito gotas do indicador ferroína. Em seguida, foi feita a titulação com solução $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ de $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ até mudança da cor para vermelho-vítreo. A partir dos valores obtidos da evolução do C- CO_2 e CBM, foi calculado o qCO_2 ($\mu\text{g C-}$

$\text{CO}_2 \mu\text{g}^{-1}\text{CBM d}^{-1}$), dividindo-se a média diária do C- CO_2 evoluído do solo pelo CBM determinado no solo.

Os teores de glomalina total (GT) e glomalina facilmente extraível (GFE) foram avaliados através da quantificação pelo método de determinação proposto por Bradford (1976), utilizando-se o reagente azul de comassie G-250 e soro albumina bovina (BSA) para curva-padrão, com leituras em espectrofotômetro a 595 nm. Os valores foram expressos em mg g^{-1} de solo.

O número de esporos de FMAs foi determinado conforme metodologia de Gerdemann & Nicolson (1963). Para isso, 50g de solo de cada amostra coletada foram submetidos à extração pela técnica de peneiramento úmido e centrifugação em gradiente de sacarose. Os esporos obtidos foram transferidos para uma placa de Petri e com o auxílio de uma lupa microscópica Nikon SMZ-U foram separados por morfotipo e contados. Para identificação dos morfotipos, os esporos foram montados em lâminas com álcool polivinílico lactoglicerol (PVLG) e as características fenotípicas estruturais foram observadas em microscópio óptico e avaliadas conforme Shenck & Pérez (1988) e páginas do INVAM (2000). Para determinação da colonização micorrízica radicular, utilizou-se o método da placa quadriculada (Giovannetti & Mosse 1980). Num microscópio estereoscópico observou-se 0,5 g de raízes finas, clarificadas com KOH 25 g L⁻¹ e as estruturas fúngicas, coloridas com azul de tripano (Phillips & Hayman, 1970).

Para a interpretação dos resultados os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias das variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão a 5% de probabilidade, sendo a escolha de modelos baseada no coeficiente de determinação, na significância dos coeficientes da regressão e no fenômeno biológico.. Para as variáveis em que não foi possível a realização da análise de variância, os dados foram submetidos à análise descritiva.

4.5- RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O carbono associado à biomassa microbiana (CBM) apresentou aumento linear em função da densidade de semeadura para o tratamento com aplicação do herbicida (Figura 1). Entretanto, na ausência do herbicida, observou-se máximo valor para CBM do solo na densidade de semeadura da forrageira igual a 3,28 kg ha^{-1} . A ausência de efeitos negativos do herbicida sobre a biomassa microbiana está possivelmente

relacionada à capacidade metabólica dos micro-organismos presentes no solo para utilizar o herbicida como fonte de carbono o que proporcionou o aumento da biomassa microbiana. Outros autores também registraram a habilidade dos micro-organismos do solo em degradar agrotóxicos e ressaltaram que os efeitos tóxicos destes compostos poderão variar de acordo com o herbicida em questão, tipo de solo, da espécie de planta, da microbiota e da interação entre estes (Angers et al, 1993; Moorman, 1994; Tironi et al., 2010).

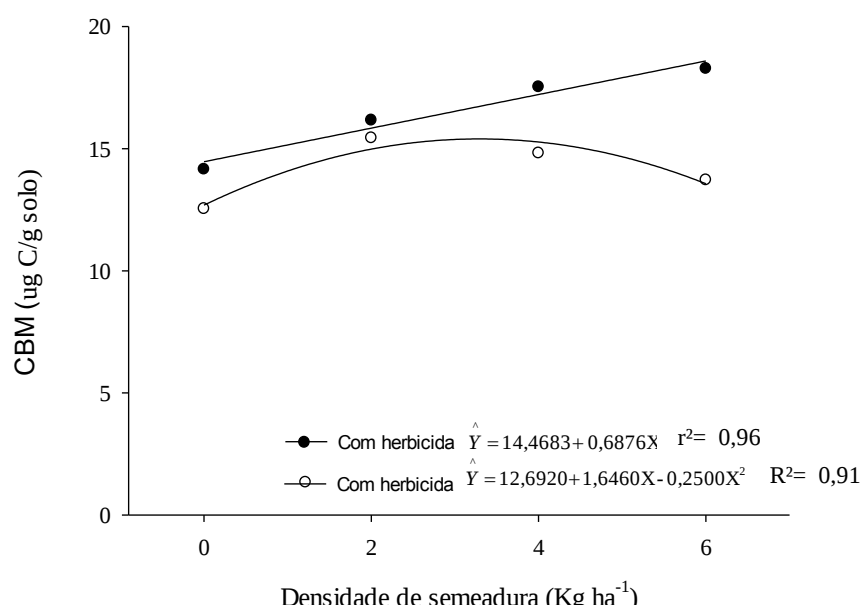


Figura 1. Carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

Observou-se também na (Figura 1) que a presença da *Urochloa brizantha* em maiores densidades foi importante para a manutenção da biomassa microbiana, provavelmente devido à maior deposição de resíduos orgânicos no solo e à grande quantidade de raízes, que proporcionou o estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e ao aumento de sua atividade, inclusive das espécies menos tolerantes aos efeitos negativos dos agrotóxicos (Cattelan & Vidor, 1990).

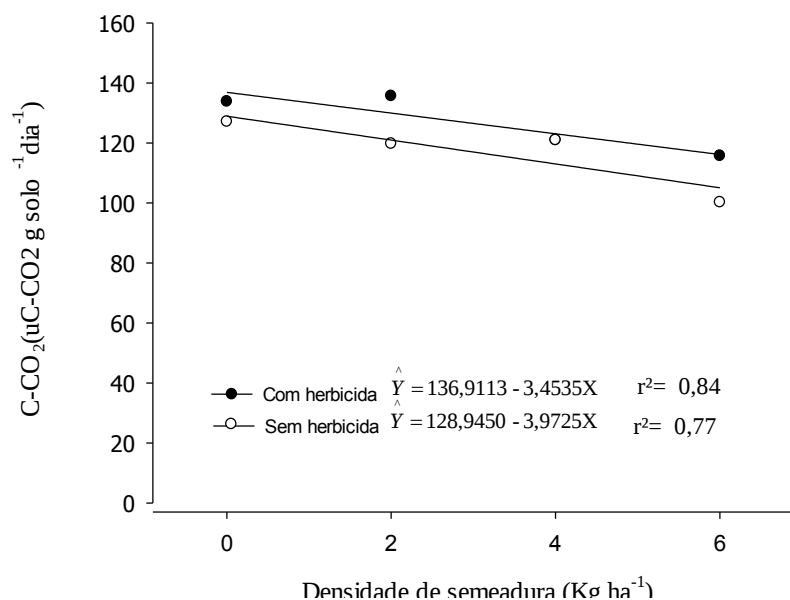


Figura 2. CO₂ evoluído (C-CO₂) do solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

O CO₂ evoluído decresceu linearmente em resposta ao aumento da densidade de forrageira independente do tratamento, sendo observados maiores valores para a evolução de CO₂ nos tratamentos com aplicação do herbicida (Figura 2). Embora a taxa respiratória mais alta, possa estar relacionada a efeitos positivos ou negativos do herbicida sobre a microbiota do solo.

Os dados obtidos no presente trabalho indicam que a elevada liberação de CO₂ (Figura 2) esta relacionada à alta atividade microbiana, que possivelmente se deve à utilização de substrato proveniente do efeito do herbicida no controle das plantas daninhas presentes na área. A aplicação do nicosulfuron causa a morte dessas plantas e maior disponibilidade de fonte de carbono para esses micro-organismos (Cattelan & Vidor, 1990).

Esta maior taxa respiratória na presença do nicosulfuron (Figura 2), também pode estar relacionada a utilização desse herbicida ou de subprodutos da degradação do mesmo para respiração ou ainda, à metabolização do carbono (C) de células mortas pela microbiota resistente ao herbicida (Reis et al., 2008).

O fato de não ter sido registrado o aumento da evolução de CO₂ com aumento da densidade da forrageira pode ser explicado pela utilização preferencial de substrato pelos micro-organismos que ocorre em boas condições nutritivas proporcionadas pelo aumento da região rizosférica e consequente aumento da liberação de exsudados (Cheng

et al., 2005). Em um ambiente com um bom fornecimento nutricional, os micro-organismos preferem o C-lábil proveniente das raízes em contrapartida ao C-lábil da matéria orgânica (MO), o que resulta num decréscimo da taxa de decomposição da MO e menor evolução de CO₂.

O comportamento crescente do C associado à biomassa microbiana na presença do herbicida e na ausência do produto químico até a densidade de 3,28 Kg indica que houve benefício do cultivo consorciado à atividade microbiana do solo e que a aplicação do nicosulfuron em subdose não afetou a população microbiana do solo, uma vez que o CBM aumentou e a atividade respiratória reduziu, ou seja, menos C foi perdido na forma de CO₂ e mais C foi incorporado à biomassa microbiana, o que fica evidenciado pela avaliação do coeficiente metabólico, que reduziu com aumento da densidade de semeadura da *Urochloa brizantha* (Figura 3).

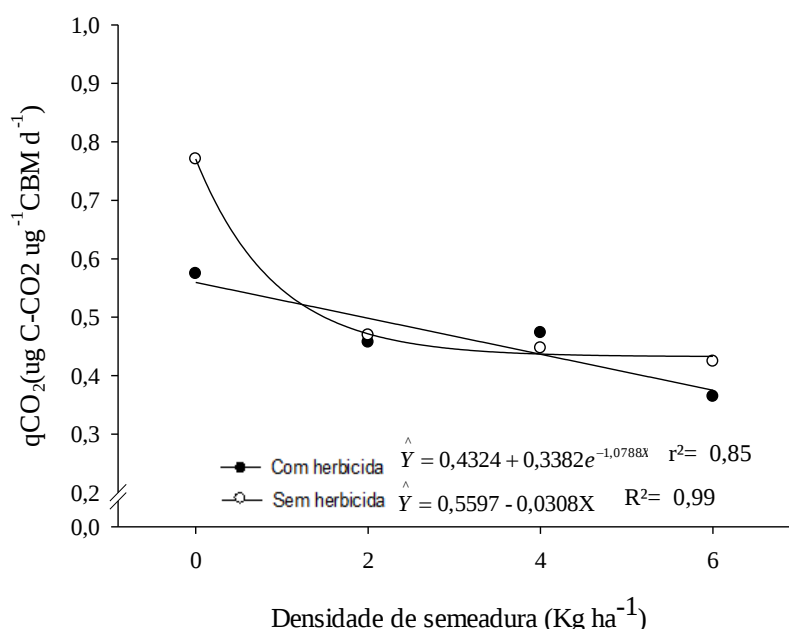


Figura 3. Quociente metabólico (qCO₂) do solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

O qCO₂ reduziu com o aumento da densidade de braquiária, tanto na presença, quanto na ausência do herbicida (Figura 3), indicando que o manejo utilizado não afetou negativamente a atividade microbiana do solo. Resultado semelhante foi encontrado por

Jakelaitis et al. (2007), utilizando nicosulfuron em mistura com atrazine para o controle de *U. brizantha* consorciada com milho.

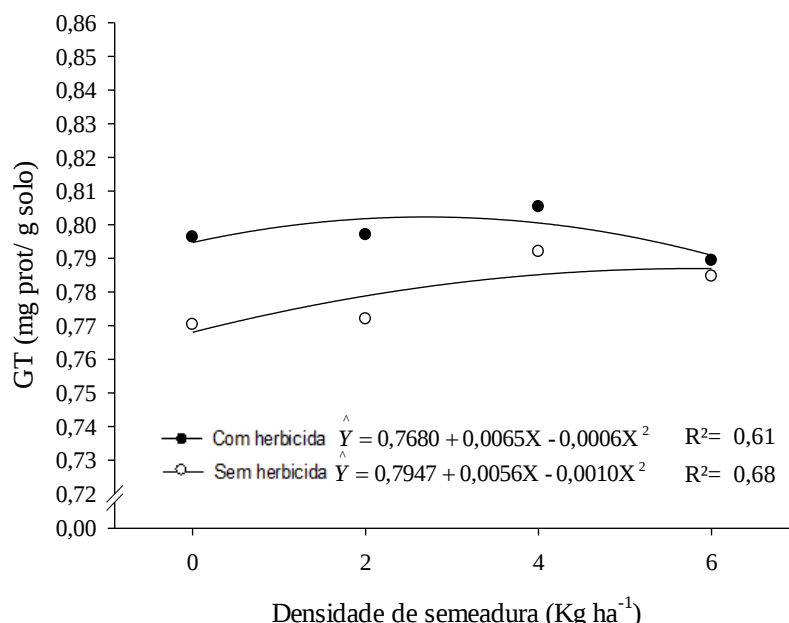


Figura 4. Glomalina total (GT) do solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

A presença do herbicida e as diferentes densidades da forrageira exerceram efeitos distintos nos atributos relacionados às comunidades de FMAs: Glomalina total (GT); Glomalina facilmente extraível (GFE) e colonização micorrízica radicular.

Foram observados valores máximos de glomalina total (GT) nas densidades de semeadura da braquiária 2,80 e 5,42 kg ha⁻¹, respectivamente na ausência e presença do nicosulfuron (Figura 4). Constatou-se maior produção de glomalina facilmente extraível até a densidade de semeadura da forrageira de 3,24 kg ha⁻¹, com posterior redução nas parcelas tratadas com nicosulfuron em subdose (Figura 5).

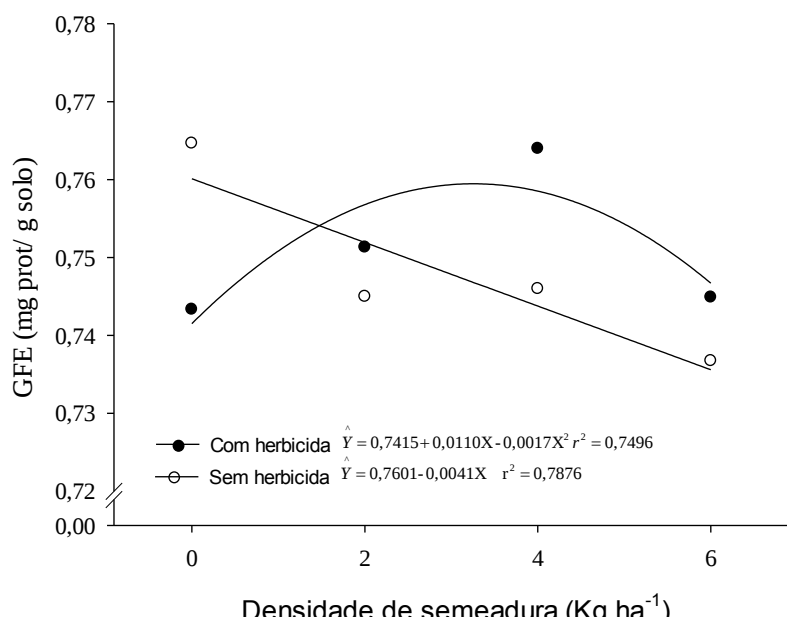


Figura 5. Glomalina facilmente extraível (GFE) do solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

Para porcentagem de colonização micorrízica, verificou-se efeito negativo do aumento da densidade de semeadura da forrageira com redução da porcentagem de colonização para os tratamentos com e sem aplicação do herbicida (Figura 6).

Todavia observou-se que a partir da densidade de semeadura braquiária de 2 Kg ha⁻¹, os tratamentos que receberam a aplicação da subdose do nicosulfuron, apresentaram media de 5 % a mais de colonização micorrízica em comparação aos tratamentos sem aplicação do herbicida. Na densidade de 6 Kg ha⁻¹ a colonização micorrízica na ausência do herbicida foi 8 % inferior (Figura 6).

Por outro lado, a densidade de esporos foi maior na presença do herbicida, se equivalendo ao tratamento sem herbicida, a partir da densidade de 2,56 Kg ha⁻¹ (Figura 7).

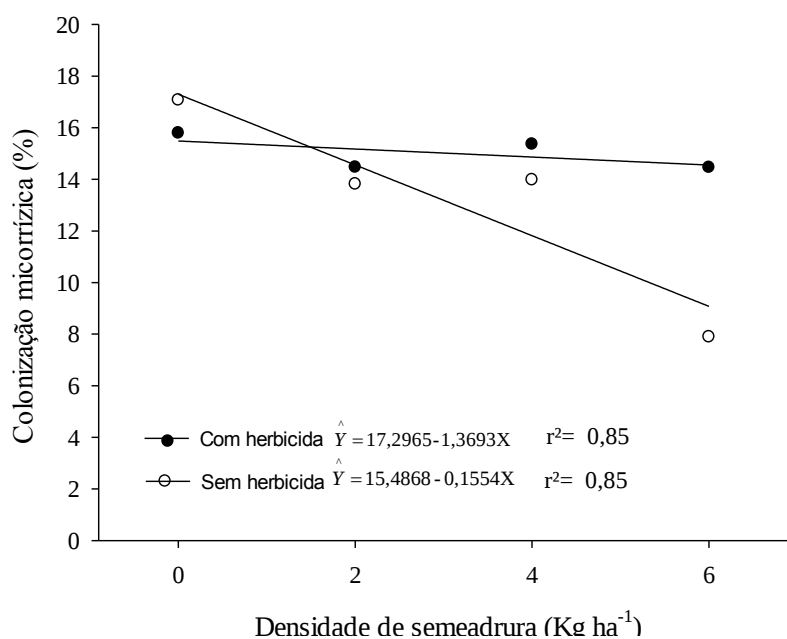


Figura 6. Porcentagem de colonização micorrízica no solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

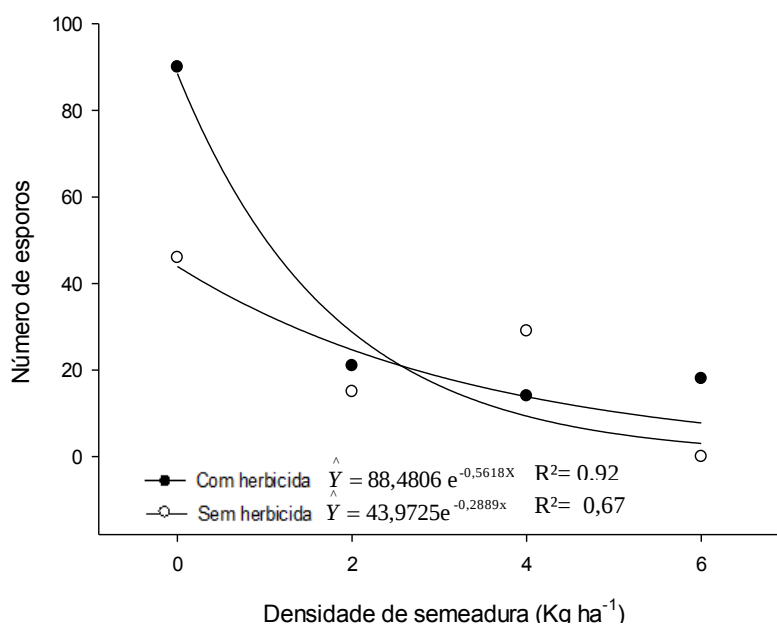


Figura 7. Número de esporos presentes no solo rizosférico de milho consorciado com braquiária em diferentes densidades de semeadura, com e sem aplicação do herbicida nicosulfuron.

A riqueza de espécies de FMAs não sofreu impacto significativo quanto à aplicação do herbicida, sendo que neste tratamento foram registradas 7 espécies de FMA enquanto, na ausência do herbicida no solo, a riqueza foi igual a 6 espécies (Tabela 4). Por outro lado, verificou-se que o aumento da densidade da sementeira da forrageira, independente da aplicação do herbicida, acarretou em redução da riqueza de espécies de FMAs (Tabela 2).

O teor de glomalina total não foi afetado negativamente pelo herbicida por se tratar de uma fração da matéria orgânica altamente recalcitrante e, portanto de difícil degradação, ao contrário da glomalina facilmente extraível (Figuras 4 e 5). Esta por sua vez, se refere à fração da glomalina recentemente depositada no solo pelas hifas dos FMAs, o herbicida influenciou negativamente na deposição desta fração. Isto pode estar relacionado ao direcionamento da energia metabólica dos FMAs para a esporulação ao invés da produção de hifas (estrutura responsável pela produção de glomalina), condicionado pelo ambiente adverso que conduz as espécies de FMAs para este comportamento de sobrevivência.

Os resultados da porcentagem de colonização micorrízica e da densidade de esporos sustentam esta explicação (Figuras 6 e 7). Vale ressaltar, que a produção de esporos é um mecanismo de perpetuação das espécies de FMAs, sendo estimulada quando a planta e o fungo são submetidos a algum estresse (Johnson & Pfleger, 1992; Guadarrama & Álvarez-Sánchez, 1999; Miranda, 2008).

Os baixos valores de porcentagem de colonização micorrízica (Figura 6), densidade de esporos (Figura 7) e riqueza de espécies (Tabela 2), registrados nesse trabalho, independente do tratamento aplicado, pode estar relacionado ao histórico de uso do solo da área experimental em que o presente trabalho foi conduzido.

Práticas agronômicas empregadas anteriormente neste solo podem ter causado danos negativos nas comunidades de FMA. Apesar dos fungos micorrízicos arbusculares ocuparem um importante nicho ecológico nos ecossistemas, eles são influenciados pelas práticas de manejo do solo como aração e adubação, as monoculturas extensivas e os agrotóxicos, que podem reduzir a incidência de algumas espécies de FMAs (Siqueira et al. 1989).

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que o aumento da densidade da sementeira da *U. brizantha* exerceu efeito negativo sobre a maioria dos atributos relacionados às comunidades de FMAs, na ausência do herbicida.

Sabe-se que a cultura do milho proporciona aumentos na colonização micorrízica e na densidade de esporos de fungosmicorrízicos, devido à exsudação de compostos bioativos que estimulam a germinação e o crescimento micelial (Siqueira et al.1994, Colozzi-Filho et al.1999) e uma possível competição entre as plantas de milho e forrageira pode ter refletido os efeitos negativos sobre as comunidades de FMAs, encontrados neste experimento (Figura 7 e Tabela 2). Portanto, um adequado manejo do solo para a cultura do milho consorciada com forrageiras deve ser bem estabelecido se levarmos em consideração a importância dos fungos micorrizicos para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A predominância dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus* em solos com ou sem herbicida, demonstra a resiliência destes FMAs frente a alterações ambientais. Tal capacidade de adaptação desses gêneros a solos submetidos a diferentes manejos e usos, tem sido relatado em diferentes estudos (Carrenho et al., 2002; Bennedeti et al., 2005; Silva Júnior & Cardoso, 2006). Notou-se ainda que a aplicação do herbicida permitiu a ocorrência das espécies *G. margarita* e *Scutellospora* sp. o que realça o efeito das condições ambientais sobre a estrutura das comunidades de FMAs (Tabela 2).

Tabela 2. Diversidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em diferentes densidades de semeadura na presença e da ausência da subdose de nicosulfuron.

	Presença do Nicosulfuron				Ausência do Nicosulfuron			
Espécie de FMA	Densidade de Semeadura							
	0	2	4	6	0	2	4	6
Acaulospora morrowiae	0	2	0	0	0	0	0	0
Acaulospora longula	31	0	0	0	0	0	0	0
Acaulospora sp1	0	0	0	0	17	0	0	0
Glomus etunicatum	0	0	0	0	0	0	22	0
Glomus sp1	17	0	0	0	0	0	0	0
Glomus sp2	0	0	0	0	3	0	0	0
Glomus sp3	0	0	5	18	26	0	0	0
Paraglomus occultum	0	0	0	0	0	15	0	0
Gisgaspora sp	0	0	0	0	0	0	7	0
Gisgaspora margarita	12	0	0	0	0	0	0	0
Scutellospora sp	0	0	19	0	0	0	0	0

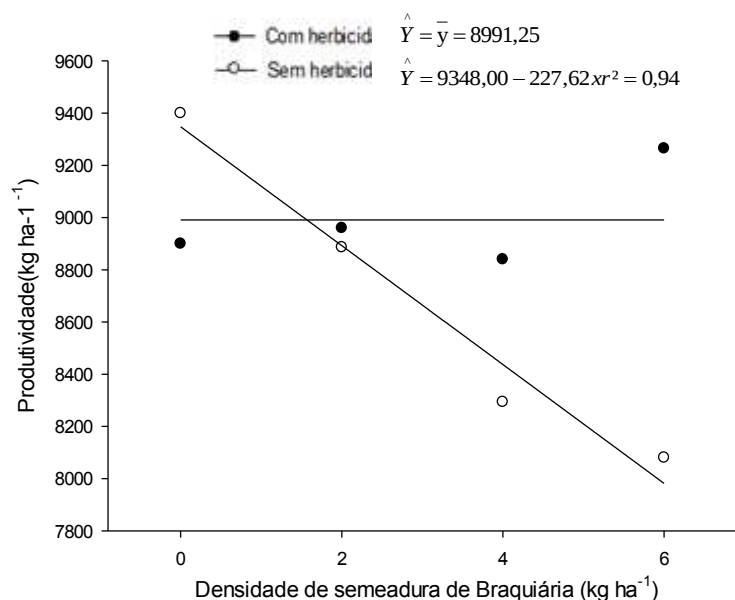


Figura 8: Média da produtividade de grãos de milho em função da densidade de plantio da *U. brizantha* e aplicação de 1/5 da dose recomendada de nicosulfuron.

A produtividade das plantas de milho consorciadas com as densidades de 2,00; 4,00; e 6,00 kg ha⁻¹ de sementeira de *U. brizantha*, que receberam a aplicação de 1/5 da dose do nicosulfuron não diferiu estatisticamente da produtividade do milho solteiro (Figura 8). Todavia na ausência da aplicação do herbicida houve queda linear da dessa variável com o aumento da densidade de sementeira da forrageira (Figura 8), confirmando a eficiência do manejo da *Urochloa brizantha* no consórcio com o milho para garantir um sistema economicamente viável.

Conclui-se que o aumento nas densidades de sementeira de *U. brizantha* interferiu de forma negativa na evolução de CO₂, glomalina total (GT) e facilmente extraível (GFE), porcentagem de colonização micorrízica e no número total de esporos. Todavia o carbono da biomassa microbiana (CBM), e quociente metabólico qCO₂ foram afetados positivamente pelo incremento da densidade de forrageira, indicando que o sistema consorciado se manteve em condições favoráveis para população microbiana do solo. E que os atributos microbiológicos do solo nem a produtividade do milho foram afetados negativamente pela aplicação do nicosulfuron. Sendo assim o manejo adequado do sistema consorciado proporcionou maior viabilidade econômica e sustentabilidade ao sistema.

4.6 - LITERATURA CITADA

ANDERSON, J. P e DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ANGERS, D. A. et al. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. **Soil Sci Am. J.**, v. 57, n. 2, p. 512-516, 1993.

ALVARENGA, M. I. N. et al. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 617-625, 1999.

BERBARA, L. L. et al. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **In Nutrição Mineral de Plantas** (ed. FERNANDES, M.S.), p. 55-88, 2006. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, Brasil.

BOTTOMLEY, P. J. Microbial ecology. In: SYLVIA, D. M. et al. **Principles and applications of soil microbiology**. 2.ed. New Jersey: Upper Saddle River, 2005. p. 463-488.

BRUNDRETT, M. C. et al. Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Austrália. II. Propagules of mycorrhizal fungi in disturbed habitats. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 184, n. 1, p. 173-184, 1996.

CARRENHO, R. et al. S. The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize. **Acta bot. bras.** v.21, n.3, p.723-730, 2007.

DORAN, J. W e PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. M. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

FREITAS, F. C. L. et al. A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2005.

GERDEMANN, J. W e NILCOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species

extracted from soil by wt-sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v.46, p.

235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M. e MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.**, v. 84, p.489-500, 1980.

ISLAM, K. R & WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2005.

JAKELAITIS, A. et al. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e de *Brachiaria brizantha* sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 71-78, 2007.

JENKINS, W. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, p.692, 1964.

LOVELOCK, C.E. et al. Using glomalin as na indicator for arbuscular mycorrhizal hyphal growth: anexample from a tropical rain Forest soil. **Soil Biol. Biochem**, v.36, p.1009-1012, 2004.

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

NICHOLS, K. A. Indirect Contributions of AM Fungi and Soil Aggregation to Plant Growth and Protection. In: SIDDIQUI, Z. A.; AKHTAR, M. S.; FUTAI, K. (Eds.) *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer Science,p. 177-194,2008.

PHILLIPS, J.M. e HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. British Mycol. Soc.**, v. 55, p.158-161, 1970.

RAMOS, M. L. G. et al.Diversidade de fungos micorrízicos e colonização radicular, em forrageiras solteiras e em consórcio com milho. **Biosci. J.**,Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 235-244, 2012.

REIS, M. R. et al. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 323-331, 2008.

RILLIG, M.C. et al. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical Forest soils. **Plant Soil**, v. 233, p.167-177, 2001.

RILLIG, M. C. et al. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil*,v.238, p. 325–333, 2002.

SANTOS, J. B. et. al. Tolerance of *Brady rhizobium* strains to Glyphosate formulations. **Crop Protec.**, v. 24, p. 543-547, 2005.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 143-152, 2005.

SAKAMOTO, K e OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biol. Fert. Soils**, v. 17, n. 1, p. 39- 44, 1994.

SCHENCK, N. C. **Methods and principles of mycorrhizal research**. Saint Paul: The American Phytopatology Society Publication, 1982. 224 p.

TÓTOLA, M. R e CHAER, G. M. Micro-organismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V. H. et al. (Eds.). **Tópicos em Ciência do solo**. 2.ed.Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.

VANCE, E. D. et al. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.

WRIGHT, S. F et al. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during till age management transition. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.63, p.1825–1829, 1999.

5. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E RENDIMENTO DO MILHO CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

5.1- RESUMO

O manejo incorreto do consórcio entre o milho e a braquiaria pode comprometer o sucesso deste sistema. Acredita-se que o estudo da fisiologia das espécies em consórcio possa auxiliar na determinação de melhores arranjos de plantas e manejos mais eficientes. Neste sentido objetivou-se avaliar os efeitos de arranjos de plantas e manejo químico da braquiária sobre as características fisiológicas e rendimento do milho. Foram realizados dois experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. No primeiro o milho foi semeado de espaçamento de 0,5 m entre linhas e no espaçamento de 1,00 m. Os tratamentos foram arranjos da mesma maneira nos dois experimentos, em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator a dose aplicada do nicosulfuron (0 e 8 g ha⁻¹) e como segundo as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg de sementes por hectare). A aplicação do nicosulfuron afetou negativamente a condutância estomática, a concentração interna de carbono e incrementou o consumo de CO₂ e a eficiência no uso da água das plantas de milho. A taxa fotossintética não foi alterada pela aplicação do herbicida, mas apresentou menores valores no espaçamento de 0,50 m, enquanto que a produtividade não se diferenciou entre os espaçamentos, sendo esta maior com a aplicação da subdose do nicosulfuron. O aumento da densidade de braquiaria promoveu alterações negativas na eficiência no uso da água com reflexos diretos sobre a produtividade da cultura, sendo superior na ausência da aplicação do herbicida. A resposta fisiológica e consequentemente a produtividade do milho, variam de acordo com o arranjo de plantas e com o manejo da forrageira adotados.

Palavras-chave: integração lavoura pecuária, fotossíntese, condutância estomática.

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND YIELD OF MAIZE and *Urochloa brachiaria* IN DIFFERENT ARRANGEMENTS OF PLANTS

5.2 - ABSTRACT

The mishandling of intercropping maize and Brachiaria can compromise the success of this system. It is believed that the study of the physiology of the species consortium may assist in determining the best arrangements of plants more efficient and handlings. In this sense it was aimed to evaluate the effects of plant arrangements and chemical management brachiaria on physiological characteristics and yield of maize. Two experiments were conducted in a randomized complete block design with four replications. In the first corn was sown spacing of 0.5 m between rows and 1.00 m spacing. Treatments were arranged in the same way in both experiments , in a 2x4 factorial design, with the first factor of nicosulfuron applied dose (0 and 8 g ha⁻¹) and as second the forage seeding rates (0 , 2 , 4 and 6 kg of seeds per hectare). The application of nicosulfuron adversely affect stomatal conductance, internal concentration of carbon and increased consumption of CO₂ and water use efficiency of corn plants. The photosynthetic rate was not affected by herbicide application, but showed lower values in the spacing of 0.50 m, while productivity did not differ between the gaps, this being higher with the application of suboptimal dose of nicosulfuron. The increased density of Brachiaria promoted negative changes in water use efficiency with direct effects on crop yield, higher than in the absence of herbicide application. The physiological response and consequently the yield of corn vary according to the arrangement of plants and the management of the forage adopted.

Key words: crop-livestock integration, photosynthesis, stomatal conductance.

5.3- INTRODUÇÃO

A degradação das compromete a sustentabilidade da produção animal no Brasil, e pode ser explicada como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade. Dentre os fatores mais importantes relacionados com a degradação das pastagens destacam-se o manejo animal inadequado e a falta de reposição de nutrientes. A lotação animal excessiva, sem os ajustes para uma adequada capacidade de suporte, e a ausência de adubação de manutenção têm sido os aceleradores do processo de degradação (Macedo 2009).

Na busca da recuperação da fertilidade dessas áreas com rápido retorno do capital investido tem-se optado pela adoção do sistema de consórcio entre milho e forrageira. Todavia, para obtenção de sucesso econômico nesse sistema são necessárias práticas culturais adequadas dependentes do arranjo de plantas na área e associadas à aplicação de herbicidas. Isto é necessário para redução da interferência da competição entre as espécies consorciadas.

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 *Uroclhoa* (Silva et al., 2007). As plantas deste gênero pertencem à mesma família do milho, razão pela qual apresentam exigências similares quanto aos recursos do ambiente, o que pode interferir no desenvolvimento da cultura agrícola (Radosevich et al., 1997).

Entre 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 pluvial, pois irá afetar diretamente o processo de fotossíntese a absorção de nutrientes. Nesse caso, uma importante característica das plantas cultivadas pode ser afetada: a eficiência no uso da água – 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), da época de 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 resulta em menor acesso a alguns recursos para as espécies, competidoras que pode levar a deficiências que culminam em alterações nas

características fisiológicas relacionadas com a fotossíntese, como a deficiência hídrica (Floss, 2008), 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 uso eficiente da água com reflexos na produtividade da cultura.

O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto o dióxido de carbono (CO_2) 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).

O milho é considerado ótimo competidor com espécies de menor porte, como é o caso das braquiárias, por ter acesso primeiro à radiação luminosa, o que leva ao maior acúmulo de matéria seca produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento (Silva et al., 2004). Isto ocorre principalmente porque o milho apresenta elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel o que reduz a quantidade desse recurso para as outras espécies. Essa interceptação varia conforme as características morfológicas do cultivar, como altura de planta e conformação das folhas, além da população utilizada (Freitas et al., 2008), desenvolvimento da cultura e interferência de outras espécies. Entretanto, são escassos trabalhos que reportam as alterações fisiológicas em plantas consorciadas.

Desta forma, este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes arranjos de plantas e manejo da braquiaria sobre as características fisiológicas e rendimento do milho.

5.4- MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em condição de campo na Estação Experimental Diogo Alves de Mello, pertencente ao campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, durante os meses de novembro de 2012 a abril de 2013 em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. A adubação foi realizada de acordo com análise prévia do solo (Tabela 1) e seguindo recomendações para a cultura do milho, na dose de 400 kg/ha 8-28-16 (NPK), distribuídos na linha de plantio do milho. A adubação de cobertura constou-se da aplicação de 120 kg de N na forma de uréia. O clima da região é subtropical úmido com inverno seco e verão quente, de acordo com a

classificação de Koppen-Geiger (Geiger, 1961), com temperatura média anual de 21°C e precipitação média anual de 1.200 mm. Os índices pluviométricos e as temperaturas médias semanais ocorridas durante o período experimental estão apresentados na Figura 1.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo da área experimental

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	H ₂ O	mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³					dag
Argissolo	5,6	5,9	64	2,0	0,8	0,3	3,3	2,96	2,96	6,26	47	0	2,6
Características Físicas (%)													
Textura(%)	Argilosa		Argila = 43					Silte = 14					Areira = 43%

Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo Viçosa, segundo a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997).

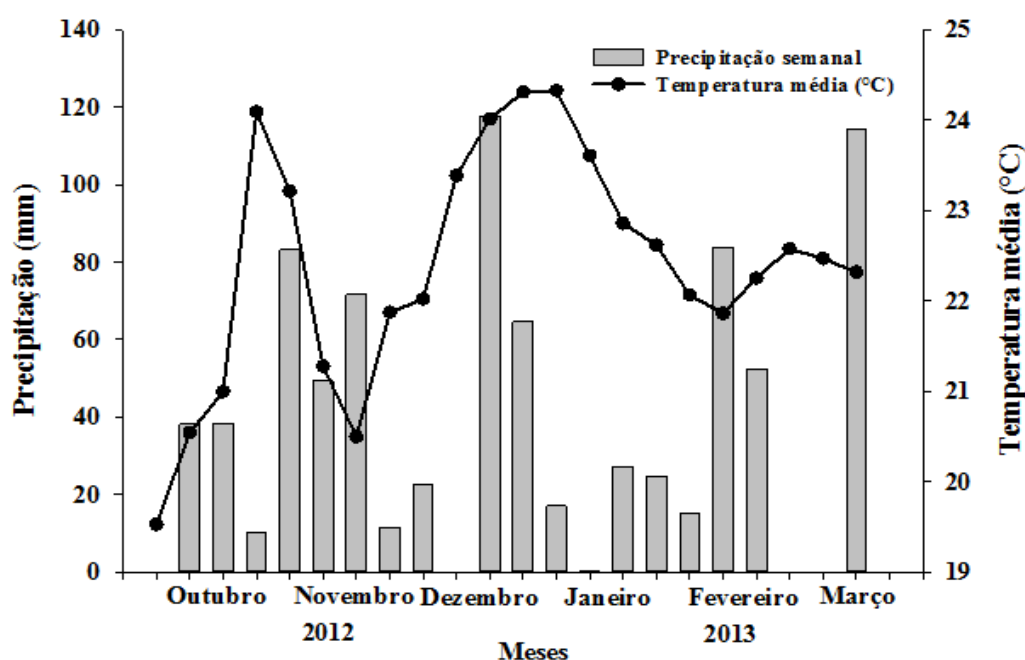


Figura 1: Precipitação pluvial e temperaturas médias semanais durante o período de condução dos experimentos

Cada experimento correspondeu a um espaçamento de plantio (0,50 ou 1,00 m) e foram delineados em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos dos dois ensaios foram iguais e arranjados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator a aplicação ou não da subdose do herbicida nicosulfuron (8,00 g ha⁻¹, referente a 1/5 da

doses recomendada) e o segundo fator as densidades de semeadura da forrageira (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹).

Para o preparo do solo da área experimental foi realizada a dessecação do local através da aplicação da mistura em tanque dos herbicidas glyphosate (1.080 g ha⁻¹) + 2,4-D (540 g ha⁻¹) sete dias antes da semeadura das espécies. O híbrido de milho DKB 390 e as sementes de *Uroclhoa brizantha* (BRS Piatã) vc 76% foram semeadas no dia 20 de outubro de 2011 com uso de uma semeadora múltipla Semeato SHM 11/13, com 5 linhas de plantio para o espaçamento de 0,50 m, e 3 linhas de plantio para o espaçamento de 1,00 m, sendo que para ambos ensaios foi mantida a mesma população de 60.000 de plantas por hectare.

Na mesma data de plantio do milho realizou-se também a semeadura manual da *Uroclhoa briazantha*. No experimento em que o milho apresentava espaçamento entre linhas de 0,50 m, a braquiária foi semeada na mesma linha da cultura e no ensaio de 1,00 m, o plantio da forrageira foi realizado na linha e na entrelinha (0,50) do milho. A quantidade de sementes de braquiária foi calculada respeitando as definições de cada tratamento.

As parcelas experimentais dos dois experimentos apresentavam 30 m² e eram constituídas de 6 e 12 linhas de milho com 5 m de comprimento para o ensaio no espaçamento de 1,00 m e 0,5 m, respectivamente. Quando o ensaio apresentava linhas espaçadas de 1,00 m a área útil da parcela correspondeu as 4 linhas centrais excluindo-se 1m de comprimento de cada extremidade, perfazendo-se 12 m² de área. Para o espaçamento de 0.50 avaliou-se as 8 linhas centrais sendo a área total útil a mesma do outro experimento.

Aos 60 dias após a emergência (DAE), ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) avaliou-se a taxa fotossintética, taxa transpiratória, condutância estomática de vapores de água, concentração de CO₂ interno, consumo de carbono e posteriormente determinou o uso eficiente da água. Para isso, utilizou-se um analisador de gás infravermelho (IRGA), portátil, modelo LI-6400 XT. As medições foram avaliadas entre 9 e 11h, na superfície de da folha totalmente expandidas no terço superior da copa de cada planta de milho. A irradiância média foi de 1000 μmol de fótons m⁻² s⁻¹. Esse valor foi determinado como a irradiância que incide sobre a superfície da folha da cultura na posição em que a folha se encontrava na planta obtida através de 30 avaliações ao acaso na lavoura. As variáveis avaliadas foram condutância estomática de vapores de água (*Gs* – mol m⁻¹ s⁻¹), taxa de transpiração (*E* -

mol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*CI* - μmol mol⁻¹), CO₂ consumido (ΔC - μmol mol⁻¹), taxa fotossintética (*A* - μmol m⁻² s⁻¹) e eficiência no uso da água (*EUA* - mol CO₂ mol H₂O⁻¹).

Aos 150 dias após plantio (DAP) foram colhidas a área útil de cada parcela e determinada a produtividade de grãos corrigida para 13 % de umidade.

A análise de variância para cada espaçamento de plantio foi feita considerando-se o modelo: $y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$ onde y_{ij} se refere ao valor observado do tratamento *i* na repetição *j*; *m* é a média geral; *t_i* é o efeito do tratamento *i*; *b_j* é o efeito do bloco *j*; e *e_{ij}* é o efeito da parcela (erro) associado ao tratamento *i* na repetição *j*.

Nas variáveis em estudo, a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo foi inferior a sete para os dois espaçamentos de plantio, atendendo ao requisito para a execução e interpretação da análise de variância conjunta (Pimentel Gomes, 1990). Sendo assim, esta análise foi feita acrescentando-se ao modelo anterior o efeito dos espaçamentos de plantio e da interação entre estes e os tratamentos: $y_{ijk} = m + t_i + a_j + ta_{ij} + b_{k(j)} + e_{ik(j)}$ onde y_{ijk} se refere à observação *k* do tratamento *i* no espaçamento de plantio *j*; *t_i* é o efeito do tratamento *i*; *a_j* é o efeito do espaçamento de plantio *j*; *ta_{ij}* é o efeito da interação entre o tratamento *i* e o espaçamento de plantio *j*; *b_{k(j)}* é o efeito do bloco *k* dentro do espaçamento de plantio *j*; e *e_{ik(j)}* é o erro médio. As decomposições pertinentes da interação espaçamento de plantio por tratamentos também foram consideradas na análise.

Para as variáveis qualitativas que apresentaram significância quando submetidas ao teste F, optou-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. E para as variáveis quantitativas as médias foram submetidas à análise de regressão a 5% de probabilidade, adequando-se o modelo que melhor explicou o comportamento de cada variável, seguindo critérios sugeridos por Pimentel Gomes, (1990).

5.5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas variáveis em estudo a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo foi inferior a sete, atendendo ao requisito para a execução e interpretação da análise de variância conjunta (Tabela 2), conforme sugerido por Pimentel Gomes (1990). Nas situações onde foi constatada interação tripla entre os fatores optou-se por analisar os resultados através da regressão para o fator quantitativo e pelo teste de média para os fatores qualitativos (espaçamento x aplicação de herbicida) quando estes também apresentavam interação.

Tabela 2. Análise de variância (quadrados médios) e coeficiente de variação (cv) correspondente a condutância estomática (Gs), concentração interna de carbono (Ci), consumo de carbono (ΔCO_2), taxa transpiratória (E), taxa fotossintética (A), eficiência no uso da água (EUA) e produtividade de grãos (PD) do milho

FV	GL	Quadrados médios						
		Gs	Ci	E	ΔCO_2	A	EUA	PROD
Blocos/Espaçamento	6	0,005*	3072,18	2,52	6,64	27,15	2,75	183299,84
Espaçamento (E)	1	0,087*	128255	34,12	562*	650,7*	2,76	134157,38
Herbicida (H)	3	0,032*	20426,24*	8,03	28,4	7,77	5,74*	1845590,17*
E x H	1	0,037*	2799,10	5,43	3,58	55,41	0,26	14119,38
Densidade (D)	3	0,004	2329,31	4,29	2,10	24,65	2,97*	1446291,87*
E x D	1	0,003*	4815,36*	1,11	3,39	5,16	0,12	414738,24
D x H	3	0,001	2632,67	0,11	4,55	8,54	0,10	427031,36
D x E x H	3	0,002	8161,84	2,90*	13,39	29,45	0,57	145934,28
Resíduo	42	0,002	1313,55	0,782	8,38	16,25	0,75	574237,52
CV %		29,00	1,16	21,00	15,70	28,00	23,00	8,00

*F significativo a 5% de probabilidade

A aplicação do herbicida nicosulfuron afetou negativamente a condutância estomática (Gs) das plantas de milho em ambos os espaçamentos entre linhas avaliados, tanto 1,0 m quanto 0,5 m (Tabela 3). Ao se comparar os espaçamentos em relação a presença e ausência do herbicida, verificou-se que no espaçamento de 0,50 m não foi constatada diferença entre os tratamentos, já no espaçamento de 1,00 m observou-se redução no valor de Gs na presença do produto. O nicosulfuron é um inibidor da enzima ALS (acetolactato sintase), responsável pela síntese dos aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina e valina), dessa forma, é esperado efeito indireto do nicosulfuron nas características fisiológicas do milho, pela redução na síntese de proteínas e considerando que as mesmas estão presentes no aparato fotossintético

responsável pelo transporte de elétrons, assim uma redução no conteúdo total de proteínas afeta também a cadeia de transporte de elétrons.

Tabela 3. Média condutância estomática ($G_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) de plantas de milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron.

Espaçamento	Nicosulfuron (8 g ha^{-1})	
	Presença	Ausência
1,00 m	0,15 Ab	0,24 Aa
0,50 m	0,12 Ba	0,12 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A concentração interna de CO_2 (C_i) foi maior nas plantas de milho cultivadas no menor espaçamento e na ausência do produto (Tabela 4), considerando que a interação herbicida x espaçamento apresentou-se não significativa (Tabela 2). Importante destacar que a C_i esta diretamente relacionada com a capacidade fotossintética e o consumo de CO_2 , sendo inversamente proporcional a essas variáveis, assim o menor C_i indica menos quantidade de CO_2 consumido e conseqüentemente menor taxa fotossintética.

Tabela 4. Média da concentração interna de carbono CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) de plantas de milho em dois espaçamentos de plantio e na pres e aus de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos							
	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m
Pres	142,96Bb	339,46Aa	177,82Ab	261,35Aa	185,49Ab	242,31Ba	154,3 Bb	228,80Ba
Aus	224,25Ab	283,23Ba	176,94Ab	291,57Aa	210,19Ab	328,16Aa	245,1 Aa	258,98Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao avaliar a C_i de plantas de milho em relação a densidade de plantio de braquiária, verificou-se que o valor dessa variável foi superior no espaçamento 0,50 m entre linhas tanto na presença quanto no ausência do herbicida em relação ao maior espaçamento. No espaçamento de 0,50 m entre linhas com a aplicação do nicosulfuron, a C_i das plantas de milho apresentaram tendência de decréscimo com o incremento na densidade de plantas de braquiária, já na ausência do produto, a C_i foi constante. No espaçamento de 1,0 m, as parcelas onde o produto foi aplicado, a C_i mostrou

comportamento quadrático, ou seja, tendência de acréscimo nos valores dessa variável até a densidade de aproximadamente 3 Kg ha⁻¹, e posteriormente redução com o aumento da densidade (Figura 2).

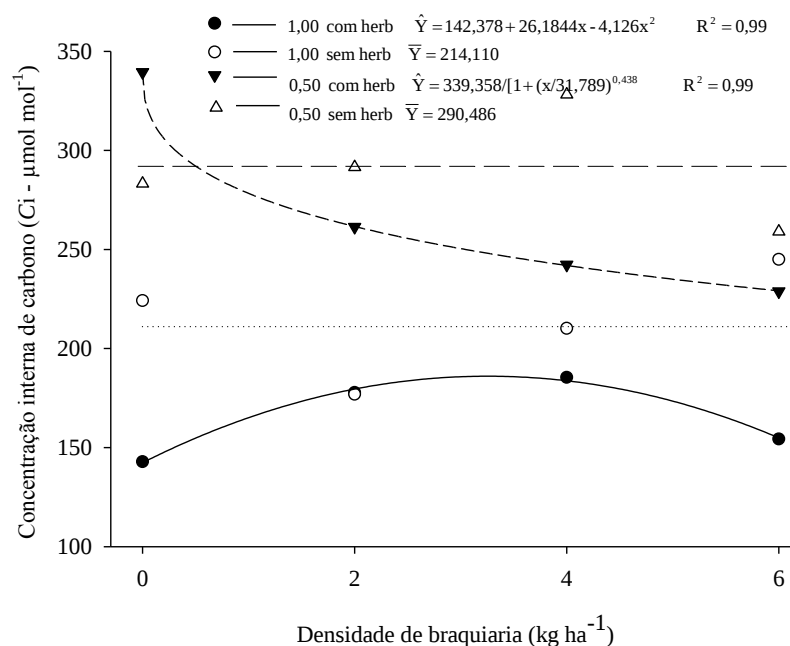


Figura 2. Concentração interna de carbono do milho em dois espaçamentos e na presença e ausência do herbicida nicosulfuron em diferentes densidades de plantio de braquiária

As plantas de milho apresentaram maior consumo de CO₂ (ΔC) quando cultivada no espaçamento de 1,00 tanto na presença quanto na ausência do herbicida nos dois espaçamentos. Maior ΔC foi verificado nas parcelas onde o nicosulfuron foi aplicado (Tabela 5).

Tabela 5. Média do consumo de CO₂ (ΔC - μmol mol⁻¹) de plantas de milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron.

Espaçamento	
1,00 m	21,30 A
0,50 m	15,37 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

No espaçamento de 1,00 m, as parcelas que receberam a aplicação do produto apresentaram menores valores relacionados a taxa transpiratória (E), já no menor espaçamento não foi observada diferença para essa variável entre os tratamentos com e sem o produto. Na presença do herbicida, não foi constatada diferença entre as variáveis, no entanto, nas parcelas insentas do produto observou-se redução da E no menor espaçamento (Tabela 6). A E é determinada principalmente por G_s e duas variáveis físicas: radiação e déficit de saturação atmosférica (Hunt et al., 1985). As demais variáveis não se correlacionaram entre si.

Tabela 6. Média da taxa transpiratória de plantas (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹) de milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron (H).

H	Densidade de semeadura de <i>U. brizantha</i> (kg ha ⁻¹)							
	0		2		4		6	
	Espaçamentos							
	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m	1,00 m	0,50 m
Pres	3,54 Ba	3,30 Aa	4,30 Aa	2,49 Ab	4,35 Ba	4,23 Aa	4,65 Ba	3,31 Ab
Aus	5,06 Aa	3,10 Ab	4,12 Aa	3,64 Aa	6,47 Aa	3,85 Ab	6,34Aa	3,23Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

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 CO₂ só ocorrem quando os estômatos estão abertos, bem como a condutância estomática (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).

As parcelas cultivadas no espaçamento de 1,00, com e sem, o produto mostraram maiores valores de taxa transpiratória (E) para todas as densidades quando comparadas as parcelas cultivadas no espaçamento de 0,5 0 m. As plantas tratadas com o nicosulfuron no espaçamento de 1,00 m apresentaram acréscimo nos valores de E com o aumento da densidade de plantas de braquiária. Os tratamentos onde o milho foi

cultivado no espaçamento de 1,00 na ausência do produto, 0,50 m com aplicação do herbicida e 0,50 m sem a aplicação não variaram a E com o incremento da densidade da forrageira (Figura 3).

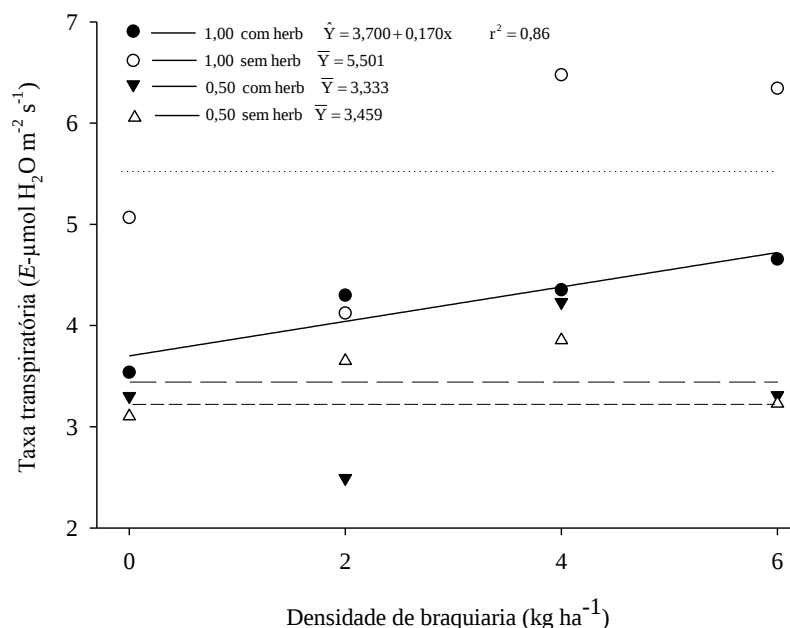


Figura 3. Taxa transpiratória do milho em dois espaçamentos e na presença e ausência do herbicida nicosulfuron em diferentes densidades de plantio de braquiária

Concenço et al., (2012) afirmaram que o imazamox, um herbicida inibidor da ALS age indiretamente no sistema, sendo que, a presença desse herbicida juntamente com o atrazine (inibidor do fotossistema II) reduz a condutância estomática nas plantas sensíveis a esse produto e, muitas vezes, 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 (Torres et al., 2012).

Com relação à taxa fotossintética (A), não foi observada diferença entre os tratamentos com e sem o herbicida. No entanto na presença e na ausência do produto os valores de A foram maiores no espaçamento de 1,00 (Tabela 7). 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., 1997). 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 forrageiras.

Tabela 7. Média da taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de plantas de milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron.

Espaçamento	
1,00 m	17,60A
0,50 m	11,23B

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Sabe-se que estresses causados por herbicidas podem afetar a condutância estomática (Centritto et al., 2003; Redondo-Gómez et al., 2008); Fuchs et al. (2002) observaram que o decréscimo na G_s foi o maior fator para a redução da A causada por glyphosate em *Myriophyllum aquaticum*, sendo que esse padrão de redução na G_s refletiu em menor C_i . Ferrel et al. (2003) também encontraram alta correlação entre A e G_s .

Plantas de milho cultivadas no espaçamento de 1,00 m apresentaram maior eficiência no uso da água (EUA) quando comparadas as plantas que se desenvolveram no espaçamento de 0,50 m entre linhas. A EUA foi maior quando as mesmas se encontravam na presença do produto (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência no uso da água ($EUA - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) de plantas de milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8 g ha ⁻¹)	
Presença	3,95 A
Ausência	3,36 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para todos os espaçamentos avaliados com e sem o herbicidas apresentaram tendência de redução da eficiência no uso da água (*EUA*) com o incremento da densidade da forrageira (Figura 4). Lembrando que a *EUA* representa a quantidade de CO₂ fixado para a produção de matéria seca em função da quantidade de água transpirada. A melhoria na eficiência no uso da água 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. Concenço et al. (2007) trabalhando com biótipos de azevém resistentes ao glyphosate, observaram que o aumento da densidade do biótipo sensível em competição com o resistente provocou redução na *EUA* desse biótipo com o aumento da densidade do biótipo oposto.

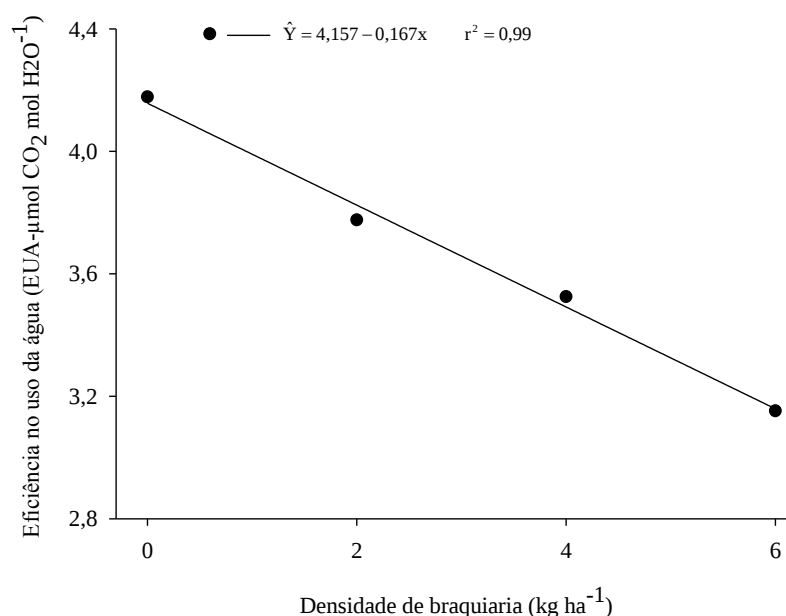


Figura 4. Eficiência no uso da água do milho em diferentes densidades de plantio de braquiária

Não foi observada diferença estatística com relação à produtividade (*PD*) entre os dois espaçamentos adotados, no entanto, quando a cultura foi cultivada na presença do herbicida observou-se maior *PD* (Tabela 9). Jakelaitis et al (2005), concluíram que independentemente de como a forrageira foi estabelecida junto à cultura, o uso do herbicida nicosulfuron em mistura com atrazine foi necessário para atingir o controle satisfatório sobre a maioria das plantas daninhas presentes nesse agrossistema e permitir

com esse manejo o rendimento de grãos de milho compatível com a produção de forragem.

Tabela 9. Média da produtividade (**PD** – Kg ha⁻¹) de grãos do milho em dois espaçamentos de plantio e na presença e ausência de nicosulfuron.

Nicosulfuron (8 g ha ⁻¹)	
Presença	9738,45 A
Ausência	9398,81 B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

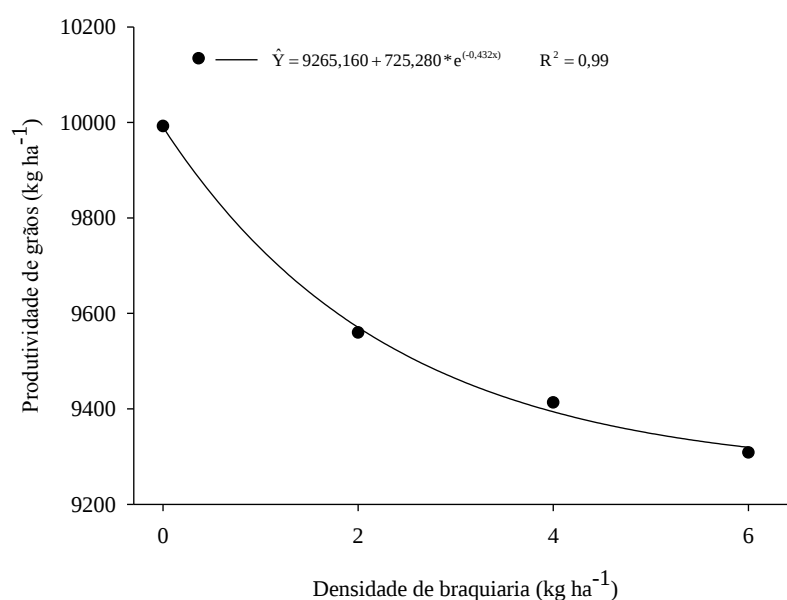


Figura 5. Produtividade de grãos do milho em diferentes densidades de plantio de braquiária

Para todos os espaçamentos avaliados com e sem aplicação de 1/5 da dose recomendada do herbicida verificou-se tendência de decréscimo da produtividade (**PD**) com o aumento da densidade da braquiária (Figura 4). Isto pode ser explicado porque o aumento da densidade e a redução do espaçamento entre plantas de milho afetaram

negativamente a maioria das variáveis fisiológicas do milho, as quais estão diretamente relacionadas com o potencial produtivo da cultura.

Concluiu-se que tanto a densidade de semeadura da forrageira quanto o espaçamento e a aplicação do herbicida afetaram as características fisiológicas da cultura. De modo geral, o milho apresentou redução na maioria das variáveis fisiológicas avaliadas com a redução do espaçamento entre as linhas do milho e o aumento da densidade da braquiária. Isto resultou na redução progressiva da produtividade do milho com o incremento da população da forrageira. Todavia, com aplicação da subdose do nicosulfuron as perdas no rendimento de grãos da cultura foram inferiores, mostrando que esse sistema de cultivo se bem manejado é economicamente viável.

5.6 - LITERATURA CITADA

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.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Physiological aspects of competition**. In: Weed ecology implicatios for managements. New York: John Willey and sons, 1997. 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.

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.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4. ed. Passo Fundo-RS: UPF, 2008. 749 p.

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.

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. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 37-43, 2006.

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

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.

SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.). **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 117-169.

FREITAS, F. C. L. et al. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodosulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 215-221, 2008.

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 Physiology**, v. 123, n. 3, p. 1021-1028, 2000.

COCHARD, H. et al. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, v. 128, n. 1, p. 282-290, 2002.

FARQUHAR, G. D.; RASCHKE, K. On the resistance to transpiration of the sites of transpiration within the leaf. **Plant Physiology**, v. 61, n. 6, p. 1000-1005, 1978.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

MACEDO, C.M.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p.133-146, 2009 (supl. especial).

HUNT, E. R. et al. Effects of nitrate application on *Amaranthus powellii* Wats II. Stomatal response to vapor pressure difference is consistent with optimization of stomatal conductance. **Plant Physiol.**, v. 79, p. 614-618, 1985.

JAKELAITIS, A. et al. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta daninha**, v. 23, n. 1, 200.

CONCENÇO, G. et al. Physiology of crops and weeds under biotic and abiotic stresses. In: NAJAFPOUR, N.; NAJAFPOUR, M. M. (Eds.). **Applied photosynthesis**. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. p. 257-280. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/932172/1/Germani.pdf>>. Acesso em: 1 maio 13.

TORRES, L. G. et al. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.

CENTRITTO, M.; LORETO, F.; CHARTZOULAKIS, K. The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. **Plant, Cell & Environ.**, v. 26, n. 4, p. 585–594, 2003.

FUCHS, M. A. et al. Mechanisms of glyphosate toxicity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti medikus*), **Pestic. Biochem. Physiol.**, v. 74, n. 1, p. 27–39, 2002.

REDONDO-GÓMEZ, S. et al. Carry-over of differential salt tolerance in plants grown from dimorphic seeds of *Suaeda splendens*. **Ann. Bot.**, v. 102, n. 1, p. 103–112, 2008.

FERRELL, J. A.; EARL, H. J.; VENCILL, W. K. The effect of selected herbicides on CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence, and stomatal conductance in johnsongrass (*Sorghum halepense* L.). **Weed Sci.**, v. 51, n. 1, p. 28–31, 2003.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução do espaçamento entre linhas do milho e a aplicação da subdose do nicosulfuron mostraram-se eficientes na supressão da *Urochloa brizantha*, promovendo a redução dos impactos negativos da forrageira no acúmulo de nutrientes da cultura.

Maiores densidades de *U. brizantha* interferem negativamente no crescimento e a produtividade do milho. Entretanto, a adoção de práticas culturais como adensamento entre linhas do milho e a aplicação de subdose do herbicida possibilitam o maior crescimento e produtividade do milho consorciado.

Nem mesmo as maiores densidades de semeadura da *U. brizantha* e a aplicação da subdose do nicosulfuron, não interferiram no equilíbrio da microbiota do solo. Confirmando que manejo adequado do sistema consorciado proporciona viabilidade econômica e sustentabilidade ao sistema.

A densidade da forrageira, o espaçamento entre linhas de milho e a presença do herbicida afetam as características fisiológicas da cultura. O aumento da densidade da braquiária resulta na redução progressiva da produtividade do milho.

O sistema de consórcio entre milho e *U. brizantha* se que realizado de forma adequada e com emprego o manejo da competição entre essas duas culturas possibilita aos produtores otimização da área da propriedade de forma econômica e ambientalmente sustentável.