

Análise de crescimento da rebrotação de híbridos de sorgo para pastejo a espaçamentos entre linhas

Growth analysis of grazing sorghum hybrids at row spacing

Análisis de crecimiento del rebrote de híbridos de sorgo para pastoreo en distancia entre hileras

Recebido: 16/07/2023 | Revisado: 23/07/2023 | Aceitado: 23/07/2023 | Publicado: 27/07/2023

Thiago Martins dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6459-7937>
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil
E-mail: tmdsantos@gmail.com

Perlon Maia dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7592-342X>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: perllon_zoo@yahoo.com.br

Vera Lúcia de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7132-2838>
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil
E-mail: veraluciaaraujo@yahoo.com

José Geraldo Donizetti dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5818-9158>
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil
E-mail: jgsantos@mail.uft.edu.br

Ana Flavia Gouveia de Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9315-1059>
Universidade do Tocantins, Brasil
E-mail: flaviazootec@hotmail.com

Antonio Clementino dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7943-7923>
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil
E-mail: clementino@uft.edu.br

Resumo

Com o objetivo de analisar o crescimento de dois híbridos de sorgo (BRS 800 e CMSXS 766), cultivados sob diferentes espaçamentos entre plantas, em área de pastejo no norte do Tocantins. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2x4, com dois híbridos de sorgo para pastejo (BRS 800 e CMSXS 766), quatro espaçamentos (15, 30, 45 e 60 cm) e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os dois híbridos analisados são resultantes do cruzamento de sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com sorgo-sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) e apresentam aptidão para pastejo. As avaliações constaram de: Taxa de crescimento de cultura (TCC), taxa de acúmulo de folhas (TAcF), taxa de acúmulo de colmo (TAcC), relação folha colmo (FC), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), e área foliar específica (AFE). Como resultado, o híbrido de sorgo para pastejo quando plantados de forma adensada (800.000 mil plantas por hectare) aumentaram a produtividade e o CMSXS 766 foi o mais produtivo nas condições do experimentais utilizadas. Os híbridos de sorgo BRS 800 e CMSXS 766 são viáveis no Estado do Tocantins podendo ser aproveitados até a terceira rebrotação.

Palavras-chave: Adensamento de plantas; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.

Abstract

With the objective of analyzing the growth of two sorghum hybrids (BRS 800 and CMSXS 766), cultivated under different spacing between plants, in a grazing area in the north of Tocantins. The experimental design was in randomized blocks, in a 2x4 factorial arrangement, with two sorghum hybrids for grazing (BRS 800 and CMSXS 766), four spacings (15, 30, 45 and 60 cm) and four replications, totaling 32 experimental units. The two hybrids analyzed are the result of crossing grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) with Sudan sorghum (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) and are suitable for grazing. The evaluations consisted of: crop growth rate (TCC), leaf accumulation rate (TAcF), stem accumulation rate (TAcC), leaf-to-stem ratio (FC), leaf area ratio (RAF), weight ratio (RPF), and specific leaf area (AFE). As a result, the sorghum hybrid for grazing when planted in a dense way (800,000 thousand plants per hectare) increased productivity and CMSXS 766 was the most productive under the experimental conditions used. The sorghum hybrids BRS 800 and CMSXS 766 are viable in the State of Tocantins and can be used up to the third regrowth.

Keywords: Plant density; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.

Resumen

Con el objetivo de analizar el crecimiento de dos híbridos de sorgo (BRS 800 y CMSXS 766), cultivados bajo diferente espaciamento entre plantas, en un área de pastoreo en el norte de Tocantins. El diseño experimental fue en bloques al azar, en arreglo factorial 2x4, con dos híbridos de sorgo para pastoreo (BRS 800 y CMSXS 766), cuatro espaciamentos (15, 30, 45 y 60 cm) y cuatro repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales. Los dos híbridos analizados son el resultado del cruce de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con sorgo sudanés (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) y son aptos para pastoreo. Las evaluaciones consistieron en: tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de acumulación de hojas (TAcF), tasa de acumulación de tallo (TAcC), relación hoja-tallo (FC), relación de área foliar (RAF), relación de peso (RPF) y área foliar específica (AFE). Como resultado, el híbrido de sorgo para pastoreo al sembrarse en forma densa (800.000 mil plantas por hectárea) incrementó la productividad y CMSXS 766 fue el más productivo en las condiciones experimentales utilizadas. Los híbridos de sorgo BRS 800 y CMSXS 766 son viables en el Estado de Tocantins y pueden ser utilizados hasta el tercer rebrote.

Palabras clave: Densidad de plantación; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.

1. Introdução

Existem vários híbridos disponíveis e oferecidos por empresas do setor, principalmente desenvolvidos pela Embrapa. Por exemplo, os híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BR 506 encontram-se no mercado há algum tempo. O híbrido CMSXS 762 foi desenvolvido para atender aos anseios dos produtores, com boas opções para produção de volumoso de melhor qualidade (Rodrigues Filho et al., 2006).

Apesar da potencialidade dos híbridos BRS 610, BR 700 e BR 506, a expansão da área cultivada de sorgo como planta forrageira para pastejo tem sido lenta, principalmente pelas práticas incorretas de cultivo, o que compromete a sua produtividade e desestimula os produtores. O potencial de produção de uma planta é determinado geneticamente, porém, para que esse potencial seja realizado, devem existir condições adequadas de temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de nutrientes e manejo (Fagundes et al., 2005).

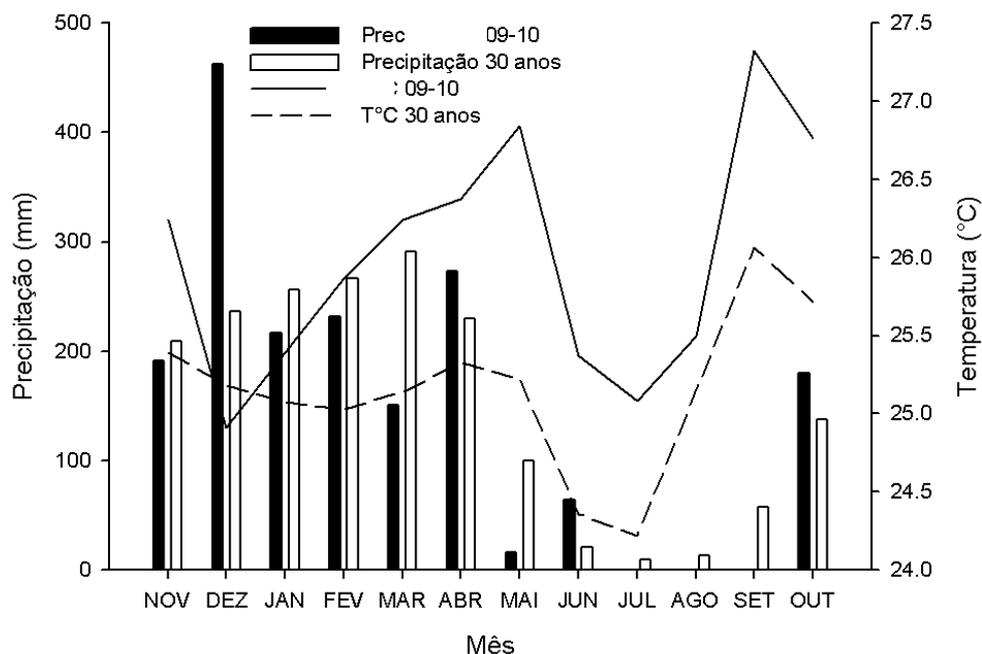
A planta forrageira, ao ser plantada em espaçamentos reduzidos, altera sua área foliar, com reflexos na interceptação de luz, fotossíntese líquida, quantidade de compostos orgânicos de reserva e crescimento de raízes. Em resposta ao adensamento, as plantas possuem estratégias de adaptação, que combinadas em diferentes proporções podem variar ao longo dos cortes. Isso resulta em alterações nos padrões de crescimento e acúmulo de forragem dos pastos, com importantes implicações na produtividade, uso e manejo do sistema de produção animal, em pasto.

Diante do exposto, objetivou-se analisar o crescimento de dois híbridos de sorgo (BRS 800 e CMSXS 766), cultivados sob diferentes espaçamentos entre plantas, em área de pastejo.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, Araguaína-TO, na latitude 07°13'40" e longitude 48°14'25" no período de novembro a abril do ano agrícola. A vegetação regional é classificada como de transição Cerrado-Amazônia, e o clima, de acordo com Köppen é do tipo Aw - tropical de verão úmido (Peel et al., 2007), com período chuvoso de outubro a maio, precipitação anual média de 1.828 mm, altitude média de 240 m, umidade relativa do ar média de 78% e temperatura média de 25,2°C (Figura 1).

Figura 1 – Índices pluviométricos e temperaturas médias mensais do ano agrícola e da média dos últimos 30 anos, em Araguaína-TO.



Fonte: Autores.

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 2x4, com dois híbridos de sorgo para pastejo (BRS 800 e CMSXS 766), quatro espaçamentos (15, 30, 45 e 60 cm) equatropetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os dois híbridos analisados são resultantes do cruzamento de sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com sorgo-sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) e apresentam aptidão para pastejo.

Os dois híbridos foram plantados em novembro de 2016, em espaçamento entre plantas de 0,08 m (Santos et al., 2009), e quatro diferentes espaçamentos entre linhas (15, 30, 45 e 60 cm), que correponderam ao adensamento por área, cujas populações foram estimadas em 800.000, 400.000, 266.666, e 200.000 plantas por hectare, respectivamente.

O solo da área experimental é um Neossolo Quartzarênico Órtico (Embrapa, 2013) e foi submetido ao sistema de preparo de solo reduzido, com apenas uma gradagem leve e calagem prévia, na quantidade de 1,5 t ha⁻¹ de acordo com a recomendação da análise do solo (Cfsemg, 1999). A adubação foi feita com 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 70 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de N, dividido em duas adubações, sendo metade no plantio e metade no momento do desbaste (Restle et al., 2002; Gontijo Neto et al., 2002), e 80 kg ha⁻¹ de N em cada rebrotação (Foloni et al., 2008).

O plantio foi feito em 19 de novembro 2015 de a 3-4 cm de profundidade, juntamente com a adubação de plantio e cerca de 10 a 15 dias após a emergência foi feito desbaste para a permanência de 12 por plantas por metro linear. Os cortes foram determinados quando as plantas apresentaram idade fisiológica propícia (1,10-1,30 m de altura) à 10 a 15 cm de altura (Embrapa, 2008). Foram feitos três cortes em intervalos não regulares de tempo, sendo o primeiro corte, 35 dias após a padronização do número de plantas por linha, o segundo corte com 30 dias após o primeiro, e o terceiro corte com 25 dias após o segundo.

A análise de crescimento (Radford, 1969) foi feita nas três rebrotações da planta, de acordo com Radford (1969). Para tanto, a produção de forragem foi feita por meio da amostragem de 1 metro linear, a 10 cm de altura do solo. A forragem cortada foi colocada em sacos plásticos e encaminhada ao laboratório, para pesagem da forragem verde e, em seguida foi retirada subamostra de peso conhecido, para separação das frações: folha, colmo e material morto. Em seguida, esse material foi levado à estufa de ventilação forçada, a 60° C, por 72 horas, para posterior pesagem da matéria seca e cálculo para da massa

dos componentes em kg ha⁻¹. Com esse procedimento foi obtido a massa seca de folhas, massa seca de colmo, massa seca de material morto e com a soma destes componentes, obteve-se a massa seca total.

As lâminas foliares foram cortadas em segmentos de 10 cm e o somatório da largura média de todos os segmentos foi multiplicado por 10 cm, estimando-se assim, a área foliar da subamostra. Cerca de 100 segmentos foram tomados e depois pesados para estimar a área foliar específica (AFE, cm² de lâmina foliar/g de lâmina foliar).

Com os procedimentos citados foi possível estimar as fórmulas utilizadas para o cálculo das variáveis da análise de crescimento (TCC, TCR, TAL, RAF e RPF) foram: $TCC = (P2 - P1) / (t2 - t1)$; $TCR = (\log_e P2 - \log_e P1) / (t2 - t1)$; $TAL = [(P2 - P1) / (IAF2 - IAF1)] * [(\log_e IAF2 - \log_e IAF1) / (t2 - t1)]$; $RAF = [(IAF1 / P1) + (IAF2 / P2)]$; $RPF = MSF / MF$. Em que P1 e P2 são os valores de massa seca verde da parte aérea (MF nos tempos t1 (pós-corte anterior) e t2 (pré-corte atual); Os valores de massa seca total da parte aérea do pré corte são o resultado da soma da massa seca obtida no pós-corte e da massa seca obtida no pré corte. IAF1 e IAF2 são os valores de índice de área foliar nos tempos t1 e t2, respectivamente, e os valores de IAF do pré-corte é o resultado da soma do IAF no pós-corte e no pré-corte. MSF é a massa seca de folhas, sendo o resultado da soma da massa seca de folhas do pós-corte e do pré-corte.

Os dados foram previamente testados quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Box plot). A análise estatística foi feita em modelo misto, com as características qualitativas (híbridos) e quantitativas (adensamento) e suas interações consideradas efeitos fixos, o efeito de blocos aleatório e o efeito de corte como medida repetida no tempo. Os dados foram submetidos a análise de variância e considerados significativas quando o valor de $p \leq 0,05$. As variáveis qualitativas foram submetidas ao teste F e as variáveis quantitativas foram ajustadas ao modelo de regressão mais adequado.

3. Resultados e Discussão

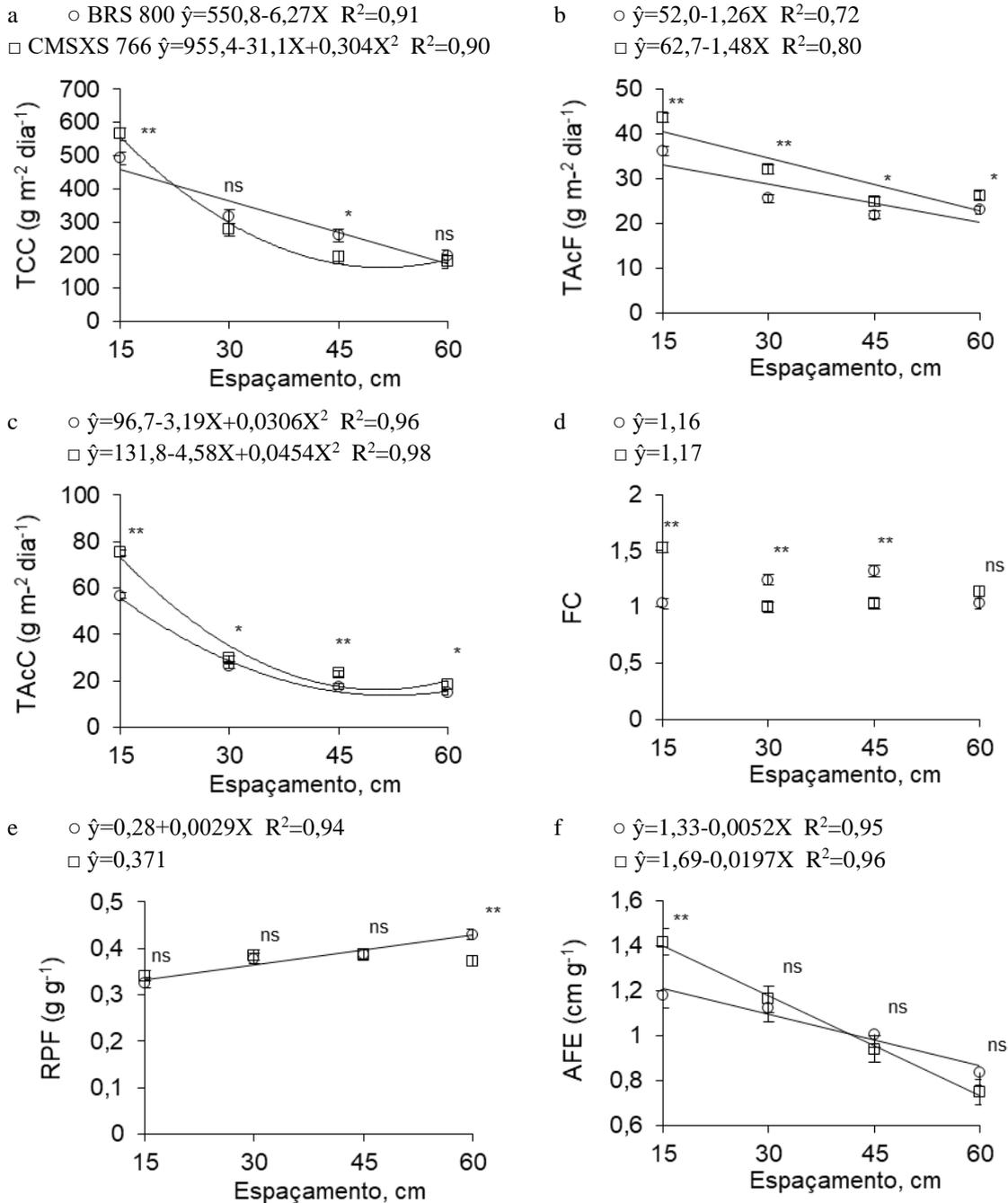
A taxa de crescimento de cultura (TCC), a taxa de acúmulo de folha (TAcF), a taxa de acúmulo de colmo (TAcC), a relação folha colmo (FC), a relação de peso foliar (RPF) e a área foliar específica (AFE) foram influenciadas ($p < 0,05$) pela interação híbrido x espaçamento (Figura 2).

No espaçamento de 15 cm entre linhas, o híbrido CMSXS 766 apresentou maior ($p < 0,05$) TCC, TAcf, TAcf e AFE do que o híbrido BRS 800 (Figura 2), o que indica que a expressão genética demonstrada pelo híbrido CMSXS 766 pode ter sido superior, em termos de conversão fotossintética da radiação luminosa, em massa seca.

Por se tratar de uma espécie C4, as altas incidências da radiação aliada às altas densidades de plantio, podem ter provocado aumento da competição por luz, água e nutrientes, na linha de semeadura e resultado em incrementos na produção de matéria seca do sorgo para pastejo (Albuquerque et al., 2011). Além disso, híbridos de sorgo possuem características de rápido estabelecimento, rápido crescimento vegetativo e maior facilidade de corte e pastejo (Parlak et al., 2016).

As produtividades de matéria seca também foram afetadas pela interação cultivar x espaçamento, em estudo conduzido por Albuquerque et al. (2011) na região do semi-árido de Minas Gerais, onde o híbrido SHS 500 foi mais produtivo para todos os espaçamentos, entre linha, utilizados (50, 70 e 90 cm). Esse resultado foi semelhante ao obtido no presente experimento (Figura 2a), onde um híbrido foi mais produtivo do que outro, porém em apenas dois espaçamentos entre linhas (15 e 45 cm).

Figura 2 – Taxa de crescimento de cultura (TCC), taxa de acúmulo de folhas (TAcF), taxa de acúmulo de colmo (TAcC), relação folha colmo (FC), razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF) de dois híbridos de sorgo para pastejo (BRS 800 (○) e CMSXS 766 (□)) na média de três rebrotações, em Araguaína-TO. * e **, significativo entre híbridos a 5 e 1%, respectivamente.



Fonte: Autores.

A taxa de crescimento de cultura (TCC) foi influenciada ($p=0,0012$) pelo espaçamento entre linhas, na média das três rebrotações, e o modelo quadrático foi o que apresentou o melhor ajuste (Figura 2a). A menor TCC de $187 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ foi estimada para o espaçamento de $54,2 \text{ cm}$, enquanto a maior taxa de crescimento de $521 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ foi estimada com o espaçamento de 15 cm entre linhas. Isso ocorreu porque o maior número de plantas por hectare, num espaçamento ótimo, garante elevadas produções e melhor capacidade de proteção do solo (Lopes et al., 2009). Neste aspecto, é importante ressaltar

que pesar de prejudicar o desenvolvimento inicial, devido a competição por luz e nutrientes, a produção é compensada pelo incremento da população de plantas e alongamento de colmo.

Para aumentar a produtividade, é necessário determinar a densidade de plantas que resulta em maior produtividade e melhor aproveitamento dos recursos e insumos disponíveis (Pereira, 1989). Provavelmente foi isto que ocorreu no presente experimento (Figura 2), em que as maiores produtividades foram obtidas no adensamento de 15 cm entre plantas e os híbridos de sorgo conseguiram aproveitar os recursos existentes compensando com maior quantidade de plantas.

A TAcF (Figura 2b) nos espaçamentos de 30, 45 e 60 cm entre linhas nos híbridos BRS 800 (25,5; 21,8 e 22,9 g m⁻², respectivamente) e CMSXS 766 (31,9; 24,7 e 26,1 g m⁻², respectivamente) sugere que existem duas situações para a utilização desses híbridos de sorgo para o pastejo, sendo a primeira o espaçamento de 15 cm entre linhas com população de 800.000 plantas por hectare e a segunda o espaçamento de 60 cm entre linhas e população de 200.000 plantas por hectare que proporciona produção semelhante aos espaçamentos de 30 e 45 cm entre linhas. A mesma resposta pode ser observada para a TAcC (Figura 2c). Esse resultado (Figuras 2b e 2c) é semelhante a TCC (Figura 2a), em que os maiores valores foram observados no espaçamento de 15 cm entre linhas.

A AFE diminuiu linearmente com o aumento do espaçamento entre linhas e no espaçamento de 15 cm o híbrido CMSXS 766 foi maior do que o híbrido BRS 800 (Figura 2f). A maior AFE com aumento da densidade de plantas também foi observada por Terra et al. (2011), que estudaram 4 densidades de plantio (140, 200, 260 e 320 mil plantas por hectare) no sorgo granífero BRS 310 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e encontraram que nas maiores densidades foram observados os maiores valores de área foliar específica. Esse resultado é devido, provavelmente, ao fato de que menor AFE é devido ao aumento da espessura da folha (Björkmann, 1981), e quanto maior a AFE maior a maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar Evans e Poorter (2001).

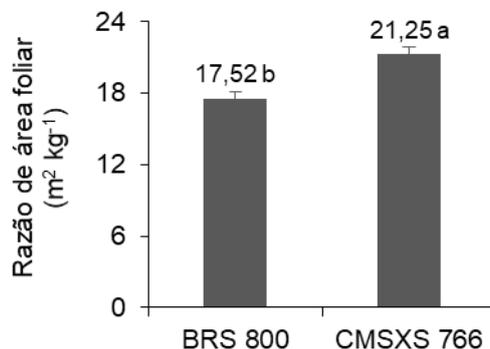
A RPF foi influenciada pelo espaçamento entre linhas apenas para o híbrido BRS 800, com resposta linear positiva. No espaçamento de 60 cm entre linhas, este híbrido apresentou maior RPF do que o CMSXS 766 (Figura 2).

A RPF é um parâmetro fisiológico que expressa a fração da massa seca não exportada das folhas para o resto da planta (Magalhães, 1979), assim, aumentos na RPF indicam aumento na alocação de assimilados para o desenvolvimento das folhas (órgãos assimilatórios) (Giacomini et al., 2009).

A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética, a qual está sob a influência de variáveis ambientais e, provavelmente, foi o que ocorreu no presente experimento (Figura 2e), quando o híbrido BRS 800 teve disponível maior área para o crescimento individual, maior espaçamento entre linhas, e priorizou o crescimento de folhas. O híbrido CMSXS apresentou mesma RPF, independente do espaçamento entre linhas, o que indica maior flexibilidade referente a partição de fotoassimilados por parte deste híbrido.

O híbrido CMSXS 766 apresentou maior ($p \leq 0,05$) RAF (Figura 3) do que o híbrido BRS 800. A RPF, que é a razão entre o peso de matéria seca retida nas folhas e o peso de matéria seca acumulada em toda a planta, representa a fração de matéria seca que não foi exportada das folhas para as outras partes da planta (Benincasa, 1988). Assim, possivelmente, o híbrido CMSXS766 foi superior em termos de converter energia luminosa em massa seca, o que foi devido a maior taxa de assimilação de CO₂ pelas folhas, resultado da maior RAF nesse híbrido (Figura 3b). Isso resultou na maior TCC (Figura 2a), TAcF (Figura 2b), TAcC (Figura 2c) e FC (Figura 2d), do híbrido CMSXS 766 principalmente no espaçamento entre linhas de 15 cm.

Figura 3 – Razão de área foliar de dois híbridos sorgo, em Araguaína-TO. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si ($p>0,05$).



Fonte: Autores.

O crescimento das plantas de sorgo foi diferente ($p<0,05$) em cada rebrotação avaliada (Tabela 1). A TCC aumentou ($p<0,001$) da primeira para a segunda rebrotação (Tabela 1). Na primeira rebrotação a planta, provavelmente, destinou os fotoassimilados para o crescimento da parte aérea e raiz, enquanto que na segunda rebrotação a raiz estava estabelecida e o crescimento da parte aérea foi priorizado. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Parlak et al. (2016) que avaliaram 4 rebrotações do sorgo sudão e observaram que na primeira avaliação a massa de forragem foi de 3.370 kg ha⁻¹ e na segunda rebrotação foi de 11.920 kg ha⁻¹.

A TCC foi igual na terceira e primeira rebrotações (Tabela 1). Isso ocorreu provavelmente porque o sorgo forrageiro é uma espécie de ciclo anual, e geralmente apresenta de 3 a 4 rebrotações, como é relatado na literatura (Samuil et al., 2009; Parlak et al., 2016). Apesar dessa desvantagem a cultura do sorgo consegue atingir produtividades que variam de 20 a 40 t ha⁻¹ nesses poucos cortes (Samuil et al., 2009; Parlak et al., 2016).

Tabela 1 – Taxa de crescimento de cultura (TCC), taxa de acúmulo de folha (TAcF), taxa de acúmulo de colmo (TAcC), relação folha colmo (FC), razão de área foliar (RAF), relação de peso foliar (RPF) e área foliar específica (AFE) de híbridos de sorgo em cada corte, em Araguaína-TO.

	Ciclo				p
	1º	2º	3º	EP	
TCC (g m ⁻² dia ⁻¹)	228,3 b	471,3 a	228,6 b	17,20	<0,001
TAcF (g m ⁻² dia ⁻¹)	40,75 a	24,93 b	20,79 c	0,618	<0,001
TAcC (g m ⁻²)	14,91 c	42,60 a	40,45 b	0,879	<0,001
FC (g m ⁻²)	0,57 c	0,86 b	2,08 a	0,028	<0,001
RAF (m ² kg ⁻¹)	10,82 c	19,33 b	27,99 a	1,061	<0,001
RPF (g g ⁻¹)	0,358 b	0,450 a	0,320 c	0,0071	<0,001
AFE (cm g ⁻¹)	1,070 b	1,097 a	0,985 b	0,0367	0,0836

† Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si ($p>0,05$). EP = erro padrão. Fonte: Autores.

4. Conclusão

O híbrido de sorgo para pastejo quando plantados de forma adensada (800.000 mil plantas por hectare) aumentaram a produtividade e o CMSXS 766 foi o mais produtivo nas condições do experimentais utilizadas.

Os híbridos de sorgo BRS 800 e CMSXS 766 são viáveis no Estado do Tocantins podendo ser aproveitados até a terceira rebrotação.

Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa para o último autor

Referências

- Albuquerque, C. J. B., Pinho, R. G. V., Rodrigues, J. A. S., & Brant, R. S. (2011) Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(3), 494-501.
- Benincasa, M. M. P. (1998) *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. FUNEP, 41p.
- Björkman, O. (1981) Responses to different quantum flux densities. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B. et al. (Eds.) *Physiological plant ecology I: responses to the physical environment*. Berlin: Springer-Verlag, p.57-107.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. (1999) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. (5a ed.), 359 p.
- Embrapa. (2013) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (3a ed.), Brasília, 353p.
- Embrapa Milho e Sorgo. (2008) *Sorgo Forrageiro: Produção de silagem de alta qualidade*. Sete Lagoas – MG.
- Evans, J. R., & Poorter, H. (2001). Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment*, 24(8), 755-767.
- Fagundes, J. L., Fonseca, D. M., Gomide, J. A., Nascimento JR., D., Vitor, C. M. T., Morais, R. V., Miistura, C., Reis, G. C., & Martuscello, J. A. (2005) Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(4), 397-403.
- Foloni, J. S. S., Tiritan, C. S., & Calonego, J. C., (2008) L.R, Rebrotas de soqueiras de sorgo em função da altura de corte e da adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, 55(2), 102-108.
- Giacomini, A. A., Silva, S. C., Sarmiento, D. O. L., Zeferino, C. V., Trindade, J. K., Souza Júnior, S. J., Guarda, V. D., Sbrissia, A. F., & Nascimento Júnior, D. (2009) Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. *Scientia Agrícola*, 66(6), 721-732.
- Gontijo Neto, M. M., Obeid, J. A., Pereira, O. G., Cecon, P. R., Cândido, M. J. D., & Miranda, L. F. R. (2002) Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 3(4), 1640-1647.
- Lopes, S. J., Brum, S., Stork, L., Lúcio, A. D., Silveira, T. R., & Toebe, M. (2009). Espaçamento entre plantas de sorgo granífero: produtividade de grãos e qualificação do modelo estatístico. *Ciência Rural*, 39(3), 649-656.
- Magalhães, A. C. N. (1979) Análise quantitativa de crescimento. In: Ferri, M.G. *Fisiologia Vegetal*. EDUS, 1, 331-50.
- Parlak, A. Ö., Gökkuş, A., Alaturk, F., Hanoğlu, H., & Tölü, C. (2016) Herbage yield and quality of wheat stubble and sorghum sudan-grass pastures. *Advances in Agronomy*, 49(1), 374-377
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007) Updated world map of the Köppen Geiger climate classification. *Hidrology Earth System Science*, 11, 1633-1644.
- Pereira, A. R. (1989) Competição intra-específica entre plantas cultivadas. *O Agrônomo*, 41(1), 5-11.
- Radford, P. J. (1967) Growth analysis formula – their use and abuse. *Crop Science*, 7(3), 171-175.
- Restle, J., Roso, C. Aita, V., Nörnberg, J. L., Brondani, I. L., Cerdótes, L., & Carrilho, C. O. (2002). Produção animal em pastagem com gramíneas de estação quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1491-1500.
- Rodrigues Filho, O., França, A. F. S., Oliveira, R. P., Oliveira, E. R., Rosa, B., Soares, T. V., & Mello, S. Q. S. (2006) Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 7(1), 37-48.
- Samuil, C., Vîntu, V., Iacob, T., & Popovici, I. C. (2009) Influence of fertilization and harvesting mode on the productive potential in sorghum and sudan grass, under conditions of north-eastern românia. *Agronomie*, 51(2), 1-6.
- Terra, T. G. R., Leal, T. C. A. B., Siebeneichler, S. C., Dias Neto, J. J., Anjos, L. M., & Castro, D. V. (2011) Análise de crescimento em sorgo sob diferentes stands. *Scientia Agrária Paranaensis*, 10(3), 45-57.