

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SORGO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS

DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF SORGHUM IN FUNCTION OF DIFFERENT DENSITIES OF PLANTS

Thiago Gledson Rios TERRA¹; Tarcísio Castro Alves de Barros LEAL²;
Susana Cristina SIEBENEICHLER²; Diogo Vieira CASTRO¹;
Justino José DIAS NETO¹; Liamar Maria DOS ANJOS¹

1. Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil. tterra@uft.edu.br; 2. Doutor em Fitotecnia, Professor adjunto da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, TO, Brasil.

RESUMO: Tendo em vista a atual e crescente importância da cultura do sorgo no Brasil, e que a mesma pode ser cultivada em condições edafoclimáticas desfavoráveis a outros cereais, procurou-se avaliar o efeito de diferentes densidades de plantio do sorgo na produção de massa seca, ao longo do ciclo da cultura. O experimento foi desenvolvido no *Campus* de Gurupi-TO, pertencente à Universidade Federal do Tocantins, em delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições. Foram utilizadas quatro densidades de cultivo: 140, 200, 260 e 320 mil plantas por hectare. As avaliações, espaçadas de dez dias entre si, foram efetuadas durante todo o ciclo das plantas. Verificou-se que a massa seca do sorgo nas parcelas com maiores densidades de plantas foi intimamente relacionada com a massa seca do colmo. Nas menores densidades, observou-se maiores pesos de massa seca por planta, apresentando, no entanto, menor peso por área. As maiores produtividades foram verificadas nos tratamentos com menor densidade de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor* L. Densidade. Fotossíntese. Massa seca. Produção.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) tem aumentado consideravelmente sua produção nos últimos tempos no Brasil, onde muito desse incremento se deve à expansão da área plantada, ao emprego de novas técnicas de cultivo e ao uso de genótipos mais produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas de plantio. Nos últimos cinco anos, o sorgo parece ter encontrado seu nicho de mercado, fato importante para alavancar o processo produtivo, consolidando sua posição de cultura alternativa ao milho na produção de vários subprodutos. Outro fato que tem contribuído para a expansão da cultura no Brasil é que o sorgo pode ser cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica (RIBAS, 2007; BERENGUER; FACI, 2001).

O sorgo é uma planta C4 de dias curtos, e é, dentre as espécies utilizadas na alimentação humana, uma das mais versáteis e mais eficientes, do ponto de vista fotossintético, sendo uma planta tolerante às altas temperaturas e ao estresse hídrico (BERENGUER; FACI, 2001). Durães et al. (2005), relatam que o entendimento e a utilização de características secundárias, a exemplo de parâmetros de trocas gasosas, podem orientar pesquisadores e técnicos na recomendação de cultivares e de práticas de manejo da cultura. Dentre essas práticas podemos citar a densidade de plantas (número de plantas por

área), uma vez que a competição intra-específica não venha afetar negativamente a produção de fotoassimilados, que pode ser estimada pelas trocas gasosas, onde o aumento na liberação de O₂ provoca um aumento proporcional na produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Devido à competição pelos mesmos nichos de crescimento, as plantas podem sombrear-se mutuamente, diminuindo a produção de fotossintatos. A síntese, translocação, partição e acúmulo de produtos fotoassimilados na planta são controlados geneticamente e influenciados por fatores do ambiente, como CO₂, luz, temperatura, aparato foliar, nutrientes e condição hídrica. Quando se tem um número de plantas por área superior ao recomendado, pode-se ter perdas na cadeia produtiva da cultura devido à competição intra-específica, principalmente por espaço físico, nutrientes e água. Durante períodos de deficiência de água do solo, a capacidade da cultura em extrair água depende da distribuição e da profundidade do seu sistema radicular (DARDANELLI et al., 2004). Dependendo da densidade de plantas na área, a distribuição e a profundidade das raízes podem variar consideravelmente, podendo ocorrer estresse por deficiência hídrica em períodos de tempo mais curtos induzido pela competição entre as raízes, podendo levar a perdas na produção.

Vários estudos são realizados a fim de se estabelecer a densidade de plantas ideal para cada espécie ou até mesmo para diferentes cultivares, de

modo a proporcionar maior produtividade, em determinada condição ambiental. Segundo Pereira (1989), a inexistência de competição entre plantas vizinhas permite a obtenção da produtividade máxima por planta cultivada, embora esta seja baixa por área e, à medida que se aumenta a competição intra-específica, observa-se relação negativa entre o número de plantas e a produtividade por planta. A produtividade máxima será obtida com o decréscimo da produtividade por planta compensado pelo maior número de indivíduos por área (LOPES et al. 2005), ou seja, aumenta-se o número de plantas até se ter queda na produtividade, onde neste ponto será o número de plantas otimizado para a situação.

Informações sobre densidades ideais de plantas são essenciais para a tomada de decisão em situações especiais de cultivo visando manter ou até aumentar a produtividade da cultura. Assim, este trabalho teve como objetivo principal avaliar os

efeitos de quatro densidades de plantio do sorgo granífero na produção de massa seca por planta e produtividade, nas condições de cerrado sul-tocantinense.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na estação experimental do *Campus* de Gurupi – TO, pertencente à Universidade Federal do Tocantins - UFT, localizado a 11°43'S e 49°04'W, a 280 m de altitude, em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura arenosa, tendo sido conduzido no período de dezembro de 2006 a março 2007. Pela classificação de KÖPPEN, o clima é Aw, com temperatura média anual próxima de 26°C e pluviosidade média anual de 1.600 mm. Na Figura 1, observam-se os dados pluviométricos (mm) e de temperaturas máximas e mínimas (°C), registrados durante a execução do experimento.

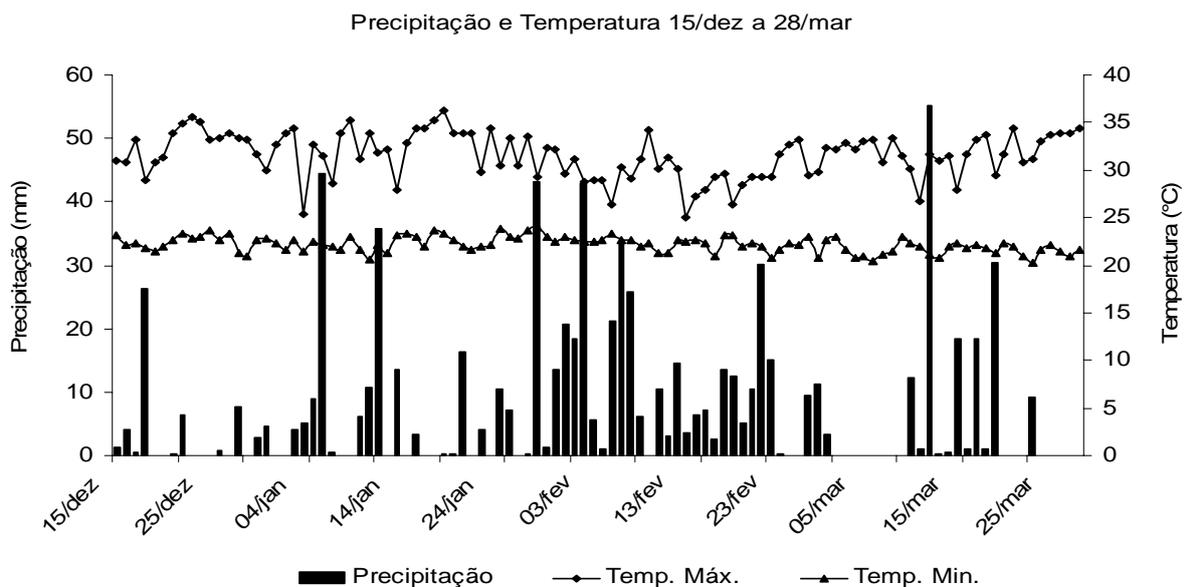


Figura 1: Precipitação (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) registrados no período que se estenderam as avaliações de campo do experimento (de 15 de dezembro 2006 a 28 de março de 2007), na cidade de Gurupi - Tocantins.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro densidades de plantio, a saber: 140, 200, 260 e 320 mil plantas ha⁻¹. A cultivar de sorgo utilizada foi a BRS 310, em sistema de plantio convencional. As coletas de material para as avaliações foram feitas em oito datas ao longo do ciclo da cultura.

O preparo de solo para plantio do sorgo constou de sulcamento e a adubação de plantio, segundo a recomendação com base em resultados da

análise de solo (Tabela 1), foi de 400 kg/ha da formulação 04-14-08 (N-P-K, respectivamente). A adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio, foi realizada aos 35 dias após o plantio (dap).

O sorgo foi plantado manualmente, fazendo-se um desbaste dez dias após, adequando-se as unidades experimentais de acordo com as densidades sugeridas para estudo. Cada parcela foi constituída por uma área de 9,00 m², sendo quatro linhas com 5,00 m de comprimento, espaçadas de

0,45 m, considerando-se como área útil da parcela os 4,00 m centrais das duas linhas centrais, estando a área de cada parcela acima do tamanho mínimo

(3,2 m²) sugerido por Lopes et al (2005) para a variável produtividade de grãos.

Tabela 1. Resultados da análise de solo da área experimental, realizada em novembro de 2006

Análise de solo							
cmol dm ⁻³				mg dm ⁻³ (ppm)		(%)	
Ca	Mg	Al	K	K	P(mel)	Mat.Org.	pH
1,75	1,29	0,30	0,116	45,3	2,6	3,0	5,3

Para avaliação da massa seca da parte aérea, a planta de sorgo foi dividida em folha, colmo e panícula, onde o somatório dos valores constituiu a massa seca total da parte aérea. As coletas para avaliação tiveram início aos 20 dap, sendo efetuadas a cada 10 dias até a finalização do ciclo da cultura, retirando-se cinco plantas aleatoriamente por parcela em cada avaliação, tomando-se o cuidado de não coletar aquelas que poderiam ter sido influenciadas ambientalmente por coleta anterior de planta vizinha.

Após coletadas, as plantas foram divididas, separando-se folhas, colmos e panículas, deixando-se as bainhas anexadas aos colmos, para determinação da massa seca. Cada parte da planta foi colocada em saco de papel separado, devidamente identificado, e levado à estufa de circulação forçada, para secagem a 68° C por 72 horas. As partes das plantas foram pesadas em balança com precisão de 0,001g.

A estimativa da área foliar foi realizada retirando-se amostras com área conhecida (discos com 15mm de diâmetro interno), tendo-se retirado dez discos de cada unidade experimental por coleta. Em seguida, os discos foram secos em estufa de acordo com os procedimentos e cuidados anteriores. Após secagem e pesagem, as massas secas dos discos foram relacionadas com a massa seca das folhas, estimando-se, desta forma, a área foliar total.

Ao final do ciclo reprodutivo da cultura, foi quantificado o rendimento de grãos em função dos tratamentos aplicados, sendo estes pesados com o teor de umidade de 13 %, após submetido ao processo de secagem.

Para as análises dos resultados obtidos utilizou-se regressão polinomial quadrática, aplicando-se o coeficiente de correlação R², verificando-se sua significância através do teste t ao nível de 5% de probabilidade. Para as médias de produção e produtividade utilizou-se a análise de variância e quando necessário o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Área foliar

Segundo Rodrigues e Leite (1999), a área foliar é parâmetro fundamental em uma planta, e a análise de sua resposta em face de determinado estímulo ambiental é, dentre outros fatores, imprescindível, pois as respostas obtidas no crescimento são reflexo do incremento da área foliar. Foi observado que as menores densidades de plantio (140000 e 200000 plantas ha⁻¹) resultaram em acréscimos expressivos de áreas foliares (Figura 2), ou seja, quanto menor a densidade de plantio maior a área foliar da planta. Essas densidades apresentaram, ainda, curva com maior inclinação que as maiores densidades durante o ciclo da cultura, havendo correlação significativa (P<0,05).

A constatação da maior área foliar nos tratamentos de menor densidade de plantas pode estar relacionada com a redução do auto-sombreamento, havendo incidência de luz mais expressiva sobre as folhas, favorecendo sua atividade fotossintética, aumentando, conseqüentemente, a produção de carboidratos. De acordo com Magalhães et al (2007), os valores de área foliar decrescem apenas quando se inicia o estágio EC3.

É oportuno ressaltar a existência da relação inversa entre área foliar e taxa de acúmulo de massa seca quando há auto-sombreamento. Os resultados obtidos estão de acordo com as teorias fisiológicas estabelecidas, nas quais o auto-sombreamento reduz a atividade fotossintética do dossel da planta (KERBAUY, 2004).

Massa seca das folhas

Assim como observado para área foliar o acúmulo de massa seca das folhas por planta foi maior nas menores densidades (140.000 e 200.000 plantas ha⁻¹), como mostrado na Figura 3.

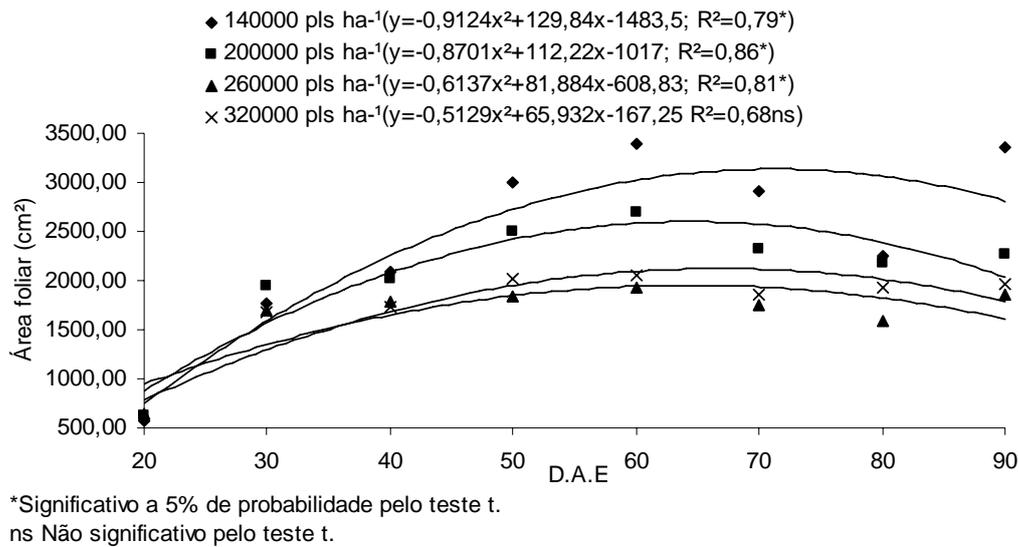


Figura 2. Área foliar de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivadas em quatro densidades ao longo do ciclo de crescimento (dias após a emergência – DAE) na estação experimental do *Campus* de Gurupi/ UFT, safra 2006/07.

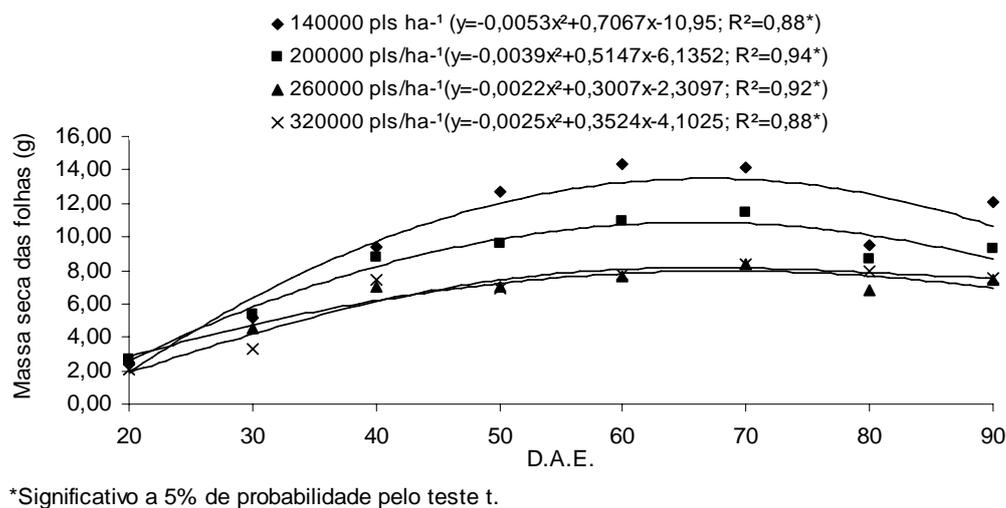


Figura 3. Massa seca das folhas (em gramas planta⁻¹) de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivadas em quatro densidades ao longo do seu ciclo de crescimento (dias após a emergência – DAE) na estação experimental do *Campus* de Gurupi/ UFT, safra 2006/07.

Isto também pode ser justificado pela menor competição por luz e nutrientes, resultando em maior taxa fotossintética, o que ocasiona um acúmulo de carboidratos transformados em massa seca nas folhas. Comparando-se os valores de massa seca das folhas entre as densidades de plantio, ao longo do ciclo da cultura, observa-se que, para maiores densidades (260.000 e 320.000 plantas/ha) os valores são pouco distintos e com ângulo de inclinação menor, apresentando correlação significativa ($P < 0,05$) com as épocas de coleta. Enquanto que, para as menores densidades (140.000 e 200.000 plantas/ha), os valores aumentam

nitidamente nas folhas até o início do estágio reprodutivo, decrescendo posteriormente. Esse fato talvez possa estar relacionado ao redirecionamento dos fotoassimilados para o enchimento dos grãos. Essa redução observada em menores densidades no período de 70 a 90 dae (dias após a emergência), o qual corresponde ao estágio EC3 (MAGALHÃES et al., 2007), pode ser devida também à má distribuição de chuvas nessa época, como demonstrado no gráfico de pluviosidade (Figura 1).

Na primeira coleta, aos 20 dae, que corresponde ao estágio EC1 (Magalhães et al., 2007), não há distinção entre os tratamentos, uma

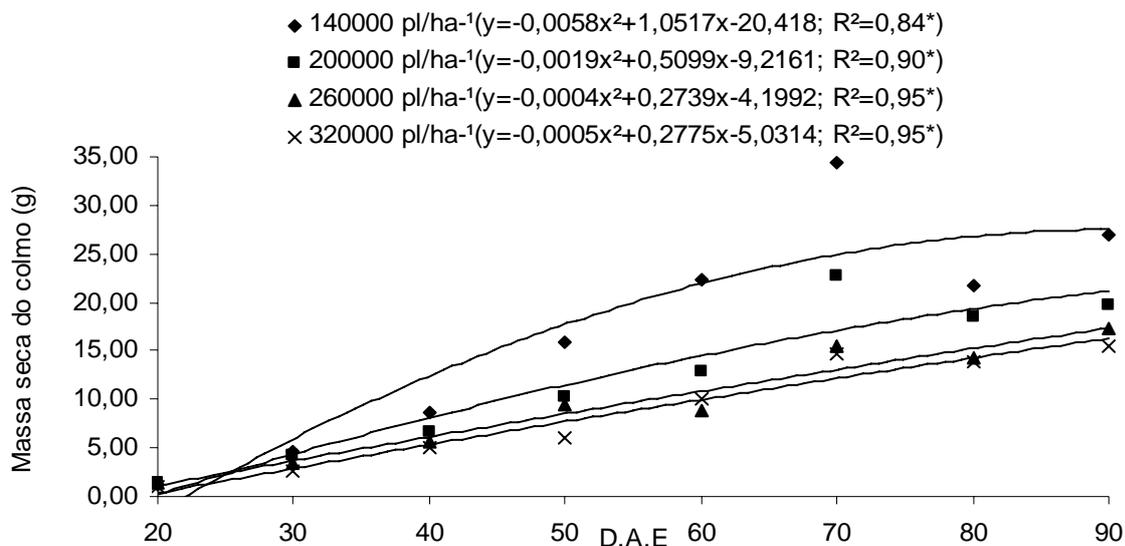
vez que neste período, por se tratar de plantas pequenas, não ocorria o auto-sombreamento entre as mesmas. A partir da segunda coleta as diferenças entre os tratamentos tornam-se mais nítidas ao longo do ciclo da cultura do sorgo.

Massa seca do colmo

Na planta de sorgo, o colmo é um local de armazenamento de carboidratos que não foram consumidos no processo de respiração para formação de ATP (KERBAUY, 2004). Os resultados do acúmulo de massa seca do caule (Figura 4) evidenciam um padrão de resposta

comum aos anteriores em se tratando das densidades analisadas.

Com exceção da menor densidade de plantio (140000 plantas ha^{-1}), os valores permanecem crescentes durante todo o ciclo da cultura com correlação altamente significativa ($P < 0,05$). Talvez o auto-sombreamento provocado pelas maiores densidades tenha impedido que houvesse um acúmulo suficiente de massa seca para a planta ao longo do seu ciclo, conseqüentemente contribuindo para que não houvesse redução de massa do colmo ao final do ciclo reprodutivo, como foi observado no tratamento de menor densidade.



*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Figura 4. Massa seca do colmo (em gramas planta⁻¹) de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivadas em quatro densidades ao longo do seu ciclo de crescimento (dias após a emergência - DAE) na estação experimental do Campus de Gurupi/ UFT safra 2006/07.

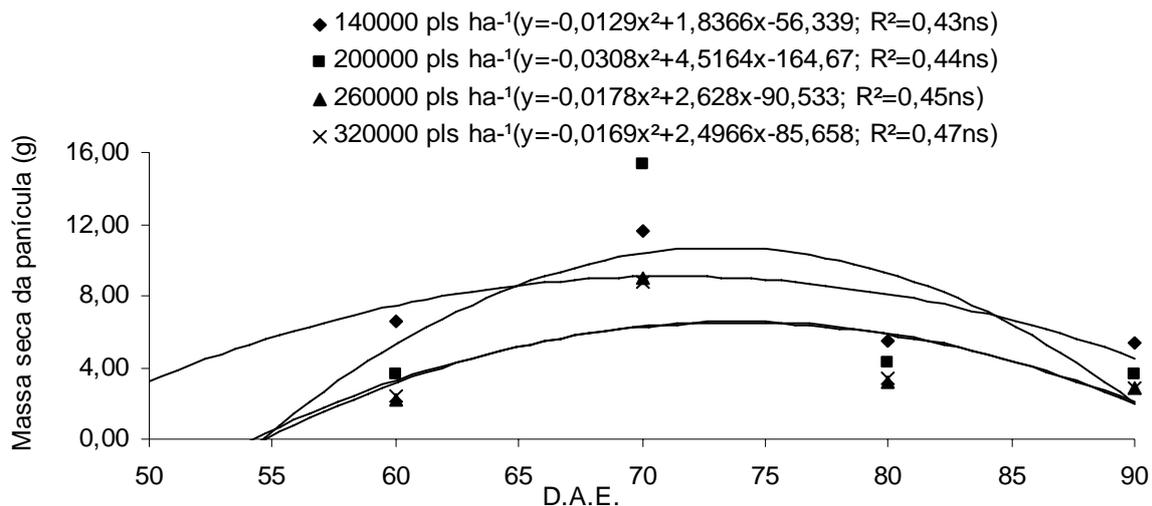
No tratamento de menor densidade de plantio (140000 plantas ha^{-1}) nota-se uma inclinação da curva a partir dos 80 dae, que corresponde ao estágio EC3 (MAGALHÃES et al., 2007), apresentando correlação significativa ($P < 0,05$) e com R^2 menor que as maiores densidades. Uma justificativa seria a ocorrência de um redirecionamento de carboidratos para os grãos, no período reprodutivo, necessário para haver acúmulo de fotoassimilados nesta parte da planta.

Massa seca da panícula

A diferença de produção de massa seca da panícula de sorgo entre as densidades de plantio é nítida, desde o início do estágio reprodutivo do sorgo. Nas menores densidades, aos 60 dae,

ocorreram os maiores incrementos de massa seca da panícula, prosseguindo até ao período de 70 dae sendo este intervalo correspondente ao período de florescimento EC3 (MAGALHÃES et al., 2007) a partir do qual ocorreu um declínio nos valores de massa seca da panícula, em todos os tratamentos. Esta redução está relacionada com o ataque de pássaros na área experimental.

Verificou-se que, a massa seca das panículas das plantas cultivadas com maiores densidades de plantas foram sempre menores e similares entre si que as das plantas em menores densidades (Figura 5). Observa-se ainda, que não houve correlação significativa ($P > 0,05$) em nenhuma das densidades de plantio ao longo do ciclo de desenvolvimento.



ns Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

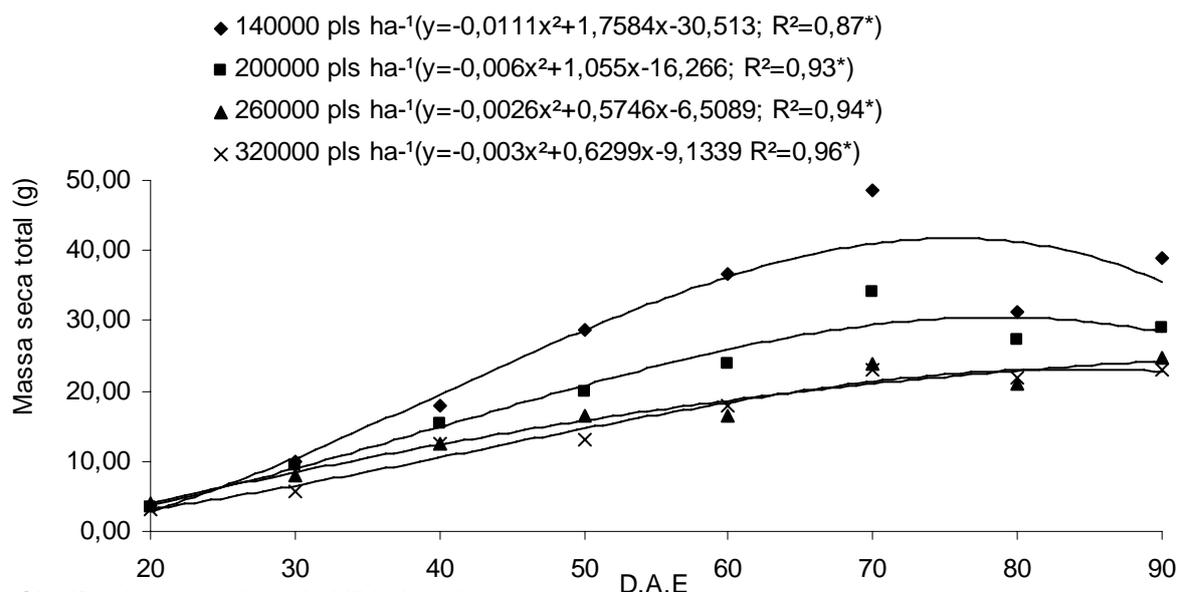
Figura 5. Massa seca da panícula por planta (em gramas planta⁻¹) de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivadas em quatro densidades ao longo do ciclo de crescimento (dias após a emergência - DAE) na estação experimental do Campus de Gurupi/ UFT safra 2006/07.

Massa seca total

As respostas dos tratamentos, para o parâmetro de massa seca total, reafirmam o que já foi observado com relação ao acúmulo de massa seca da folha e do colmo.

Na Figura 6 é mostrado que o máximo de acúmulo de massa seca total alcançada pelas plantas submetidas a diferentes densidades, foi em torno dos 70 a 80 dae o que corresponde à fase de desenvolvimento EC3 (MAGALHÃES et al., 2007),

após o qual tendeu a uma redução nas plantas com menor densidade de plantio, sendo que o incremento, na massa seca total, foi crescente entre 20 e 70 dae, o que representa o período de estabelecimento da planta até seu florescimento (MAGALHÃES et al., 2007). Com relação ao incremento de massa seca por planta, verificaram-se valores sempre maiores nas plantas com menores densidades.



*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Figura 6. Acúmulo de massa seca total em gramas por planta de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivadas em quatro densidades ao longo do ciclo de crescimento (dias após a emergência - DAE) na estação experimental do Campus de Gurupi/ UFT safra 2006/07.

Produção e Produtividade

Na Tabela 2 é apresentada a análise de variância para a variável produção em função das densidades de plantio utilizadas.

Tabela 2. Análise de variância da variável produção.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fcalc.
Bloco	4	36,27148	9,06787	
Tratamento	3	444,6383	148,2128	12,8776**
Resíduo	12	138,1123	11,50936	
Total	19	619,0221		

CV (%) 16,53

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Nota-se, pelo teste F ($P < 0,01$), que houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos para a produtividade, sendo apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Produção por planta em função de densidades de plantio.

Plantas ha ⁻¹	Produção (g planta ⁻¹)	
140000	28,4636	a
200000	19,474	ab
260000	17,7996	b
320000	16,3568	b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Apesar da maior produção individual (g planta⁻¹) ter sido verificada nos tratamentos de menor densidade de plantas (140 e 200 mil plantas por hectare), quando se tem a contribuição das

plantas para produtividade nota-se que não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Análise de variância para a variável produtividade

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fcalc.
Bloco	4	2814083	703520,7	
Tratamento	3	5850727	1950242	2,0661ns
Resíduo	12	11327053	943921,1	
Total	19	19991863		

CV (%) 21,90

ns Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As produtividades médias obtidas em decorrência da aplicação de cada tratamento foram de: 3985 389, 4628 e 5234 kg ha⁻¹ para 140, 200, 260 e 320 mil plantas por hectare, respectivamente, não apresentando portanto, diferenças significativas ($P > 0,05$).

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Berenguer e Faci (2004), estudando o efeito da densidade de plantas de sorgo, onde os autores não encontraram diferenças significativas entre as densidades. No entanto, eles ressaltam que a maior produtividade foi encontrada no tratamento de maior densidade de plantas.

CONCLUSÕES

A maior produção de matéria seca por planta ocorreu nas menores densidades de plantio devido a uma menor competição intra-específica.

O acúmulo de massa seca total nas plantas sob menores densidades está diretamente relacionado aos seus respectivos acúmulos de massa seca do colmo.

As menores densidades de plantio apresentaram as maiores produções, todavia, não foi observado diferenças significativas quando se trata de produtividade, podendo o sorgo, ter capacidade de compensar a produtividade nessas condições com maior produção por planta.

ABSTRAT: In view of the current and increasing importance of the culture of sorghum in Brazil, and that the same one can be cultivated in not favorable of the soil and clima conditions to other cereals, it was objectified to evaluate the effect of different densities of plantation of sorghum in the production of dry mass, to the long one of the cycle of the culture. The experiment was developed in the *campus* of Gurupi of the Federal University of the Tocantins in delineation of blocks to perhaps with five repetitions. Four densities of culture had been used: 140, 200, 260 and 320 one thousand plants for hectare. The evaluations had been effected during all the cycle, spaced per ten days. The dry mass of the biggest densities of plantation intimately is related with the dry mass of colmo. The lesser densities had produced the biggest weights of dry mass for plant, however, when surpassed for area it was lesser. How much to the productivity, the greater had been found in the treatments of lesser density.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor* L., Density. Photosynthesis. Dry mass. Production.

REFERÊNCIAS

- BERENQUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**. v. 15, p. 43-55, 2001.
- DARDANELLI, J. L.; RITCHIE, J.T.; CALMON, M.; ANDRIANI, J. M.; COLLINO, D. J. An empirical model for root water uptake. **Field Crops Research**. v. 87, p. 59-71, 2004
- DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; GOMES E GAMA, E. E.; OLIVEIRA, A. C. de, Caracterização fenotípica de linhagens de milho quanto ao rendimento e à eficiência fotossintética, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2005, Disponível em: <http://www.abms.org.br/revista/PDF/ArtigoI.pdf>, Acesso em: 24/04/2008
- KERBAUY, G. B., **Fisiologia Vegetal**, Guanabara Koogan S. A., Rio de Janeiro, 2004, 452 pag.
- LOPES, S. J.; STORCK, L.; LÚCIO A. D.; LORENTZ, L. H.; LOVATO, C.; DIAS, V. de O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 525-530, jun. 2005, Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n6/24829.pdf>, Acesso em: 24/04/2008
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia, **Cultivo do Sorgo**, Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção 2, Versão Eletrônica, 3ª edição Nov./2007, Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_3ed/ecofisiologia.htm, Acesso em: 25/04/2008
- PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41, n. 1, p. 5-11. 1989
- RIBAS, P. M. Importância econômica, **Cultivo do Sorgo**, Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção 2, Versão Eletônica, set. 2007, Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>, Acesso em: 22/04/2008
- RODRIGUES, E. F.; LEITE, I. C.; Crescimento de genótipos de sorgo plantados nos sentidos norte-sul e leste-oeste, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 173-179, fev. 1999, Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8725.pdf>, Acesso em: 25/04/2008
- TAIZ L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, Tradução de: Elaine R. Santarém, [et al.], 3ª ed., Porto Alegre, Artimed, 2004, 719 pág.