



DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO BIOMASSA NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO TOCANTINS

Caio Fortes¹, Anderson Barbosa Evaristo², Angélica Barros³ & Leonardo Duarte Pimentel⁴

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, cultivados em segunda safra, nas condições edafoclimáticas do estado de Tocantins (TO). Foram avaliados sete materiais genéticos de sorgo biomassa, dois sensíveis e cinco insensíveis ao fotoperíodo, em três densidades de semeadura no município de Palmas. Objetivou-se avaliar diferenciado dos materiais quanto ao desempenho agronômico. Os híbridos de sorgo biomassa insensíveis ao fotoperíodo foram superiores quando comparados aos materiais sensíveis, isso em relação à altura de plantas, diâmetro dos colmos e número de entrenós. Além disso, apresentaram menor incidência de doenças foliares e maiores estandes de plantas, tanto aos 30 dias após a semeadura quanto na colheita. Os híbridos de sorgo biomassa insensíveis ao fotoperíodo tiveram maior produção de massa fresca e seca, mesmo em condições de intensa restrição hídrica ocorrida durante o ciclo. Os materiais mais promissores foram HFIS4 e HSBG1, com produtividades de massa seca de 8 Mg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*; população de plantas; safrinha, bioenergia, sorgo biomassa.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF BIOMASS SORGHUM HYBRIDS AT EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS OF TOCANTINS STATE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of sorghum hybrids that are sensitive and insensitive to the photoperiod, cultivated during winter season in Tocantins state, Brazil. Seven biomass sorghum genotypes, two sensitive and five insensitive to photoperiod were evaluated at three sowing populations in Palmas. It was observed different behavior among the materials, regarding agronomic performance. The biomass sorghum hybrids insensitive to photoperiod were better than sensitive materials in relation to plant height, stalk diameter, and number of internodes. In addition, they had lower incidence of foliar diseases and higher plant stands both 30 days after sowing and at harvest. Insensitive sorghum hybrids yielded higher fresh and dry mass production even under an intense water deficit conditions that occurred during the cycle. The most promising materials were HFIS4 and HSBG1 with dry mass yields of 8 Mg ha⁻¹.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor*; plant population; winter season, bioenergy, biomass sorghum.

1 INTRODUÇÃO

A produção agropecuária brasileira expandiu-se para a região conhecida como MATOPIBA, que corresponde às áreas de cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (LUMBRERAS et al., 2015). Esta nova fronteira agrícola permitiu a expansão do cultivo de soja, algodão e milho com grandes recordes de produtividade (CONAB, 2017).

Recentemente, culturas energéticas como a cana-de-açúcar vêm expandido no estado do Tocantins, ampliando a diversificação da produção agrícola e energética no estado. Neste estado, não existe produção de energia por fontes fósseis (derivados do petróleo, gás natural e carvão mineral) (EPE, 2015), havendo necessidade de importação destes combustíveis de outras regiões. Nesse sentido, a utilização de culturas energéticas na produção de biocombustíveis, energia

elétrica e térmica pode ser uma alternativa promissora, além de contribuir com o desenvolvimento regional e gerar empregos. Adicionalmente, a produção de bioenergia reduz a emissão de gases de efeito estufa e a dependência energética (HARBERL et al., 2010).

Nesse contexto, culturas energéticas como o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresentam grande potencial na produção de bioenergia. O sorgo, é tradicionalmente cultivado para a produção de grãos e forragem, entretanto, nos últimos anos têm ampliado seu uso para a produção de bioenergia, através de genótipos denominados de sorgo energia. Tais materiais podem ser melhorados geneticamente para obtenção de biomassa para queima em caldeiras, geração de etanol e biogás através da fermentação de açúcares dos colmos e/ou grãos (NEXSTEPPE, 2016). O sorgo destaca-se entre as culturas energéticas por apresentar alta produtividade de biomassa em um ciclo curto de aproximadamente quatro meses um metabolismo fotossintético eficiente, classificado como C₄, quanto à utilização da radiação solar interceptada pelo seu dossel (ROSENOW; CLARK, 1995, MAGALHÃES; DURÃES 2003, BORRELL, et al., 2006)

¹ BASF S.A. E-mail: caio.fortes@basf.com

² Universidade Estadual do Tocantins. E-mail: evaristo.ab@gmail.com

³ ⁴ Universidade Federal de Viçosa. E-mail: angelica.barros@ufv.br; leonardo.pimentel@ufv.br

Por apresentar baixa demanda hídrica e boa eficiência de uso da água quando comparado à outras gramíneas como cana-de-açúcar e milho, o sorgo pode ser cultivado em áreas com condições edafoclimáticas limitantes a outras culturas (MAGALHÃES et al., 2012). Nesse sentido, tem sido bastante plantado na segunda safra (janeiro a março), principalmente em estados que compreendem o cerrado brasileiro, alcançando boa produtividade (DUARTE, 2012).

A sensibilidade ao fotoperíodo é uma particularidade do sorgo. O florescimento ocorre somente quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos, ou seja, período compreendido entre 21 de março e 22 de setembro, na maior parte do Brasil (PEREIRA FILHO et al., 2013). Essa característica contribui para que a planta tenha um período vegetativo maior e conseqüentemente uma alta produção de massa verde quando cultivado em condições de dias longos. Portanto, observa-se o inverso quando cultivado na segunda safra, correspondente ao outono / inverno (PARRELA et al., 2010).

O uso de cultivares mais adaptados à região contribui para o melhor desempenho das plantas e, a utilização de materiais sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo deve ser considerado para a escolha da época de plantio (MAY et al.; 2015). Apesar do alto potencial produtivo do sorgo biomassa, ainda são escassas as informações sobre a recomendação de cultivares e o potencial de produtividade nas diversas regiões do Brasil.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, cultivados em segunda safra nas condições edafoclimáticas do estado do Tocantins.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de desempenho agronômico de materiais de sorgo para energia foi conduzido em Palmas, TO (10° 28' 20" S; 48° 20' 36,3" W, e altitude de 240 m). Segundo a classificação de Köppen (1923) o clima é Aw (clima tropical de savana com temperatura média do mês mais frio do ano > 18 C e estação seca no inverno).

O ensaio foi conduzido entre os meses de março a junho de 2016. Os dados climáticos do experimento foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (estação 83033, Palmas-TO) (Figura 1).

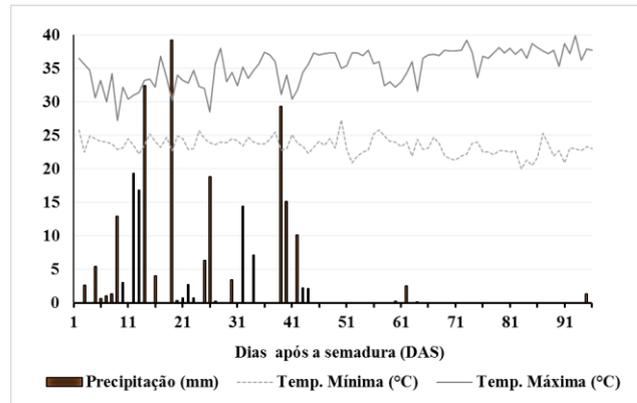


Figura 1 - Dados climáticos obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (estação 83033, Palmas-TO) distante a 50 km aproximadamente do local onde foi conduzido o ensaio de cultivares de sorgo energia, de março a junho de 2016.

Com as informações climáticas do plantio (março 2016) até a colheita (junho 2016) foi gerado o balanço hídrico decendial, no solo durante o ciclo de cultivo (Figura 2).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura média. Os resultados das análises química e física do solo na camada 0–20 cm apresentaram as seguintes características: pH (CaCl₂) = 7; P = 2,1 mg dm⁻³; K⁺ = 38 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 2,9 cmolc.dm⁻³; Mg²⁺ = 0,8 cmolc.dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmolc.dm⁻³; H + Al = 0,9 cmolc.dm⁻³; Saturação por bases = 80,9%; Matéria orgânica = 0,7%; Argila = 28%; Areia = 68%; Silte = 8%.

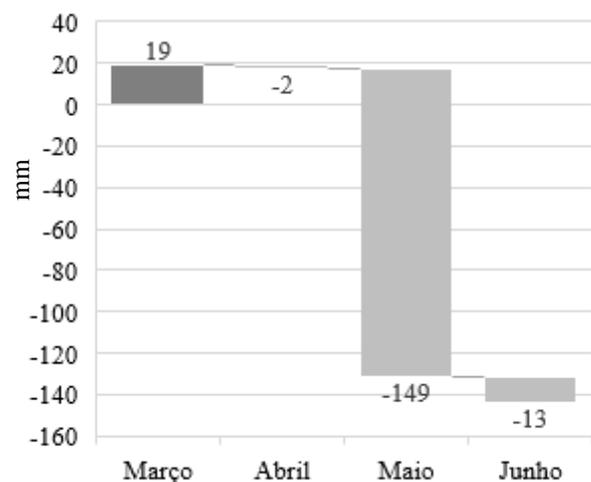


Figura 2 - Balanço hídrico decendial (excedente ou déficit hídrico em mm) no solo durante o cultivo dos híbridos de sorgo biomassa nas condições edafoclimáticas de Palmas, TO, de março a junho de 2016.

O experimento foi implantado no delineamento em blocos completos casualizados (DBC) com três

repetições no esquema fatorial 7 x 3 sendo sete híbridos de sorgo para energia (HFSV1, HFSV2, HFIS1, HFIS2, HFIS3, HFIS4 e HBG1) e três densidades de semeadura, a fim de obter as seguintes populações de plantas: 90.000, 110.000 e 130.000 plantas por hectare.

Foram avaliados quatro híbridos de sorgo biomassa fotoinsensíveis, identificados como HFIS, dois de sorgo biomassa fotossensíveis HFSV e um híbrido biogás, com elevados teores de açúcares nos colmos e grãos e identificado como HBG1. As características dos híbridos testados estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Sensibilidade ao fotoperíodo de híbridos de sorgo biomassa avaliados nas condições edafoclimáticas de Palmas, TO.

Híbridos de sorgo biomassa	
Fotossensíveis a dias longos (>12,5 h dia ⁻¹ de luminosidade)	Insensíveis ou pouco influenciados pelo fotoperíodo
HFSV1	HFIS1
HFSV2	HFIS2
	HFIS3
	HFIS4
	HBG1

As parcelas foram compostas por quatro linhas com 10 metros de comprimento no espaçamento de 0,5 m entre linhas. A semeadura foi realizada com uma semeadora mecânica de parcelas e as populações de plantas foram ajustadas para 90.000, 110.000 e 130.000 plantas ha⁻¹. Na semeadura foi aplicado 200 kg ha⁻¹ de Fosfato Monoamônico (MAP) e 100 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) em cobertura aos 7 dias após a semeadura (DAS). Aos 17 DAS foi aplicado em cobertura 150 kg ha⁻¹ de uréia, sendo a fertilização total no experimento foi de 67:108:90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Para o controle fitossanitário durante o cultivo, aos 14 DAS foi realizada uma aplicação de herbicida atrazina na dosagem de 1.5 kg ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.), e três aplicações sequenciais dos inseticidas lambdaialotrina (5 g i.a ha⁻¹) + chlorantraniliprole (10 g i.a ha⁻¹) para o controle de *Spodoptera frugiperda* e uma aplicação de fungicidas sistêmicos: picoxistrobina (60 g i.a. ha⁻¹ + ciproconazole (24 g. i.a. ha⁻¹), para o controle de *Puccinia purpurea* e *Colletotrichum sublineolum*.

2.1 Parâmetros Analisados

Durante a condução do ensaio foram avaliados o estande de plantas aos 30 DAS (EP30) e antes da colheita (EPC), a porcentagem de plantas acamadas (PA), avaliação sintomatológica de doenças foliares (DF), número de entrenós (NE), diâmetro do colmo (DC), e altura de plantas (ALT) produtividade de massa verde (PMV) e produtividade de massa seca (PMS). Todas as avaliações foram realizadas nas duas linhas centrais das parcelas. O

EP30 foi realizado por meio da contagem do número de plantas nos 20 metros lineares das duas linhas centrais de cada parcela.

Na ocasião da colheita, aos 95 DAS, foram realizadas as avaliações de EPC, PA e PMV utilizando os 20 metros lineares das duas linhas centrais de cada parcela. Já para as avaliações de NE e DC, quantificou-se o número de nós de 5 colmos seguidos na linha. O DC foi realizado por meio de um paquímetro digital tomando a medida na posição do terceiro entrenó a partir do solo e de 5 colmos seguidos na linha.

A avaliação de DF foi realizada visualmente em cada parcela aos 95 DAS. Obedeceu-se a uma escala diagramática de incidência nas folhas, apresentada pela Agoceres (1996), com notas de 0 a 9, onde 0 correspondeu a ausência de sintoma da doença, 5 a presença de sintomas em 50% das folhas e 9 a presença de sintoma em todas as folhas das plantas amostradas (>90%).

A colheita foi realizada manualmente nas duas fileiras centrais da parcela aos 95 DAS, considerando-se toda a biomassa da parte aérea das plantas (colmos, folhas verdes e secas e inflorescências). No momento da colheita a biomassa verde foi quantificada por meio de uma balança manual de campo (Toledo Pnix 3) com carga máxima e precisão de 50kg ±1g respectivamente. Os dados de biomassa verde foram convertidos em produtividade de massa verde (PMV). A parte aérea colhida foi triturada em forrageira com tamanho médio de partículas de 20 mm, e foi retirada uma sub-amostra de cada parcela, com cerca de 500 g, pesada em balança de precisão para determinação do peso úmido. O material foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 80°C por 48h, e posteriormente, quantificado o peso seco para estimativa da PMS.

2.2 Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos por testes de normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias residuais (teste de Bartley). Após a verificação da normalidade dos erros e de homogeneidade, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) com teste F a 5% de significância.

Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas pelo teste F da Anova, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey de comparação múltiplas de médias a 5% de significância. Todos os procedimentos estatístico foram realizados no programa R (R CORE TEAM, 2014), no pacote ExpDes (Experimental Designs Package).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para todos os parâmetros avaliados, em relação às cultivares. Já para a população de plantas, número de entrenós (NE), porcentagem de plantas acamadas (PA) e

altura de plantas (ALT), não houve efeito significativo ($p>0,05$). Não houve interação significativa ($p>0,05$)

entre a cultivar e a população de plantas para as variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância do ensaio de cultivares de sorgo em Palmas, TO.

	NE			PA			ALT		
	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop
QM	4,571	1,714	1,659	0,397	0,311	0,068	0,424	0,174	0,022
F	4,476	1,678	1,624	8,995	0,703	1,536	21,349	0,876	1,019
P	0,001	0,199	0,123	<0,000	0,510	0,152	<0,000	0,424	0,449
CV (%)	6,94			68,15			4,62		
	DF			EP30			EPC		
	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop
QM	6,476	1,206	0,373	1,759	9,273	0,138	1,616	7,155	1,649
F	17,586	3,276	1,013	12,163	64,095	0,955	8,328	36,87	0,849
P	<0,000	0,048	0,456	<0,000	<0,000	0,511	<0,000	<0,000	0,601
CV (%)	15,86			7,81			9,26		
	DC			PMV			PMS		
	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop	Cult	Pop	Cult x Pop
QM	0,121	0,19	0,015	378,660	18,180	5,720	27,89	0,654	0,848
F	5,49	8,646	0,707	64,706	3,106	0,977	19,49	0,457	0,593
P	0,003	0,007	0,735	<0,000	0,056	0,486	<0,000	0,636	0,835
CV (%)	7,89			14,15			19,51		

NE – número de entrenós; PA – porcentagem e plantas acamadas; ALT – altura da planta; DF – doenças foliares; EP30 – estande de plantas aos 30 dias após a semeadura; EPC – estande de plantas na colheita; DC – diâmetro do colmo; PMV – produtividade de massa verde; PMS – produtividade de massa seca; fatores: cultivares (cult), população de plantas (pop), interação dos fatores (cult x pop); fonte de variação: QM – quadrado médio; F – teste F da Anova; p – nível de probabilidade do teste F.

As cultivares insensíveis ao fotoperíodo (HFIS1, HFIS2, HFIS3, HFIS4) apresentaram valores médios superiores para NE quando comparados à cultivar HFSV1 (sensível ao fotoperíodo). Já as cultivares sensíveis ao fotoperíodo (HFSV1 e HFSV2) e a cultivar HFIS3 apresentaram maior porcentagem de PA quando comparado às cultivares HFIS4 e HSBG1, ambas insensíveis ao fotoperíodo. Não houve diferença entre o valor médio de ALT das cultivares sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, exceto para o híbrido HSBG, que apresentou altura de plantas inferior às demais (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios do número de entrenós (NE), porcentagem de plantas acamadas (PA) e altura das plantas (ALT) nos diferentes cultivares do sorgo, independentemente da população de plantas.

Cultivar	NE (und)	PA (%)	ALT (m)
HFSV1	13,33B	0,62A	3,03A
HFSV2	13,89AB	0,43ABC	3,11A
HFIS1	15,22A	0,17CD	3,17A
HFIS2	15,22A	0,21BCD	3,23A
HFIS3	14,89A	0,51AB	3,19A
HFIS4	14,89A	0,11D	3,06A
HSBG1	14,56AB	0,10D	2,59B

Médias com letras iguais seguidas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O NE corresponde às inserções de folhas no colmo da planta de sorgo, relacionando-se diretamente com o desenvolvimento vegetativo. As cultivares sensíveis ao fotoperíodo foram induzidas a florescer mais precocemente e, por isso, apresentaram menor NE. Esse comportamento também foi estudado por Silva et al. (2005) em sorgo forrageiro com diferentes épocas de semeadura, onde verificaram que, de janeiro a março as condições são indutivas à diferenciação floral (fotoperíodos menores que 12,5 h) e, nestas condições, as plantas apresentaram menor número de entrenós e de folhas, quando comparado ao plantio feito de outubro a novembro. No entanto, esse fator não afetou a altura da planta que, possivelmente, produziu entrenós mais longos.

Geralmente, plantas mais altas e com colmos mais finos são mais sensíveis ao acamamento, devido à maior exposição da planta à força dos ventos (ALBUQUERQUE et al., 2012). Dessa forma, a porcentagem de PA foi superior nas plantas que apresentaram menor DC (Tabela 4). Considera-se que as plantas sensíveis ao fotoperíodo ao serem induzidas a florescer deslocam os fotoassimilados para a formação dos grãos na panícula, em detrimento ao desenvolvimento vegetativo. Essa distribuição de reservas nas plantas insensíveis ao fotoperíodo ocorre mais tardiamente, permitindo que estas tivessem maior desenvolvimento do DC.

O sorgo biomassa, quando plantado a partir de outubro, na região central do Brasil tem um ciclo maior, cerca de 180 dias, sendo colhido em março, quando pode alcançar mais

de 5 m de altura. Na safra, portanto, a planta dispõe de água e energia solar em maior abundância, o que permite o máximo acúmulo de biomassa. Já na segunda safra, conhecida popularmente como safrinha, as condições são mais limitantes, uma vez que as chuvas são mais escassas e, a partir de março, o fotoperíodo fica menor. Esses fatores explicam a altura média das plantas, independente da cultivar, inferior a 3,5 m. Esse comportamento também tem sido verificado em sorgos forrageiros, que são influenciados pelo fotoperíodo e apresentam menor crescimento quando a semeadura é realizada a partir de março (SILVA et al., 2005).

Parrela et al. (2010) compararam o plantio de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo em dois locais diferentes em Minas Gerais, um com semeadura em novembro e outro em dezembro, e observaram que a média de dias para florescimento foi de 150 dias no plantio realizado em novembro e, de 125 dias, no plantio mais tardio. Nesse mesmo trabalho, os 25 dias a mais de período vegetativo refletiram em aumento de 30 cm na altura média das plantas, que foi de 4,8 m, considerando a semeadura feita em dezembro

As cultivares sensíveis ao fotoperíodo (HFSV1 e HFSV2) e a cultivar insensível ao fotoperíodo (HFIS2) apresentaram maiores valores médios de DF. Em relação ao estande, a população de 130 mil plantas ha⁻¹ resultou em maior incidência de doenças foliares, uma vez que houve a maior competição das plantas por nutrientes e, também, pelo menor arejamento que proporcionou um microclima favorável à infestação de patógenos (CASA et al., 2007; SILVA et al., 2014).

O EP30, stand em 30 dias, de maneira geral foi superior nas cultivares insensíveis ao fotoperíodo (Tabela 4). Já no EPC, o híbrido HSBG1 apresentou menor valor médio, igualando-se às cultivares sensíveis ao fotoperíodo e a cultivar insensível (HFIS3). Para o DC, as cultivares insensíveis ao fotoperíodo (HFIS1, HFIS2, HFIS3, HFIS4 e HSBG1) tiveram valores médios superiores, o que reforça a maior adaptabilidade destes materiais fotoinsensíveis para os plantios de segunda safra. A população de 90 mil plantas ha⁻¹ resultou em menores estandes aos 30 dias e na colheita, mas, por outro lado, apresentou maior DC. May et al., (2015) não obtiveram diferenças de diâmetro em colmos de híbridos de sorgo em populações distintas, porém encontraram diferenças devido ao espaçamento entre linhas. Isso pode ser devido aos autores terem conduzido os ensaios em primeira safra, cujas condições climáticas são mais favoráveis.

Tabela 4 - Valores médios de doenças foliares (DF, escala 0 a 9), estande de plantas aos 30 dias após a semeadura (EP30), estande de plantas na colheita (EPC) e diâmetro do colmo (DC, cm) em centímetros, nos diferentes híbridos do sorgo independentemente da população de plantas, e entre as populações de plantas independentemente do híbrido.

Cultivar	DF	EP30	EPC	DC
HFSV1	4,56AB*	4,37C	4,35C	1,77B
HFSV2	5,11A	4,79BC	4,79BC	1,72B
HFIS1	3,67CD	4,91B	4,74BC	2,03A
HFIS2	4,22BC	4,98B	5,00AB	1,92AB
HFIS3	3,22DE	4,29C	4,18C	1,92AB
HFIS4	2,67E	5,59A	5,48A	1,82AB
HSBG1	3,33DE	5,07AB	4,77BC	1,99A
Estande**	DF	EP30	EPC	DC
90,000	3,57B	4,13C	4,09B	1,99A
110,000	3,86AB	5,08B	5,02A	1,82B
130,000	4,05A	5,40A	5,17A	1,83B

* médias com letras iguais seguidas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ** Estande em plantas.ha⁻¹

Por outro lado, Fernandes et al., (2014) obtiveram correlações negativas lineares entre aumento de população e diâmetro de colmos em sorgo sacarino (Tabela 4).

É possível que as cultivares HFSV1 e HFSV2, que apresentaram maior incidência de DF sejam materiais mais suscetíveis. Já as cultivares HFIS1 e HFIS2, apesar de terem apresentado elevado índice de DF, alcançaram altas produtividade de massa verde e massa seca (Tabela 5), sendo consideradas tolerantes às DF. Dentre as principais doenças foliares do sorgo, destacam-se a antracnose, ferrugem e o míldio, cujas formas de controle baseiam-se na resistência genética e manejo cultural (SILVA et al., 2014).

Os estandes de 110 e 130 mil plantas ha⁻¹ tiveram maior incidência de DF. Essa elevada população de plantas pode ter contribuído para a formação de microclimas com condições de umidade e temperatura favoráveis ao desenvolvimento de patógenos, além da maior competição das plantas por água, luz e nutrientes. Esse efeito também já foi observado na cultura do milho, onde o incremento na densidade de plantas favoreceu a incidência de podridões de colmo e de grãos ardidos (CASA et al., 2007).

A cultivar HFIS4, insensível ao fotoperíodo, apresentou menor incidência às DF e maior vigor das plantas demonstradas pelos maiores EP30 e EPC (Tabela 4), além das características mais desejáveis para NE, PA e ALT (Tabela 3). Logo, o melhor desempenho agronômico resultou em alta PMV e a maior PMS (Tabela 5), que indicam ser uma cultivar promissora em ambientes com

baixa disponibilidade hídrica no solo, semelhante ao ambiente deste estudo (Figura 2).

Analisando a produtividade, verificou-se que o híbrido HSBG1 apresentou maiores PMV e PMS, seguido pelas cultivares insensíveis ao fotoperíodo, com exceção da cultivar HFIS3 (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médio de produtividade de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) de sorgo nos diferentes cultivares do sorgo independentemente da população de plantas.

Cultivar	PMV (Mg.ha ⁻¹)	PMS (Mg.ha ⁻¹)
HFSV1	9,58D	3,59D
HFSV2	12,98D	4,62CD
HFIS1	19,08BC	7,17AB
HFIS2	16,94C	6,16BC
HFIS3	11,91D	5,18CD
HFIS4	22,44B	8,09A
HSBG1	27,66A	8,13A

A produtividade média do sorgo foi baixa devido à escassez de chuvas ao longo do ciclo da cultura (Figura 1), que pode ser comprovada pelo baixo potencial hídrico do solo (Figura 2). Por se tratar de um solo de textura média arenosa, o déficit hídrico é ainda mais pronunciado devido à baixa retenção de umidade no solo. A falta de água na fase de florescimento do sorgo, que ocorre aos 60 dias após o plantio, provoca redução das taxas de crescimento da panícula e das folhas e no número de grãos por panícula. Esses efeitos são atribuídos à redução na área foliar, resistência estomática aumentada, fotossíntese diminuída e desordens fisiológicas da panícula em diferenciação. Na fase de enchimento de grãos, o déficit hídrico resulta na senescência rápida das folhas inferiores, com consequente redução no rendimento de grãos (MAGALHÃES et al., 2012).

Batista (2016) comparou a produtividade de duas cultivares de sorgo biomassa na safra (plantio em dezembro) e na rebrota (a partir de março), constatando que a melhor cultivar produziu 19 t ha⁻¹ de massa verde (25% da produtividade obtida na primeira safra) e a PMS ficou abaixo de 10 t ha⁻¹. Estes resultados corroboram os obtidos neste trabalho e, da mesma forma, Batista (2016) atribuiu a baixa produtividade ao déficit hídrico durante o ciclo da cultura.

Apesar da baixa produtividade das cultivares no cultivo da segunda safra, a utilização de cultivares de sorgo biomassa pode ser uma opção para o estado do Tocantins em anos que há previsão de ocorrer o fenômeno *El niño*, que provoca elevação da temperatura e do período de estiagem em épocas chuvosas nas regiões tropicais. Esses eventos climático podem ocasionar quebra de safra, como ocorreu com o milho plantado em Tocantins na safrinha de 2016,

com perda de 30% na produtividade quando comparado com a mesma época no ano anterior (CONAB, 2016).

Além da falta de água, a redução do fotoperíodo influenciou principalmente as cultivares sensíveis (HFSV1 e HFSV2), que floresceram precocemente e por isso acumularam menor biomassa (Tabela 5). Esses resultados corroboram os encontrados por Silva et al. (2005) que plantaram sorgo forrageiro de março a maio e tiveram menores rendimentos devido à presença de fotoperíodos indutivos à diferenciação floral e ao decréscimo acentuado da temperatura a partir de abril. Tal efeito foi atribuído aos menores valores de temperatura a partir de abril, os quais determinaram menor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, prejuízo no rendimento de matéria seca. Quando plantados entre novembro e dezembro, os híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo apresentam potencial de produtividade de 87,5 Mg ha⁻¹ de massa fresca e 34,1 Mg ha⁻¹ de massa seca (PARRELA et al., 2010).

4 CONCLUSÕES

Híbridos de sorgo biomassa insensíveis ao fotoperíodo apresentam melhor desempenho agrônomo quando comparados a híbridos sensíveis ao fotoperíodo, cultivados nas condições edafoclimáticas proporcionadas no ano de 2016 no estado do Tocantins.

Os materiais HFIS4 e HSBG1 podem ser promissores para as condições de cerrado do estado do Tocantins.

Considerando que a produtividade dos materiais foi drasticamente afetada pelo déficit hídrico, novos estudos são necessários para validar os novos híbridos na região avaliada.

5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PARRELA, R.; TARDIN, F. D.; BRANT, R. S.; SIMÕES, D. A.; FONSECA JÚNIOR, W. B.; JESUS, K. M. Potencial forrageiro de cultivares de sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais. In: Congresso Nacional de milho e sorgo, 28.; Simpósio brasileiro sobre lagarta do cartucho, 4., 2010, Goiânia, GO. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade**: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

AGROCERES. Guia agroceres de sanidade. São Paulo: Sementes Agroceres. 1996, 72 p

BATISTA, V. A. P. **Avaliação bioenergética de sorgos biomassa, sacarino e forrageiro**. 2016. 68 f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BORRELL, A.; JORDAN, J.; MULLET, B.; HENZELL, G.; HAMMER, J. RIBAUT. Drought adaptation in sorghum. In: **Drought Adaptation in Cereals**. The Hawath Press Inc, 2006, p. 335-399.

CASA, R. T.; MOREIRA, E. N.; BOGO, A. SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 04, p. 353-357, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4. n. 2, safra 2016/2017, segundo levantamento, novembro, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_11_11_14_54_21_boletim_graos_novenove_2016.pdf>. Acessado: fev. 2017.

DUARTE, J. O. Cultivo do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**, versão eletrônica, 8ª edição, 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/mercado.htm>. Acessado em dez. 2016.

FERNANDES, P. G.; MAY, A.; COELHO, F. C.; ABREU, M. C.; BERTOLINO, K. M. Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, v.44, n.6, p.975-981, 2014.

HABERL, H.; BERINGER, T.; BHATTACHARYA, S. C.; ERB, K. H.; HOOGWIK, M. The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.2, n.5, p.394-40, 2010

KÖPPEN, W. P. **Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde**. Walter de Gruyter & Company, 1923.

LUMBRERAS, J., CARVALHO FILHO, A. D., MOTTA, P. D., BARROS, A., AGLIO, M., DART, R. D. O., FREITAS, P. D. **Aptidão agrícola das terras do MATOPIBA**. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/WINDOWS%207/Downloads/DOC-179-Matopiba.pdf>>. Acessado em: fev. 2017.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. RODRIGUES, J. A. S. Cultivo do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**, versão eletrônica, 8ª edição, 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/efisiologia.htm>. Acessado em dez. 2016.

MAGALHÃES, P.; F. DURÃES. Ecofisiologia da produção de sorgo. **Comunicado técnico**. E. M. e. Sorgo. Sete Lagoas, Embrapa, 2003.

MAY, A.; SOUZA, V. F.; GRAVINA, G. A.; FERNANDES, P. G. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. **Ciência Rural**, v. 46, p. 434-439, 2015.

NEXSTEPPE. **Biobased industries**. Disponível em: <http://www.nexsteppe.com/biobased-industries/>. Acessado em Novembro, 2016.

PARRELLA, R. D. C., RODRIGUES, J. D. S., TARDIN, F. D., DAMASCENO, C. M. B., SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A.; MAY, A.; SOUZA, V. F.; CRUZ, J. C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* L. MOENCH] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, p. 118 -127, 2013.

ROSENOW, D; L. CLARK (1995). Drought and lodging resistance for a quality sorghum crop. Proceedings of the 5th annual corn and sorghum industry research conference (Chicago, IL, 6-7 December 1995), **American Seed Trade Association**, Chicago, IL.

SILVA, A. D.; ROCHA, V. S.; CECON, P. R.; PORTUGAL, A. F.; PINA FILHO, O. C. Avaliação dos caracteres agrônômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 28-44, 2005.

SILVA, D. D., DA COSTA O, R. V., PARREIRA, D. F. Principais doenças do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 102-111, 2014.

R CORE TEAM (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.