

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE  
MILHO EM ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM  
BRAQUIÁRIA, NO VERÃO E OUTONO-INVERNO**

PRISCILA AKEMI MAKINO

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE MILHO  
EM ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM BRAQUIÁRIA, NO  
VERÃO E OUTONO-INVERNO**

PRISCILA AKEMI MAKINO  
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. GESSÍ CECCON

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

S677d Makino, Priscila Akemi  
Desempenho agrônômico e fisiológico de milho em arranjos de plantas, com e sem braquiária, no verão e outono-inverno / Priscila Akemi Makino. –2018.  
105 f. il. algumas color.

Orientador: Gessi Ceccon.  
Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

1. Consórcio. 2. Milho safrinha. 3. Fotossíntese. 4. Brachiaria. 5. Plantio direto. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com dados fornecidos pelo autor

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

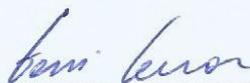
**DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE MILHO EM  
ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM BRAQUIÁRIA, NO VERÃO E  
OUTONO-INVERNO**

por

Priscila Akemi Makino

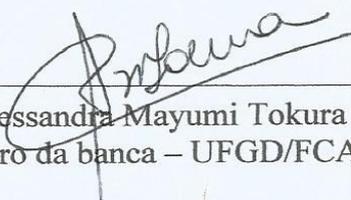
Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de  
DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 31 de agosto de 2018



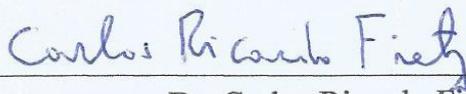
---

Prof. Dr. Gessi Ceccon  
Orientador – UFGD/FCA



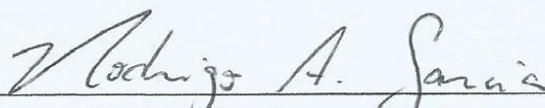
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Mayumi Tokura Alovise  
Membro da banca – UFGD/FCA



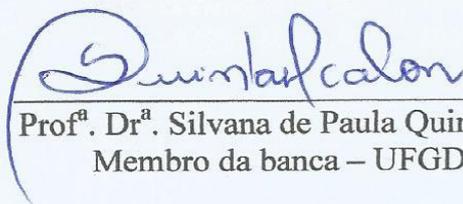
---

Dr. Carlos Ricardo Fietz  
Membro da banca – Embrapa Agropecuária Oeste



---

Dr. Rodrigo Arroyo Garcia  
Membro da banca – Embrapa Agropecuária Oeste



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana de Paula Quintão Scalon  
Membro da banca – UFGD/FCA

À Deus, pela vida e por ser meu guia nos momentos difíceis.  
Aos meus pais, que não mediram esforços para me educar,  
pelo amor incondicional, apoio e base familiar sólida.  
Ao meu esposo, pelo carinho, paciência e companheirismo.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro.

À Embrapa Agropecuária Oeste, pela disponibilização da área experimental, dos equipamentos e materiais necessários para a condução da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Gessi Ceccon, por compartilhar seus conhecimentos e me orientar na condução desta pesquisa, pelo apoio, confiança e amizade.

Aos colegas estagiários da Embrapa, pela ajuda nas avaliações de campo e laboratório e pelos momentos de descontração.

Aos funcionários da Embrapa Agropecuária Oeste, pelo auxílio nas atividades de campo.

À banca examinadora, pelas críticas, sugestões e correções para o aperfeiçoamento deste trabalho.

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

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14

### **CAPÍTULO I – EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM FUNÇÃO DE ARRANJOS DE PLANTAS NA SAFRA-VERÃO**

RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO .....	20
MATERIAL E MÉTODOS .....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

### **CAPÍTULO II - PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES EM POPULAÇÕES DE MILHO SAFRINHA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA**

RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO .....	44
MATERIAL E MÉTODOS .....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÕES .....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

### **CAPÍTULO III - PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE MILHO SAFRINHA CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA EM ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES**

RESUMO.....	70
ABSTRACT.....	70
INTRODUÇÃO .....	71
MATERIAL E MÉTODOS .....	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÕES .....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	92
ANEXOS .....	93

## DESEMPENHO AGRONÔMICO E FISIOLÓGICO DE MILHO EM ARRANJOS DE PLANTAS, COM E SEM BRAQUIÁRIA, NO VERÃO E OUTONO-INVERNO

Autora: Priscila Akemi Makino  
Orientador: Prof. Dr. Gessi Ceccon

**RESUMO:** Nos cultivos consorciados, a competição entre as espécies pode afetar os processos fisiológicos das plantas e causar deficiências nutricionais, inviabilizando o sistema de cultivo. Os arranjos espaciais de plantas representam uma prática cultural importante para minimizar a interferência da braquiária sobre o milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das populações de plantas e espaçamentos entre linhas de milho sobre as características associadas à morfofisiologia, produtividade de grãos e massa seca de plantas de milho e braquiária, em cultivo solteiro e consorciado, no verão e no outono-inverno. A pesquisa foi realizada na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, na safra-verão 2015-2016 e no outono-inverno de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subsubdivididas em quatro repetições. As parcelas foram representadas pelo sistema de cultivo de milho (solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás), as subparcelas pelos espaçamentos entrelinhas (0,45 m e 0,9 m) e as subsubparcelas pelas populações de plantas de milho. No verão, as populações de milho foram 45, 65, 75 e 85 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e no outono-inverno 45, 52, 65 e 96 mil plantas ha<sup>-1</sup> no espaçamento 0,45 m e 45, 52, 57 e 65 mil plantas ha<sup>-1</sup> no espaçamento 0,90 m. No florescimento do milho foram realizadas avaliações das trocas gasosas e parâmetros fisiológicos das plantas. Na maturação fisiológica foram avaliados caracteres morfológicos, componentes de produtividade, produtividade de grãos e massa seca de milho e de braquiária. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $P \leq 0,05$ ) e as médias comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão para populações de plantas de milho. No verão, a maioria das variáveis fisiológicas do milho não foi afetada pelos tratamentos, enquanto na safrinha, o aumento da população de milho e do espaçamento reduziram o consumo de CO<sub>2</sub> e a atividade fotossintética das plantas. Na maior população de plantas houve maior interceptação luminosa do milho-verão, reduzindo a altura e massa seca da braquiária, que também foi menor no espaçamento 0,45 m. O acamamento do milho safrinha na maior população favoreceu o crescimento da forrageira, e o consórcio resultou em menores teores de N, P, Ca, S e Cu do milho e, no espaçamento 0,45 m, o índice de clorofila também foi menor. Entretanto, no maior espaçamento, a cobertura do solo pela braquiária possibilitou aumentar a eficiência do uso da água do milho. Apesar de afetar os componentes de produtividade do milho, o aumento da população de plantas apresentou as maiores produtividades de massa seca de palha e de grãos. O consórcio de milho com a *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás não reduz a produtividade de grãos do milho e possibilita incrementar a palha para cobertura do solo, independentemente do cultivo no verão ou outono-inverno.

**Palavras-chave:** Consórcio, milho safrinha, fotossíntese, brachiaria, plantio direto.

**AGRICULTURE AND PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF CORN IN  
PLANT ARRANGEMENTS WITH AND WITHOUT BRACHIARIA IN  
SUMMER AND AUTUMN-WINTER**

Author: Priscila Akemi Makino  
Advisor: Prof. Dr. Gessi Ceccon

**ABSTRACT:** In intercropping, competition between species can affect the physiological processes of plants and cause nutritional deficiencies, making the system unfeasible. Spatial arrangements of plants represent an important cultural practice to minimize brachiaria interference on maize. The objective of this work was to evaluate the effect of maize populations and spacings on the characteristics associated with morphology, grain yield and dry matter of maize and Brachiaria plants in crop sole and intercropping in the summer and autumn-winter. The research was realized in Embrapa Western Agriculture, in Dourados city, Mato Grosso do Sul state, in the summer 2015-2016 and in the autumn-winter 2016. The experimental design was a randomized block with split-split-plot and four replications. The plots were represented by maize cultivation (single and intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás), the subplots by spacings between rows (0.45 m and 0.9 m) and sub-subplots by maize plant populations. In the summer, maize populations were 45, 65, 75 and 85 thousand  $\text{ha}^{-1}$  plants, and in autumn-winter 45, 52, 65 and 96 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$  in 0.45 m spacing and 45, 52, 57 and 65 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$  in spacing 0.90 m. In the maize flowering, were evaluated the gas exchange and physiological parameters of the plants. In the physiological maturation were evaluated the morphological characters, the yield components and grains yield and dry matter of maize and brachiaria. Data were submitted to analysis of variance ( $P \leq 0.05$ ), and means were compared by Tukey test and regression analysis to plant population maize. In the summer, most of the physiological variables of maize not affected by the treatments, whereas in the autumn-winter, the increase maize population and the spacing reduced the  $\text{CO}_2$  consumption and the photosynthetic activity of the plants. In the largest plant population there was greater light interception of maize-summer, reducing the height and dry mass of the brachiaria, which was also smaller in the spacing 0.45 m. The maize arrangement in autumn-winter the larger population provided forage growth, and intercropped resulted in lower levels of N, P, Ca, S and Cu of maize and, in the 0.45 m spacing, the chlorophyll index too was less. However, in the greater spacing, the soil cover by the brachiaria made it possible to increase the efficiency of the maize water use. Although of affecting the maize productivity components, the increase of the plant population obtained the highest dry mass yields of straw and grains. The intercropping maize with the *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás does not reduce the grain yield and also allows to increase the straw to cover the soil, independently of the cultivation in the summer or autumn-winter.

**Key-words:** Intercropping, maize, Brachiaria, photosynthesis, tillage.

## INTRODUÇÃO GERAL

A intensa exploração do Cerrado para produção agropecuária e o manejo inadequado tem gerado inúmeras consequências, dentre elas, o processo de degradação do solo. Por isso, a adoção de tecnologias baseadas em fundamentos conservacionistas pode ser considerada uma ferramenta de grande importância para a sustentabilidade de atividades agropecuárias, como o Sistema Plantio Direto e a Integração Lavoura-Pecuária (VILELA et al., 2011; MACEDO, 2009).

A integração de boas práticas agrícolas é também denominada Agricultura de Conservação e, segundo estudos realizados na África, tem possibilitado aumento da produtividade de grãos em 80% dos casos, sendo os maiores desafios a adaptação deste sistema às condições locais e do produtor (THIERFELDER et al., 2015).

De acordo com levantamento sobre o plantio direto realizado nas principais regiões produtoras de grãos do Brasil, em Mato Grosso do Sul, 99% dos produtores adotam o sistema plantio direto, contudo, apenas 28% do solo permanece coberto com resíduos vegetais (BRÜGGEMANN, 2011). A falta de rotação ou a escolha inadequada das culturas dificulta a manutenção da cobertura do solo, limitando a produtividade (MACHADO e ASSIS, 2010).

Uma das contribuições do consórcio de milho com uma espécie forrageira (*Brachiaria* spp. e *Panicum* spp.) é o incremento de resíduos sobre o solo, tornando-se uma opção viável para aumentar a sustentabilidade do plantio direto ao longo do tempo, principalmente em sistemas de cultivo no Cerrado brasileiro (CECCON et al., 2013a).

A adoção do consórcio melhora as condições físicas do solo, em razão do maior incremento de palha e do sistema radicular fasciculado da braquiária, com capacidade de melhorar a estrutura do solo, elevando os estoques de carbono, a taxa de infiltração e de retenção de água no solo (MACEDO, 2009). Além disso, favorece a exploração do perfil do solo pelas raízes, diminuindo o processo erosivo e mantendo a estabilidade do sistema (CHIODEROLI et al., 2012).

Estudos demonstram que sistemas de consorciação com milho podem incrementar a produção por unidade de área da propriedade, sem sacrificar significativamente a produtividade de grãos e a massa seca e, assim, melhorar o valor nutricional dos resíduos deixados na superfície (CECCON et al., 2013a; MENDONÇA et al., 2013).

A adição de resíduos vegetais para cobertura é de extrema importância na manutenção e aumento dos teores de matéria orgânica do solo (TERRA LOPES et al., 2009), principalmente em sistemas que incluam culturas com alta produção de matéria seca e baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) (STONE e GUIMARÃES, 2005). Em áreas de sucessão à soja, a palhada formada por resíduos de plantas com elevada relação C/N, tais como o consórcio milho e braquiária, apresentam ainda um menor nível de infestação de plantas daninhas ao longo do tempo de utilização (CONCENÇO et al., 2013).

Nos cultivos consorciados, a competição entre as espécies pelos recursos do meio pode inviabilizar o sistema e a interferência de uma espécie sobre a outra pode ser intensificada por diversos fatores, como a densidade populacional (SILVA et al., 2015).

Embora alguns trabalhos não verifiquem redução significativa na produtividade de grãos de milho em consórcio com braquiária (RESENDE et al., 2008; FREITAS, 2013; CHIORDEROLI et al., 2012), é recomendado o uso de menores densidades da forrageira quando objetiva-se a produção de palha para o consórcio e de maiores para a formação de pastagens na Integração Lavoura-Pecuária (LUIZ NETO NETO et al., 2013).

A *Brachiaria ruziziensis* é a principal espécie forrageira recomendada para o consórcio com milho quando o objetivo é cobertura do solo, pois cobre rapidamente os espaços vazios nas entrelinhas e apresenta facilidade de dessecação (MACHADO et al., 2013). Além disso, o preço mais acessível da semente é uma característica que têm contribuído para obtenção de maior índice de lucratividade (GARCIA et al., 2012). Com a evolução deste sistema, há a necessidade de estudos com novas espécies para verificar sua capacidade de adaptação às condições de consórcio, especialmente no outono-inverno, quando pode haver restrições hídricas.

As plantas de *B. brizantha* apresentam tolerância média à seca, favorecida por baixas taxas de senescência foliar e elevada produção de raízes (MATTOS et al., 2005). Estudos realizados com genótipos de *B. brizantha* verificaram que, dentre eles, a BRS Paiaguás apresenta menor redução da área foliar específica e maior massa seca da parte aérea, em condições de déficit hídrico (PEZZOPANE et al., 2015). Além disso, esta cultivar pode ser utilizada para cobertura do solo, devido à facilidade na dessecação, a presença de colmos finos e decumbentes também a torna pouco competitiva com o milho, sendo uma opção interessante para o consórcio (MACHADO et al., 2013).

A época de implantação da braquiária no sistema consorciado também determina o nível de competição entre as espécies. A semeadura simultânea de milho e braquiária pode aumentar a produtividade de massa da forrageira e, a semeadura tardia, incrementar a produtividade de grãos de milho (BORGHI et al, 2013; RICHARD et al., 2010). Entretanto, a implantação inadequada da forrageira pode afetar negativamente a produtividade de grãos, o desempenho e a eficiência de uso da terra (CECCON et al., 2013b; BORGHI e CRUSCIOL, 2007; CHIODEROLI et al., 2010; MENDONÇA et al., 2015; FERREIRA et al., 2014).

De acordo com Ceccon et al. (2011), a modalidade de consórcio com distribuição equidistante de plantas de milho em espaçamento reduzido favorece o crescimento inicial da cultura produtora de grãos e, suprime o crescimento da forrageira, minimizando sua interferência. Além disso, Jakelaitis et al. (2010) afirmam que o milho faz o “papel” de planta dominante no consórcio, sendo capaz de retardar o desenvolvimento vegetativo das forrageiras, devido ao sombreamento e à competição exercida pelo mesmo.

Estudos realizados por Heinemann et al. (2009), no estado de Goiás, mostram que na safrinha, o desempenho do milho é altamente dependente da data de semeadura, enquanto que o cultivo na safra-verão, a deficiência hídrica não é a principal limitação para o desenvolvimento do milho. A viabilidade do cultivo é verificada em semeaduras realizadas em períodos com maior disponibilidade hídrica e térmica (FARINELLI et al., 2003). Por isso, é importante seguir as recomendações do zoneamento agrícola de risco climático para cada região, reduzindo os riscos de insucesso da atividade agrícola (BRASIL, 2009).

Além da irregularidade de chuvas, o cultivo no outono-inverno também é acompanhado por uma limitada radiação solar e por temperaturas amenas. Uma forma de aumentar a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura é a redução do espaçamento entrelinhas, pois consegue-se aumentar a produtividade de grãos mediante o incremento na produção fotossintética líquida (ARGENTA et al., 2001). A temperatura também interfere diretamente na duração do ciclo da cultura, por regular a velocidade dos processos metabólicos na planta (FARINELLI et al., 2003). Quanto maior a relação entre a temperatura e a incidência da radiação solar até a fase de espigamento, maior é a produtividade de milho (DIDONET et al., 2002).

Entre os desafios a alcançar no consórcio milho-braquiária, além das adversidades climáticas, está a definição do estande de plantas mais adequado para as

duas espécies, possibilitando elevada produção de palha para a cobertura do solo, mas sem comprometer a produtividade de grãos. Para Ceccon et al. (2013b), a população das espécies deve ser proporcional, visando uma adequada emergência, além de evitar o desperdício de sementes. As maiores densidades de plantas são capazes de elevar a produção por área, mas também podem afetar negativamente seus componentes produtivos (BRACHTVOGEL et al., 2012), o que irá depender do espaçamento utilizado.

A produção de matéria seca e de grãos pode ser favorecida pela melhor distribuição de plantas na área, obtida pela redução do espaçamento e pelo aumento da densidade de plantas (ALVAREZ et al., 2006). A redução do espaçamento associada à maior população de plantas por área pode acarretar o estiolamento, entretanto, mesmo havendo sintomas de competição intraespecífica nas plantas de milho, o aumento da população pode favorecer o incremento produtivo de grãos, dependendo do manejo do solo e da cultivar utilizada (CALONEGO et al., 2011; ANDRADE JÚNIOR et al., 2014).

Estudos sobre os efeitos do adensamento na senescência foliar revelam que o aumento na população de plantas pode causar maior ou menor senescência foliar, dependendo do híbrido. Quanto mais lenta a senescência foliar, maior a eficiência de conversão de fitomassa em produção de grãos. O uso de altas populações de plantas pode aumentar a área foliar senescida e a assincronia floral, elevando a porcentagem de plantas estéreis e, conseqüentemente, efeitos negativos sobre a produtividade da cultura (SANGOI et al., 2013).

O elevado número de plantas de milho intensifica a competição intraespecífica e pode interferir negativamente sobre o tamanho das espigas e, também, no índice de espigas por planta (DOURADO NETO et al., 2003). No entanto, o aumento da densidade populacional permite a colheita de maior número de espigas por área, aumentando a produção por hectare. A população ideal para cada híbrido também pode ser menor se a lavoura for submetida à algum estresse ambiental (KAPPES et al., 2011).

A planta responde a uma condição de estresse por meio do controle estomático, por isso avaliações das trocas gasosas são ferramentas importantes para determinar a adaptação da planta a determinado ecossistema, refletindo diretamente sobre a atividade fotossintética, crescimento e capacidade de produção da cultura (FERRAZ et al., 2012; PAIVA et al., 2005).

A eficiência fotossintética da planta depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar e pode ser incrementada com aumento da densidade de plantas e redução do espaçamento entrelinhas (MARCHÃO et

al, 2006). Porém, os efeitos do aumento da densidade na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) depende do espaçamento, híbrido e estágio fenológico (STRIEDER et al., 2008), sendo que a eficiência do uso da radiação pode auxiliar a identificar o desempenho das culturas e as limitações na produtividade (ROMANO, 2005).

A fluorescência da clorofila *a* também pode ajudar no entendimento do processo fisiológico em condições de estresse. A eficiência do fotossistema II revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese, por isso, tem se constituído em importante ferramenta de seleção de plantas de milho tolerantes a condições adversas, como a seca (DURÃES et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2009).

A avaliação destes parâmetros pode auxiliar na caracterização fisiológica de milho em ambientes diferenciados, seja em resposta aos arranjos espaciais da cultura ou à consorciação entre as espécies.

Em sistemas consorciados, a competição exercida pelas plantas de braquiária pode limitar o fornecimento de alguns recursos para o milho, ocasionando deficiências que afetam algumas características fisiológicas relacionadas à fotossíntese. Déficits hídricos, nutricionais e a baixa qualidade ou quantidade de luz são, geralmente, as principais limitações (GALON et al., 2011). As limitações impostas podem influenciar vários processos metabólicos das plantas, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, levando ao declínio da taxa de crescimento (SCALON et al., 2011).

Resultados obtidos por Freitas (2013) indicam que o aumento da densidade de plantas de braquiária associado à redução do espaçamento entrelinhas afetam negativamente a maioria das variáveis fisiológicas de milho e, conseqüentemente, o potencial produtivo da cultura. Por isso, o entendimento e uso de parâmetros fisiológicos, como os relacionados às avaliações de trocas gasosas, podem orientar na obtenção de ganhos de eficiência da cultura e na adoção de práticas de manejo mais adequadas (DURÃES et al., 2005).

Vários autores têm mostrado que a adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas, pode ser considerada uma das formas de amenizar a competição interespecífica em cultivos consorciados (BORGHI e CRUSCIOL, 2007, RESENDE et al., 2008; CECCON et al., 2014). A competição causa mudanças fisiológicas nas culturas, por isso avaliações das características fisiológicas relacionadas à fotossíntese, eficiência do uso da água, entre outros parâmetros, podem ser indicadores

do nível de interferência (CONCENÇO et al., 2009; GALON et al., 2011). Contudo, são escassas as pesquisas que relacionam o efeito da competição em cultivos consorciados, em diferentes arranjos espaciais, com as atividades fisiológicas das plantas.

A hipótese desta pesquisa é que a competição entre as plantas de braquiária e milho pode afetar as características fisiológicas associadas à fotossíntese e acelerar a senescência foliar. O manejo da densidade populacional e a redução do espaçamento entrelinhas podem melhorar o arranjo de plantas na área, favorecer a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e minimizar a competição com a forrageira, possibilitando aumentar o potencial de produção de fitomassa vegetal e grãos de milho em consórcio com a braquiária.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características associadas à morfofisiologia e à produtividade de grãos de plantas de milho em cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, em arranjos de plantas, no verão e outono-inverno.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

ANDRADE JÚNIOR, O. RALISCH, R.; CARVALHO, P. R.; CALONEGO, J. C. Crescimento e produtividade de milho em três sistemas de manejo de solo e dois espaçamentos entrelinhas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1221-1230, 2014.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

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

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, s.l., v. 53, p. 629-636, 2013.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 364, de 4 de dezembro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 233, 7 dez. 2009. Seção 1, p. 4. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/1560114/pg-4-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-07-12-2009/pdfView>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

BRÜGGEMANN, G. Estado da arte e divulgação do plantio direto no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 20, n. 122, p. 16-23, 2011.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. n. 1. Brasília: Embrapa, 2013b. p. 27-46.

CECCON, G.; SEREIA, R. C.; ALVES, V. B.; LEITE, L. F. **Análise do crescimento de braquiárias e milho safrinha em cultivo consorciado**. In: SEMINÁRIO NACIONAL

DE MILHO SAFRINHA, 2011, 11. Lucas do Rio Verde/MT, 2011. **Anais...** Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2011, p. 219-225.

CECCON, G.; SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

CECCON, G.; STAUT, L. A.; SAGRILO, E.; MACHADO, L. A. Z.; NUNES, D. P.; ALVES, V. B. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 204-212, 2013a.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CONCENÇO, G.; CECCON, G.; CORREIA, I. V. T.; LEITE, L. F.; ALVES, V. B. Ocorrência de espécies daninhas em função de sucessões de cultivo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 359-368, 2013.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A. F.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; ANDRES, A. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 447-453, 2009.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 933-938, 2002.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; GAMA, E. E. G.; OLIVEIRA, A. C. de. Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2005.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FILHO, D. F. Desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B. de; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. da S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia - GO, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, E. A.; COLETTI, A. J.; SILVA, W. M. da; MACEDO, F. G. de; ALBUQUERQUE, A. N. de. Desempenho e uso eficiente da terra de modalidades de consorciação com milho e forrageiras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 22 – 29, 2014.

FREITAS, M. A. M. DE. **Impacto do consórcio milho-braquiária no crescimento, características nutricionais e fisiológicas do milho e na atividade da microbiota do solo**. 2013. 78f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; BORGES, E. T. Influence of *Brachiaria brizantha* in physiological characteristics related to photosynthesis and efficient use of water in sugarcane. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1037-1043, 2011. (Número Especial).

GARCIA, C. M. de P.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LIMA, A. E. da S.; BUZZETTI, S. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. de L. T. de; GOMIDES, R. L.; AMORIM, A. de O.; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

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

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C. de; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

LUIZ NETO NETO, A.; da SILVA, J. F.; SANTOS, A. D.; PADILHA, N. D. S.; MAKINO, P. A.; CECCON, G. Morphophysiology and yield of late season maize intercropped with *Urochloa* in reduced row spacing. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 227-239, 2013

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

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; JANK, L.; VERZIGNASSI, J. R.; VALLE, C. B. do. Identificação e Características de Forrageiras Perenes para Consórcio com Milho. In: CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. n. 1. Brasília: Embrapa, 2013. p. 49-68.

MAGALHÃES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; KARAM, D.; CANTÃO, O. **Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico**. 1. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009, 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 116).

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.

MATTOS, J. L. S. de; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria* sob déficit hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3 p. 746-754, 2005.

MENDONÇA, V. Z. de; MELLO, L. M. de; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 183-193, 2015.

MENDONÇA, V. Z. de; MELLO, L. M. M. de; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 37, p. 251-259, 2013.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PEZZOPANE, C. de G.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G. da; ALTOÉ, J.; RIBEIRO, F. A.; VALLE, C. B. do. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 871-876, 2015.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 269-275, 2008.

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. DE H.; RODRIGUES, C.M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante**: Parâmetros para modelos de crescimento. 2005. 120 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A. da; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor

de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1394-1400, 2015.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 15p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008.

TERRA LOPES, M. L.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T. dos; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. de. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1499-1506, 2009.

THIERFELDER, C.; MUTASA, R. M.; RUSINAMHODZI, L. Yield response of maize (*Zea mays* L.) to conservation agriculture cropping system in Southern Africa. **Soil & Tillage Research**, s.l., v. 146, p. 230–242, 2015.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

## CAPÍTULO I

### EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA E PRODUTIVIDADE DE MILHO EM FUNÇÃO DE ARRANJOS DE PLANTAS NA SAFRA-VERÃO

**RESUMO:** Os arranjos de plantas influenciam a incidência luminosa no dossel e, em sistemas consorciados, podem minimizar a competição entre as plantas, além de influenciar a resposta fotossintética e a produtividade da cultura. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito das populações e espaçamentos do milho na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, atividade fotossintética e desempenho agrônomo do milho solteiro e consorciado com braquiária. O experimento foi realizado em Dourados, MS, na safra-verão 2015/2016, em delineamento de blocos casualizados, com parcelas subsubdivididas e quatro repetições. As parcelas foram representadas pelo milho (DKB 390 PRO) em cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, as subparcelas pelos espaçamentos entrelinhas (0,45 m e 0,9 m) e as subsubparcelas pelas populações de plantas de milho (45, 65, 75 e 85 mil plantas ha<sup>-1</sup>). As plantas de milho, em consórcio com a braquiária, apresentaram maior condutância estomática com a redução do espaçamento entrelinhas e os demais parâmetros de trocas gasosas não foram afetados pelos tratamentos. O aumento da população incrementou o índice de área foliar e a interceptação luminosa no milho, mas diminuiu a área foliar por planta. O espaçamento 0,90 m favoreceu o crescimento em altura e a produção de massa seca da braquiária, contudo, não afetou a produção de massa seca e grãos de milho, possibilitando incrementar a produção de palha. No verão, a elevada pluviosidade, favorece o crescimento das plantas e a produtividade de grãos em altas populações, e o consórcio com a braquiária aumenta a produção de palha do sistema.

**Palavras-chave:** índice de área foliar; trocas gasosas; adensamento de plantas; *Zea mays*; *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás.

### PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY CORN IN PLANT ARRANGEMENTS IN CROP-SUMMER

**ABSTRACT:** The plant arrangements influence the light incidence in the canopy and, when in intercropping systems, can minimize interference on corn, in addition to influence the photosynthetic response and crop productivity. This study aimed evaluate the effect of population and spacing of corn on the interception of photosynthetically active radiation, photosynthetic activity and the agronomic performance of single or maize intercropped with *Brachiaria*. The experiment was carried out in Dourados, MS, the summer season 2015-2016, in a randomized block design with split-split-plot and four replications. The plots were represented by single and maize intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, the subplots by row spacings (0.45 m 0, 9 m), and the sub-subplot by plants populations (45, 65, 75 and 85 thousand ha<sup>-1</sup> plants). Maize *Brachiaria* consortium showed greater stomatal conductance with narrow row spacing and the other gas exchange parameters were not affected by treatments. The increased population density increased the leaf area index and light interception in corn, but decreased the leaf area per plant. The 0.90 m spacing favored the growth in height and the dry mass production *Brachiaria*, but did not affect dry matter and grains production of corn, increasing the production of straw. In summer, the high rainfall favors the growth of plants and grain yield at high populations and the intercropping with *Brachiaria* increases

the production of straw.

**Key-words:** leaf area index; gas exchange; plant density; *Zea mays*; *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás.

## INTRODUÇÃO

O milho apresenta grande potencial de produção de palha para cobertura do solo, que é maximizada no consórcio com a braquiária, possibilitando viabilizar o sistema plantio direto nas regiões centrais do Brasil (CHIODEROLI et al., 2012; CECCON et al., 2014). Na safra-verão, o consórcio tem sido utilizado em regiões onde a entressafra é seca, pois com o maior volume de chuva, temperaturas mais elevadas e intensa radiação solar, o milho-verão tem maior produção de massa seca e melhor desempenho na competição com a forrageira, possibilitando o uso de maiores densidades populacionais no arranjo de plantas (CECCON, 2011).

O arranjo de plantas influencia a qualidade de luz no dossel, principalmente no extrato inferior (STRIEDER et al., 2008). Por isso, em sistemas consorciados, esta prática cultural pode ser eficiente para minimizar a interferência da forrageira sobre o milho.

Várias pesquisas têm mostrado incremento na produtividade de grãos de milho com aumento da população de plantas (SILVA et al., 2008; CALONEGO et al., 2011; TAKASU et al., 2013), que tem sido considerado uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação e o aproveitamento da radiação solar incidente pela cultura (DEMÉTRIO et al., 2008). A redução da distância entrelinhas pode tornar a distribuição de plantas mais uniforme, possibilitando rápida ocupação do espaço e melhor aproveitamento dos recursos ambientais (ARGENTA et al., 2001), reduzindo o período de tempo necessário para a cultura alcançar a máxima interceptação da radiação solar e incrementando a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo (KUNZ et al., 2007).

O índice de área foliar, o ângulo foliar, a posição e a disposição das folhas são influenciados pelo arranjo de plantas (ARGENTA, 2001). De acordo com Durães et al. (2005), o aumento da área foliar, alterações na relação fitomassa e órgãos reprodutivos e outras variações morfofisiológicas, que ocorrem sob condições em que há maior relação

entre radiação solar e temperatura até o espigamento (DIDONET et al., 2002), têm resultado em altas produtividades de milho. Isto porque, o potencial de crescimento e produtividade das culturas é baseado na eficiência de interceptação, absorção da radiação solar incidente e da transformação da energia em matéria seca acumulada na parte aérea (MÜLLER e BERGAMASCHI, 2005).

A fotossíntese é a base da produção vegetal e o conhecimento dos fluxos de CO<sub>2</sub> podem esclarecer as etapas deste processo (DURÃES et al., 2005), que são afetados por fatores ambientais, como água, luz e nutrientes, mas sob condições de competição, o seu aproveitamento é alterado, influenciando diretamente a eficiência fotossintética da planta (CONCENÇO et al., 2009).

A maioria dos estudos sobre arranjos de plantas na cultura do milho objetivaram avaliar os efeitos do adensamento no acúmulo de matéria seca e/ou na produtividade de grãos da cultura (DEMÉTRIO et al., 2008; CALONEGO et al., 2011; BRACHTVOGEL et al., 2012; URIBE et al., 2017) e, em sistemas consorciados, o comportamento da forrageira sobre a produtividade do milho (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; RESENDE et al., 2008; CECCON et al., 2014).

Avaliações da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa em arranjos de plantas podem refletir diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento do milho e da forrageira e, conseqüentemente, na sua atividade fotossintética. Esses dados são importantes para explicar o potencial produtivo da cultura sob condições de maior competição intra e inter-específica. No entanto, informações sobre esse tema ainda são escassas na literatura.

Sendo assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito das populações e espaçamentos do milho sobre a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), atividade fotossintética e o desempenho agrônômico do milho e da braquiária, em sistema consorciado, na safra-verão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi implantado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, nas coordenadas 22°16' S e 54°49' W, a 408 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico,

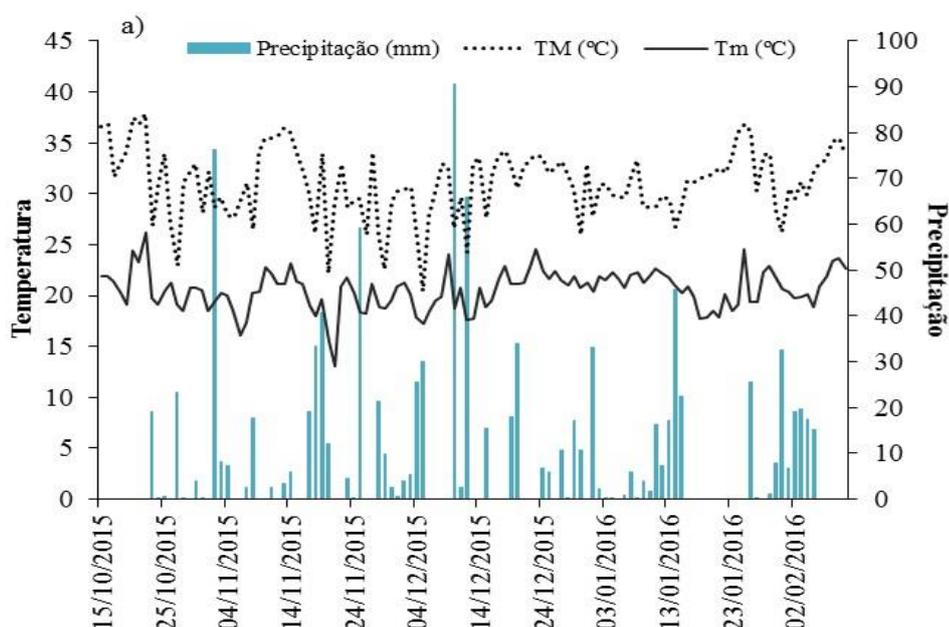
textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). As características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm, estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Caracterização química de amostras de solo da área experimental. Dourados, MS, 2018

<b>pH Água</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>SB</b>	<b>CTC (pH 7,0)</b>
(1:2,5)	----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----						
6,01	0,03	5,74	1,54	4,3	0,79	8,07	8,1
<b>P (Mehlich<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>MO</b>	<b>C total</b>	<b>V%</b>
----- mg dm <sup>-3</sup> -----					g kg <sup>-1</sup>		----- % -----
34,48	10,69	31,46	98,18	2,08	31,23	1,81	65,24

<sup>1</sup>pH: potencial hidrogeniônico; Al<sup>3+</sup>: alumínio; Ca<sup>2+</sup>: cálcio; Mg<sup>2+</sup>: magnésio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: acidez potencial; K<sup>+</sup>: potássio; SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; P: fósforo; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; MO: matéria orgânica; C: carbono; V: saturação por bases

O clima da região é o Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos), segundo a classificação de Köppen (FIETZ et al., 2017). Os dados de precipitação, temperaturas máximas e mínimas, radiação líquida, evapotranspiração e água disponível no solo durante o período de condução do experimento (Figura 1), foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, disponível no portal Guia Clima.



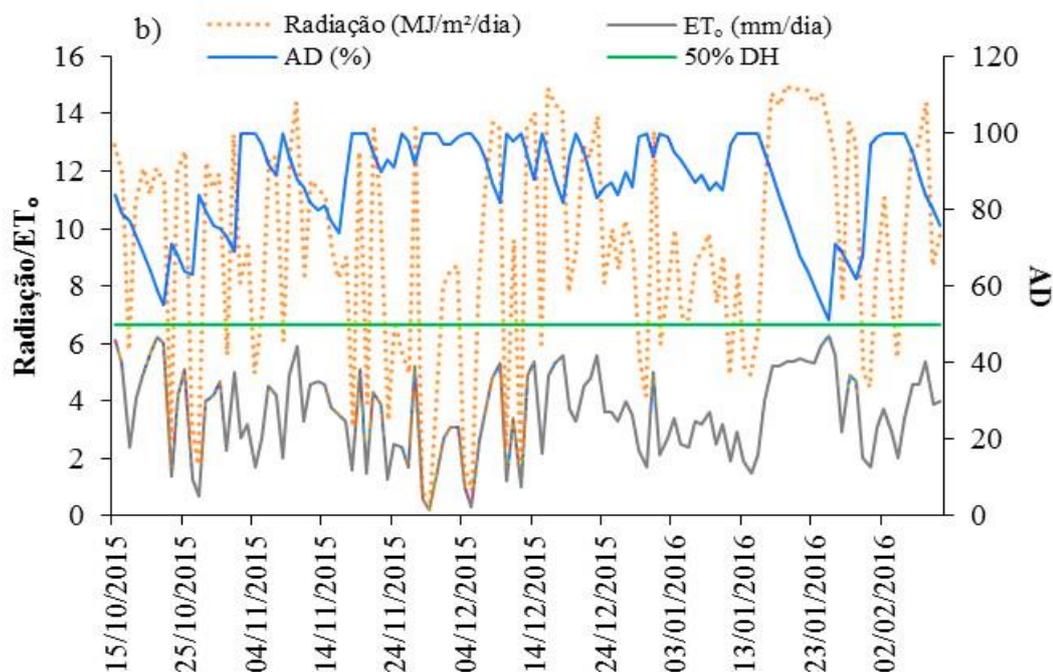


FIGURA 1. a) Precipitação, temperaturas máxima (TM) e mínima (Tm); b) Radiação líquida, evapotranspiração de referência diária ( $ET_0$ ), água disponível (%) e limite de 50% da disponibilidade hídrica (50% DH), de outubro/2015 a fevereiro/2016, em Dourados MS, 2018. Fonte: Guia Clima (2016)

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos foram: sistemas de cultivo de milho (solteiro e consórcio com braquiária) alocados nas parcelas; espaçamentos entrelinhas (0,45 m e 0,90 m) nas subparcelas e populações de plantas de milho (45, 65, 75 e 85 mil plantas  $ha^{-1}$ ) nas subsubparcelas. As subsubparcelas foram compostas por quatro e sete linhas de milho, para os espaçamentos 0,90 e 0,45 m respectivamente, com sete metros de comprimento. Considerou-se como área útil apenas as linhas centrais.

O experimento foi conduzido na safra-verão em sistema plantio direto, com a semeadura realizada em 19 de outubro de 2015, em sucessão à aveia-preta. Foi utilizado o milho DKB 390 PRO, caracterizado por ser um híbrido simples, com alto nível tecnológico, ciclo precoce com soma térmica de 870 graus-dia, densidade de plantio recomendada de 60-65 mil plantas  $ha^{-1}$ , alta resistência ao acamamento, altura de planta e de espiga de 2,20 m e 1,25 m, respectivamente, folhas eretas, grãos de coloração amarelo-alaranjados e semiduros (CRUZ et al., 2015). As sementes tratadas com os inseticidas Standak Top (12,5 g  $ha^{-1}$  de i.a.) e Cruiser (60 g  $ha^{-1}$ ), foram semeadas a cinco

cm de profundidade, adotando-se a população de 111 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Aos 15 dias após a emergência (DAE), foi realizado o desbaste para o ajuste do número de plantas às populações estabelecidas em cada tratamento.

No consórcio foi utilizada a *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, com 60% de pureza e 20% de germinação, obtidos mediante teste realizado previamente. A braquiária foi semeada a lanço, antes do milho, na população de 20 plantas m<sup>-2</sup>. A B.-Paiaguás está entre as cultivares recomendadas para a Integração Lavoura-Pecuária, por apresentar elevado potencial de produção de forragem no período seco e bom valor nutritivo, e para o cultivo com milho safrinha, devido à facilidade na dessecação (VALLE et al., 2013).

Na semeadura, foi realizada a adubação na linha do milho com 200 kg ha<sup>-1</sup> do adubo 8-20-20 (N-P-K), e aos 17 DAE, aplicou-se a adubação de cobertura com ureia revestida na dose de 45 kg ha<sup>-1</sup> N.

O controle de plantas daninhas foi realizado pela dessecação pré-plantio da área com paraquat (0,4 L ha<sup>-1</sup>). As pragas foram controladas na emergência do milho com aplicação de tiametoxam (27,5 g ha<sup>-1</sup>) + cipermetrina (55 g ha<sup>-1</sup>), mais uma aplicação aos 10 DAE de metomil (0,6 L ha<sup>-1</sup>) e tiametoxam (28,2 g ha<sup>-1</sup>) + lambda-cialotrina (21,2 g ha<sup>-1</sup>) para controle de *Spodoptera frugiperda* e *Euschistus heros*, respectivamente.

Aos 54 DAE, no estágio de florescimento do milho, foram realizadas avaliações a campo da área foliar, da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), utilizando ceptômetro (marca Decagon devices Accupar) e das trocas gasosas das plantas de milho com o Analisador de Gás por Infravermelho - IRGA (modelo LC pro-SD, marca ADC BioScientific Ltd).

A área foliar por planta (AFP – cm<sup>2</sup>) foi obtida pelo comprimento (C - cm), da base à extremidade da folha, e pela maior largura (L - cm) da folha da espiga de milho, e estimada pela equação: 0,75 x C x L x número de folhas fotossinteticamente ativas por planta, sendo 0,75 o fator de ajuste considerado padrão para a cultura do milho (PEREIRA, 1987). O índice de área foliar (IAF) foi calculado pela relação entre a área foliar da planta e a área de solo ocupada por esta.

As leituras da RFA foram realizadas no centro da área útil da parcela, perpendicularmente às linhas de semeadura, em três pontos: acima do dossel, na altura de inserção da primeira espiga e ao nível do solo. A RFA interceptada pela parte superior (ILS - %) e inferior (ILI - %) do dossel foi transformada em percentual absorvido até a

altura da espiga e do solo, respectivamente, em relação ao total incidente acima do dossel (MARCHÃO et al., 2006).

As medições das trocas gasosas foram realizadas sob condições de sol pleno, entre 8 e 10 h, na superfície adaxial da folha abaixo da espiga. As variáveis fisiológicas analisadas foram: CO<sub>2</sub> consumido ( $\Delta C$  -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar ( $C_i$  -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E$  -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática de vapores de água ( $g_s$  -  $\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ), taxa fotossintética ( $A$  -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), temperatura foliar ( $T_f$  - °C) e a eficiência do uso da água ( $EUA$  -  $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), determinada pela relação entre quantidade de CO<sub>2</sub> fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada neste período.

Na maturação fisiológica do milho (102 DAE) foi realizada a coleta de oito plantas representativas localizadas na área útil da parcela, das quais foram selecionadas duas plantas para avaliação dos caracteres morfológicos: altura de plantas de milho (APM - m) e de inserção da primeira espiga (AIE - m), medidas da base até a inserção do pendão e da primeira espiga, respectivamente; diâmetro de colmo (DCM - cm), medido com auxílio do paquímetro no segundo entrenó a partir da base do colmo; e massa seca total (MSTmilho -  $\text{kg ha}^{-1}$ ), determinada em balança de precisão, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante.

As espigas das amostras de plantas de milho foram separadas e submetidas à secagem até atingir massa constante e, em seguida, realizadas as avaliações dos componentes de produtividade da cultura: comprimento (CE - cm) e diâmetro do terço médio da espiga (DE - cm) medidos no com auxílio do paquímetro; massa de cem grãos (M100 - g), número (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE - g) e produtividade de grãos (PG), a 13% de umidade.

Posteriormente, foi realizada a amostragem da braquiária, utilizando-se quadrado metálico (0,5 x 0,5 m) e, aleatoriamente, as amostras foram coletadas por meio do corte das plantas rente ao solo, nas quais foram avaliados: altura de plantas (APB - cm), índice de perfilhos (IP - razão entre número de perfilhos e população de plantas) e massa seca total (MSTB -  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

A massa seca de palha (MSPalha -  $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi obtida pelo somatório das massas secas de folha, colmo, sabugo e palha da espiga de milho e massa seca total de braquiária.

Com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2011), os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ) e, quando significativos, as

médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A regressão polinomial foi aplicada aos fatores quantitativos e a escolha do modelo baseada na significância dos coeficientes ( $P \leq 0,05$ ) e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das variáveis analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve grande variação das condições climáticas durante o período experimental, principalmente sobre a temperatura e a radiação líquida. A temperatura média do ar variou entre 19,1 e 31,6°C e a radiação entre 0,5 e 15 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>. Essa grande variação pode ser atribuída ao fenômeno El Niño, que provocou chuvas acima da média na região, no total 1.019 mm (Figura 1a), resultando em grandes períodos de alta nebulosidade (Figura 1b). No mês de novembro de 2015, coincidindo com a fase de desenvolvimento vegetativo do milho, choveu 326 mm, sendo considerado o maior índice pluviométrico em 37 anos (GUIA CLIMA, 2016). A quantidade de água disponível no solo foi superior a 50% da disponibilidade hídrica (50%DH – Figura 1b), em resposta ao volume total de chuva do período experimental, que possibilitou atender satisfatoriamente às necessidades de água do milho, que segundo Magalhães e Durães (2008) está em torno de 600 mm.

Os tratamentos estudados não afetaram as variáveis relacionados à fisiologia das plantas, exceto a condutância estomática (*gs*), que foi influenciada significativamente pela interação entre sistemas de cultivo e espaçamentos entrelinhas (Quadro 2).

O consórcio com a braquiária não afetou a condutância estomática do milho no espaçamento 0,45 m, apenas no 0,90 m. Os resultados demonstram que uma melhor distribuição de plantas na área, com a redução do espaçamento entrelinhas, pode favorecer o aproveitamento dos recursos ambientais por ambas as culturas e minimizar o efeito da competição da braquiária sobre a abertura e fechamentos dos estômatos do milho.

QUADRO 2. Condutância estomática ( $g_s$ ) de plantas de milho em sistemas de cultivo solteiro e consorciado com braquiária, na safra-verão. Dourados-MS, 2018

Sistemas de cultivo	$g_s$ (mol m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	
	0,45 m	0,90 m
Solteiro	0,28 aA*	0,31 aA
Consórcio	0,29 aA	0,23 bB
CVb (%)	18,26	
Média	0,28	

\*Médias seguidas por letras iguais minúsculas, na coluna, e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Uma série de fatores pode estar relacionado à condutância dos estômatos, como radiação solar, nível de CO<sub>2</sub> no mesófilo, umidade relativa (déficit de pressão de vapor do ar), potencial hídrico, entre outros (CONCENÇO et al., 2007). Bergamaschi e Matzenauer (2014) destacam a importância da interação entre a radiação solar, o estado hídrico da planta e a condutância estomática. Segundo os quais, em condições hídricas não limitantes, a abertura estomática aumenta em resposta à radiação incidente até um certo nível de saturação (cerca de 500  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de RFA incidente), acima do qual o incremento na condutância diminui.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em dias de sol pleno, por isso a radiação solar incidente foi intensa, variando de 12,5 a 14,2 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, e as temperaturas máximas bem elevadas (33,5 a 34,2°C), que resultaram em altas taxas de evapotranspiração, em média 5,3 mm dia<sup>-1</sup> (Figuras 1a e 1b). Desta forma, os resultados obtidos para a condutância estomática podem estar relacionados às condições climáticas no momento da avaliação.

No espaçamento 0,90 m, a incidência de radiação nas plantas e no solo é maior, favorecendo o crescimento da braquiária, o aumento da demanda hídrica e das taxas de evapotranspiração e, conseqüentemente, diminuição da condutância estomática das folhas do milho.

Maiores taxas de evapotranspiração ocorrem quando a demanda evaporativa da atmosfera é elevada. Nestas condições, a perda de água por transpiração pode exceder a capacidade de absorção pelas raízes, ocorrendo o déficit hídrico. A ocorrência deste

fenômeno nas plantas é quase diário, nem sempre causa estresse, e pode ocorrer mesmo em condições de alta disponibilidade de água no solo, como em anos de El Niño (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014). Uma das primeiras respostas da planta ao déficit hídrico é o fechamento estomático, em decorrência do declínio da turgescência da folha e do seu potencial hídrico (PADILHA et al., 2016). O potencial da água na planta se torna menor à medida que vai diminuindo seu conteúdo nos tecidos e, geralmente, é menor que no solo (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Rodrigues (2011) verificaram que com a diminuição da condutância estomática e da transpiração, sob condições de deficiência hídrica, a entrada de CO<sub>2</sub> também diminui, resultando em menor fotossíntese. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que mesmo reduzindo a condutância estomática, a taxa fotossintética não variou entre os tratamentos, provavelmente porque as condições climáticas do período experimental foram na maior parte do tempo favoráveis aos processos fisiológicos das plantas. Sendo assim, mesmo com menor condutância estomática, o acúmulo de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar foi suficiente para sustentar o metabolismo e o desenvolvimento da cultura, refletindo em maior produtividade de massa seca.

De acordo com Ceccon et al. (2013), o consórcio na safra-verão dispõe de maior volume de chuva e altas temperaturas para o crescimento das plantas, portanto, o efeito competitivo da braquiária sobre a cultura do milho é minimizado. Os resultados obtidos indicam que, sob condições de alta disponibilidade hídrica, a forrageira pode ser utilizada para cobertura do solo sem prejudicar a cultura.

Quanto às características morfológicas do milho, observou-se efeito isolado das populações de plantas de milho para a área foliar por planta (AFP), índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa acima (ILS) e abaixo da espiga (ILI), com melhor ajuste à equação linear.

O aumento populacional de plantas de milho afetou negativamente a área foliar por planta (Figura 2a), mas possibilitou incrementar o índice de área foliar (Figura 2b) e, conseqüentemente, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas folhas de milho, tanto acima como abaixo da espiga (Figuras 2c e 2d).

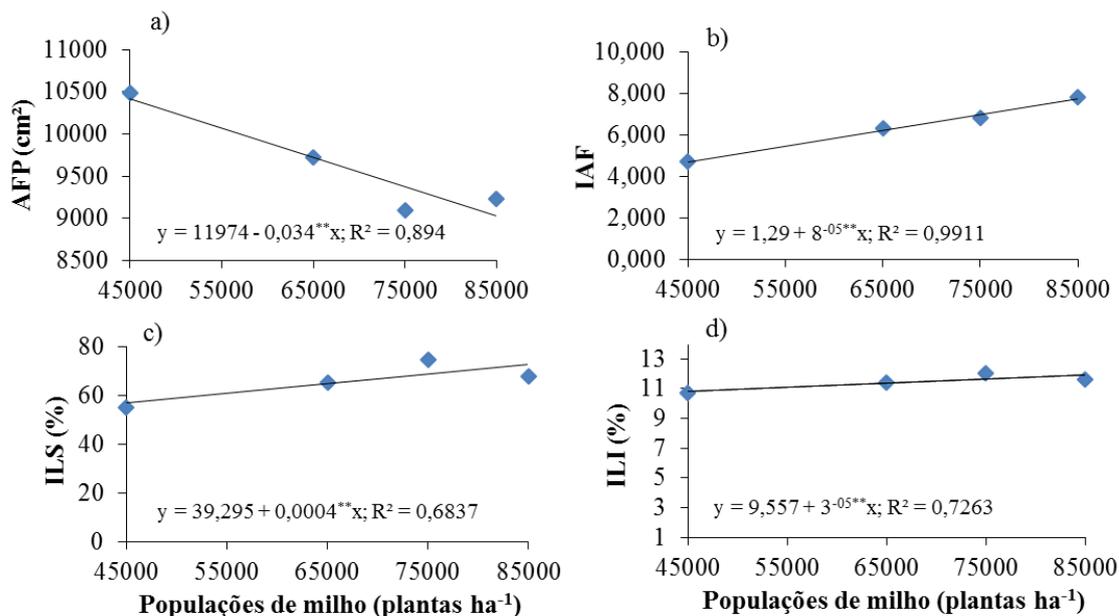


FIGURA 2. a) Área foliar por planta (AFP), b) índice de área foliar (IAF), c) intercepção luminosa superior (ILS) e d) intercepção luminosa inferior (ILI), em populações de plantas de milho, na safra-verão. Dourados-MS, 2018.

\*\* ( $p \leq 0,01$ )

Resultados semelhantes foram obtidos por Brachtvogel et al. (2012), os quais verificaram que, à medida que se eleva a população de plantas, o índice de área foliar aumenta, como consequência do aumento do número de indivíduos por área, mas a área foliar que permanece fotossinteticamente ativa diminui ao final do ciclo. Sangoi et al. (2011) também verificaram aumento linear do IAF do colmo principal com o incremento da população de plantas, no entanto, não houve efeito significativo dos arranjos de plantas sobre a intercepção da radiação, no estágio de pendoamento.

O índice de área foliar expressa a disponibilidade de superfície assimiladora de CO<sub>2</sub>, da radiação fotossinteticamente ativa e de perdas de água pela transpiração da população de plantas (MÜLLER et al., 2005). Kunz et al. (2007) verificaram que o aumento da eficiência de intercepção da RFA foi acompanhado por um aumento do IAF da cultura e que a eficiência de intercepção alcançou o limite máximo quando ocorreu o IAF máximo.

Há uma relação importante entre o índice de área foliar e o processo fotossintético, visto que 80% da radiação solar global é interceptada quando o IAF alcança valores entre 3 e 5 (SILVA et al., 2016). Os resultados obtidos mostram que a maior intercepção luminosa ocorreu nas maiores densidades de plantas, alcançando

valores próximos a 70% de ILS, coincidindo com valores de IAF entre 6 e 8 (Figuras 2b e 2c).

Marchão et al. (2006) também observaram que o adensamento, promovido pelo aumento da população de plantas em espaçamento reduzido, aumenta a capacidade do dossel de milho em interceptar melhor a radiação solar disponível em uma determinada área do solo. Contudo, altos IAF sombreiam mais o extrato inferior do dossel, por isso, a maior parte da interceptação ocorre na parte superior, devido à baixa quantidade de radiação transmitida às folhas inferiores (STRIEDER et al., 2008). Com isso, a eficiência de conversão da radiação interceptada em massa seca da parte aérea é menor, resultando na senescência das folhas e, conseqüentemente, na redução da área foliar da planta (KUNZ et al., 2007), como também foi observado neste trabalho (Figura 2a).

As plantas de braquiária apresentaram melhor resposta quando foi utilizado o espaçamento 0,90 m, refletindo positivamente sobre o seu crescimento em altura (Quadro 3). Rodrigues (2011) também relatam que a semeadura da braquiária a lanço, em espaçamentos maiores (entre 0,75 e 1,00 m), possibilitou melhor distribuição das plantas no consórcio com milho e, conseqüentemente, maior aproveitamento da luz incidente.

QUADRO 3. Altura de plantas de braquiária (APB) em espaçamentos entrelinhas de milho, na safra-verão. Dourados-MS, 2018

<b>Espaçamentos</b>	<b>APB</b>
(m)	(cm)
<b>0,45</b>	84,97 b*
<b>0,90</b>	99,88 a
<b>CVa (%)</b>	14,01
<b>Média</b>	92,42

\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Em espaçamentos mais amplos a passagem de luz entre as linhas do dossel é maior, atingindo o solo ao invés das plantas, o que contribuiu para estabelecer uma condição mais favorável ao crescimento da forrageira. Em espaçamento reduzido, há melhor distribuição das plantas de milho e maior velocidade de sombreamento das entrelinhas pela cultura, causando a supressão das plantas competidoras (BALBINOT JR. e FLECK, 2005).

O efeito das populações de plantas de milho sobre a braquiária ocorreu para a altura de plantas (Figura 3a), e da interação dos fatores espaçamento e população de milho para a massa seca total da braquiária (MSTB), cujos dados foram melhor ajustados à equação quadrática (Figura 3b).

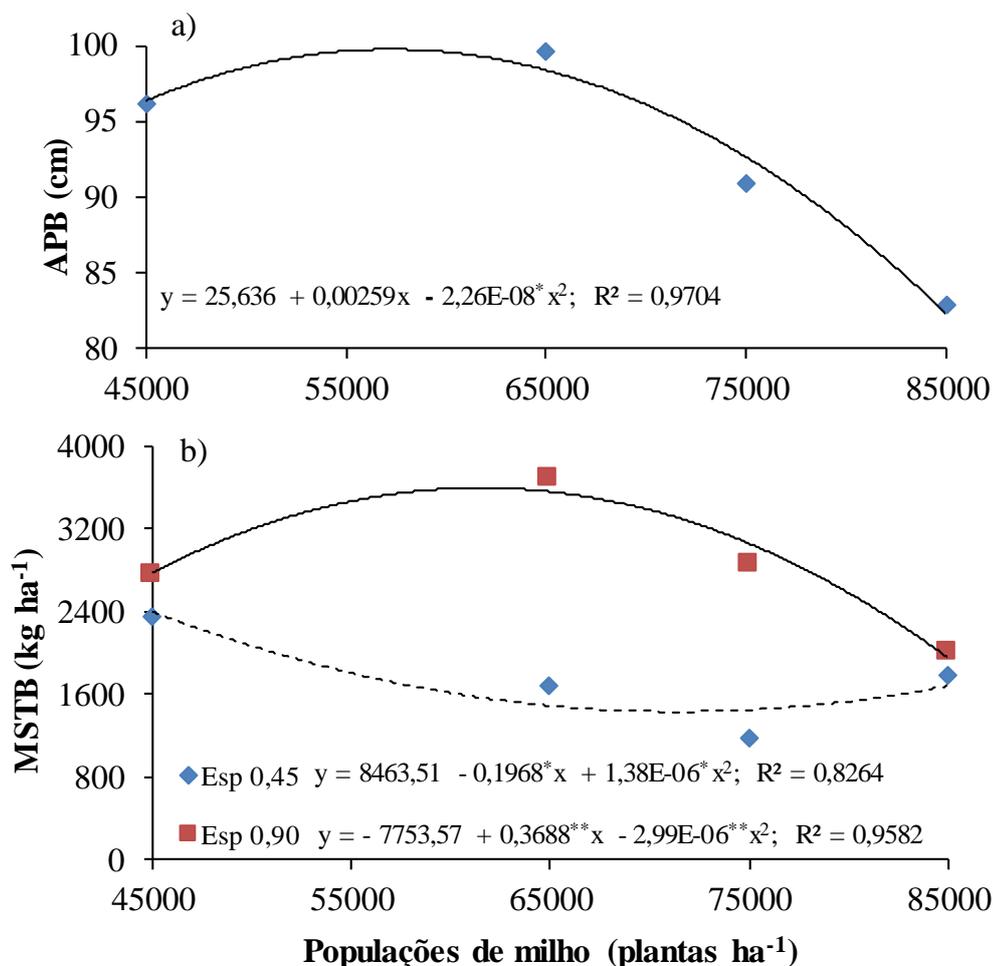


FIGURA 3. a) Altura de plantas (APB) e b) massa seca total da braquiária (MSTB), em populações de plantas de milho, na safra-verão. Dourados-MS, 2018. \*\*( $P \leq 0,01$ ) e \*( $P \leq 0,05$ )

A altura máxima estimada de plantas de braquiária foi de 99,75 cm na população de 57.240 mil plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 3a). A redução da altura da braquiária em populações maiores ocorre, provavelmente, porque o maior crescimento do milho em relação à braquiária intensifica o sombreamento da forrageira e, conseqüentemente, causa a sua supressão, principalmente em maiores populações de plantas (SEREIA et al., 2012).

Sob condições de sombreamento, uma das principais respostas da planta é o alongamento do colmo e da folha na tentativa de aumentar a exposição à luz (MARTUSCELLO et al., 2009). Contudo, Leonel et al. (2009) destacam o fato de que as gramíneas, por apresentarem metabolismo C4, necessitam de mais energia para produção de fotoassimilados necessários para o crescimento, que é proveniente da luz. Assim, ao reduzir o acesso da luz, reduz-se também a taxa fotossintética e a produção de massa seca.

No espaçamento 0,90 m houve incremento de massa seca até a população de 61.544 plantas ha<sup>-1</sup> (3.594 kg ha<sup>-1</sup>), a partir da qual verificou-se redução. Por sua vez, no espaçamento 0,45 m, o decréscimo na produção de massa seca ocorreu até a população de 71.476 plantas ha<sup>-1</sup> (1.429 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por pequeno aumento da massa na maior população de milho. A produção de massa seca da braquiária no espaçamento 0,90 m foi significativamente maior que no 0,45 m nas populações de 65 e 75 mil plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 3b).

Borghi et al. (2008) também verificaram, em dois anos de pesquisa, que a maior produtividade de matéria seca da *B. brizantha* ocorreu no espaçamento 0,90 m (com braquiária na linha e na entrelinha do milho), pois a incidência da radiação solar é maior e a competição com o milho menor, favorecendo o acúmulo de biomassa da forrageira. Ao avaliar o desempenho do consórcio em populações de milho, variando de 20.000 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> em espaçamento 0,50 m entrelinhas, Freitas et al. (2013) também relataram que a produção de massa da *B. ruziziensis* apresentou decréscimo exponencial com o aumento das densidades populacionais da cultura, provavelmente porque, em maiores estandes de plantas, a incidência de luz sobre o dossel forrageiro é menor, prejudicando os processos fotossintéticos. Jakelaitis et al. (2010) também observaram menor desenvolvimento vegetativo das forrageiras estudadas devido ao sombreamento e à competição exercida pelo milho.

Houve interação significativa entre os sistemas de cultivo, espaçamentos entrelinhas e populações de plantas para as massas secas de milho (MSMilho) e de palha (MSPalha). Todos os dados apresentaram melhor ajuste à equação linear, exceto a massa seca de milho e palha obtidas no tratamento com espaçamento 0,90 m, sob cultivo consorciado, que obteve melhor ajuste à equação polinomial quadrática (Figuras 4a e 4b).

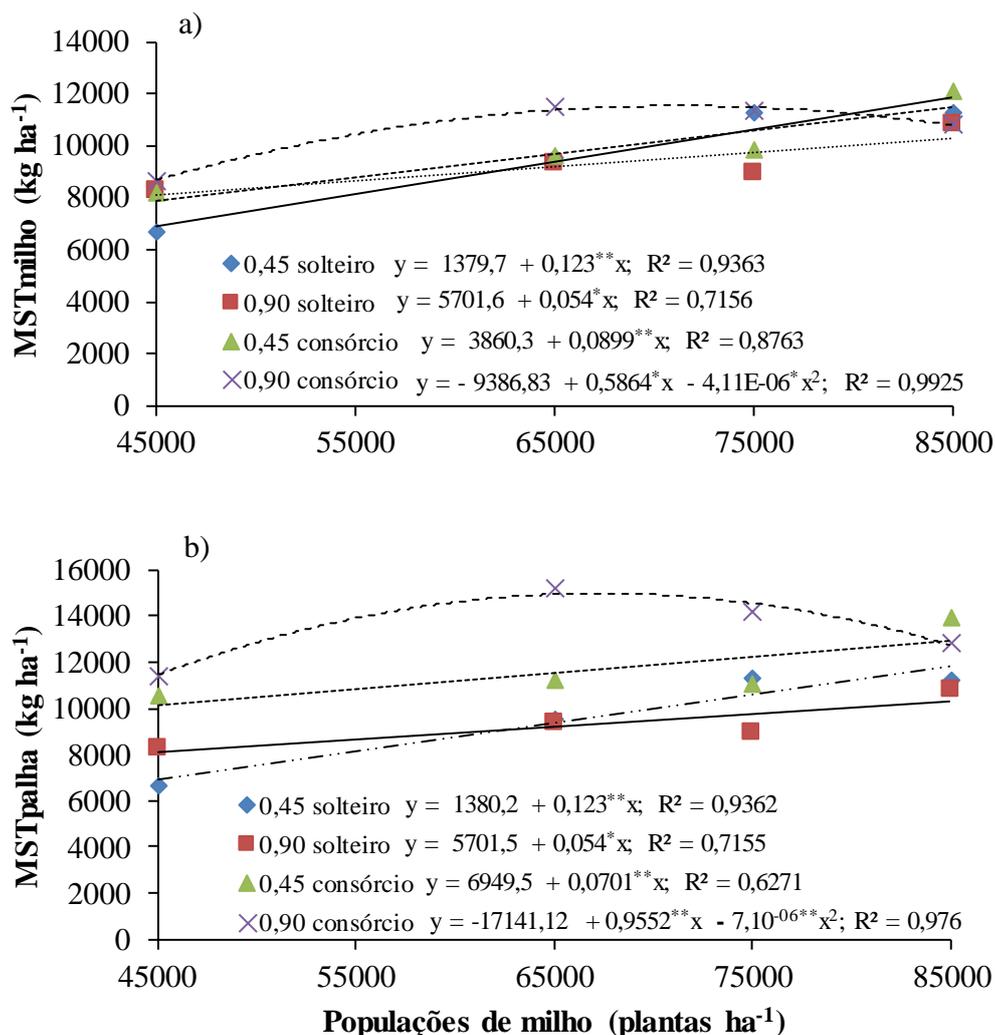


FIGURA 4. a) Massa seca total de milho (MSTmilho) e b) massa seca total de palha (MSTpalha) em espaçamentos 0,90 m e 0,45 m, milho solteiro e consorciado e populações de plantas de milho, na safra-verão. Dourados-MS, 2018. \*\*( $P \leq 0,01$ ) e \* ( $P \leq 0,05$ )

Houve aumento linear na produção de massa seca de milho conforme aumentou a população de plantas, independente do espaçamento e do sistema de cultivo utilizado, exceto para o consórcio em espaçamento 0,90 m, que alcançou a máxima produção na população de 71.369 plantas ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 11.537 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4a).

A massa seca do milho foi 12,5% maior no espaçamento 0,90 m em relação ao 0,45 m nas menores populações de milho. E em altas densidades populacionais, o espaçamento reduzido proporcionou melhores condições para o desenvolvimento das plantas, incrementando mais de 60% a massa seca, o que representa 1,8 vezes a mais que

o espaçamento 0,90 m, mesmo em consórcio com a braquiária.

Alvarez et al. (2006) também obtiveram maior produção de matéria seca com o aumento da população de milho de 55.000 para 75.000 plantas  $ha^{-1}$ , independente da cultivar, espaçamento e ano de cultivo, e observaram que a redução do espaçamento entrelinhas também possibilitou incrementar a massa 16% em média.

Em sistemas consorciados, Chioderoli et al. (2012) verificaram que a braquiária comprometeu significativamente a produtividade de massa seca do milho, como resultado da competição por água, luz, nutrientes e espaço físico. Resultados apresentados por Ceccon et al. (2014) na safrinha demonstram que a massa seca de milho pode ser menor quando utilizadas maiores populações da forrageira. Luiz Neto Neto et al. (2013), também observaram menor massa seca de milho nas maiores populações da braquiária, mas o uso de maiores populações de milho melhora o seu desempenho em sistemas consorciados, pois o sombreamento reduz o crescimento e a interferência da forrageira sobre a cultura.

A implantação do consórcio depende da distribuição das chuvas na região e da capacidade de retenção de água do solo (SOUZA et al., 2012). Estas condições foram satisfatórias em todo o período de condução do experimento (Figura 1), inclusive no início do período reprodutivo do milho (17/12/2015), que segundo Fietz et al. (2015), é o estágio de maior demanda hídrica do consórcio milho-braquiária. As condições climáticas foram decisivas para os resultados apresentados, pois favoreceram as atividades fotossintéticas das plantas, resultando no aumento da produtividade de massa seca da cultura, mesmo em maiores populações do milho e em consórcio com a braquiária.

A massa seca de palha apresentou resposta linear crescente com o aumento de plantas de milho, exceto no consórcio em espaçamento 0,90 m, que teve comportamento quadrático, atingindo uma produção máxima estimada em aproximadamente 14.965 kg  $ha^{-1}$  em 67.226 plantas  $ha^{-1}$  (Figura 4b). Na menor população, o espaçamento 0,90 m obteve os melhores resultados para massa seca e, na maior população o espaçamento reduzido proporcionou incremento de massa superior ao 0,90 m, sendo que a consorciação com a braquiária, independente do espaçamento, contribuiu para aumentar, em média, 25% a produtividade de palha do sistema.

Ceccon et al. (2014) afirmam que o aporte de resíduos que a braquiária proporciona pode ser maior que a massa do milho solteiro. Por isso, o consórcio se mostra como uma alternativa viável para a sustentabilidade do plantio direto ao longo do ano. Além disso, a menor produção de massa seca do milho consorciado pode ser compensada

pela quantidade de palha produzida pelas forrageiras, como ressaltam Chioderoli et al. (2012). Segundo os autores, a massa seca total de palha representa a condição inicial para semeadura das culturas em sucessão, por isso avaliar sua produtividade é fundamental para definir quais sistemas de cultivos promovem maior quantidade de palha, sem afetar a produtividade de grãos.

Os sistemas de cultivo e os espaçamentos entrelinhas não afetaram os componentes de produção do milho, demonstrando que a braquiária e/ou a redução do espaçamento não interferiram na capacidade de produção da cultura. Houve efeito apenas das populações de plantas, que influenciaram o comprimento de espigas, número e massa de grãos por espiga e produtividade (Figura 5).

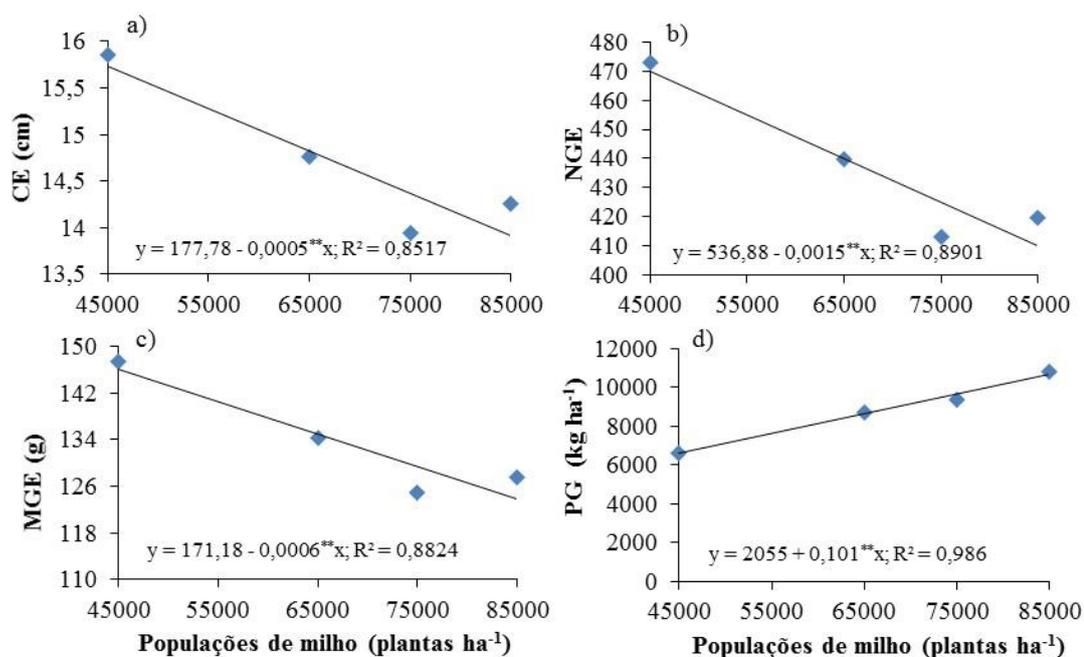


FIGURA 5. a) Comprimento de espiga (CE), b) número de grãos por espiga (NGE), c) massa de grãos por espiga (MGE) e d) produtividade de grãos (PG) em populações de plantas de milho, na safra-verão. Dourados-MS, 2018.

\*\* (p≤0,01)

Muitos autores também verificaram que o cultivo da braquiária em consórcio com o milho muitas vezes não afeta a produtividade de grãos (CHIODEROLI et al., 2012, BORGHI; CRUSCIOL, 2007, IKEDA et al., 2013 e FREITAS et al., 2013). Kluthcouski e Aidar (2003) ressaltam que, a partir da adoção de tecnologias adequadas às condições

do Cerrado, o consórcio milho-braquiária tem alcançado ganhos significativos em produtividade, superando, inclusive, o cultivo solteiro. Os resultados de pesquisa justificam a utilização do consórcio, visto o potencial na produção de grãos e de palha e sua importância na viabilização do sistema plantio direto (SPD), como ressaltam Ceccon et al. (2014).

Além disso, resultados obtidos por Gimenes et al. (2008) mostram que a produtividade de grãos do milho é mais afetada pela competição com as plantas daninhas no cultivo de milho solteiro do que pela braquiária em consórcio. Isto demonstra a importância da braquiária também na supressão de plantas daninhas, que pode influenciar no desempenho produtivo da cultura. Brambilla et al. (2009) destacam que a combinação de vários fatores, como a população da forrageira, presença de plantas indesejáveis, condições hídricas e época de cultivo podem interferir nos resultados dos diversos estudos sobre o consórcio milho-braquiária.

Os dados indicam que, independente do espaçamento e do sistema de cultivo, o aumento do número de plantas de 45.000 para 85.000 plantas  $ha^{-1}$  causou decréscimo linear do comprimento de espigas, número e massa de grãos por espiga, representando, em média, redução de 10,1%, 11,3% e 13,6%, respectivamente (Figuras 5a, 5b e 5c).

Os efeitos negativos do aumento na densidade populacional de milho sobre os componentes de produtividade foram relatados por diversos autores. Flesch e Vieira (2004) verificaram redução do número de grãos por espiga, número de espigas por planta e massa de mil grãos com aumento de 30 para 90 mil plantas  $ha^{-1}$ . Freitas et al. (2013) não observaram efeito da população para número de fileiras de grãos por espiga e massa de 100 grãos, mas o número de grãos por fileira reduziu com o aumento da população de 20 para 80 mil plantas  $ha^{-1}$ . Além disso, o decréscimo no número de grãos por espiga na maior população foi observado em trabalhos com densidades de plantas que variavam de 25 a 125 mil plantas (PENARIOL et al., 2003; SANGOI et al., 2005; AMARAL FILHO et al., 2005 e DEMÉTRIO et al., 2008).

Sangoi et al. (2013) relatam que, em resposta ao estresse causado pelo adensamento excessivo, observa-se redução no período de enchimento de grãos, aumento da esterilidade feminina e, conseqüentemente, decréscimo na produção da planta. Contudo, em híbridos mais recentes, os efeitos do adensamento são mais tolerados em relação aos antigos.

A produtividade de grãos apresentou comportamento oposto aos componentes produtivos, incrementando a produção por área com aumento da densidade

populacional de milho. Houve mais de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> (38%) de diferença entre a maior e a menor população de plantas (Figura 5d).

Acréscimos na produtividade de grãos com o aumento no número de plantas ha<sup>-1</sup> também foram observados por Penariol et al. (2003), Silva et al. (2008) e Amaral Filho et al. (2005), utilizando populações entre 40 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, por Takasu et al. (2013), com populações entre 40 e 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e por Calonego et al. (2011), em estudos com 45 a 75 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Flesch e Vieira (2004) relatam que, as reduções na produção por indivíduo podem ser compensadas com o aumento no número de espigas por área, sob elevadas densidades populacionais, aliado a condições de crescimento adequadas. Foi verificado neste trabalho que o suprimento hídrico satisfatório minimiza a competição por água e possibilita obter pleno desenvolvimento das plantas, mesmo em cultivos mais densos, alcançando incrementos significativos na produtividade de grãos.

A produtividade obtida na população de 65 mil plantas ha<sup>-1</sup> foi próxima da média observada para o Mato Grosso do Sul em 2016, de 8.159 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016), indicando que o uso de maiores densidades de plantas nesta região pode elevar o potencial de produção do milho cultivado na safra-verão, corroborando Freitas et al. (2013) que, baseados em resultados de pesquisa, concluíram que a densidade de plantas atualmente utilizada pode estar sendo subdimensionada.

De acordo com a análise econômica realizada por Silva et al. (2008), a economia proporcionada pelo emprego de menor quantidade de sementes não é compensada pela produtividade de grãos obtida e, portanto, a implantação da cultura sob maiores populações de plantas possibilita ao produtor rural a maximização tanto da produtividade como dos lucros com a cultura.

## CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo, espaçamentos entrelinhas e populações de plantas não afetam as variáveis fisiológicas do milho, exceto a condutância estomática, que é maior no consórcio, com a redução do espaçamento.

O adensamento das plantas aumenta a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e o índice de área foliar do milho, mas reduz a área foliar por planta.

A braquiária tem melhor desempenho em altura e produção de massa seca no maior espaçamento (0,90 m) e na menor população do milho (45.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

O consórcio milho-braquiária, independente do espaçamento entrelinhas, produz maior quantidade de massa seca de palha sem afetar a produtividade de grãos, que também aumentam com o aumento da população de plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMARAL FILHO, J. P. R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p. 467-473, 2005.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O Milho e o Clima**. Porto Alegre: Emater/RS – Ascar, 2014. 84 p.

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

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

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 6, n.1, p. 75-83, 2012.

BRAMBILLA, J. A.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C.; MASSAROTO, J. A. Produtividade de milho safrinha no sistema de Integração Lavoura-Pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 263-274, 2009.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CECCON, G. Dicas para implantação do consórcio milho-braquiária. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 20, ed. 124, p. 20-21, 2011. Acesso em: março de 2018. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43951/1/Artigo-RPD-gessi.pdf>>

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 27-46.

CECCON, G.; SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; HOLANDA, H. V. de; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consórcio de *Urochloas* com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1804-1810, 2012.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A. F.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; ANDRES, A. Uso da água por plantas de arroz em competição com biótipos de *Echinochloa crusgalli* resistente e suscetível ao herbicida quinclorac. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 249-256, 2009.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C. M. T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; BORHI, E.; SIMÃO, E. de P. **Quatrocentas e Setenta e Sete Cultivares de Milho estão Disponíveis no Mercado de Sementes do Brasil para a Safra 2015/16**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p. (Documentos 184 - Embrapa Milho e Sorgo).

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

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 933-938, 2002.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; GAMA, E. E. G.; OLIVEIRA, A. C. de. Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência

foto-sintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da Região de Dourados, MS**. 3. ed. rev. e atual. - Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 31 p. (Documentos 138 - Embrapa Agropecuária Oeste)

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L.; GARCIA, R. A.; CECCON, G.; REZENDE, M. K. A. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do consórcio milho e braquiária nas condições climáticas de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. **30 anos de inovação em produtividade e qualidade**. Maringá: ABMS, 2015. p. 461-465. 1 CD-ROM.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

FREITAS, R. J.; STEPHAN NASCENTE, A.; LOURENÇO DE SOUSA SANTOS, F. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

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

GUIA CLIMA. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2016. Disponível em: <<http://clima.cpao.embrapa.br/>>. Acesso em: ago. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 12, p. 1-82, 2016.

IKEDA, F. S.; VICTORIA FILHO, R.; MARCHI, G.; DIAS, C. T. D. S.; PELISSARI, A. Interferências no consórcio de milho com *Urochloa* spp. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1763-1770, 2013.

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

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.407-442.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LEONEL, F. D. P.; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; JÚNIOR, M.; LARA, L. A.; QUEIROZ, A. C. D. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-

braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 177-189, 2009.

LUIZ NETO NETO, A.; da SILVA, J. F.; SANTOS, A. D.; PADILHA, N. D. S.; MAKINO, P. A.; CECCON, G. Morphophysiology and yield of late season maize intercropped with *Urochloa* in reduced row spacing. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 227-239, 2013

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da Produção**. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 63-87.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; NETO, M. M. G.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.7, p. 1183-1190, 2009.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G. Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 65-71, 2005.

PADILHA, N. de S.; SILVA, C. J. da; PEREIRA, S. B.; SILVA, J. A. N. da; HEID, D. M.; BOTTEGA, S. P.; SCALON, S. de P. Q. Crescimento inicial do pinhão-manso submetido a diferentes regimes hídricos em Latossolo Vermelho Distrófico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.

PENARIOL, F. G.; FILHO, D. F.; COICE, V. L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA, A. R. Estimativa da área foliar em milharal. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 147-150, 1987.

RESENDE, A. V. de; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K.; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 269, 275, 2008.

RODRIGUES, O. L. **Produtividade e características fisiológicas do consórcio milho-braquiária**. 2011. 62 f. Dissertação (Pós-graduação em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de

massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; DA SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; DE SOUZA, C. A. Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

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

SILVA, A. G.; JÚNIOR, C. R. C.; DE ASSIS; R. L.; IMOLES, A. S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SILVA, M. A.; FERREIRA, W. M.; ANDRADE, V.; COSTA, J. Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 3, p. 383-394, 2016.

SOUZA, A. P. de; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; ARF, O.; HAGA, K. I. Desempenho agrônômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2013.

URIBE, R. A.; KÖLLN; GAVA, G. J. de C. Evaluación de la densidad de plantas, componentes fenológicos de producción y rendimiento de granos en diferentes materiales genéticos de maíz. **Idesia**, Chile, v. 35, n. 3, p. 23-30, 2017.

VALLE, C. B. do; EUCLIDES, V. P.; MONTAGNER, D. B.; VALÉRIO, J. R.; FERNANDES, C. D.; MACEDO, M. C.; VERZIGNASSI, J. R.; MACHADO, L. A. BRS Paiguás: A new *Brachiaria (Urochloa)* cultivar for tropical pastures in Brazil. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, Colômbia, v. 1, n. 1, p. 121-122, 2013.

## CAPÍTULO II

### PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES EM POPULAÇÕES DE MILHO SAFRINHA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA

**RESUMO:** No manejo do arranjo de plantas, a densidade populacional é uma das variáveis com maior influência sobre a produtividade de grãos e, em sistemas consorciados, possibilita minimizar a interferência da braquiária sobre o milho. Com isso, objetivou-se avaliar o teor de nutrientes foliares e a produção de massa e grãos de milho safrinha, consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, em populações de plantas em espaçamento reduzido. A pesquisa foi conduzida na safrinha de 2016, em Dourados-MS, em delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de cultivo de milho solteiro e consorciado e as subparcelas pelas populações de plantas de milho (45, 52, 65 e 96 mil plantas ha<sup>-1</sup>). O consórcio milho-braquiária reduziu os teores foliares de N, P, Ca, S e Cu do milho, mas incrementou a massa seca de palha na maior população. A massa seca por planta, o número e massa de grãos por espiga diminuíram com o aumento da população de milho, porém a massa seca total e a produtividade da cultura aumentaram, independente da presença da forrageira. A massa seca total de milho foi a variável com maior correlação com a produtividade. As populações de plantas de milho têm maior influência sobre o seu crescimento e produtividade do que a presença da braquiária.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, Capim-Paiaguás, arranjo de plantas, competição interespecífica, competição intraespecífica.

### YIELD AND NUTRIENT CONTENT IN POPULATION OF CORN OFF-SEASON SINGLE AND INTERCROPPED WITH BRACHIARIA

**ABSTRACT:** In the management of plant arrangement, population density is one of the variables with higher influence on the grain yield and, in intercropping systems, can minimize interference Brachiaria on corn. Thus, the aim was evaluate the foliar nutrient content and mass production and grains in off-season maize, intercropping with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, with plant populations in reduced spacing. The study was conducted at off-season of 2016, in Dourados-MS, in experimental design of randomized block with split-plot and four replications. The plots were composed by corn cropping systems single and intercropped and the split-plots by populations of maize (45, 52, 65 and 96 thousand plants ha<sup>-1</sup>). Intercropping of maize with Brachiaria reduced leaf contents of N, P, Ca, S, and Cu corn, but increased the dry weight of straw in the greater population. The dry weight per plant, ear number and mass of grains decreased with increasing corn population, but the total dry matter and crop yield increased, independent of the presence of forage. The total dry matter maize was variable with the highest correlation with the productivity. The populations of maize plants have the greatest influence on the growth and yield of the presence Brachiaria.

**Key-words:** *Zea mays*, grass-Paiaguás, plant arrangement, interspecific competition, intraspecific competition.

## INTRODUÇÃO

O Sistema Plantio Direto (SPD) é baseado em um conjunto de princípios conservacionistas, como a rotação de culturas, manutenção da cobertura permanente e ausência de revolvimento do solo. A manutenção e a distribuição uniforme dos resíduos culturais sobre o solo são fundamentais para a viabilidade do sistema, mas dependem da espécie, região e suas características edafoclimáticas (ALVARENGA et al., 2001).

O consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis* se destaca como o principal sistema de produção de palha e grãos na safrinha (CECCON, 2013), especialmente na região do Cerrado, onde a palha exerce importante função na manutenção da umidade, amenizando os efeitos da estiagem na entressafra e na proteção do solo contra a erosão (SÁ et al., 2010).

No entanto, a interferência interespecífica pode provocar menor crescimento e desenvolvimento das espécies consorciadas, inviabilizando o sistema (SILVA et al., 2015), como é o caso da competição por nutrientes verificada por Costa et al. (2012). O nitrogênio (N) é o nutriente que as plantas de milho acumulam em maior quantidade, seguido do potássio (K) e fósforo (P). A maior parte do N e do K são acumulados antes do florescimento, quando o sistema radicular ainda é pouco desenvolvido (DUARTE et al., 2003), intensificando a competição em sistemas consorciados, nos quais a demanda por nutrientes, como N, pode ser maior (BATISTA et al., 2011).

Segundo Alvarenga et al. (2006), a presença da forrageira reduz a produtividade de milho. No entanto, diversos trabalhos demonstram não haver diferença entre o milho solteiro e o consorciado (CHIODEROLI et al., 2012; FREITAS et al., 2013). Isso porque o milho apresenta grande vantagem competitiva sobre as plantas de menor porte, como as braquiárias (FREITAS et al., 2008), devido ao seu expressivo crescimento inicial (SEREIA et al., 2012). Assim, o conhecimento do comportamento das espécies na competição por fatores de produção torna-se de grande importância para o êxito dos sistemas consorciados (BORGHI e CRUSCIOL, 2007).

A capacidade competitiva do milho depende da combinação de vários fatores, como espécie, população de plantas, momento de implantação da forrageira, cultivar, modalidade de implantação do milho (CECCON, 2013), incidência de plantas daninhas (GIMENES et al., 2008), aplicação de herbicidas (FREITAS et al., 2008), além de fatores edafoclimáticos (RESENDE et al., 2008).

Uma das maneiras de modificar a relação de competição por água, luz e nutrientes em favor da cultura é por meio de práticas de manejo, como o arranjo espacial de plantas na área (BALBINOT JÚNIOR e FLECK, 2005). A densidade de plantas é considerada uma das formas de manipulação do arranjo espacial com maior interferência na produtividade do milho (SANGOI e SILVA, 2006).

Muitos trabalhos têm mostrado o efeito dos espaçamentos em sistemas consorciados (BRAMBILLA et al., 2009; RESENDE et al., 2008; BORGHI e CRUSCIOL, 2007), mas informações sobre o efeito de populações de plantas de milho sobre a braquiária, em espaçamento reduzido, ainda são escassas e podem ser relevantes, quando deseja-se minimizar o potencial competitivo da forrageira e obter elevadas produtividades de grãos (FREITAS et al., 2013). Avaliações do teor de nutrientes, da produção de massa seca e de grãos podem, portanto, auxiliar na escolha do melhor arranjo populacional de plantas em sistemas de cultivo, como no consórcio milho-braquiária.

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade de grãos, acúmulo de massa seca e de nutrientes em populações de milho safrinha, solteiro e consorciado com braquiária, em espaçamento reduzido (0,45 m).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido na safrinha de 2016, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste conduzida há dez anos sob SPD, em Dourados - MS (22° 16' S e 54° 49' W, a 408 m). O clima da região é o Cwa de Köppen, clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos (FIETZ et al., 2017). Os dados de precipitação e temperatura registrados durante o período experimental estão na Figura 1

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013). A caracterização química do solo, na camada de 0-20 cm, está apresentada no Quadro 1. Os teores de cálcio (Ca) e magnésio

(Mg) no solo estavam dentro da faixa considerada adequada para a região do Cerrado. O teor de ferro (Fe) foi considerado médio e os demais macro e micronutrientes apresentaram teores elevados (SOUSA e LOBATO, 2004).

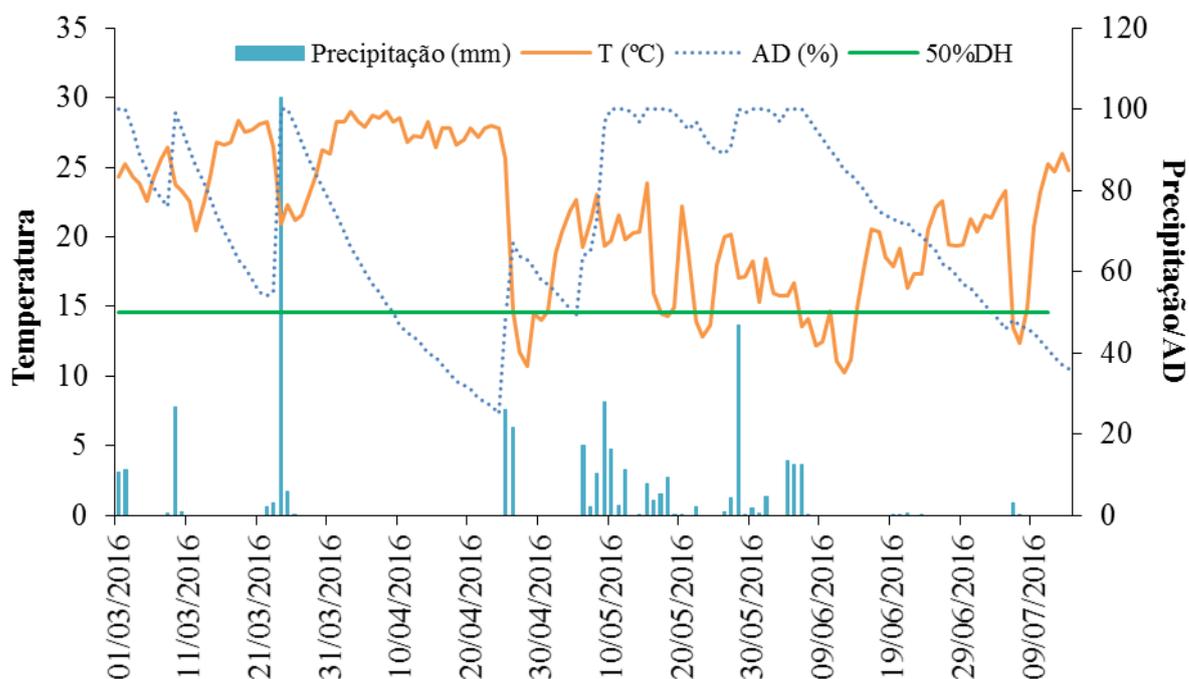


FIGURA 1. Precipitação, temperatura média (T), água disponível (AD) e limite de 50% de disponibilidade hídrica (50%DH) durante a condução do experimento (março a julho de 2016), em Dourados MS, 2018. Fonte: Guia Clima (2016)

QUADRO 1. Caracterização química de amostras do solo da área experimental. Dourados, MS, 2018

pH Água <sup>1</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC (pH 7,0)
1:2,5	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
6,06	0,00	5,29	1,99	4,32	0,53	7,81	12,13
P (Mehlich <sup>-1</sup> )	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	MO	C total	V
----- mg dm <sup>-3</sup> -----					g kg <sup>-1</sup>	----- % -----	
45,58	11,40	29,99	110,76	4,57	31,01	1,80	64,37

<sup>1</sup>pH: potencial hidrogeniônico; Al<sup>3+</sup>: alumínio; Ca<sup>2+</sup>: cálcio; Mg<sup>2+</sup>: magnésio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: acidez potencial; K<sup>+</sup>: potássio; SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; P: fósforo; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; MO: matéria orgânica; C: carbono; V: saturação por bases

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de cultivo de milho (solteiro e consorciado com braquiária) e as subparcelas pelas populações de plantas de milho (45.000, 52.000, 65.000 e 96.000 plantas ha<sup>-1</sup>). As subparcelas foram compostas por sete linhas de milho com seis metros de comprimento e 0,45 m de espaçamento, sendo considerada área útil apenas as linhas centrais.

O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390 PRO, cujas sementes foram tratadas com inseticida Cruiser (60 g ha<sup>-1</sup>) antes da sementeira, realizada em 04 de março de 2016, em sucessão à cultura da soja. Utilizou-se a sementeira marca Semeato PAR 2800, adotando-se uma taxa de sementeira de nove sementes m<sup>-1</sup> e cinco cm de profundidade. Na mesma ocasião foi realizada a sementeira da *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, com sementeira marca Wintersteiger, modelo Plotseed TC. A população de braquiária utilizada foi, aproximadamente, de 20 plantas m<sup>-1</sup>, espaçamento de 0,50 m entrelinhas e três cm de profundidade. Não foi realizada adubação química na sementeira. Aproximadamente dez dias após a emergência do milho (V3), procedeu-se ao desbaste das plantas para ajuste das populações relativas aos tratamentos.

Na pré-emergência da cultura foi realizada a aplicação de Paraquat + Diuron (0,4 kg ha<sup>-1</sup> + 0,2 kg ha<sup>-1</sup>) e Atrazine (1,5 kg ha<sup>-1</sup>), para a dessecação da área. E imidacloprido + tiodicarbe (35 g ha<sup>-1</sup> + 125 g ha<sup>-1</sup>), para o controle de pragas iniciais. Aos 10 DAE foi realizada uma aplicação de imidacloprido +  $\beta$ -ciflutrina (75 g ha<sup>-1</sup> + 9,37 g ha<sup>-1</sup>), para o controle de *Spodoptera frugiperda*.

No pleno florescimento do milho ( $\geq 50\%$  das plantas se encontravam no início da polinização) foi realizada a coleta da folha oposta e abaixo da espiga de dez plantas de milho por parcela, das quais avaliou-se a área foliar de três amostras. Foram realizadas medições do comprimento (C - cm) e da maior largura (L - cm) da folha e contagem do número de folhas (NF) fotossinteticamente ativas ( $\geq 50\%$  da área foliar verde). A área foliar por planta (AFP - cm<sup>2</sup>) foi estimada pela equação:  $0,75 \times C \times L \times NF$  por planta e, o índice de área foliar (IAF), pela relação entre a área foliar da planta e a área de solo ocupada por ela. Posteriormente, foi realizado o preparo e a análise química de todas as folhas coletadas para determinação dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Zn, Mn, Fe, Cu, Na e Bo), conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

No estágio de maturação fisiológica do milho (127 DAE) foi realizada a coleta de oito amostras de plantas por parcela para avaliação da massa fresca total e da

produtividade de grãos. Os caracteres morfológicos e componentes produtivos foram avaliados apenas em duas plantas representativas da amostra.

Os caracteres morfológicos avaliados no milho foram: alturas de plantas de milho (APM – m), medida do colo até a inserção do pendão, altura de inserção de espiga (AIE - m), medida do colo até a inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo (DC – cm), medido com auxílio do paquímetro no segundo entrenó a partir da base da planta, e massa seca por planta (MSPmilho) e total (MSTmilho - kg ha<sup>-1</sup>), obtida em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante.

As espigas foram separadas para avaliação dos componentes produtivos, que foram: massa de cem grãos (M100 – g), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE – g) e produtividade de grãos (PG - kg ha<sup>-1</sup>), com a umidade corrigida para 13%.

A amostragem da braquiária foi realizada por meio do corte das plantas em uma linha de 1 m rente ao solo. Foi determinado o número de plantas (NPI) da amostra e avaliados os componentes morfológicos: altura de plantas (APB – m), número de perfilhos (NPerf), índice de perfilhos (IP), determinado pela razão NPerf/Npl, massa seca de folhas (MSF - kg ha<sup>-1</sup>), colmos (MSC - kg ha<sup>-1</sup>), matéria morta (MSMM - kg ha<sup>-1</sup>) e massa seca total da parte aérea (MSTB - kg ha<sup>-1</sup>), obtida em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante.

A partir do somatório das massas secas de milho e de braquiária foi possível estimar a produção de massa seca de palha (MSTpalha - kg ha<sup>-1</sup>) nos sistemas consorciados.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ) e, quando significativos, foram realizadas comparações de médias, pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), dos sistemas de cultivo, e análise de regressão das populações de plantas, cujos modelos foram selecionados com base na significância dos coeficientes ( $P \leq 0,05$ ) e no valor do coeficientes de determinação ( $R^2$ ), com auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2011). Para medir o grau de relação entre as variáveis do milho e a produtividade de grãos foi realizada a análise de correlação de Pearson e a significância do coeficiente foi avaliada pelo teste t, a 5% de probabilidade, por meio do programa SAEG (SAEG, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estágio de desenvolvimento vegetativo do milho até o pendoamento foi acompanhado pela ocorrência de chuvas mal distribuídas, veranicos e elevadas temperaturas (entre 31 e 35°C). Com isso, foram registrados níveis insatisfatórios de umidade do solo, cuja disponibilidade hídrica ficou abaixo de 50% por um período de 15 dias.

Posteriormente, houve um período de grande ocorrência de chuvas, possibilitando manter a disponibilidade hídrica no solo elevada nesta fase (GUIA CLIMA, 2016) e minimizar os efeitos da estiagem ocorrida. Ainda assim, a precipitação total do período experimental (409 mm) não foi suficiente para suprir a quantidade de água normalmente consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo (600 mm) (MAGALHÃES; DURÃES, 2008), indicando a probabilidade de ter ocorrido déficit hídrico em algum momento do desenvolvimento da cultura.

Segundo Magalhães e Durães (2008), a ocorrência de estresse hídrico no período de duas semanas em torno do florescimento pode causar redução significativa na produção de grãos. Além da ocorrência de estiagem houve registro de geadas no mês de junho, que resultaram em significativa queda da produtividade média da região em relação ao ano anterior, em torno de 38% (IBGE, 2016).

A população de plantas não comprometeu o teor de nutrientes nas folhas de milho, contudo, os sistemas de cultivo afetaram os teores de N, P, Ca, S e Cu. Para os demais nutrientes não houve efeito significativo dos tratamentos, que apresentaram, em média: 18,74 g kg<sup>-1</sup> de K; 2,13 g kg<sup>-1</sup> de Mg; 21,17 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; 45,68 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; 151,86 mg kg<sup>-1</sup> de Fe; 7,6 mg kg<sup>-1</sup> de B e 43,74% de C. Na média dos tratamentos, os teores de nutrientes foliares foram considerados adequados para a cultura do milho (COELHO e FRANÇA, 1995), não comprometendo o desenvolvimento das plantas, exceto o boro, cujo teor médio nas folhas foi baixo.

Na comparação dos sistemas, o consórcio milho-braquiária apresentou menores teores de N, P, Ca, S e Cu nas folhas em relação ao cultivo de milho solteiro (Quadro 2). Entretanto, ainda permaneceram em concentrações adequadas para o milho, com exceção do N, que ficou abaixo do crítico no milho consorciado (27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup>).

O teor de Ca, apesar de ser menor no consórcio (Quadro 2), ainda assim, foi superior ao limite máximo da faixa de suficiência nutricional adequada para o milho

(COELHO e FRANÇA, 1995), refletindo em suprimento do solo satisfatório ao desenvolvimento de ambas as culturas.

O N está entre os nutrientes mais absorvidos pelo milho e pela braquiária e, em cultivo simultâneo, a grande exigência deste nutriente pode levar à competição e reduzir sua concentração a valores críticos, como também foi verificado por Fiorentin et al. (2012) e Costa et al. (2012).

QUADRO 2. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S) e cobre (Cu) em folhas de milho nos sistemas de cultivo de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018

Sistemas de cultivo	N	P	Ca	S	Cu
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----				(mg kg <sup>-1</sup> )
<b>Consórcio</b>	26,1 b*	2,33 b	4,89 b	1,75 b	8,75 b
<b>Solteiro</b>	28,9 a	2,72 a	5,43 a	1,93 a	10,45 a
<b>CVa (%)</b>	1,24	4,54	5,06	1,05	3,02
<b>Média</b>	2,76	2,52	5,16	1,84	9,6

\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Borghi e Crusciol (2007) relatam que as doses de N necessárias para suprir a demanda pelas culturas podem ser maiores em sistemas de rotação com gramíneas, devido à maior demanda pelo nutriente. Quanto mais próximas, morfo e fisiologicamente são as espécies, mais similares são as exigências em relação aos fatores de crescimento, intensificando a competição (BRIGHENTI e OLIVEIRA, 2011).

Freitas et al. (2015) observaram que o teor de N no milho reduziu linearmente com o aumento da densidade de plantas de braquiária. Em populações acima de 22 plantas m<sup>-2</sup>, Silva et al. (2015) verificaram teor de N foliar abaixo do crítico, demonstrando que a competição pode ser agravada sob maiores populações da forrageira.

Silva et al. (2015) também observaram menores teores de P e Ca no consórcio, os quais diminuiriam linearmente com o aumento da densidade da forrageira. Freitas et al. (2015) relatam que uma forma de minimizar a interferência da braquiária no acúmulo de nutrientes pela cultura é reduzindo o espaçamento entrelinhas do milho, aliada à aplicação de subdoses de herbicida.

Cury et al. (2012) observaram que a *B. brizantha* apresenta grande potencial de acúmulo de nutrientes em relação ao milho. Mesmo em solos sob condições de recursos limitados, as reduções podem ser de 53% de N, 59% de P, 56% de K, 59% de Ca e 55% de S na parte aérea do milho, independente do manejo de fertilidade do solo (MELO et al., 2015). Com relação ao cálcio, Silva et al. (2015) também mostraram ser baixa a capacidade competitiva do milho, o que pode estar associado ao menor crescimento da planta na presença da braquiária.

As forrageiras tropicais crescem, geralmente, sob condições de solo deficiente em nutrientes e, por isso, tendem a ajustar o sistema radicular como forma de melhorar a sua absorção (CECATO et al., 2004). Em pesquisas realizadas por Foloni et al. (2008), a braquiária mostrou-se altamente eficiente na absorção de P, mesmo oriundo de fonte pouco solúvel, o que se deve ao sistema radicular bastante ramificado e volumoso, que favorece o contato raiz-solo e o aumento da absorção do P por difusão e interceptação radicular.

A *B. brizantha* e espécies do gênero *Panicum*, possuem sistema radicular vigoroso e profundo e, com isso, elevada tolerância à deficiência hídrica e capacidade de absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo (BARDUCCI et al., 2009). Segundo Bianco et al. (2005), a absorção de macronutrientes pela *B. decumbens* acompanha a seguinte ordem decrescente:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ , sendo que o maior acúmulo de N, P, Mg e Ca ocorre nas folhas, e de K e S nos colmos + bainhas.

Além disso, a ocorrência de déficit hídrico na fase vegetativa do milho também pode ter prejudicado a absorção de alguns nutrientes pelo milho, principalmente em cultivo consorciado. A água, além de mineralizar alguns nutrientes da matéria orgânica, também representa o principal veículo para o transporte dos íons no solo e sua absorção por fluxo de massa ou difusão pelas plantas (FAQUIN, 2005). O consórcio milho-braquiária reduziu o teor dos principais nutrientes do milho absorvidos por fluxo de massa, como N, Ca, S e Cu, e por difusão, como P.

Em contrapartida, os resultados deste trabalho discordam de Lara-Cabeças e Pádua (2007), que observaram maior assimilação de nitrogênio pelo milho na presença da braquiária, apresentando, em média, eficiência de 9,1% superior a do milho solteiro, devido a menor eficiência da braquiária na recuperação do N aplicado. Cruz et al. (2008) não observaram efeito do sistema de cultivo para os teores de nutrientes, exceto para Ca e S, cuja absorção também foi beneficiada pela presença da braquiária, provavelmente, porque sua semeadura ocorreu 21 dias após a do milho.

Entre as variáveis morfológicas avaliadas no milho, a altura de plantas (APM) e de inserção de espigas (AIE) e a área foliar por planta (AFP) não foram afetadas pelos tratamentos, apresentando em média 2,06 m, 1,28 m e 8.356 cm<sup>2</sup>, respectivamente. O efeito dos sistemas de cultivo foi significativo para diâmetro de colmo (DCM) e índice de área foliar (IAF), com menores valores no consórcio (Quadro 3). Este resultado ocorreu, provavelmente, em resposta à redução do teor de nutrientes, principalmente N. Segundo Fiorentin et al. (2012), a competição interespecífica pode resultar em plantas com colmos mais finos e menor ganho de matéria seca, pois corresponde a uma estrutura com função de armazenamento de fotoassimilados e contribuem consideravelmente na formação dos grãos.

QUADRO 3. Diâmetro de colmo de milho (DCM) e índice de área foliar (IAF) nos sistemas de cultivo de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018

<b>Sistemas de cultivo</b>	<b>DCM</b> (mm)	<b>IAF</b> -
<b>Consórcio</b>	20,66 b*	5,07 b
<b>Solteiro</b>	22,51 a	5,54 a
<b>CVa (%)</b>	9,4	7,73
<b>Média</b>	21,58	5,31

\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Brambilla et al. (2009) observaram efeito da braquiária na redução da altura de plantas e de inserção de espigas, mas não houve efeito sobre o diâmetro de colmo de milho nas modalidades estudadas, como também foi relatado por Jakelaitis et al. (2010).

Segundo Silva et al. (2013), o diâmetro de colmo, área foliar e índice de área foliar do milho reduziram com o aumento da população de *B. ruziziensis* no consórcio, pois o arranjo espacial de plantas em espaçamento reduzido e a competição entre as espécies por água e nutrientes, compromete o desenvolvimento do milho.

Em pesquisas realizadas por Gimenes et al. (2008), também não houve efeito negativo do consórcio milho-braquiária. Contudo, a convivência simultânea da cultura com plantas infestantes reduziu o número de folhas e, conseqüentemente, o índice de área

foliar do milho. Assim, a competição por recursos pode atrasar o desenvolvimento normal da cultura, em decorrência da menor área fotossinteticamente ativa disponível.

O IAF também apresentou efeito da população de plantas, assim como a área foliar por planta (AFP). Houve redução linear da AFP com o aumento da densidade populacional de milho e aumento do IAF (Figura 2).

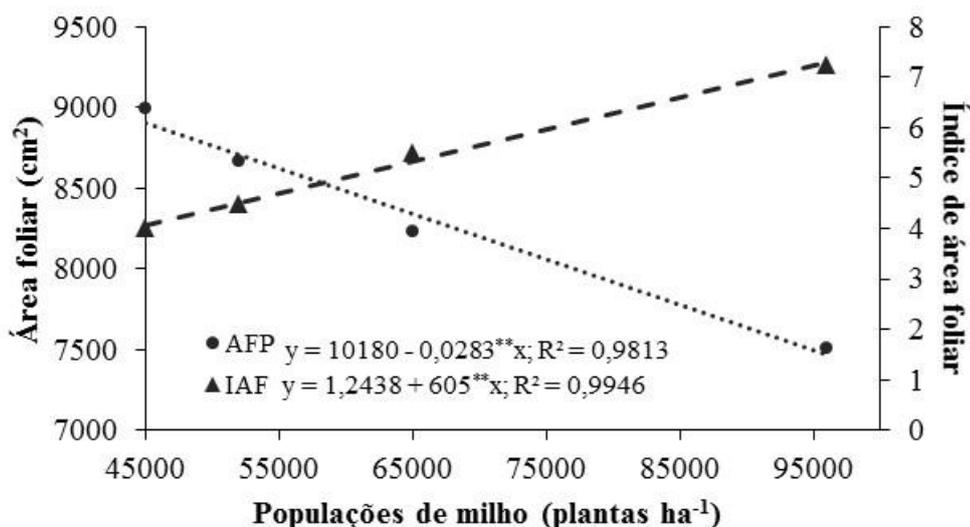


FIGURA 2. Área foliar por planta (AFP) e índice de área foliar (IAF) em populações de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. **\*\***( $p \leq 0,01$ )

Os resultados obtidos corroboram as observações feitas por Brachtvogel et al. (2012) em pesquisa realizada com seis populações de milho. Sangoi et al. (2013), em estudos de dois híbridos de milho (antigo e atual), também verificaram que o incremento da densidade de plantas proporcionou decréscimo linear da área foliar de ambos híbridos no espigamento, mas foi 55% maior no híbrido antigo, como efeito do adensamento, acelerando a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes.

O IAF representa a razão entre a área foliar de uma população de plantas e a área de solo ocupada pela mesma (MÜLLER e BERGAMASCHI, 2005), portanto, espera-se maiores índices de área foliar sob populações de plantas mais elevadas, mesmo com a redução do tamanho da folha.

As folhas representam o principal órgão responsável pelo processo fotossintético. Com isso, a redução da produtividade de grãos pode ocorrer pela redução do índice de área foliar e da eficiência com que a RFA interceptada é utilizada pela cultura (KUNZ et al., 2007). A partir dos resultados obtidos na análise de correlação de Pearson

foi possível confirmar o efeito positivo e significativo para a correlação entre o índice de área foliar e a produtividade de grãos (Figura 3).

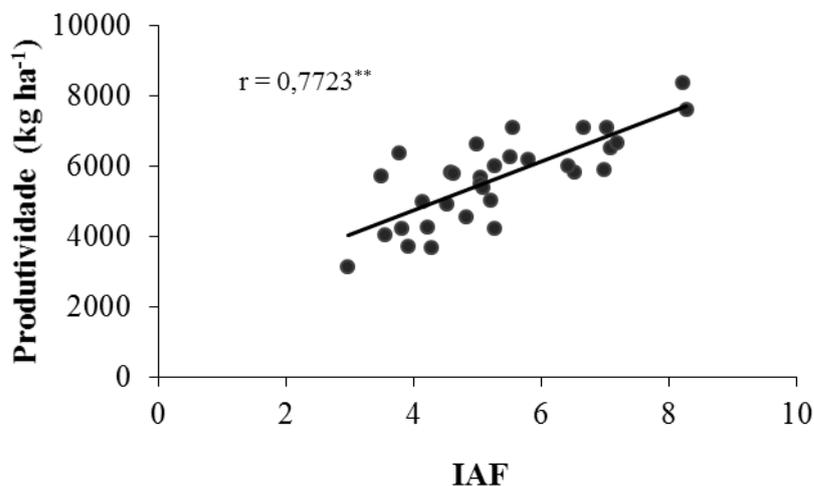


FIGURA 3. Correlação de Pearson entre produtividade de grãos e índice de área foliar (IAF), de populações de milho em espaçamento 0,45 m. Dourados-MS, 2018. Significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), pelo teste t.

As populações de milho também influenciaram significativamente algumas variáveis da braquiária. O número de perfilhos (NP) (Figura 4a), a produção de massa seca de folhas (MSF), colmos (MSC) e total (MST) (Figura 4b) apresentaram melhor ajuste à equação quadrática.

O número de perfilhos reduziu até 67.759 plantas ha<sup>-1</sup>, apresentando em torno de 21,6 perfilhos m<sup>-1</sup> (Figura 4b). Entretanto, a maior população de milho apresentou o maior perfilhamento da braquiária (38,5 perfilhos m<sup>-1</sup>), provavelmente porque houve maior índice de plantas de milho acamadas e quebradas, favorecendo a entrada de luz no dossel e a emissão de novos perfilhos.

Segundo Martuscello et al. (2009), o aumento do nível de sombreamento reduz o número de perfilhos por planta, pois uma maior quantidade de fotoassimilados é alocada para o crescimento de perfilhos existentes em detrimento à emissão de novos.

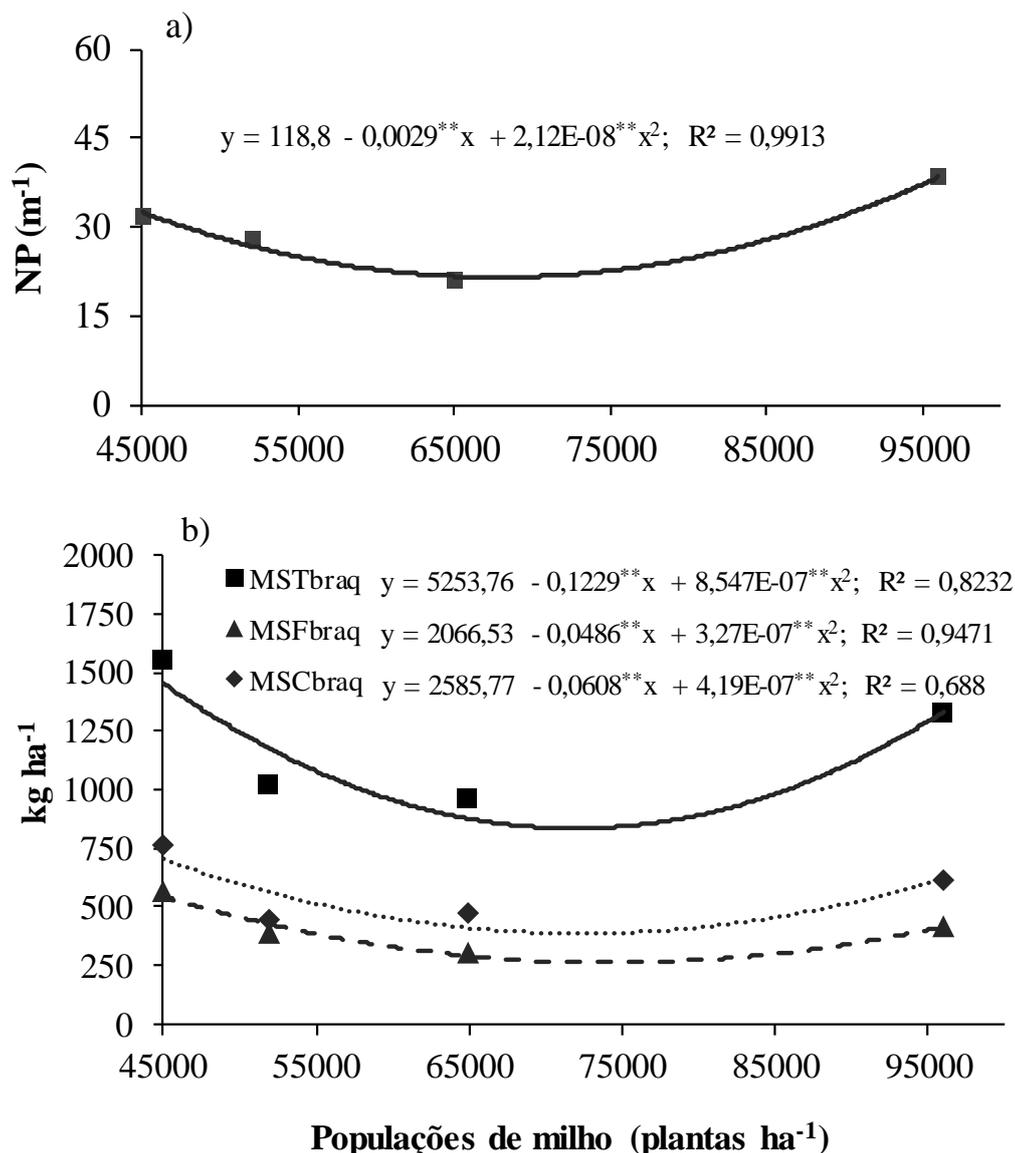


FIGURA 4. a) Número de perfilhos (NP) e b) massa seca total (MSTbraq), massa seca de folha (MSFbraq) e massa seca de colmo (MSCbraq) de braquiária em populações de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018.  $^{**}(p \leq 0,01)$

Houve decréscimo de massa seca até a população de 71.907 plantas  $ha^{-1}$ , atingindo a menor produção de massa seca total com um valor estimado em 835 kg  $ha^{-1}$ , o que representa uma redução de 45%, aproximadamente. A massa seca de folhas decresceu até a população de 74.298 plantas  $ha^{-1}$ , atingindo produção mínima de 262 kg  $ha^{-1}$ , e a massa seca de colmos decresceu até 72.366 plantas  $ha^{-1}$ , cuja produção foi de 387 kg  $ha^{-1}$ .

O acúmulo de massa da braquiária aumentou nas maiores densidades, mas ainda assim foi inferior à verificada nas menores populações. Na análise de crescimento da *B. brizantha* cv. Marandu, Portes et al. (2000) observaram que a competição da forrageira com os cereais, dentre os quais o milho, resultou em menor número de perfilhos, índice de área foliar e, dificultou os ganhos de massa seca de folhas, colmos e total da braquiária consorciada, em relação à solteira, causando um crescimento mais lento.

A produção de matéria seca de uma pastagem é diretamente proporcional ao número de perfilhos da forrageira na área (MARTUSCELLO et al., 2009). Consequentemente, ao afetar a produção de novos perfilhos, o sombreamento também pode reduzir a produção de matéria seca, por causar a deficiência na translocação de fotoassimilados, forçando a planta a antecipar o ciclo de desenvolvimento (BORGHI et al., 2008; PORTES et al., 2000).

Valores de massa seca da *B. ruziziensis*, encontrados por Freitas et al. (2013), decresceram com o aumento da densidade de cultivo de milho, segundo os quais a restrição da incidência luminosa sobre o dossel forrageiro, possivelmente, limitou a fotossíntese, prejudicando o acúmulo de massa seca.

Dourado Neto et al. (2003) ressaltam que a porcentagem de plantas acamadas e quebradas pode ser maior sob densidades de milho mais elevadas. Portanto, entre as hipóteses para o aumento do número de perfilhos e de massa seca da braquiária na maior população, está a ocorrência de acamamento das plantas de milho que, aliado ao menor crescimento da braquiária, pode ter aumentado a incidência de luz sobre as gemas, estimulando o perfilhamento e a produção de massa seca.

A massa seca por unidade de planta de milho (MSPmilho) apresentou comportamento linear decrescente com o aumento da população, sendo que o incremento de cada planta de milho reduziu  $0,0012 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 5). O aumento populacional de milho pode reduzir a massa seca acumulada pela parte aérea da planta e pelas espigas na fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área (SANGOI et al., 2005).

Estes resultados são reflexos do auto-sombreamento imposto nas maiores densidades de plantas. Segundo Argenta et al. (2001), a quantidade de massa seca que a planta acumula em seus tecidos depende da porcentagem de absorção e eficiência na utilização da energia luminosa pela planta.

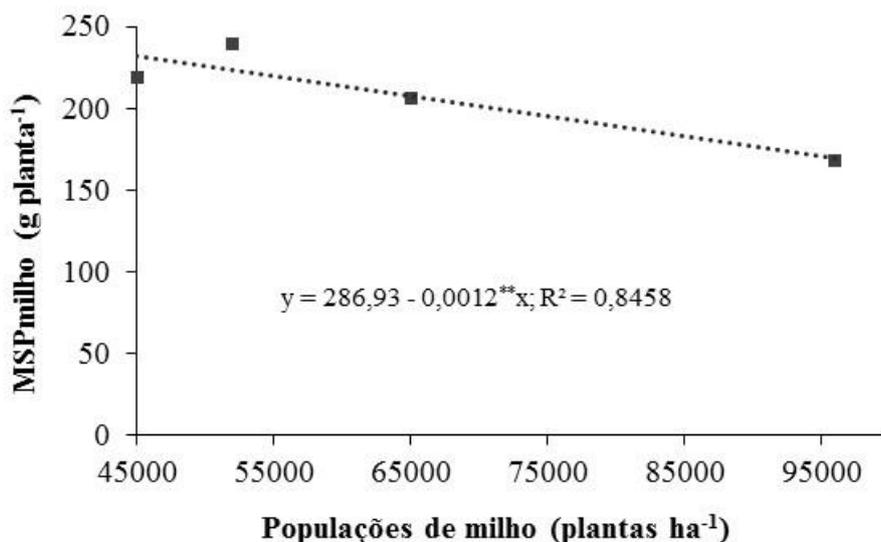


FIGURA 5. Massa seca por planta de milho (MSPmilho) em populações de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. \*( $p \leq 0,05$ )

A taxa de assimilação líquida (TAL) reflete a dimensão do sistema assimilador que está envolvido na produção de matéria seca. Assim, o aumento do sombreamento foliar como do índice de área foliar, promove o decréscimo da TAL durante o crescimento e desenvolvimento de um conjunto de plantas, devido à competição por luz e fotoassimilados (SILVA et al., 2016). Por isso, maiores populações de plantas podem prejudicar o acúmulo de massa seca da planta.

No entanto, Sangoi et al. (2005) relatam que, ainda assim, as taxas de crescimento podem indicar uma condição fisiológica satisfatória para a produção de grãos. Brachtvogel et al. (2012) também observaram decréscimo da massa seca por planta com o aumento da população de milho, tanto no florescimento como na maturidade fisiológica. Entretanto, a produção de matéria seca por área aumentou à medida que se elevou a população de plantas, como constatado neste trabalho.

A massa seca total de milho (MSTmilho) apresentou efeito significativo da interação entre populações e sistemas de cultivo (Figura 6). A massa seca total de milho também apresentou correlação positiva e significativa com a produtividade de grãos (0,8513\*\*) (Figura 7). Ressalta-se que essa variável foi a que apresentou a maior correlação com a produtividade, demonstrando que a adoção de arranjos de plantas que favoreçam o seu crescimento também possibilitam aumentar o potencial de produção.

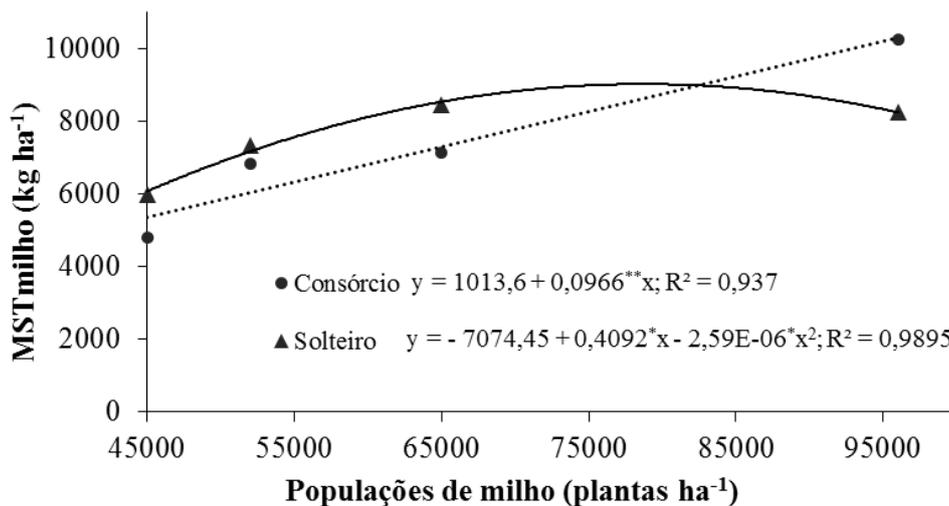


FIGURA 6. Massa seca total de milho (MSTmilho) em populações de plantas e sistemas de cultivo de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. \*\*( $P \leq 0,01$ ); \*( $P \leq 0,05$ )

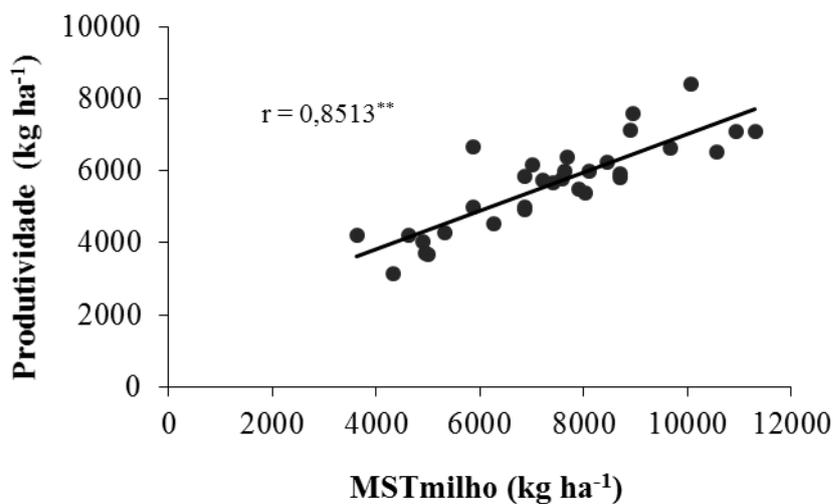


FIGURA 7. Correlação de Pearson entre produtividade de grãos e massa seca total de milho (MSTmilho), de populações de milho em espaçamento 0,45 m. Dourados-MS, 2018. Significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), pelo teste t.

A produção de massa seca por área no consórcio milho-braquiária teve melhor ajuste à equação linear, apresentando incrementos de 96,6 g ha<sup>-1</sup> na massa total para cada unidade de milho adicionada na área. O cultivo de milho solteiro foi melhor ajustado à equação polinomial e, dentre as populações estudadas, a maior produção de massa seca (9.024 kg ha<sup>-1</sup>) ocorreu em 78.688 mil plantas ha<sup>-1</sup>, representando um

incremento em torno de 3.040 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca em relação à população de 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

O incremento de massa seca na maior população também foi constatado por Alvarez et al. (2006), apresentando cerca de 1.400 kg ha<sup>-1</sup> de diferença em relação à menor população. Os resultados demonstram que, apesar do aumento na densidade populacional de milho reduzir a produção de massa seca de uma unidade de planta, esta redução é inferior ao incremento de massa na área total.

Dourado Neto et al. (2003) verificaram que, ao triplicar a população de milho, houve redução de 1,6 vezes da massa seca total por unidade de planta e, concomitantemente, aumento de 82% da produção por unidade de área. Os autores observaram que o aumento da população também altera o acúmulo de massa seca nos órgãos, nos quais há uma redução na massa seca de raiz e incremento nos demais órgãos, na seguinte ordem decrescente: espiga (36%), colmo (27%), raiz (19%), folha (17%) e pendão (1%).

A interação entre populações de plantas de milho e sistemas de cultivo também apresentaram efeito significativo sobre a massa seca total de palha (Figura 8).

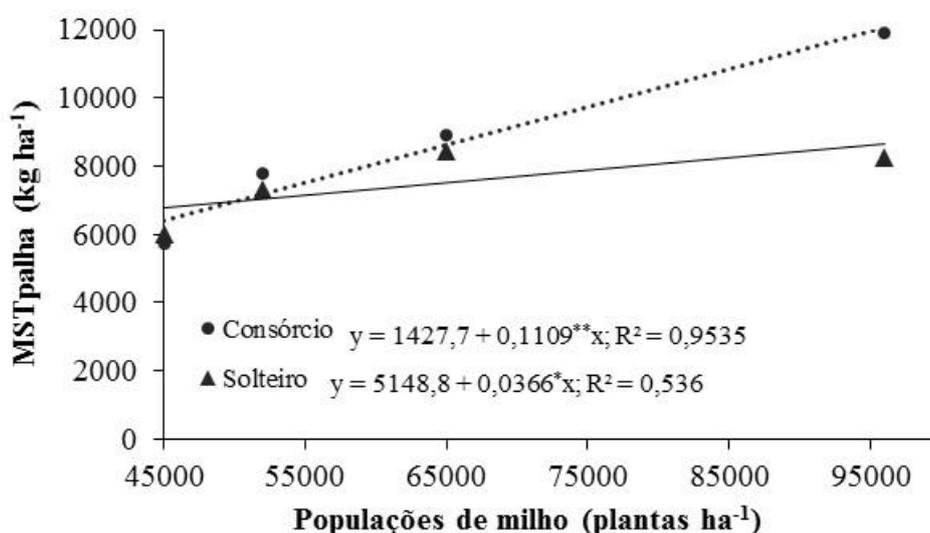


FIGURA 8. Massa seca total de palha (MSTpalha) em populações de plantas e sistemas de cultivo de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. \*\*( $P \leq 0,01$ ); \*( $P \leq 0,05$ )

A massa seca total de palha (MSTpalha) do consórcio milho-braquiária e do cultivo solteiro apresentou melhor ajuste à equação linear. A braquiária possibilitou incrementar 110,9 g ha<sup>-1</sup> de palha para cada unidade de milho no cultivo consorciado, enquanto no milho solteiro este incremento foi de apenas 36,6 g ha<sup>-1</sup>.

Na menor população, a produção de massa seca do milho solteiro foi maior que do consórcio. No entanto, a partir de 52 mil plantas ha<sup>-1</sup>, os menores valores de massa seca de palha do milho puderam ser compensados pela quantidade de palha produzida pela forrageira. Na maior população, a produção de palha do consórcio superou em 3.636 kg ha<sup>-1</sup> a do cultivo solteiro, representando um incremento de, aproximadamente, 30%.

Ceccon et al. (2014) verificaram que o aporte total de resíduos do consórcio foi maior que do milho solteiro, inclusive nas menores populações da braquiária, demonstrando que o cultivo consorciado, mesmo em espaçamento reduzido, mostra-se como uma alternativa viável para o plantio direto.

Neste experimento, a quantidade de palha a ser adicionada anualmente à superfície do solo para a sustentabilidade do Sistema Plantio Direto (SPD), de 10 a 12 Mg ha<sup>-1</sup> (AMADO, 2000), foi atingida apenas no sistema consorciado, a partir da população estimada em 77.300 plantas ha<sup>-1</sup>.

Entre os componentes de produção do milho, apenas a massa de cem grãos (M100) não apresentou efeito dos tratamentos, com 24,82 g, em média. Freitas et al. (2013) também não verificaram efeito da população ou do sistema de cultivo de milho sobre esta variável. Segundo esses autores, uma menor M100 seria esperada sob condições de limitação hídrica ou intensa redução no crescimento das plantas.

Os sistemas de cultivo também não influenciaram os componentes de produção avaliados no milho, demonstrando que apesar de afetar o teor de alguns nutrientes na folha e algumas características morfológicas, a competição entre plantas de braquiária e milho no sistema consorciado não foi capaz de comprometer a produtividade da cultura, como também foi relatado por Chioderoli et al. (2012).

A população de plantas de milho influenciou significativamente o número e a massa de grãos por espiga, os quais tiveram melhor ajuste ao modelo linear. Houve decréscimos de 19 grãos e 6 g por grão por espiga para cada aumento de 10 mil plantas de milho por hectare (Figura 9).

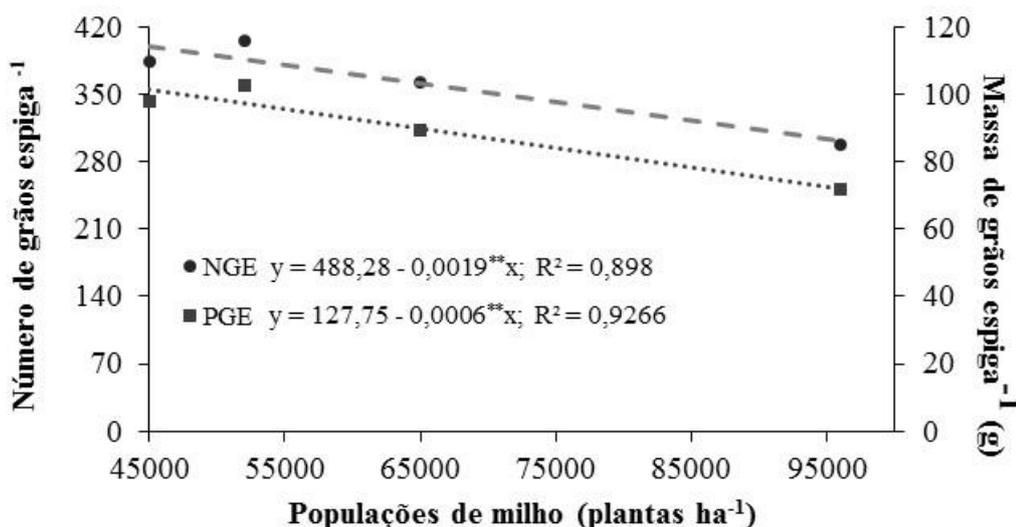


FIGURA 9. Número de grãos por espiga (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE) em populações de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. \*( $P \leq 0,05$ )

No cultivo de milho em semeadura precoce, Piana et al. (2008) observaram reduções de 19,6% e 13,1% no número e massa de grãos por espiga, respectivamente, ao incrementar a densidade de 5,5 para 11 plantas  $m^{-2}$ . A redução do número de grãos por espiga com o aumento da população de milho também foi observada por Sangoi et al. (2013), a partir de 60 mil plantas  $ha^{-1}$  e, por Demétrio et al. (2008), a partir de 50 mil plantas  $ha^{-1}$ .

O estresse causado pelo adensamento de plantas, pode impactar o número de grãos produzidos por espiga, seja em decorrência do menor número de espiguetas fertilizadas, devido a assincronia entre antese e espigamento, ou do aborto dos óvulos recém-fertilizados, devido a limitações no suprimento de carbono e nitrogênio às espigas após a fertilização. Além disso, dependendo do número e posição na espiga, os grãos competem entre si por substratos necessários para o crescimento, sendo que altas densidades de plantas agravam esta competição e, conseqüentemente, reduzem a massa final dos grãos (SANGOI, 2000).

A produtividade total de grãos apresentou melhor ajuste à equação linear (Figura 10). Ao contrário das respostas obtidas com as variáveis massa e número de grãos por espiga, respondeu positivamente ao aumento da população de milho, alcançando a maior produtividade ( $6.900 \text{ kg } ha^{-1}$ ) na população de 93.352 mil plantas  $ha^{-1}$ , o que representa uma diferença de 37% em relação a menor população.

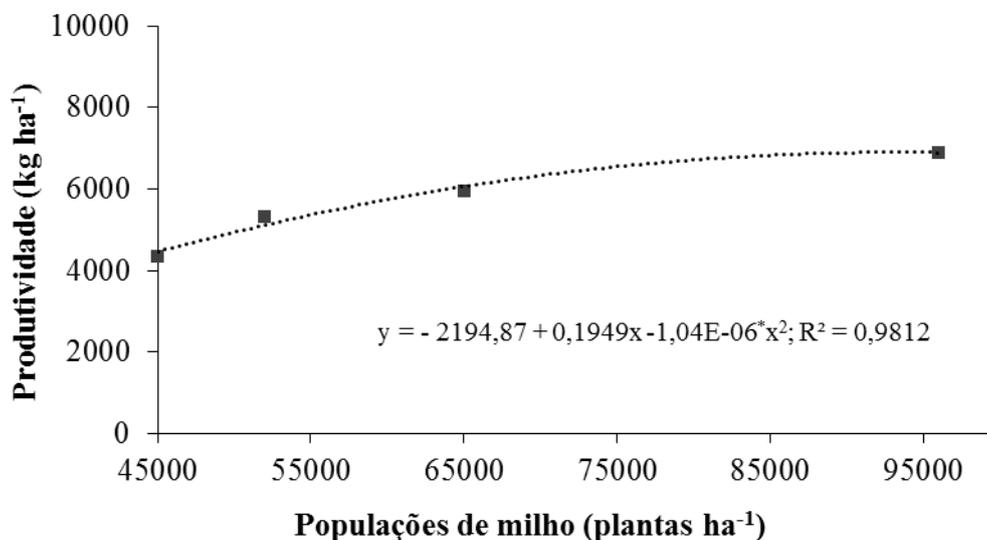


FIGURA 10. Produtividade de grãos em populações de milho safrinha, em espaçamento reduzido. Dourados-MS, 2018. \*( $P \leq 0,05$ )

Freitas et al. (2013) relataram incremento linear na produtividade de grãos com o aumento da população de plantas do milho safrinha, obtendo valores superiores a 8.000 kg ha<sup>-1</sup> na maior população (80 mil plantas ha<sup>-1</sup>). Esses autores também não observaram efeito prejudicial da *B. ruziziensis* cultivada em consórcio. Luiz Neto Neto et al. (2013) observaram incremento na produtividade de grãos com aumento da população de milho, mesmo na maior população da braquiária (40 plantas m<sup>-2</sup>), pois elevadas densidades de plantas de milho aumentam o sombreamento e o seu potencial competitivo em relação à forrageira.

Outros trabalhos avaliando o milho em cultivo solteiro também alcançaram resultados semelhantes. Silva et al. (2008) obtiveram acréscimo linear da produtividade com aumento de 40 mil para 80 mil plantas de milho ha<sup>-1</sup>, no verão. Stacciarini et al. (2010) e Takasu et al. (2013) observaram que a maior produtividade de milho ocorreu quando associou-se menor espaçamento entrelinhas (0,45 m) e a maior população de plantas (90 e 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente), otimizando a interceptação da luz e, conseqüentemente, aumento da capacidade fotossintética das plantas. Fumagalli et al. (2017) relatam que menores espaçamentos têm maior capacidade de suportar maiores populações de plantas, devido a menor competição intraespecífica por água, luz e nutrientes.

O aumento da produtividade de grãos pode ser atribuída ao incremento do número de plantas e, conseqüentemente, do número de espigas colhidas por área (SILVA et al., 2008), compensando a redução do número e da massa de grãos por espiga. A produtividade obtida neste trabalho, independente da população de plantas, foi em média 40% superior à alcançada no estado de Mato Grosso do Sul na mesma época (IBGE, 2016). Segundo levantamento realizado nas lavouras de milho safrinha do estado em 2015, a maioria tem sido cultivada em populações entre 40 a 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> (LUIZ NETO NETO; CECCON, 2015), indicando que a produtividade pode ser alavancada com a adoção de maior número de plantas por hectare, mesmo em cultivos consorciados.

## CONCLUSÕES

O consórcio com a braquiária reduz os teores foliares de P, Ca, S e Cu do milho e, principalmente, de N. Porém não compromete a produção de massa seca total, os componentes de produção e a produtividade da cultura.

O aumento da densidade populacional do milho reduz a massa seca por planta, o número e a massa de grãos por espiga, mas incrementa a produção de massa seca do milho, de palha e grãos por área, independente do sistema de cultivo.

As populações de plantas de milho têm maior influência sobre o seu crescimento e produtividade do que a presença da braquiária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. **A cultura do milho na Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 80).

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

AMADO, T. J. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu: F.B.P.D.P., 2000. p.105-111.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075-1084, 2001.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BATISTA, K.; DUARTE, A. P.; CECCON, G.; DE MARIA, I. C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, out. 2011.

BIANCO, S.; TONHÃO, M. A. R.; PITELLI, R. A. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.

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

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

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.

BRAMBILLA, J. A.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C.; MASSAROTO, J. A. Produtividade de milho safrinha no sistema de Integração Lavoura-Pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 263-274, 2009.

BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011. p. 1-36.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G. T. dos; DAMASCENO, J. C.; MACHADO, A. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a produção e características da rebrota do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 26, n. 3, p. 399-407, 2004.

CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 175 p.

CECCON, G.; SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; HOLANDA, H. V. de; FURLANI, C. E. A.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. da R.; CESARIN, A. L. Consórcio de Urochloas com milho em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1804-1810, 2012.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja doutor do seu milho**: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1995. 9p. (Arquivo do Agrônomo, 2).

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

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. DA S.; BICUDO, S. J.; ALBUQUERQUE, A. W. DE; SANTOS, J. R.; MACHADO, C. G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 30, n. 5, p. 733-739, 2008.

CURY, J. P; SANTOS, J. B.; SILVA, E. B.; BYRRO, E. C. M.; BRAGA, R. R.; CARVALHO, F. P.; SILVA, D. V. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 287-296, 2012.

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

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2003.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da Região de Dourados, MS**. 3. ed. rev. e atual. - Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 31 p. (Documentos 138 - Embrapa Agropecuária Oeste)

FIORENTIN, C. F. LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D.; JARDIM, C. A. Influência da consorciação com *brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 184-192, 2012.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 1147-1155, 2008.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodossulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 215-221, 2008.

FREITAS, M. A. M.; SILVA, D. V.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. A.; SARAIVA, D. T.; FREITAS, M. M.; CECON, P. R.; FERREIRA, L. R. Levels of nutrients and grain yield of maize intercropped with signalgrass (*Brachiaria*) in different arrangements of plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2015.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. de S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

FUMAGALLI, M.; MACHADO, R. A. F.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, C. S.; PIRES, L. P. M.; PEREIRA, H. D. Desempenho produtivo do milho híbrido simples em função de espaçamentos entre fileiras e populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, p. 426-439, 2017.

GIMENES, M. J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F. do A. Dal; CHRISTOVAM, R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 15, n. 2, 2008.

GUIA CLIMA. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2016. Disponível em: <<http://clima.cpao.embrapa.br/>>. Acesso em: ago. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 12, p. 1-82, 2016.

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

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do

solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LARA-CABEÇAS, W. A. R.; PÁDUA, R. V. de. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema santa fé. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 131-140, 2007.

LUIZ NETO NETO, A.; da SILVA, J. F.; SANTOS, A. D.; PADILHA, N. D. S.; MAKINO, P. A.; CECCON, G. Morphophysiology and yield of late season maize intercropped with *Urochloa* in reduced row spacing. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 227-239, 2013.

LUIZ NETO NETO, A.; CECCON, G. Produção de milho safrinha em Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 13. 2015, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2015. p. 578-591.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da Produção. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 63-87.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; NETO, M. M. G.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.7, p. 1183-1190, 2009.

MELO, C. A. D.; GUIMARÃES, F. A. R.; GONÇALVES, V. A.; BENEVENUTE, S. da S.; FERREIRA, G. L.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A. Acúmulo de macronutrientes por plantas daninhas e de milho cultivadas em convivência em solo com diferentes manejos de fertilidade. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 669-682, 2015.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.

PIANA, A. T.; SILVA, P. R. F. da; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. da S.; JANDREY, D. B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, 2008.

PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K.; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 269-275, 2008.

SÁ, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1207-1216, 2010.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2000.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da. **Densidade e arranjo populacional em milho**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Densidade/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2015.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 21-32, 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

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

SILVA, A. G.; JÚNIOR, C. R. C.; DE ASSIS, R. L.; IMOLES, A. S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A. da; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1394-1400, 2015.

SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; SANTOS, A. Morfofisiologia de milho safrinha em espaçamento reduzido e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 259-267, 2013.

SILVA, M. A.; FERREIRA, W. M.; ANDRADE, V.; COSTA, J. Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 3, p. 383-394, 2016.

SOUSA, D. G. M. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. G. M. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.81-96.

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

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J., ARF, O.; HAGA, K. I. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2013.

## CAPÍTULO III

### PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE MILHO SAFRINHA CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA EM ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES

**RESUMO:** A competição interespecífica influencia a resposta fisiológica do milho, sendo que o arranjo espacial pode favorecer o desenvolvimento da cultura, mesmo em cultivos consorciados. Neste contexto, objetivou-se avaliar características associadas à fisiologia e à produtividade de plantas de milho, solteiro e consorciado com braquiária, em arranjos espaciais. O experimento foi realizado em Dourados-MS, na safrinha de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, as subparcelas pelos espaçamentos 0,90 e 0,45 m entrelinhas e as subsubparcelas pelas populações de 45, 52 e 65 mil plantas de milho ha<sup>-1</sup>. O aumento da população de milho afetou negativamente as variáveis relacionadas às trocas gasosas, reduzindo o consumo de CO<sub>2</sub> e a fotossíntese no maior espaçamento. O arranjo de plantas com 0,90 m entrelinhas aumentou a concentração interna de carbono e o crescimento foliar, mas reduziu o índice de área foliar e a interceptação luminosa superior. O cultivo consorciado em espaçamento 0,90 m e o cultivo de milho solteiro em espaçamento 0,45 m aumentaram a eficiência do uso da água e o índice de clorofila. Na menor densidade populacional, a produção de grãos do milho em espaçamento reduzido é maior no cultivo solteiro e, do milho em espaçamento 0,90 m, no cultivo consorciado. O maior incremento na produção por planta ocorre nas populações de 45 e 52 mil plantas ha<sup>-1</sup> em espaçamento 0,90 m, tanto no milho solteiro como consorciado.

**Palavras-chave:** fotossíntese, radiação fotossinteticamente ativa interceptada, fluorescência da clorofila, estresse, competição

### PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF MAIZE OFF-SEASON INTERCROPPED WITH BRACHIARIA IN SPACING AND POPULATIONS

**ABSTRACT:** The interspecific competition influences the physiological response of maize, and the spatial arrangement may favor the development of the culture as well as in intercropping. In this context, it aimed to evaluate the characteristics associated with the physiology and productivity of grains of corn plants, single and intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, in different spatial arrangements. The experiment was carried out in Dourados-MS, in the second crop 2016. The experimental design was a randomized block with split-split plot, with four replications. The plots consisted of cropping systems single and intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, the subplots by spacing 0.90 and 0.45 m rows, and the sub-subplot for the populations of 45, 52 and 65 thousand ha<sup>-1</sup> maize plants. Increased corn population negatively affected the variables related to gas exchange, reducing the consumption of CO<sub>2</sub> and photosynthesis in the wider spacing. The plant arrangement with 0.90 m rows increased the internal concentration of carbon and leaf growth, but reduced leaf area index and the upper light interception. The intercropping with brachiaria in spaced 0.90 m and crop corn single in 0.45 m spacing increased water use efficiency and chlorophyll content. In less densely populated, the production of corn grain with reduced spacing is greater in single corn and cropping at

0.90 m spacing, in the intercropping. The highest increase in productivity per plant occurs in populations of 45 and 52 thousand  $\text{ha}^{-1}$  plants spaced 0.90 m, both in single and intercropping maize.

**Key-words:** photosynthesis, photosynthetic active radiation intercepted, chlorophyll fluorescence, stress, competition

## INTRODUÇÃO

O consórcio milho-braquiária é uma tecnologia baseada no cultivo de duas espécies juntas, sendo considerado uma das principais estratégias para incrementar a palha no Sistema Plantio Direto (SPD) e produzir forragem para a atividade pecuária no Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) (MACEDO, 2009; VILELA et al., 2011).

Neste sistema, alguns fatores podem se tornar limitantes para o desenvolvimento simultâneo das espécies, como água, luz e nutrientes, e ocasionar perdas na produtividade da cultura, principalmente na safrinha, devido a condições de baixa disponibilidade hídrica, temperaturas amenas e menor radiação solar, cujos efeitos da competição podem ser intensificados (CECCON et al., 2013).

A competição interespecífica reduz a eficiência na absorção dos recursos ambientais pelas culturas, causando deficiências que culminam em alterações dos parâmetros fisiológicos relacionadas à fotossíntese (GALON et al., 2011). A baixa disponibilidade hídrica do solo afeta vários processos metabólicos das plantas, causando o fechamento dos estômatos, redução da condutância estomática, queda da transpiração e da assimilação de  $\text{CO}_2$ , que acarretam em menor produção de fotoassimilados (SCALON et al., 2011).

A abertura estomática das plantas influencia diretamente o uso mais eficiente da água, pois esta pode ser perdida pela transpiração enquanto ocorre a absorção de  $\text{CO}_2$  para a fotossíntese, com intensidade variando de acordo com o gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera (CONCENÇO et al., 2009).

A eficiência fotossintética depende da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, as quais, entre outros aspectos, são influenciadas pelas características da arquitetura da copa e pela densidade de área foliar (MARCHÃO et al., 2006). A disponibilidade de radiação reflete na capacidade das

plantas em captar e converter a energia absorvida em compostos orgânicos nas folhas e realocá-los nos órgãos de interesse agrícola (MÜLLER e BERGAMASCHI, 2005).

Concomitante à fotossíntese e outros parâmetros de trocas gasosas, medidas da fluorescência da clorofila também podem auxiliar na compreensão da resposta fisiológica do milho em situações de estresse (DURÃES et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2009), como sob competição. Todos os fatores de estresse que atingem qualquer parte da planta terão um efeito direto ou indireto sobre a fotossíntese e podem ser identificados por medições da fluorescência da clorofila *a*, apresentando-se como uma importante ferramenta para detectar a indução de estresse e danos nas plantas (LICHTENTHALER e RINDERLE, 1988).

A competição causa mudanças fisiológicas nas culturas, por isso, as características fisiológicas relacionadas às trocas gasosas e eficiência do uso da água são consideradas por alguns autores indicadores do nível de competição entre as plantas (CONCENÇO et al., 2009; GALON et al., 2011). Desta forma, as avaliações de fluorescência também podem ser utilizadas, mas são pouco estudadas no contexto da competição por fatores ambientais.

Entre as maneiras de amenizar a competição interespecífica em cultivos consorciados está a adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; RESENDE et al., 2008; CECCON et al., 2014). Dependendo da combinação do espaçamento entrelinhas e densidade populacional do milho, a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pode ser maior, aumentando a taxa fotossintética da cultura. Com isso, há um melhor desenvolvimento das plantas de milho, retardando o acúmulo de massa da forrageira e aumentando o potencial de produção de grãos da cultura. No entanto, pesquisas que relacionam o efeito da competição em cultivos consorciados em diferentes arranjos espaciais com as atividades fisiológicas das plantas ainda são escassas.

Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da braquiária e dos arranjos espaciais de milho sobre a fisiologia e produção de grãos de plantas de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante a safreinha do ano de 2016, na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste conduzida há dez anos sob Sistema Plantio Direto (SPD), em Dourados - MS (22° 16' S e 54° 49' W, a 408 m). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com textura muito argilosa (SANTOS et al., 2013) e o clima da região é o Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos), na classificação de Köppen (FIETZ et al., 2017). A caracterização química do solo, na camada de 0-20 cm, está apresentada no Quadro 1. Os dados de precipitação, temperatura, radiação líquida e evapotranspiração de referência registrados durante o período experimental estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

QUADRO 1. Caracterização química de amostras do solo da área experimental. Dourados, MS, 2018

pH Água <sup>1</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	CTC (pH 7,0)
1:2,5	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
6,06	0,00	5,29	1,99	4,32	0,53	7,81	12,13
P (Mehlich <sup>-1</sup> )	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	MO	C total	V
----- mg dm <sup>-3</sup> -----					g kg <sup>-1</sup>	----- % -----	
45,58	11,40	29,99	110,76	4,57	31,01	1,80	64,37

<sup>1</sup>pH: potencial hidrogeniônico; Al<sup>3+</sup>: alumínio; Ca<sup>2+</sup>: cálcio; Mg<sup>2+</sup>: magnésio; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: acidez potencial; K<sup>+</sup>: potássio; SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; P: fósforo; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; MO: matéria orgânica; C: carbono; V: saturação por bases

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, arranjados em parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de cultivo de milho (solteiro e consorciado com braquiária), as subparcelas por dois espaçamentos entrelinhas (0,90 e 0,45 m) e as subsubparcelas por três populações de plantas de milho (45.000, 52.000 e 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>). As subsubparcelas foram compostas por sete linhas de milho com seis metros de comprimento, sendo considerada área útil apenas as linhas centrais.

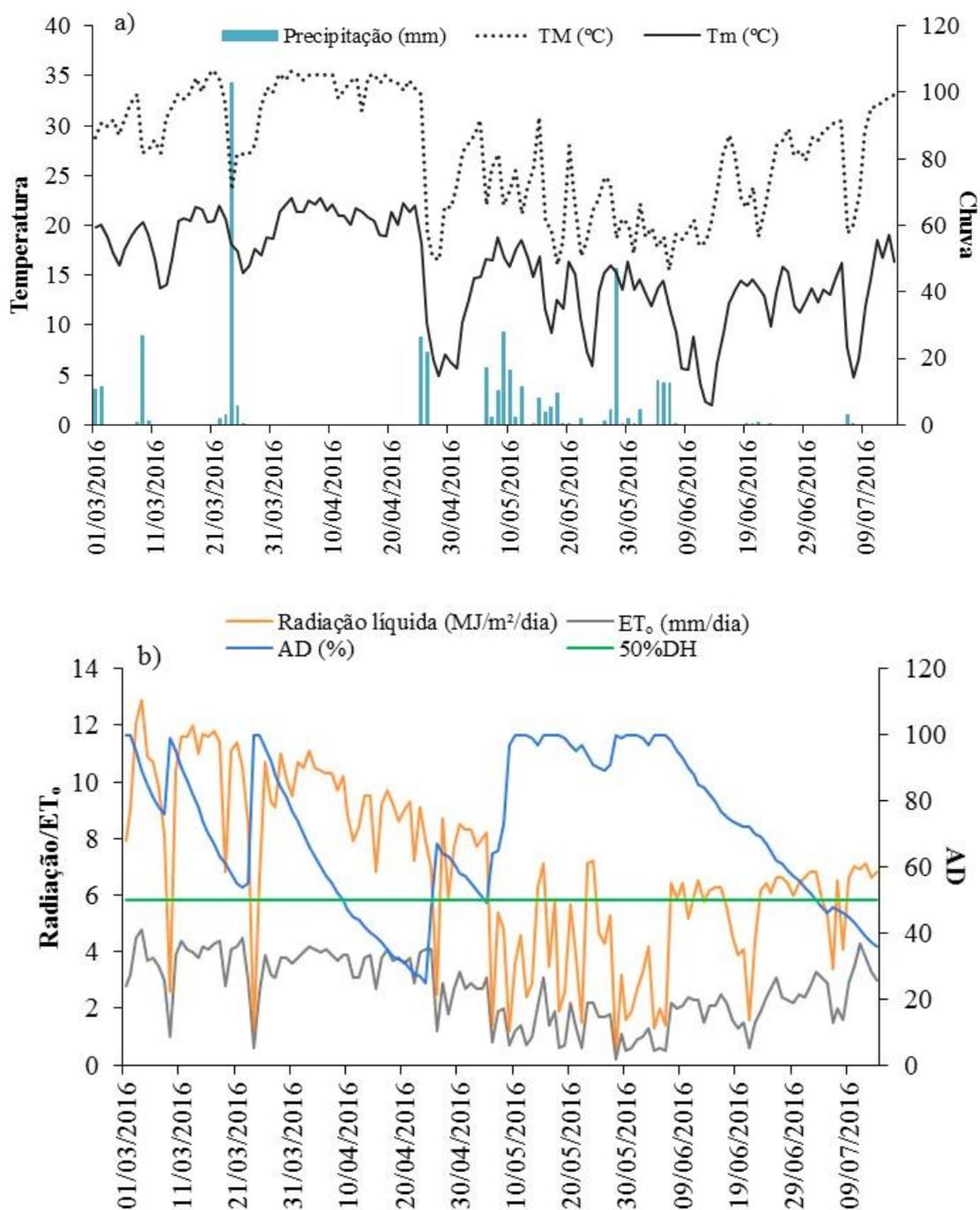


FIGURA 1. a) a) Precipitação, temperaturas máxima (TM) e mínima (Tm); b) Radiação líquida, evapotranspiração de referência diária (ET<sub>o</sub>), água disponível (%) e limite de 50% da disponibilidade hídrica (50%DH), de março a julho de 2016, em Dourados MS, 2018. Fonte: Guia Clima (2016)

O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390 PRO, cujas sementes foram tratadas com inseticida Cruiser (60 g ha<sup>-1</sup>) antes da semeadura, realizada em 04 de março

de 2016, em sucessão à cultura da soja, com semeadora marca Semeato PAR 2800, adotando-se uma taxa de semeadura de nove sementes  $m^{-1}$  e cinco cm de profundidade. Na mesma ocasião foi realizada a semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. BRS Paiaguás, com semeadora marca Wintersteiger, modelo Plotseed TC. A população de braquiária utilizada foi, aproximadamente, de 20 plantas  $m^{-1}$ , espaçamento de 0,50 m entrelinhas e três cm de profundidade. Não foi realizada adubação química na semeadura. Aproximadamente dez dias após a emergência do milho (V3) procedeu-se ao desbaste das plantas para ajuste das populações de acordo com os tratamentos estabelecidos.

Na pré-emergência da cultura foi realizada a aplicação de Paraquat + Diuron ( $0,4 \text{ kg ha}^{-1} + 0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e Atrazine ( $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), para a dessecação da área, e de imidacloprido + tiodicarbe ( $35 \text{ g ha}^{-1} + 125 \text{ g ha}^{-1}$ ), para o controle de pragas iniciais. Aos 10 DAE foi realizada uma aplicação de imidacloprido +  $\beta$ -ciflutrina ( $75 \text{ g ha}^{-1} + 9,37 \text{ g ha}^{-1}$ ), para o controle de *Spodoptera frugiperda*.

No pleno florescimento do milho ( $\geq 50\%$  das plantas se encontravam no início da polinização), aos 56 DAE, foram realizadas avaliações a campo da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) com ceptômetro, marca Decagon devices Accupar; das trocas gasosas das plantas de milho com o Analisador de Gás por Infravermelho (IRGA), modelo LC pro-SD (ADC BioScientific Ltd); da fluorescência da clorofila *a* utilizando um fluorímetro portátil, modelo OS-30p (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA); e da clorofila total, com auxílio do medidor portátil ClorofiLog, modelo Falker.

As leituras da RFA (400 a 700 nm) foram realizadas entre as 11 e 14 horas, no centro da área útil da parcela, perpendicularmente às linhas de semeadura, em três pontos: acima do dossel, na altura de inserção da primeira espiga e ao nível do solo. A RFA interceptada pela parte superior (ILS) e inferior (ILI) do dossel foi transformada em percentual absorvido até a altura da espiga e do solo, respectivamente, em relação ao total incidente acima do dossel (MARCHÃO et al., 2006).

As medições das trocas gasosas foram realizadas sob condições de sol pleno e ausência de vento, das 8 às 10 h e das 13 às 15 h, na superfície adaxial de folhas localizadas abaixo da espiga, e ausente de qualquer anormalidade visual. As variáveis fisiológicas analisadas foram:  $CO_2$  consumido ( $\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), concentração de  $CO_2$  no mesófilo foliar ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), taxa de transpiração ( $E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática de vapores de água ( $g_s - \text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e temperatura foliar ( $T_f - ^\circ\text{C}$ ). Posteriormente foram determinadas a eficiência do

uso da água ( $EUA$  - mol  $CO_2$  mol  $H_2O^{-1}$ ), pela relação  $A/E$ , e a eficiência instantânea de carboxilação da Rubisco ( $EiC$  -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), pela relação  $A/Ci$ .

A avaliação da fluorescência da clorofila  $a$  foi realizada em folhas mantidas no escuro por 20 minutos e, posteriormente, expostas a uma saturação de luz por 0,5 segundos, com intensidade de  $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (SCALON et al., 2015), obtendo-se a fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_M$ ) e parâmetros do estado adaptado ao escuro: eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII) ( $F_V/F_M$ ), eficiência máxima do processo fotoquímico no PSII ( $F_V/F_0$ ) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do PSII ( $F_0/F_M$ ) (ROHÁČEK, 2002). As avaliações da fluorescência da clorofila e índice de clorofila (IC) foram realizadas em uma e quatro amostras de plantas por parcela, respectivamente, na superfície adaxial da folha abaixo da espiga, no período matutino, entre 8 e 11 horas.

Para avaliação da área foliar foi realizada a contagem do número de folhas (NF) fotossinteticamente ativas ( $\geq 50\%$  da área foliar verde) e a coleta da folha oposta e abaixo da espiga de três plantas aleatórias, para determinar o comprimento (C - cm) e a largura (L - cm) das folhas. A área foliar por planta (AFP) foi estimada pela equação:  $0,75 \times C \times L \times NF$  por planta, e o índice de área foliar (IAF) pela relação entre a área foliar da planta e a área de solo ocupada por ela.

No estágio de maturação fisiológica do milho (127 DAE) foi realizada a coleta de espigas de oito amostras de plantas por parcela para determinação da produção de grãos por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ), com correção da umidade para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F ( $P \leq 0,05$ ), e para as variáveis significativas foram realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). O grau de relação entre as variáveis fisiológicas e produtivas do milho foi medido por meio da análise de correlação de Pearson, e a significância do coeficiente foi avaliada pelo teste t, a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SAEG (SAEG, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de desenvolvimento inicial da cultura foi acompanhado pela ocorrência de chuvas mal distribuídas e veranicos. A partir de 19 DAE (final de março) houve um longo período de estiagem, temperaturas ( $33,8^{\circ}\text{C}$ ) e evapotranspiração elevadas ( $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$ ) que se estendeu até o pendoamento do milho. Em meados de abril houve um registro de fortes rajadas de vento ( $40 \text{ km h}^{-1}$ ) que resultaram no acamamento de várias plantas do experimento.

Segundo Magalhães e Durães (2008), a ocorrência de dois dias de estresse hídrico no florescimento da cultura pode reduzir mais de 20% da produtividade. O mês de maio coincidiu com o pleno florescimento do milho (56 DAE) e, de acordo com o balanço hídrico, a disponibilidade de água no solo ficou próximo ao limite de 50%. Posteriormente, houve grande ocorrência de chuva, registrando volume acima da média histórica para o período, que possibilitou manter a umidade do solo próxima a 100% da disponibilidade hídrica (GUIA CLIMA, 2016).

A precipitação total do período experimental, de 409 mm, ainda ficou abaixo da quantidade de água normalmente consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo, que é em torno de 600 mm (MAGALHÃES; DURÃES, 2008). Estes dados indicam a probabilidade de ter ocorrido déficit hídrico em algum momento durante o desenvolvimento da cultura, afetando os processos fisiológicos da planta e, conseqüentemente, o seu potencial produtivo.

De acordo com os resultados obtidos na análise de variância para os parâmetros relacionados às trocas gasosas, houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) das populações de milho sobre transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ) (Quadro 2).

A menor população de milho apresentou maiores taxas de transpiração e condutância estomática, cujos valores decresceram com o aumento populacional, em torno de 14% para  $E$  e 19% para  $g_s$ , na população de 65 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . E, ao contrário das variáveis relacionadas às trocas gasosas, o índice de área foliar respondeu positivamente ao aumento da população de milho, em decorrência do aumento do número de indivíduos na área, como também foi observado por Brachtvogel et al. (2012) e Sangoi et al. (2011).

Maiores taxas de transpiração, como foi observada na menor densidade populacional, indica uma maior disponibilidade de recursos às plantas. Este

comportamento também foi observado para a condutância estomática que, normalmente, é alterada em situações de estresse por déficit hídrico, em que é verificado acentuado aumento da resistência estomática e menor abertura dos poros dos estômatos (MESSINGER et al., 2006).

QUADRO 2. Transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $gs$ ) e concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e índice de área foliar (IAF) em populações de plantas de milho. Dourados-MS, 2018

<b>Populações</b> (Plantas ha <sup>-1</sup> )	<b><math>E</math></b> (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	<b><math>gs</math></b> (mol mol <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	<b>IAF</b> -
<b>45.000</b>	7,09 a <sup>1</sup>	0,3 a	4,19 c
<b>52.000</b>	6,63 ab	0,26 ab	4,83 b
<b>65.000</b>	6,08 b	0,24 b	5,77 a
<b>CVc (%)</b>	12,00	18,86	11,38
<b>Média</b>	6,6	0,267	4,93

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Houve também efeito da interação entre populações e sistemas de cultivo para taxa fotossintética ( $A$ ), consumo de  $CO_2$  ( $\Delta C$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $EiC$ ) (Quadro 3), cujos valores decresceram com aumento da densidade populacional de milho. Essa redução foi significativa apenas no espaçamento 0,90 m para  $A$  e  $\Delta C$  e, no espaçamento 0,45 m, para  $EiC$ . A resposta aos espaçamentos entrelinhas apresentou diferença significativa somente na população de 52 mil plantas ha<sup>-1</sup> e os melhores resultados foram observados no espaçamento reduzido. Concenço et al. (2008) também observaram decréscimos tanto do  $CO_2$  consumido como da fotossíntese em plantas competindo com duas ou mais do biótipo oposto (resistente/suscetível).

Com a redução do consumo de  $CO_2$ , a taxa de assimilação de carbono das plantas de milho diminui, assim como a eficiência instantânea de carboxilação, como foi observado no milho cultivado na maior densidade populacional e/ou no espaçamento 0,90 m (Quadro 3), onde a  $C_i$  foi maior (Quadro 4). Quando a densidade de plantas na linha é maior, a competição por água e luz também aumenta, principalmente na safrinha, quando as condições climáticas são menos favoráveis.

QUADRO 3. Taxa fotossintética (*A*), consumo de CO<sub>2</sub> ( $\Delta C$ ) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*) em populações de plantas de milho com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 0,90 m. Dourados-MS, 2018

Populações (Plantas ha <sup>-1</sup> )	<i>A</i> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		$\Delta C$ ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )		<i>EiC</i> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	0,45	0,90	0,45	0,90	0,45	0,90
	<b>45.000</b>	24,94 aA <sup>1</sup>	26,39 aA	75,67 aA	80,08 aA	0,21 abA
<b>52.000</b>	25,83 aA	20,22 bB	78,21 aA	61,12 bB	0,28 aA	0,12 aB
<b>65.000</b>	22,29 aA	19,97 bA	67,62 aA	60,46 bA	0,18 bA	0,12 aA
<b>CVc (%)</b>	12,5		12,78		35,41	
<b>Média</b>	23,28		70,53		0,18	

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Diferentes fatores limitam a taxa fotossintética, como suprimento inadequado de luz ou CO<sub>2</sub>, estresse hídrico ou temperaturas extremas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Em condição de competição e sombreamento, o balanço da luz participa no controle da abertura estomática e no balanço de gases entre a parte interna da folha e o meio externo (LORETO e BONGI, 1989). E a baixa disponibilidade hídrica pode reduzir a condutância estomática, diminuindo o consumo de CO<sub>2</sub>, a taxa fotossintética e, concomitantemente, a eficiência instantânea de carboxilação devido a menor atividade da Rubisco.

Segundo Concenço et al. (2008), o consumo de CO<sub>2</sub> e a taxa fotossintética estão diretamente relacionados, como pode ser observado na análise de correlação entre estas variáveis, que apresentou resultados positivos e significativos ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 2a).

Considerando a relação direta existente entre a taxa fotossintética e a transpiração foliar, o aumento populacional do milho pode ter intensificado a competição entre as plantas por água, que devido ao longo período de estiagem, se encontrava próximo ao limite de 50% da disponibilidade do solo (Figura 1b). Sob estas condições, pode haver o fechamento dos estômatos, reduzindo a condutância estomática, a taxa transpiratória e, por conseguinte, a taxa fotossintética (GALON et al., 2013). A relação entre estas variáveis pode ser constatado pelas correlações positivas e significativas ( $P \leq 0,05$ ) obtidas entre a taxa fotossintética e a condutância estomática e a transpiração foliar (Figuras 2b e 2c).

De acordo com Galon et al. (2013), com a intensificação da competição entre as plantas, o comportamento observado é a redução do  $\Delta C$  e aumento da  $C_i$ . Estas variáveis têm relação inversa, como pôde ser constatado na análise de correlação, que apresentou resultado negativo e significativo ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 2d), evidenciando que quanto maior o consumo de  $\text{CO}_2$  para a fotossíntese, menor será a concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar.

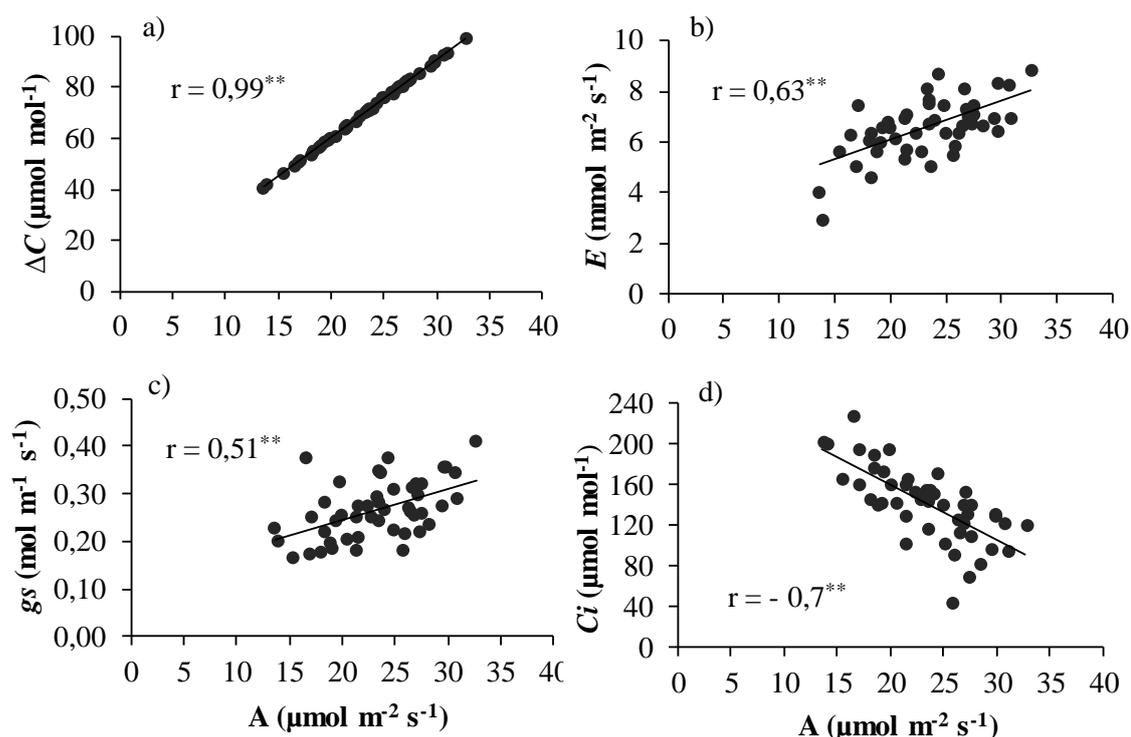


FIGURA 2. Correlação de Pearson avaliada entre a taxa fotossintética -  $A$  e consumo de  $\text{CO}_2$  -  $\Delta C$  (a), transpiração foliar -  $E$  (b), condutância estomática -  $g_s$  (c), concentração interna de  $\text{CO}_2$  -  $C_i$  (d) em populações de plantas de milho solteiro e consorciado, em espaçamento 0,45 m e 0,90 m. Dourados-MS, 2018. Significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), pelo teste t.

O efeito dos espaçamentos entrelinhas também foi verificado para a  $C_i$ , que foi maior no espaçamento 0,90 m (Quadro 4). Este resultado pode ser um indicativo de menor capacidade da planta em competir por luz, água ou  $\text{CO}_2$  (CONCENÇO et al., 2008), que é prejudicada quando utilizado um maior número de plantas na linha, principalmente quando a disponibilidade hídrica do solo é limitada (Figura 1b). O aumento do carbono interno representa uma tentativa da planta de escapar do estresse

gerado pela competição, como também foi observado por Ferreira et al. (2015) em plantas de soja, em resposta ao incremento da densidade de plantas daninhas (*Bidens pilosa* e *Urochloa brizantha*).

Maiores valores de área foliar (AFP) e índice de área foliar (IAF) do milho também foram obtidos com o aumento do espaçamento entrelinhas, enquanto os valores encontrados para a interceptação luminosa superior (ILS) foram maiores no espaçamento reduzido (Quadro 4). Em maiores espaçamentos, há maior adensamento de plantas na linha, limitando a incidência luminosa, o que pode resultar em aumento da área foliar da planta com a finalidade de incrementar a superfície de interceptação da radiação e compensar as baixas taxas fotossintéticas.

QUADRO 4. Concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), área foliar por planta (AFP), índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa superior (ILS) de plantas de milho, em espaçamentos 0,45 m e 0,90 m. Dourados-MS, 2018

<b>Espaçamentos</b> (m)	<b><i>C<sub>i</sub></i></b> ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ )	<b>AFP</b> (cm <sup>2</sup> )	<b>IAF</b> -	<b>ILS</b> (%)
<b>0,45</b>	122,72 b <sup>1</sup>	8.637 b	4,66 b	79,84 a
<b>0,90</b>	161,68 a	9.722 a	5,20 a	70,07 b
<b>CVb (%)</b>	17,75	7,95	8,15	11,85
<b>Média</b>	142,2	9.180	4,93	74,95

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P $\leq$ 0,05).

Kunz et al. (2007) também verificaram maior eficiência de interceptação de RFA no menor espaçamento (0,40 m) e maiores IAF no maior (0,80 m). Segundo os autores, o menor IAF no espaçamento reduzido pode ser atribuída à senescência das folhas basais, em decorrência do auto-sombreamento, demonstrando que a quantidade de radiação interceptada nem sempre reflete em maior acúmulo de matéria seca, como também foi observado por Petter et al. (2016) em maiores densidades de plantas de soja. Strieder et al. (2008) relatam que a distribuição mais uniforme de plantas não garante um melhor desempenho, pois o desenvolvimento vegetal pode ser mais influenciado por restrições nutricionais e hídricas.

O efeito da interação entre sistemas de cultivo e espaçamentos sobre a eficiência de uso da água (EUA) demonstra que, no maior espaçamento, a presença da

braquiária aumentou a eficiência do uso da água pelas plantas, provavelmente por manter o solo coberto e, com isso, minimizar as perdas por evapotranspiração. No menor espaçamento não houve diferença entre o milho solteiro e consorciado e, na ausência da braquiária, proporcionou melhor EUA do milho em relação ao espaçamento 0,90 m (Quadro 5).

QUADRO 5. Eficiência do uso da água (EUA), índice de clorofila (IC) e interceptação luminosa inferior (ILI) de milho solteiro e consorciado, em espaçamentos 0,45 m e 0,90 m. Dourados-MS, 2018

Espaçamentos (m)	EUA (mol CO <sup>2</sup> mol H <sub>2</sub> O <sup>-1</sup> )				IC -				ILI (%)			
	Solteiro		Consórcio		Solteiro		Consórcio		Solteiro		Consórcio	
<b>0,45</b>	3,77	aA <sup>1</sup>	3,48	aA	66,17	aA	54,48	bB				
<b>0,90</b>	3,29	bB	3,69	aA	65,42	aA	63,4	aA	8,51	A	8,09	B
<b>CVb (%)</b>	6,51				7,02				5,21			
<b>Média</b>	3,56				62,37				8,3			

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Segundo Procópio et al. (2004) a capacidade competitiva de uma planta por água irá depender do volume de solo explorado pelo sistema radicular, da eficiência no uso da água e da capacidade de extração da água do solo. Assim, a utilização do espaçamento reduzido, além de proporcionar uma distribuição mais uniforme das plantas, melhora a exploração do solo pelo sistema radicular, reduz o sombreamento entre plantas na mesma linha, minimiza a competição e aumenta o aproveitamento de água, luz e nutrientes.

Maiores índices de área foliar (Quadro 4) também podem aumentar a demanda hídrica da cultura (FIETZ et al., 2015) e reduzir a eficiência de uso da água, como foi observado no milho solteiro em espaçamento 0,90 m.

O efeito do espaçamento reduzido sobre o índice de clorofila foi negativo somente no sistema de cultivo de milho em consórcio com braquiária, sendo que a presença da forrageira não afetou o milho cultivado no maior espaçamento (Quadro 5). O teor de clorofila em folhas de milho pode ser considerado um método eficiente para

monitoramento do nível de nitrogênio na planta, possibilitando identificar deficiências deste nutriente durante o seu desenvolvimento (ARGENTA et al., 2003).

Nas análises foliares de nutrientes, o milho consorciado apresentou menores teores de nitrogênio (N - 26,1 g kg<sup>-1</sup>) e enxofre (S - 1,75 g kg<sup>-1</sup>) em relação ao solteiro (N - 28,9 g kg<sup>-1</sup> e S - 1,93 g kg<sup>-1</sup>), e a concentração de N nas folhas foi considerada deficiente<sup>1</sup>. A ocorrência da competição devido à grande exigência de nutrientes por ambas as espécies pode ter prejudicado a absorção de N e S do milho consorciado em espaçamento reduzido, refletindo diretamente sobre as leituras do índice de clorofila, já que são elementos constituintes desta molécula, assim como pode ter influenciado o crescimento foliar do milho.

O maior índice de clorofila também pode estar relacionado a maior área foliar do milho no espaçamento 0,90 m, em consequência do auto-sombreamento das plantas na mesma linha. Em resposta à menor disponibilidade de luz solar em um habitat vegetal, algumas modificações morfológicas e bioquímicas podem ocorrer, como aumento de clorofila de antenas ao PSII, objetivando intensificar a absorção de luz e a transferência de energia (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A interceptação luminosa inferior (ILI) não apresentou diferença entre os espaçamentos entrelinhas, no entanto, foi menor no consórcio, provavelmente em decorrência do maior sombreamento do extrato inferior do dossel pelas plantas de braquiária (Quadro 5).

O uso dos parâmetros de fluorescência permite avaliar o efeito de vários tipos de estresse sobre a fase fotoquímica da fotossíntese (ZANANDREA et al., 2006). Os resultados obtidos demonstram que não houve diferença significativa entre o cultivo de milho solteiro ou consorciado com a braquiária, nem em relação aos espaçamentos utilizados, para nenhum dos parâmetros relativos à fluorescência da clorofila *a*, apresentando valores iguais a 0,76 (F<sub>v</sub>/F<sub>M</sub>), 3,28 (F<sub>v</sub>/F<sub>0</sub>) e 0,23 (F<sub>0</sub>/F<sub>M</sub>). Em avaliações realizadas no consórcio milho-braquiária, Silva et al. (2013) também não encontraram efeito das populações de *B. ruziziensis* sobre a razão F<sub>v</sub>/F<sub>M</sub> e F<sub>v</sub>/F<sub>0</sub> no milho

Entretanto, os resultados obtidos não se enquadraram aos padrões estabelecidos para os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* (ROHÁCEK, 2002) em nenhum tratamento, exceto para F<sub>v</sub>/F<sub>M</sub>. Resultados semelhantes foram observados por Magalhães et al. (2009) ao constatarem que os valores obtidos também não foram

---

<sup>1</sup> Dados apresentados no Capítulo II, Quadro 2, página 51.

enquadrados dentro do valor de referência com a imposição de cinco dias de estresse hídrico no florescimento do milho.

A ausência de chuvas por nove dias durante o pleno florescimento do milho manteve a disponibilidade hídrica do solo baixa (Figura 1). A deficiência de água nas plantas afeta a eficiência dos processos fotoquímicos no FSII, indicando uma provável condição de estresse. Entretanto, esse estresse não causou danos irreversíveis ao FSII, uma vez que foi possível detectar diferenças significativas na produtividade de grãos entre os tratamentos.

Os resultados obtidos para a produção de grãos por planta mostraram efeito significativo da interação tripla entre sistemas de cultivo, espaçamentos e populações (Quadro 6). A produção de grãos do milho solteiro foi superior ao consórcio, cerca de 18% no espaçamento 0,45 m, na população 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e 23% no 0,90 m, na população 65 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

QUADRO 6. Produção de grãos por planta em populações de plantas de milho solteiro e consorciado, em espaçamentos 0,45 m e 0,90 m. Dourados-MS, 2018

<b>Produção de grãos</b>					
(g planta <sup>-1</sup> )					
<b>Populações</b> (Plantas ha <sup>-1</sup> )	<b>Solteiro</b>		<b>Consórcio</b>		
	<b>0,45</b>	<b>0,90</b>	<b>0,45</b>	<b>0,90</b>	
<b>45.000</b>	107,39 aAα <sup>1</sup>	125,33 aAβ	88,18 aBβ	139,11 aAα	
<b>52.000</b>	101,66 aBα	132,07 aAα	103,55 aBα	133,36 aAα	
<b>65.000</b>	100,68 aAα	111,48 aAα	93,27 aAα	85,54 bAβ	
<b>CVc (%)</b>	11,53				
<b>Média</b>	110,14				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna, maiúsculas na linha dentro dos sistemas de cultivo e gregas na linha entre os sistemas de cultivo, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Entretanto, na população de 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o maior potencial de produção de grãos ocorreu no consórcio com 0,90 m entrelinhas, mas foi reduzido significativamente na população de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>, provavelmente em resposta à competição estabelecida no maior adensamento, sobretudo por água. O efeito da competição na maior população de milho, além de afetar a condutância estomática foliar,

prejudicou o consumo de CO<sub>2</sub> e reduziu a atividade fotossintética da planta quando associada ao espaçamento 0,90 m, refletindo em menor produção de grãos.

A literatura também relata redução na produtividade da planta em maiores densidades populacionais de milho que, por outro lado, tem proporcionado maior produção por área (FREITAS et al., 2013; DEMÉTRIO et al., 2008). Calonego et al. (2011) observaram que a produção por indivíduo na população de 45 mil plantas ha<sup>-1</sup> foi 22% superior à obtida na de 75 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Demétrio et al. (2008) verificaram que em populações de plantas de 50 a 70 mil plantas ha<sup>-1</sup> possibilitaram maior número de grãos por espiga e grãos mais pesados que os obtidos na população de 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

A menor produção por planta é resultado dos efeitos do aumento da população sobre os componentes produtivos, que tendem a decrescer, como o número de grãos por fileira (FREITAS et al., 2013), comprimento de espiga, massa de cem grãos (KAPPES et al., 2011) e diâmetro de espiga (STACCIARINI et al., 2010). A competição intraespecífica por fotoassimilados aumenta a assincronia floral e a esterilidade feminina, afetando diretamente a produção de grãos por espiga (SANGOI et al., 2002).

As populações de 45 e 52 mil plantas ha<sup>-1</sup> no espaçamento 0,90 m apresentaram os melhores resultados, independente do sistema de cultivo. A literatura, no entanto, considera que o uso do espaçamento reduzido proporciona uma distribuição de plantas mais uniforme, melhora o aproveitamento de luz, água e nutrientes e aumenta a produtividade de grãos (ARGENTA et al., 2001), tanto no milho solteiro (TAKASU et al., 2013; DEMÉTRIO et al., 2008) como consorciado com braquiária (BORGHI e CRUSCIOL, 2007; RESENDE et al., 2008). Por outro lado, Brachtvogel et al. (2012) observaram que o arranjo espacial equidistante não influencia a produtividade de grãos em relação ao espaçamento convencional. O aumento da produtividade de milho no espaçamento 0,90 m também foi verificado por Calonego et al. (2011), que relacionaram à maior produção de grãos por espiga, corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

No cultivo de milho com maior espaçamento entrelinhas também houve aumento da área foliar por planta. Na análise de correlação de Pearson foi possível observar efeito positivo e significativo da correlação entre área foliar e produção de grãos por planta (Figura 3), demonstrando que o aumento da superfície fotossinteticamente ativa pode ter contribuído para elevar o potencial produtivo da cultura.

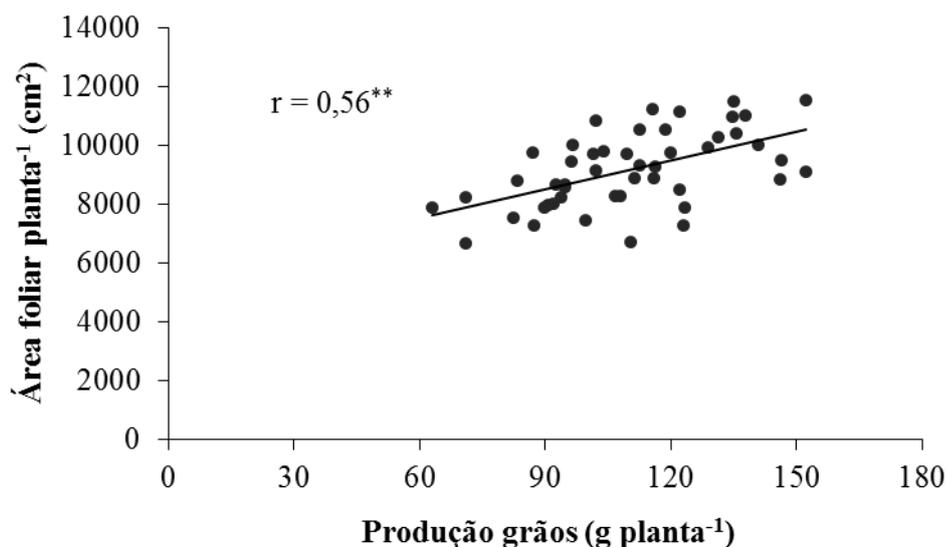


FIGURA 3. Correlação de Pearson avaliada entre área foliar e produção de grãos por planta em populações de plantas de milho solteiro e consorciado, em espaçamento 0,45 m e 0,90 m. Dourados MS, 2018. Significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), pelo teste t.

Rodrigues (2011) relata que o índice de área foliar crítico influencia a manifestação da capacidade produtiva do milho e varia de acordo com o ambiente que a planta se desenvolve. Uma maior área foliar aumenta o sombreamento na entrelinha e, assim, retarda o desenvolvimento vegetativo da braquiária, minimizando a competição com o milho (PORTES et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2005) e, conseqüentemente, possibilita incrementar a sua produtividade.

Segundo Durães et al. (2005), a relação entre a fotossíntese e a produção é bastante complexa, podendo ser influenciada por diversos fatores, como a abertura estomática e a condutância de  $\text{CO}_2$  no interior das células do mesófilo, idade e localização das folhas, deficiência hídrica e comportamentos diferentes em plantas, tipo de via para fixação do carbono (C3, C4 ou intermediária) ou concentração de nitrogênio foliar.

Foi possível observar que na menor densidade populacional, o milho em espaçamento reduzido, apresentou significativamente um melhor desempenho no cultivo solteiro, enquanto que em espaçamento 0,90 m obteve maior produção no cultivo consorciado, demonstrando que os resultados obtidos para a taxa fotossintética, eficiência do uso da água e índice de clorofila também podem ter influenciado o potencial produtivo da planta.

## CONCLUSÕES

A maior população de milho afeta negativamente as variáveis relacionadas às trocas gasosas, reduzindo o consumo de CO<sub>2</sub> e a fotossíntese no maior espaçamento.

Na menor densidade de plantas, a produção de grãos no espaçamento 0,45 m é maior no cultivo solteiro e, no espaçamento 0,90 m, no consórcio com braquiária.

O maior incremento na produção de grãos por planta ocorre nas populações de 45 e 52 mil plantas ha<sup>-1</sup> cultivadas em espaçamento 0,90 m.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA G.; SILVA P. R. F.; FOSTHOFER E. L.; STRIEDER M. L.; SUHRE E.; TEICHMANN L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 109–119, 2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução no espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

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

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. de BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 6, n.1, p. 75-83, 2012.

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

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. 1. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 25-46.

CECCON, G.; SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido com populações de milho e de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A. F.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; ANDRES, A. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 447-453, 2009.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; FERREIRA, F. A.; GALON, L.; REIS, M. R.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; SILVA, L. V. B. D. Eficiência fotossintética de biótipos de azevém em condição de competição. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2008.

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

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; GAMA, E. E. G.; OLIVEIRA, A. C. de. Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. A.; MATOS, C. da C. de; BARBOSA, E. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B. dos. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAM, D. L.; GARCIA, R. A.; CECCON, G.; REZENDE, M. K. A. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do consórcio milho e braquiária nas condições climáticas de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 13, 2015, Maringá, PR. **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2015. 461-465p.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da Região de Dourados**, MS. 3. ed. rev. e atual. - Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 31 p. (Documentos 138 - Embrapa Agropecuária Oeste)

FREITAS, R. J., STEPHAN NASCENTE, A.; SANTOS, F. L. de S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; TIRONI, S. P.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; BORGES, E. T. Influence of *brachiaria brizantha* in physiological characteristics related to photosynthesis and efficient use of water in sugarcane. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1037-1043, 2011. (Número Especial)

GALON, L.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; VARGAS, L. Características fisiológicas de biótipos de *Conyza bonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 859-866, 2013.

GUIA CLIMA. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, 2016. Disponível em: <<http://clima.cpao.embrapa.br/>>. Acesso em: ago. 2016.

- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, L. R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 59-67, 2005.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.
- KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.
- LICHTENTHALER, H. K.; RINDERLE, U. **CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry**, s.l., v. 19, n. sup1, p. S29-S85, 1988.
- LORETO, F.; BONGI, G. Combined low temperature-high light effects on gas exchange properties of jojoba leaves. **Plant Physiology**, s.l., v. 91, n. 4, p. 1580-1585, 1989.
- MACEDO, M. C. M. Integração Lavoura e Pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.
- MAGALHÃES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; KARAM, D.; CANTÃO, O. **Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico**. 1. Ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009, 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 116).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da Produção. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 63-87.
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.
- MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, s.l., v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.
- MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.
- PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; MARTINEZ, C. A.; WERLANG, R. C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004.

RESENDE, A. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 269-275, 2008.

RODRIGUES, O. L. **Produtividade e características fisiológicas do consórcio milho-braquiária**. 2011. 50f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: The definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, s.l., v. 40, n. 1, p. 13-29, 2002.

SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; DA SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. de. Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011.

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

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SCALON, S. de P. Q.; KODAMA, F. M.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M.; PEREIRA, Z. V. GAS Exchange and photosynthetic activity in *Hancornia speciosa* gomes seedlings under water deficit conditions and during rehydration. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1124-1132, 2015.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; SANTOS, A. Morfofisiologia de milho safrinha em espaçamento reduzido e consorciado com *Urochloa ruziziensis*, **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 259-267, 2013.

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

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; ARF, O.; HAGA, K. I. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2013.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No verão, as características climáticas, como o grande volume de chuva, radiação solar e temperaturas elevadas, favorecem o desenvolvimento das plantas, e os arranjos espaciais e populacionais não influenciam a maioria das variáveis fisiológicas do milho, seja em cultivo solteiro ou consorciado. O aumento do número de plantas incrementa o índice de área foliar e a interceptação luminosa do milho, reduzindo o crescimento em altura e a produção de massa seca da braquiária Paiaguás, que também é menor no espaçamento reduzido.

Na safrinha, períodos com baixa disponibilidade hídrica do solo intensificam a competição por água, e o uso de maiores populações do milho diminuem a condutância estomática e a taxa de transpiração foliar. O consumo de CO<sub>2</sub> e a atividade fotossintética das plantas também são significativamente menores quando associados ao espaçamento 0,90 m, onde a interceptação luminosa no extrato superior do dossel é menor que no 0,45 m. O acamamento do milho na maior população de plantas favorece o crescimento da forrageira, e o consórcio com a braquiária reduz os teores de N, P, Ca, S e Cu do milho e o índice de clorofila no espaçamento 0,45 m, mas aumenta a eficiência do uso da água no maior espaçamento.

Independente da época e do sistema de cultivo, incrementos na produtividade de massa seca de palha e grãos são obtidos nas maiores populações de plantas, mesmo afetando os componentes de produtividade do milho.

O consórcio de milho com a braquiária Paiaguás não compromete a produtividade de grãos e ainda possibilita incrementar a palhada para cobertura do solo, seja no cultivo de verão ou outono-inverno.

## ANEXOS

QUADRO 1. Resumo da análise de variância para altura de plantas de milho (APM), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DCM), massa seca total (MSTmilho), massa seca total de palha (MSTpalha), área foliar por planta (AFP), índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa superior (ILS) e inferior (ILI) de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safra-verão. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios								
		APM	AIE	DCM	MSTmilho	MSTpalha	AFP	IAF	ILS	ILI
<b>Bloco</b>	3	0,0021 <sup>ns</sup>	0,0077 <sup>ns</sup>	21,96 <sup>ns</sup>	3088339,12 <sup>ns</sup>	4309392,70 <sup>ns</sup>	608989,70 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	244,23 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>
<b>Sistema de cultivo (SC)</b>	1	0,0274 <sup>ns</sup>	0,000025 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	8708484,07 <sup>ns</sup>	146961067,56 <sup>**</sup>	2974651,53 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	13,54 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	0,0070	0,0075	3,49	2575182,15	3794722,27	349514,83	0,21	205,22	3,26
<b>Espaçamento (E)</b>	1	0,0321 <sup>ns</sup>	0,0346 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	395583,98 <sup>ns</sup>	7788285,56 <sup>ns</sup>	2012786,83 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1679,05 <sup>ns</sup>	31,79 <sup>ns</sup>
<b>SC x E</b>	1	0,0029 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	3899133,14 <sup>ns</sup>	17106496 <sup>ns</sup>	131557,41 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	5,22 <sup>ns</sup>	5,61 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	3	0,0221	0,0210	20,98	3183109,90	2981796,27	1321810,03	0,57	239,26	4,92
<b>População (P)</b>	3	0,0057 <sup>ns</sup>	0,0060 <sup>ns</sup>	20,35 <sup>ns</sup>	31493085,72 <sup>**</sup>	26015445,58 <sup>**</sup>	6265090,60 <sup>**</sup>	27,28 <sup>**</sup>	1052,33 <sup>**</sup>	5,04 <sup>**</sup>
<b>SC x P</b>	3	0,0015 <sup>ns</sup>	0,0027 <sup>ns</sup>	14,96 <sup>ns</sup>	422479,97 <sup>ns</sup>	2044908,22 <sup>ns</sup>	669515,95 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	174,56 <sup>ns</sup>	2,87 <sup>ns</sup>
<b>E x P</b>	3	0,0035 <sup>ns</sup>	0,0082 <sup>ns</sup>	20,07 <sup>ns</sup>	3556895,57 <sup>ns</sup>	5049834,39 <sup>*</sup>	373802,42 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	144,24 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>
<b>SC x E x P</b>	3	0,0015 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	9,05 <sup>ns</sup>	5710413,81 <sup>*</sup>	10372997,16 <sup>**</sup>	102436,70 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	158,40 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
<b>Erro (c)</b>	39	0,0062	0,0069	7,97	1515668,64	1625021,30	1313819,29	0,56	206,45	1,47
<b>CVa (%)</b>		4,29	8,18	8,04	16,24	17,66	6,14	7,29	21,77	15,78
<b>CVb (%)</b>		7,61	13,67	19,68	18,05	15,66	11,93	11,78	23,51	19,38
<b>CVc (%)</b>		4,04	7,84	12,13	12,46	11,56	11,90	11,69	21,84	10,60
<b>Média geral</b>		1,95	1,06	23,28	9.882	11.028	9635	6,43	65,79	11,45

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), 5% ( $P \leq 0,05$ ) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb e CVc (%): coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcela, respectivamente.

QUADRO 2. Resumo da análise de variância para diâmetro (DE) e comprimento (CE) de espigas, massa de cem grãos (M100 - g), número (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE - g) e produtividade de grãos (PG) de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safra-verão. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios					
		DE	CE	M100	NGE	MGE	PG
<b>Bloco</b>	3	24,53 <sup>ns</sup>	61,17 <sup>ns</sup>	4,50 <sup>ns</sup>	1615,99 <sup>*</sup>	177,42 <sup>ns</sup>	828502,97 <sup>ns</sup>
<b>Sistema de cultivo (SC)</b>	1	72,85 <sup>ns</sup>	418,17 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	14870,07 <sup>**</sup>	1556,52 <sup>*</sup>	8391358,92 <sup>*</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	14,81	106,86	3,07	146,97	64,09	407771,18
<b>Espaçamento (E)</b>	1	15,54 <sup>ns</sup>	1059,78 <sup>*</sup>	12,64 <sup>ns</sup>	26760,93 <sup>ns</sup>	4609,36 <sup>ns</sup>	18585540,13 <sup>ns</sup>
<b>SC x E</b>	1	69,98 <sup>ns</sup>	1325,27 <sup>*</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	18706,32 <sup>ns</sup>	2141,09 <sup>ns</sup>	10672807,14 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	3	50,37	59,04	5,24	5759,66	569,32	2250000,71
<b>População (P)</b>	3	18,04 <sup>ns</sup>	1134,50 <sup>**</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	11637,23 <sup>*</sup>	1648,31 <sup>**</sup>	48473749,87 <sup>**</sup>
<b>SC x P</b>	3	14,10 <sup>ns</sup>	183,99 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	2650,70 <sup>ns</sup>	409,17 <sup>ns</sup>	1634943,13 <sup>ns</sup>
<b>E x P</b>	3	16,76 <sup>ns</sup>	246,29 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	300,57 <sup>ns</sup>	123,70 <sup>ns</sup>	102809,76 <sup>ns</sup>
<b>SC x E x P</b>	3	17,72 <sup>ns</sup>	89,43 <sup>ns</sup>	5,82 <sup>ns</sup>	227,96 <sup>ns</sup>	204,62 <sup>ns</sup>	1253103,14 <sup>ns</sup>
<b>Erro (c)</b>	39	11,36	88,48	2,90	3198,08	238,95	1063187,40
<b>CVa (%)</b>		8,24	7,03	5,73	2,78	6,00	7,18
<b>CVb (%)</b>		15,19	5,23	7,48	17,39	17,87	16,87
<b>CVc (%)</b>		7,22	6,40	5,57	12,96	11,58	11,60
<b>Média geral</b>		46,71	147,07	30,60	436,32	133,49	8889

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo a 1% (P≤0,01), 5% (P≤0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb e CVc (%): coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcela, respectivamente.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância para CO<sub>2</sub> consumido ( $\Delta C$ ), concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar ( $C_i$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), condutância estomática de vapores de água ( $g_s$ ), taxa fotossintética ( $A$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ) e eficiência do uso da água ( $EUA$ ) de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safra-verão 2015-2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios						
		$\Delta C$	$C_i$	$E$	$G_s$	$A$	$T_f$	$EUA$
<b>Bloco</b>	3	3491,34*	14011,88 <sup>ns</sup>	42,27	0,076 <sup>ns</sup>	411,29*	49,87 <sup>ns</sup>	6,87 <sup>ns</sup>
<b>Sistema de cultivo (SC)</b>	1	2503,75 <sup>ns</sup>	49913,14 <sup>ns</sup>	4,32	0,018 <sup>ns</sup>	290,83 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	8,46 <sup>ns</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	252,45	5368,37	10,89	0,017	29,62	30,71	2,09
<b>Espaçamento (E)</b>	1	27,17 <sup>ns</sup>	2247,94 <sup>ns</sup>	0,88	0,002 <sup>ns</sup>	3,44 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
<b>SC x E</b>	1	197,05 <sup>ns</sup>	258,80 <sup>ns</sup>	0,17	0,033 <sup>ns</sup>	23,63 <sup>ns</sup>	9,68 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	3	446,10	1438,57	4,97	0,002	51,40	6,30	0,98
<b>População (P)</b>	3	345,34 <sup>ns</sup>	5080,31 <sup>ns</sup>	1,70	0,008 <sup>ns</sup>	40,22 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
<b>SC x P</b>	3	687,72 <sup>ns</sup>	8299,66 <sup>ns</sup>	1,08	0,014 <sup>ns</sup>	82,13 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
<b>E x P</b>	3	292,14 <sup>ns</sup>	375,22 <sup>ns</sup>	0,79	0,010 <sup>ns</sup>	32,44 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
<b>SC x E x P</b>	3	629,97 <sup>ns</sup>	4025,37 <sup>ns</sup>	2,62	0,019 <sup>ns</sup>	72,80 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
<b>Erro (c)</b>	39	431,99	5162,25	2,05	0,012	51,04	1,46	1,16
<b>CVa (%)</b>		18,92	74,35	48,65	48,21	18,79	13,61	32,36
<b>CVb (%)</b>		25,16	38,49	32,87	18,26	24,76	6,17	22,20
<b>CVc (%)</b>		24,75	72,90	21,13	40,99	24,67	2,97	24,16
<b>Média geral</b>		83,96	98,55	6,78	0,28	28,96	40,726	4,48

\* e <sup>ns</sup>: significativo a 5% ( $P \leq 0,05$ ) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb e CVc (%): coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcela, respectivamente.

QUADRO 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (APB - cm), índice de perfilhos (IP) e massa seca total (MSTB – kg ha<sup>-1</sup>) de braquiária em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas de milho e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safra-verão 2015-2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios		
		APB	IP	MSTB
<b>Bloco</b>	3	54,94**	1,06 <sup>ns</sup>	269695,92**
<b>Espaçamento (E)</b>	1	1777,57*	48,75 <sup>ns</sup>	9347465,54**
<b>Erro (a)</b>	3	167,69	5,07	9165,52
<b>População (P)</b>	3	421,05*	21,85*	1220046,33**
<b>E x P</b>	3	357,69 <sup>ns</sup>	4,31 <sup>ns</sup>	1616774,53**
<b>Erro (b)</b>	18	114,69	4,13	155555,68
<b>CVa (%)</b>		14,01	32,81	4,18
<b>CVb (%)</b>		11,59	29,64	17,20
<b>Média geral</b>		92,42	6,86	2.292

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% (P≤0,01), 5% (P≤0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa e CVb: coeficientes de variação da parcela, e subparcela, respectivamente.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (APB), número e índice de perfilhos (IP), massa seca de folhas (MSFb), colmos(MSCb), matéria morta (MSMMb) e total (MSTB) de braquiária em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas de milho em espaçamentos reduzido, na safrinha 2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios						
		APB	NP	IP	MSFb	MSCb	MSMMb	MSTB
<b>Bloco</b>	3	74,18 <sup>ns</sup>	6,75 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	18611,22*	37143,56*	3310,16 <sup>ns</sup>	139271,06*
<b>População (P)</b>	3	233,30*	210,41*	3,03 <sup>ns</sup>	44895,22**	88417,72 <sup>ns</sup>	11573,16 <sup>ns</sup>	303078,22**
<b>Erro (a)</b>	9	58,25	10,25	1,39	3876,45	14738	3266,77	25056,72
<b>CVa (%)</b>		10,41	10,72	25,09	14,88	21,17	26,43	13,10
<b>Média geral</b>		73,29	29,87	4,71	418,31	573,56	216,25	1.208,18

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% (P≤0,01), 5% (P≤0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa: coeficientes de variação da parcela.

QUADRO 6. Resumo da análise de variância para teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), sódio (Na) e boro (B) de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	Cu	Na	B
<b>Bloco</b>	3	0,015 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>*</sup>	241,32 <sup>ns</sup>	65,32 <sup>ns</sup>	922,90 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
<b>Sistema de Cultivo (SC)</b>	1	0,635 <sup>**</sup>	1,201 <sup>**</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>*</sup>	0,241 <sup>ns</sup>	0,259 <sup>**</sup>	373,25 <sup>ns</sup>	149,68 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	23,12 <sup>**</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	0,001	0,013	1,89	0,06	0,048	0,0003	225,14	68,50	1312,75	0,08	0,0005	0,21
<b>População (P)</b>	3	0,004 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	270,91 <sup>ns</sup>	5,34 <sup>ns</sup>	1160,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
<b>SC x P</b>	3	0,017 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	336,90 <sup>ns</sup>	60,58 <sup>ns</sup>	981,54 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	3,38 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	18	0,082	0,055	2,30	0,30	0,124	0,015	217,31	39,50	1559,09	0,95	7,07	1,56
<b>CVa (%)</b>		1,24	4,54	7,34	5,06	10,30	1,05	70,88	18,12	23,86	3,02	7,05	6,10
<b>CVb (%)</b>		10,40	9,37	8,10	10,72	16,54	6,85	69,64	13,76	26,00	10,16	7,05	16,44
<b>Média geral</b>		2,75	2,52	18,74	5,16	2,13	1,84	21,16	45,68	151,86	9,6	0,31	7,60

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo a 1% (P≤0,01), 5% (P≤0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa e CVb (%): coeficientes de variação da parcela e subparcela, respectivamente.

QUADRO 7. Resumo da análise de variância para altura de plantas de milho (APM), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro de colmo (DCM), área foliar por planta (AFP), índice de área foliar (IAF), massa seca por planta (MSPmilho), massa seca total (MSTmilho), massa seca total de palha (MSTpalha), massa de cem grãos (M100 - g), número (NGE) e massa de grãos por espiga (MGE - g) e produtividade de grãos (PG). de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas em espaçamento reduzido, na safrinha 2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios											
		APM	AIE	DC	AFP	IAF	MSPmilho	MSTmilho	MSTpalha	M100	NGE	MGE	PG
<b>Bloco</b>	3	1227,12 <sup>ns</sup>	409,87 <sup>ns</sup>	15,58 <sup>ns</sup>	2948988,94 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	2592,54 <sup>ns</sup>	2618472,41 <sup>ns</sup>	2161307,11 <sup>ns</sup>	7,94 <sup>ns</sup>	3579,58 <sup>ns</sup>	508,23 <sup>ns</sup>	2012355,58 <sup>ns</sup>
<b>Sistema de Cultivo (SC)</b>	1	112,5 <sup>ns</sup>	24,5 <sup>ns</sup>	27,28*	6696885,03 <sup>ns</sup>	1,76*	1606,77 <sup>ns</sup>	545490,12 <sup>ns</sup>	9258980,28 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	3003,12 <sup>ns</sup>	213,52 <sup>ns</sup>	359976,12 <sup>ns</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	536,04	228,91	2,35	861558,86	0,16	4357,64	4379228,70	3790462,19	5,41	3336,37	170,02	683059,20
<b>População (P)</b>	3	80,06 <sup>ns</sup>	59,04 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	3321873,11*	16,25**	7214,78**	20623704,08**	25350445,19**	2,86 <sup>ns</sup>	17129,75**	1477,19**	9279301**
<b>SC x P</b>	3	111,02 <sup>ns</sup>	210,75 <sup>ns</sup>	3,16 <sup>ns</sup>	1077491,03 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	1851,96 <sup>ns</sup>	4772832,20*	6043815,44*	1,42 <sup>ns</sup>	3386,20 <sup>ns</sup>	230,15 <sup>ns</sup>	669067,45 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	18	83,59	80,86	4,40	461604,43	0,16	636,15	1313377,31	1588572,12	3,04	1776,72	156,48	488025
<b>CVa (%)</b>		11,21	11,83	7,11	11,11	7,75	31,73	28,37	24,20	9,37	15,91	14,43	14,67
<b>CVb (%)</b>		4,43	7,03	9,73	8,13	7,72	12,12	15,54	15,67	7,03	11,61	13,84	12,40
<b>Média geral</b>		206,5	127,94	21,58	8.356	5,30	208,027	7.376	8.044	24,82	363	90,377	5.633

\*\*, \* e <sup>ns</sup>: significativo a 1% (P≤0,01), 5% (P≤0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb: coeficientes de variação da parcela, e subparcela, respectivamente.

QUADRO 8. Resumo da análise de variância para CO<sub>2</sub> consumido ( $\Delta C$ ), concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar ( $C_i$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), condutância estomática de vapores de água ( $g_s$ ), taxa fotossintética ( $A$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ), eficiência do uso da água ( $EUA$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $EiC$ ) de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safrinha 2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios							
		$\Delta C$	$C_i$	$E$	$G_s$	$A$	$T_f$	$EUA$	$EiC$
<b>Bloco</b>	3	557,07 <sup>ns</sup>	6878,53 <sup>*</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	60,23 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>ns</sup>	2,59 <sup>*</sup>	0,0377 <sup>*</sup>
<b>Sistema de cultivo (SC)</b>	1	81,84 <sup>ns</sup>	1028,97 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	8,74 <sup>ns</sup>	11,52 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,0030 <sup>ns</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	362,11	407,69	3,11	0,0043	38,37	5,84	0,18	0,0036
<b>Espaçamento (E)</b>	1	524,56 <sup>ns</sup>	18217,69 <sup>*</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,0157 <sup>ns</sup>	56,05 <sup>ns</sup>	20,69 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,0645 <sup>ns</sup>
<b>SC x E</b>	1	13,39 <sup>ns</sup>	413,24 <sup>ns</sup>	5,26 <sup>ns</sup>	0,0046 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	36,54 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>*</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>
<b>Erro (b)</b>	3	519,05	637,15	4,11	0,0047	56,30	4,33	0,05	0,0082
<b>População (P)</b>	2	774,47 <sup>**</sup>	1425,44 <sup>ns</sup>	4,10 <sup>**</sup>	0,0141 <sup>**</sup>	82,99 <sup>**</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,0149 <sup>*</sup>
<b>SC x P</b>	2	28,60 <sup>ns</sup>	196,68 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>
<b>E x P</b>	2	463,17 <sup>**</sup>	1375,52 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	0,0078 <sup>ns</sup>	49,95 <sup>**</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,0208 <sup>*</sup>
<b>SC x E x P</b>	2	53,78 <sup>ns</sup>	311,90 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,0036 <sup>ns</sup>	4,77 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>
<b>Erro (c)</b>	27	81,23	433,75	0,62	0,0025	8,46	0,78	0,17	0,0042
<b>CVa (%)</b>		26,98	14,20	26,75	24,83	26,62	6,34	11,98	32,77
<b>CVb (%)</b>		32,30	17,75	30,71	25,75	32,24	5,46	6,51	49,24
<b>CVc (%)</b>		12,78	14,65	12,00	18,86	12,50	2,33	11,85	35,41
<b>Média geral</b>		70,52	142,20	6,60	0,27	23,27	38,15	3,56	0,18

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), 5% ( $P \leq 0,05$ ) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb e CVc (%): coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcela, respectivamente.

QUADRO 9. Resumo da análise de variância para eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_M$ ), eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II ( $F_v/F_0$ ) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II ( $F_0/F_M$ ), índice de clorofila (IC), interceptação luminosa superior (ILS) e inferior (ILI), área foliar por planta (AFP), índice de área foliar (IAF) e produção de grãos por planta de milho em cultivo solteiro e consorciado, com populações de plantas e espaçamentos entrelinhas de 0,90 m e 0,45 m, na safrinha 2016. Dourados-MS, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios								
		$F_v/F_M$	$F_v/F_0$	$F_0/F_M$	IC	ILS	ILI	AFP	IAF	PG
<b>Bloco</b>	3	0,0006 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	13,71 <sup>ns</sup>	44,16 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	3577544,88 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	907,94 <sup>**</sup>
<b>Sistema de cultivo (SC)</b>	1	0,0003 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	563,07 <sup>**</sup>	216,96 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>*</sup>	7827905,33 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	422,63 <sup>**</sup>
<b>Erro (a)</b>	3	0,0002	0,05	0,0002	4,01	133,67	0,18	1620347,33	0,38	10,77
<b>Espaçamento (E)</b>	1	0,0013 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	200,08 <sup>*</sup>	1146,11 <sup>*</sup>	2,35 <sup>ns</sup>	14128870,08 <sup>*</sup>	3,46 <sup>*</sup>	5821,42 <sup>**</sup>
<b>SC x E</b>	1	0,0027 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,0028 <sup>ns</sup>	280,57 <sup>*</sup>	10,68 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	1970730,75 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	64,05
<b>Erro (b)</b>	3	0,0004	0,11	0,0004	19,15	78,86	0,46	532745,41	0,16	124,15
<b>População (P)</b>	2	0,0003 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	21,69 <sup>ns</sup>	128,82 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1912358,58 <sup>ns</sup>	10,05 <sup>**</sup>	1871,91 <sup>**</sup>
<b>SC x P</b>	2	0,0004 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	14,86 <sup>ns</sup>	106,96 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1857594,33 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	364,65
<b>E x P</b>	2	0,0003 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	270,55 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	156961,3 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1278,26 <sup>**</sup>
<b>SC x E x P</b>	2	0,0011 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	217,08 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	116682,75 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	684,25 <sup>*</sup>
<b>Erro (c)</b>	27	0,0005	0,18	0,0005	10,56	114,90	0,23	1019338,79	0,31	161,34
<b>CVa (%)</b>		2,25	7,39	6,38	3,21	15,42	5,21	13,87	12,55	2,98
<b>CVb (%)</b>		2,74	10,45	9,10	7,02	11,85	8,22	7,95	8,15	10,12
<b>CVc (%)</b>		3,16	13,13	10,32	5,21	14,30	5,85	11,00	11,38	11,53
<b>Média geral</b>		0,76	3,28	0,23	62,36	74,95	8,3	9.180	4,93	110,13

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> e <sup>ns</sup>: significativo a 1% ( $P \leq 0,01$ ), 5% ( $P \leq 0,05$ ) e não significativo pelo teste F, respectivamente. G.L.: graus de liberdade. CVa, CVb e CVc (%): coeficientes de variação da parcela, subparcela e subsubparcela, respectivamente.



FIGURA 1. a) Semeadura do milho safrinha; b) semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás; c) Desenvolvimento inicial de plantas de milho e braquiária. Dourados-MS, 2018.



FIGURA 2. Uso do IRGA na avaliação das trocas gasosas no estágio de florescimento do milho. Dourados-MS, 2018.



FIGURA 3. a) Avaliação da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) na parte superior e b) inferior do dossel utilizando ceptômetro. Dourados-MS, 2018.



FIGURA 4. a) Uso do medidor portátil ClorofiLog na avaliação do índice de clorofila; b) uso do fluorímetro na avaliação da fluorescência da clorofila *a*; c) fluorímetro portátil; d) e e) medição do comprimento e largura da folha para determinação da área foliar por planta. Dourados-MS, 2018.

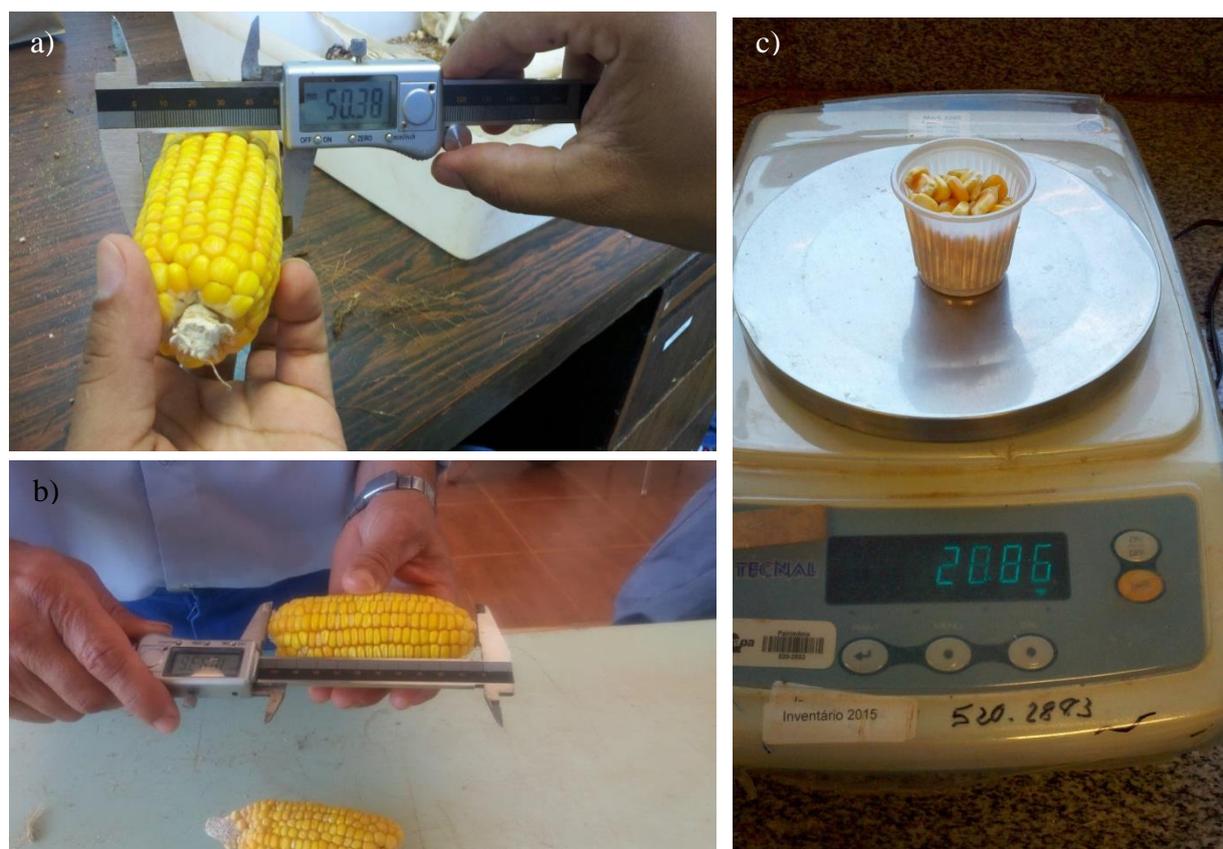


FIGURA 5. a) Medição da largura da espiga com auxílio do paquímetro; b) Medição do comprimento da espiga com auxílio do paquímetro; c) determinação do peso de cem grãos. Dourados-MS, 2018.

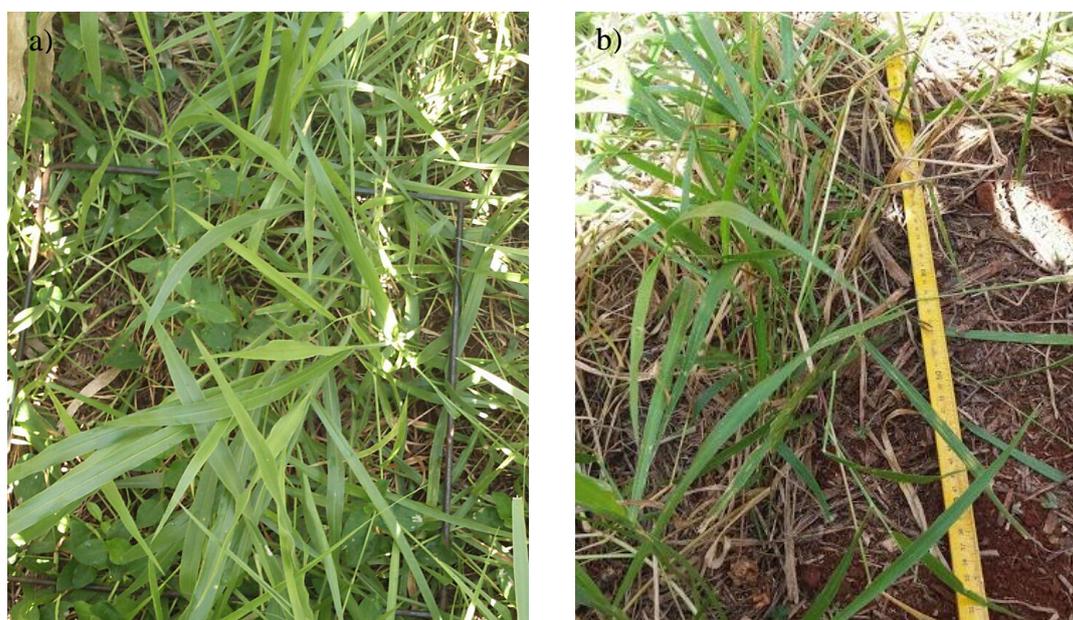


FIGURA 6. a) Amostragem da braquiária com quadrado metálico (0,5 x 0,5 m) no verão; b) amostragem da braquiária na linha (1,0 m) no outono inverno. Dourados-MS, 2018.



FIGURA 7. Comparação entre o comprimento de espigas da população de milho com 45.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 85.000 plantas ha<sup>-1</sup> do experimento conduzido no verão. Dourados-MS, 2018.