



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Almeida Dan, Hugo; Sousa Carrijo, Murilo; Fideles Carneiro, Daniela; de Pinho Costa, Katia
Aparecida; Guerra Silva, Alessandro

Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 32, núm. 4, octubre-diciembre, 2010, pp. 675-679

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026594015>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento

Hugo Almeida Dan^{1*}, Murilo Sousa Carrijo², Daniela Fideles Carneiro², Katia Aparecida de Pinho Costa² e Alessandro Guerra Silva²

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Fazenda Fontes do Saber, Rio Verde, Goiás, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: hugoalmeidadan@yahoo.com.br

RESUMO. O presente trabalho objetivou avaliar a influência do sombreamento sobre o desempenho de cultivares de sorgo granífero. O ensaio foi realizado em casa-de-vegetação, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, correspondendo aos quatro híbridos de sorgo granífero (DKB 599, AG 1040, BRS 308 e AG 1040) submetidos a pleno sol e sombreamento, com três repetições. Determinou-se a altura de planta, área foliar, matéria seca das folhas, caule, raízes e panícula, além do comprimento do pendão e da panícula. Os resultados obtidos permitiram constatar que o ambiente sombreamento proporcionou maior altura de plantas de sorgo, porém menores valores de área foliar. A redução na luminosidade proporcionou ainda maior acúmulo de massa seca de folhas e caule de todas as cultivares avaliadas. Somente a cultivar BRS 308 apresentou estabilidade produtiva indiferente do ambiente cultivado.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, radiação solar, matéria seca, características agronômicas.

ABSTRACT. Performance of grain sorghum plants under shade conditions. This study aimed to evaluate the effects of shading on the performance of cultivars of grain sorghum. The test was conducted in a greenhouse using randomized design in a 4 x 2 factorial scheme, corresponding to the four hybrids of grain sorghum (DKB 599, AG 1040, AG 308, BRS 1040) submitted to a condition with and without shade, all treatments with three replications. We evaluated plant height, leaf area, dry matter of leaves, stems, roots, panicles, and the length of the tassel and panicle. The results show that the shaded environment led to greater height of plant sorghum, but lower values of leaf area. The reduction in brightness provided even greater accumulation of dry mass of leaves and stems of all evaluated cultivar. The BRS 308 showed stable production regardless of growth environment.

Key words: *Sorghum bicolor*, solar radiation, dry matter, agronomic characteristics.

Introdução

A radiação solar é um fator que, por sua ação na fotossíntese, contribui para o aumento do potencial de produção das principais culturas, desde que outros fatores (hídricos, minerais e pragas) não sejam limitantes ao desenvolvimento das plantas (RAO et al., 1998). Quando o crescimento não for limitado por água e nutrientes, a quantidade de biomassa produzida por determinada espécie vegetal é definida pela quantidade de energia radiante que a área foliar das plantas pode interceptar (BLACK; ONG, 2000). Alguns estudos com culturas anuais e perenes têm demonstrado a existência de correlação positiva entre a produção de matéria seca e a interceptação de radiação (ANDRADE et al., 2004).

Damatta (2004) observou que o sombreamento aumentou a assimilação líquida de CO₂ pelas folhas do

cafeeiro e que esse fato se deve ao maior fechamento estomático pela saturação luminosa. Em gramíneas, Andrade et al. (2004) mostraram que as forrageiras marandu e massai apresentam boa tolerância ao sombreamento e alta capacidade produtiva, fato não observado ao avaliar o comportamento do *Paspalum otatum*. Outra espécie forrageira, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, é a mais cultivada no Estado do Acre, a qual tem apresentado melhor desempenho quando cultivada em condições de sombreamento (ANDRADE et al., 2001).

Uma das alterações morfológicas que ocorre nas plantas, quando submetidas a condições de baixa intensidade de radiação, é o alongamento do caule. O sombreamento de plantas, adaptadas ao cultivo em altas intensidades de radiação, induz à alocação de maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento em altura, para possibilitar maior

alongamento dos entrenós, fato que não ocorre nas plantas de sombra (TAIZ; ZEIGER, 2004). Dias-Filho (2002) constatou que o *Brachiaria humidicola* adaptou-se mais facilmente ao sombreamento que a *Brachiaria brizantha*. Estes relatos demonstram que as espécies vegetais apresentam capacidade de adaptação em função da radiação solar incidente sobre as folhas (LARCHER, 2000).

Existem inúmeros trabalhos que apresentam a influência da radiação solar sobre gramíneas cultivadas em sistemas agrossilvipastoril, no entanto poucos estudos têm sido feitos com relação à cultura do sorgo granífero. Esta espécie vegetal apresenta excelente rusticidade e adaptação climática, sendo cultivada em todo o Brasil (COELHO et al., 2002). O sorgo poderia ser uma alternativa em sistemas de consórcio, principalmente com espécies em cultivos florestais. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento vegetativo e algumas características agronômicas de quatro híbridos de sorgo granífero, submetidas ao sombreamento.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no Campus da Faculdade de Agronomia da FESURV - Universidade de Rio Verde, em Rio Verde, Estado de Goiás, localizada na Fazenda Fontes do Saber ($17^{\circ}48' S$, $55^{\circ}55' W$ e altitude de 760 m) no período de fevereiro a maio de 2008. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo AW, caracterizado por climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca no inverno e úmida no verão.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , correspondendo aos quatro híbridos de sorgo granífero (AG 1020, AG 1040, BRS 308 e DKB 599) submetidos a pleno sol e com 50% de sombreamento, com três repetições.

As unidades experimentais foram compostas de vasos de 10 dm^3 de capacidade, preenchidos com Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa, coletado na camada de 0 a 20 cm. As características químicas e físicas da amostra do solo foram: pH em água: 4,4; Ca: $1,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg: $0,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al: $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al: $4,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; K: $65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P: $2,07 \text{ dm}^{-3}$; Cu: $3,7 \text{ dm}^{-3}$; Zn: $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$; CTC: $16,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V: 32,09%; MO: $21,67 \text{ g kg}^{-1}$, Argila 600 g kg^{-1} , Silte 50 g kg^{-1} e Areia 350 g kg^{-1} . A metodologia utilizada para a análise de solo foi a descrita por Silva (1999).

A correção da acidez do solo foi realizada 60 dias antes da semeadura do sorgo, com utilização de 1,78 toneladas ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT

98%). No momento da semeadura, realizou-se uma adubação de base com 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 (forma de super fosfato simples), 40 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) e 20 kg ha^{-1} de nitrogênio (sulfato de amônia). Foram realizadas ainda duas adubações de cobertura, aos 20 e 40 dias após a emergência da cultura, utilizando-se 40 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) e 100 kg ha^{-1} de nitrogênio (sulfato de amônia) seguindo as recomendações de Souza e Lobato (2002).

A irrigação foi realizada de acordo com as necessidades da cultura. As condições climáticas do local foram monitoradas diariamente, estando as médias de temperaturas mínima e máxima e de umidade relativa descritas na Figura 1.

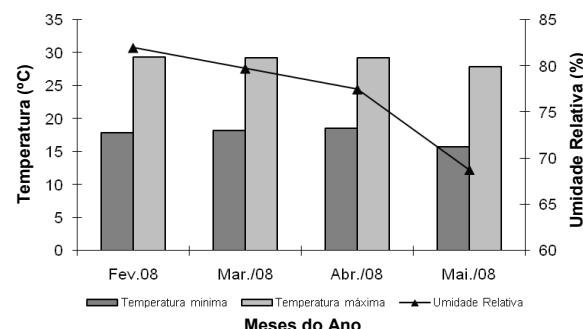


Figura 1. Temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) dos meses de fevereiro a maio de 2008.

Os índices de área foliar e altura de planta foram obtidos durante os estádios fenológicos de V_2 , V_5 , diferenciação floral, floração e maturidade fisiológica. A área foliar foi obtida segundo a metodologia descrita por Júnior et al. (2006). Para altura de planta foi considerada a distância do colo ao final da última folha completamente desenvolvida. Aos 90 dias após a emergência das plântulas, avaliaram-se o comprimento do pendão, da panícula e a produção de massa seca de folhas, caule e raízes. Para estas determinações, separou-se as estruturas vegetativas e reprodutivas da planta, o qual foi submetido à pesagem, seguida de secagem em estufa, com circulação forçada de ar por 72h a 65°C .

Os dados foram submetidos à análise de variância e os resultados significativos pelo teste F foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A análise de variância mostrou diferenças significativas para interação de cultivares x intensidade luminosa, com relação à variável altura de planta. Observa-se na Tabela 1 que a cultivar DKB 599 apresentou menor porte,

quando cultivada no ambiente sombreado, nos estágios fenológicos de V_2 até V_5 , o que não foi constatado nos demais períodos.

Tabela 1. Altura das plantas do sorgo submetido a duas intensidades de luminosidade em função do estádio fenológico da cultura.

Híbridos	Estádios Fenológicos* ¹				
	V_2	V_5	DF	FL	MF
	Altura de planta (cm)				
Pleno sol					
DKB 599	39,06 aA	85,13 aA	101,8 AA	96,83aB	93,83aB
AG 1020	32,50 aA	74,60 abA	91,33 abA	88,33aA	87,00 aB
BRS 308	32,96 aA	71,46 bA	88,83 bA	76,33 bB	74,50 bB
AG 1040	31,53 aA	75,36 bA	98,76 abA	88,16abB	91,83 aB
CV (%)	11,81				
Sombreado					
DKB 599	28,60 aB	68,50 aB	94,83 aA	114,4 aA	103,33 aA
AG 1020	27,03 aA	58,33 aB	83,16 aA	95,66 bA	95,00 aA
BRS 308	27,40 aA	63,36 aA	87,30 aA	96,33 bA	104,66 aA
AG 1040	28,66 aA	67,50 aA	90,43 aA	102,8 abA	100,83 aA
CV (%)	6,49				

* V_2 e V_5 : duas e cinco folhas completamente desenvolvidas; DF: diferenciação floral; FL: floração e MF: maturidade fisiológica. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas para híbridos (dentro de luminosidade) e maiúsculas para luminosidade (comparando cada híbrido), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao atingirem o estádio de diferenciação floral, as plantas de sorgo obtiveram crescimento médio de 9,8 cm dia⁻¹ quando cultivadas em ambiente sombreado, ao passo que, em condições de completa exposição à radiação solar, o crescimento não passou de 7,35 cm dia⁻¹ (média das alturas/ciclo). No estádio de diferenciação floral, os híbridos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) na altura de plantas entre os ambientes de luminosidade. Porém, o híbrido DKB 599 apresentou maior altura em relação ao BR 308, quando cultivado a pleno sol, o que não ocorreu no ambiente sombreado. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o alongamento do caule de plantas cultivadas em condições de sombreamento é consequência dos baixos níveis de irradiação. No entanto, as diferenças nos valores obtidos entre ambos os ambientes não foram suficientes para se promover diferenças expressivas entre os tratamentos a pleno sol.

No estádio da floração, verificou-se que o ambiente sombreado proporcionou maior altura de plantas das cultivares de sorgo (Tabela 1), exceto para o AG 1020, que não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) em relação às outras cultivares. Os maiores valores obtidos no ambiente sombreado podem ser justificados pelo maior estiolamento do limbo foliar e dos internódios da planta. Comportamento semelhante foi observado por Andrade et al. (2004) ao avaliarem a influência do sombreamento sobre o desenvolvimento do capim-massai. Outra consequência da diminuição da radiação solar sobre a fenologia das plantas de sorgo foi o atraso no processo de emissão da panícula e floração (dados não apresentados). Em média, as

plantas cultivadas no ambiente sombreado iniciaram o processo de floração dez dias, quando comparadas com as plantas cultivadas em pleno sol. Schreiner (1987), Castro et al. (1999) observaram que as plantas de *Panicum maximum* submetidas ao sombreamento tiveram a fase de floração atrasada.

Na avaliação da altura de plantas, em cada ambiente no estádio de floração, verificou-se que, a pleno sol, o híbrido BRS 308 apresentou o menor porte, sendo inferior ao DKB 599 e AG 1020, os quais não diferiram entre si (Tabela 1). Quando as plantas foram submetidas ao sombreamento, o BR 308 e o AG 1020 apresentaram menor altura de plantas, sendo inferiores apenas ao DKB 599.

Na maturidade fisiológica, somente o híbrido BRS 308 apresentou menor altura de planta no ambiente na ausência de sombreamento, não havendo diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os híbridos no ambiente sombreado (Tabelas 1). Em geral, pode-se observar que o ambiente sombreado proporcionou plantas de porte mais elevado.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da interação de cultivares x intensidade luminosa para a área foliar. Apenas a intensidade luminosa foi influenciada ($p < 0,05$). Observa-se, na Tabela 2, que, a partir do estádio V_2 , todos os híbridos apresentaram maior área foliar quando cultivados a pleno sol. Esses resultados demonstram maior exigência de luminosidade nessas cultivares. Quando as plantas foram submetidas ao sombreamento, observou-se menor área foliar. Isso pode ser explicado pelo maior gasto das reservas acumuladas na planta, que ocasionou redução do crescimento foliar (PERES, 2005).

Tabela 2. Área foliar da cultura do sorgo submetido a duas intensidades de luminosidade, de acordo com o estádio fenológico.

Híbridos	Estádios Fenológicos* ¹				
	V_2	V_5	DF	FL	MF
	Área foliar (cm ²)				
Pleno sol					
DKB 599	87,73 aA	429,20 aA	1161,16 aA	2061,66 abA	2045,13 abA
AG 1020	55,83 aA	393,90 aA	997,30 aA	1829,90 bcA	1820,46 bcA
BRS 308	58,26 aA	335,36 aA	1003,10 aA	1704,20 cA	1743,66 cA
AG 1040	60,03 aA	407,90 aA	1070,86 aA	2116,16 aA	2123,10 aA
CV (%)	20,48				
Sombreado					
DKB 599	29,90 aB	185,90 aB	404,36 aB	1537,93 aB	1587,70 aB
AG 1020	20,93 aB	134,33 aB	358,73 aB	1366,13 aB	1533,56 aB
BRS 308	28,83 aB	172,16 aB	431,93 aB	1451,80 aB	1592,60 aB
AG 1040	33,70 aB	181,80 aB	483,00 aB	1533,63 aB	1589,23 aB
CV (%)	7,59				

* V_2 e V_5 : duas e cinco folhas completamente desenvolvidas; DF: diferenciação floral; FL: floração e MF: maturidade fisiológica. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas para híbridos (dentro de luminosidade) e maiúsculas para luminosidade (dentro de cada híbrido), não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se avaliou o acúmulo de biomassa nos componentes vegetativos da planta de sorgo, verificou-se que a massa seca de folhas foi

significativamente superior em condições de sombreamento (Tabela 3). Isso se deve à não-quantificação das folhas que se desprenderam das plantas no processo de senescência, já que o material utilizado para quantificação dessa variável foi coletado durante o processo de maturação fisiológica. Este fato pode ser comprovado pela maior área foliar das plantas de sorgo quando cultivadas a pleno sol (Tabela 2), sendo os fotoassimilados partionados para as folhas mais novas, tanto as das folhas que entraram em senescência, como aqueles que foram armazenados no caule.

Em cada ambiente não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) entre os híbridos para o acúmulo de massa seca nas folhas (Tabela 3). Fato semelhante foi observado para o caule, no qual a produção de massa seca foi superior quando submetido a pleno sol (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de massa seca das folhas e raízes da cultura do sorgo submetido a dois tipos de luminosidade.

Híbridos	Massa Seca (g)					
	Folhas		Caule		Raiz	
	Luminosidade (%)					
	Sol	Sombreado	Sol	Sombreado	Sol	Sombreado
DKB 599	6,07 bA	12,97 aA	9,81 bA	24,56 aB	17,96 aA	5,30 bA
AG 1020	6,82 bA	13,39 aA	11,26 bA	33,48 aA	20,03 aA	14,39 aA
BRS 308	8,24 bA	14,24 aA	14,31 bA	32,05 aB	19,70 aA	11,28 aA
AG 1040	6,68 bA	12,44 aA	9,11 bA	25,17 aB	18,69 aA	10,44 aA
CV (%)	-----	14,00 -----	-----	12,25 -----	-----	48,3 -----

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula (híbrido dentro de luminosidade) na coluna e minúscula (luminosidade dentro de híbridos) na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os demais híbridos de sorgo, não foi verificado efeito significativo ($p > 0,05$) entre o acúmulo de massa seca nos dois ambientes estudados. Com relação ao acúmulo de massa seca no sistema radicular das plantas de sorgo, observa-se, na Tabela 3, que somente o híbrido DKB 599 mostrou maiores valores a pleno sol. Peres (2005) relata que a menor quantidade de acúmulo de massa seca nas raízes em condições de baixa luminosidade pode ser justificada pela alocação de fotoassimilados para o crescimento do caule. Dias-Filho (2002) verificou menores acúmulos de massa seca das raízes para as *Brachiaria brizantha* e *B. humidicola*. Para os demais híbridos de sorgo, não foi verificado efeito significativo ($p > 0,05$) entre o acúmulo de massa seca nos dois ambientes estudados.

Avaliando-se o comprimento do pendão, observa-se, na Tabela 4, que apenas os híbridos AG 1020 e AG 1040 foram influenciados ($p < 0,05$) pelos tipos de luminosidades. Os maiores valores foram verificados nas condições de pleno sol, mostrando que, nessa fase de desenvolvimento do pendão, essas cultivares exigem maior luminosidade.

Tabela 4. Comprimento do pendão e da panícula e os valores de massa seca do órgão reprodutivo da planta de sorgo submetido aos dois ambientes.

Híbridos	Comprimentos (cm)				Massa Seca (g)	
	Pendão		Panícula		Panícula	
	Luminosidade (%)				Sol	Sombreado
	Sol	Sombreado	Sol	Sombreado	Sol	Sombreado
DKB 599	46,66 aA	44,66 aA	21,16 bA	24,50 aA	14,04 aA	9,48 cB
AG 1020	43,16 aB	36,00 bA	20,16 aA	19,16 aA	9,84 aA	9,01 cA
BRS 308	57,66 aA	54,16 aA	24,33 aA	23,66 aA	11,72 aB	19,06 aA
AG 1040	43,83 aB	47,00 bA	20,16 aA	18,66 aA	11,89 aA	13,08 bB
CV (%)	-----	7,88 -----	-----	8,16 -----	-----	20,56 -----

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula (híbrido dentro de luminosidade) na coluna e minúscula (luminosidade dentro de híbridos) na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução no comprimento do pendão no ambiente sombreado não influenciou ($p > 0,05$) na produção de massa seca da panícula dessas cultivares. Apenas o DKB 599 foi influenciado, quando submetido a pleno sol (Tabela 4). O comprimento da panícula mostrou estar inversamente relacionado com a produção de massa seca da panícula do híbrido em questão.

Em condições de sombreamento, o DKB 599 apresentou maior comprimento de panícula, porém, menor produção de massa seca do pendão, mostrando que o sombreamento afetou negativamente o rendimento. Nesse mesmo ambiente, somente o BRS 308 apresentou maior acúmulo de massa seca na panícula em relação aos demais híbridos, não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre os ambientes onde foi cultivado. Segundo Larcher (2000), em função da radiação incidente, algumas espécies de plantas apresentam capacidade de adaptação durante o desenvolvimento. Fato semelhante foi observado por Dias-Filho (2002), o qual verificou que as espécies de plantas capim-marandu e do capim-quicuio-da-amazônia, em condições de sombreamento artificial, são capazes de ajustar o comportamento fotossintético em condições de sombreamento. Os demais tratamentos apresentaram reduções significativas com relação ao peso seco da panícula, quando cultivados em ambientes sombreados.

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que existem cultivares de sorgo com maior capacidade de se adaptar em condições de sombreamento. É possível que novos estudos na seleção de genótipos possam selecionar maior número de características desejáveis a estas condições. Segundo Basso et al. (2009), estimativas de correlação genética entre caracteres de genótipos permitem tomada de decisões sobre quais caracteres devem ser empregados na seleção multicaracterística, a fim de se facilitar e agilizar o processo de seleção de cultivares.

Conclusão

Os resultados obtidos permitiram constatar que o ambiente sombreado proporcionou maiores alturas de plantas de sorgo, porém menores valores de área foliar. A redução na luminosidade proporcionou maior acúmulo de massa seca de folhas e caule em todas as cultivares avaliadas. Somente a cultivar BRS 308 apresentou estabilidade produtiva indiferente do ambiente cultivado.

Referências

- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na Região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1178-1185, 2001.
- BASSO, K. C.; RESENDE, M. C. S.; VALLE, C. B.; GONÇALVES, M. C.; LEMPP, B. Avaliação de acessos de *Brachiaria brizantha* Stapf e estimativas de parâmetros genéticos para caracteres agronômicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 17-22, 2009.
- BLACK, C.; ONG, C. K. Utilization of light and water in tropical agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 104, n. 1, p. 25-47, 2000.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja doutor do seu sorgo**. Piracicaba: Potafós, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).
- DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Fields Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004.
- DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.
- JÚNIOR, P. A. B.; NETO, D. D.; BERNARDES, M. S.; FANCELLI, A. L.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N. Metodologia para estimativa da área foliar de genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 182-191, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.
- PERES, C. A. Why we need megareserves in Amazonian forests. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 728-733, 2005.
- RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1-3, p. 3-50, 1998.
- SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 15, p. 61-72, 1987.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 1999.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Received on October 20, 2008.

Accepted on April 21, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.