

Avaliação do Desempenho de Híbridos de Sorgo Biomassa em Planaltina, DF

Safra 2021/2022



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura e Pecuária***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
407**

**Avaliação do Desempenho de Híbridos
de Sorgo Biomassa em Planaltina, DF**

Safrá 2021/2022

*José de Ribamar Nazareno dos Anjos
Juaci Vitória Malaquias
Rafael Augusto da Costa Parrella*

***Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2023***

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Lineu Neiva Rodrigues

Secretário-executivo

Gustavo José Braga

Secretária

Alessandra S. Gelape Faleiro

Membros

Alessandra Silva Gelape Faleiro

Alexandre Specht

Edson Eyji Sano

Fábio Gelape Faleiro

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Kleberson Worsley Souza

Ranyse Barbosa Quirino da Silva

Shirley da Luz Soares Araujo

Supervisão editorial

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto

Margit Bergener Leite Guimarães

Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica

Rosamaries Rocha Galvão

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa

José de Ribamar N. dos Anjos

Impressão e acabamento

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Superintendência de Serviços Compartilhados

A599 Anjos, José de Ribamar Nazareno dos.

Avaliação do desempenho de híbridos de sorgo biomassa em Planaltina, DF : safra 2021/2022 / José de Ribamar Nazareno dos Anjos, Juaci Vitória Malaquias, Rafael Augusto da Costa Parrella. – Brasília, DF : Embrapa Cerrados, 2023.

16 p. (Boletim de Pesquisa Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, e-ISSN 2176-509X, 407)

1. Produção de massa. 2. Sorgo biomassa. I. Título. II. Série.

CDD (21 ed.) 633.174

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos8

Resultados e Discussão11

Conclusão.....14

Agradecimentos.....14

Referências14

Avaliação do Desempenho de Híbridos de Sorgo Biomassa em Planaltina, DF

Safr 2021/2022

José de Ribamar Nazareno dos Anjos¹

Juaci Vitória Malaquias²

Rafael Augusto da Costa Parrella³

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação geográfica e climática, e o potencial de produção de 25 híbridos de sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* L. Moench), incluindo 21 híbridos experimentais, nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal. O experimento de campo foi conduzido na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, Brasil, na safra 2021/2022, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados os parâmetros florescimento; altura de plantas; peso de massa verde; produção de matéria seca total e percentagem de matéria seca. A verificação estatística da significância dos tratamentos foi feita em análise de variância (Anova), que indicou diferença significativa ($P < 0,05$) entre os híbridos para as características avaliadas. Para a comparação das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott, ao nível 5% de probabilidade. Para produção de massa verde, foi observada a formação de seis grupos com variação de médias entre os genótipos de 102,70 t ha⁻¹ (202129B006), significativamente superior aos demais híbridos, e 20,79 t ha⁻¹ (BRS 658). Para a produção de matéria seca verificou-se a formação de seis grupos pelo teste de Scott-Knott, cujas médias entre os genótipos variaram de 30,68 t ha⁻¹ a 5,96 t ha⁻¹, respectivamente para 202129B006 e BRS 658. O ciclo dos híbridos variou de 81 (BRS 658) a 148 dias (202129B005 e CMSXS7200). Considerando a variável produção de matéria seca, os híbridos 202129B006 (30,68 t ha⁻¹), 202129B012 (25,40 t ha⁻¹) e 202129B016 (20,36 t ha⁻¹), com produção acima de 20 t ha⁻¹, destacam-se dos demais avaliados.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, produção de massa verde, produção de massa seca, percentagem de massa seca.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

² Estatístico, mestre em Ciências de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Evaluation of the Performance of Sorghum Biomass Hybrids in Planaltina, DF

Harvest 2021/2022

Abstract – The objective of this study was to evaluate the potential of twenty five biomass sorghum hybrids (*Sorghum bicolor* L. Moench), including 21 experimental hybrids developed by the sorghum breeding program of Embrapa Maize and Sorghum, for high biomass yield under the edaphoclimatic conditions of the Federal District, Brazil. The field experiment was conducted at Embrapa Cerrados, located in Planaltina, Federal District, Brazil, in a Clayey Oxisol (Dystrophic Red Latosol). Planting was carried out on 11/25/2021, in a randomized block design with three replications. The traits of plant height, fresh biomass yield, days of flowering, total dry mass yield and percentage of dry mass were evaluated. The statistical evaluation of the significance of the trials was done by analysis of variance (Anova), which indicated a significant difference ($P < 0.05$) among the hybrids for the evaluated traits. For the comparison of the averages, the Scott-Knott test was performed at 5% probability. Regarding the fresh biomass yield characteristic, the formation of six groups was observed with averages among genotypes ranging between 102.70 t ha^{-1} (202129B006), significantly higher than the other hybrids, and 20.79 t ha^{-1} (BRS 658). For dry mass production, six groups were observed with averages among genotypes ranging from 30.68 t ha^{-1} to 5.96 t ha^{-1} , respectively for 202129B006 and BRS 658. The cycle of the hybrids ranged from 81 days (BRS 658) to 148 days (202129B005 and CMSXS 7200). Regarding the dry mass production characteristic, hybrids 202129B006 (30.68 t ha^{-1}), 202129B012 (25.40 t ha^{-1}) and 202129B016 (20.36 t ha^{-1}), with production above 20 t ha^{-1} , stand out from the other hybrids evaluated in the studied environment.

Index terms: *Sorghum bicolor*, green mass yield, dry mass yield, percentage of dry mass.

Introdução

A demanda global por energia cresce rapidamente com o aumento demográfico, da urbanização e da modernização, posto que seu uso é crucial para a sustentabilidade das sociedades modernas (Asif; Muneer, 2007). Essa energia vem de um conjunto de fontes que formam a matriz energética (ME), que é composta, principalmente, por fontes não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural (Empresa de Pesquisa Energética, 2022).

À medida que cresce a demanda por suprimento de energia, expande-se também a pressão sobre as reservas de combustíveis fósseis, que, por diversas razões, incluindo a geopolítica do petróleo, podem ter seu fornecimento reduzido, o que resulta em insegurança energética (Edrisi; Abhilash, 2016; Mehmood et al., 2017). Ademais, o consumo de combustíveis fósseis aumenta a emissão de CO₂ e impacta negativamente as mudanças climáticas (Mehmood et al., 2017). Ou seja, o aumento do uso de energia não renovável representa uma ameaça ao ecossistema (Adebayo; Rjoub, 2022). Por consequência, a necessidade de desenvolvimento de novas fontes de fornecimento de energia é crescente também, notadamente para reduzir a dependência mundial da queima de combustíveis fósseis (Rocateli et al., 2012; Suryaningsih; Irhas, 2014). Nesse cenário de demanda, insere-se a necessidade de uso de fontes renováveis, incluindo a biomassa, para a geração de energia no Brasil e em outros países, tanto para a produção de etanol quanto para a cogeração de energia elétrica (Silva et al., 2016), em cujo contexto o sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L) Moench] insere-se como matéria-prima promissora.

As principais vantagens comparativas do sorgo biomassa como fonte de energia são: alto rendimento energético por hectare; é totalmente mecanizável (do plantio à colheita); é estabelecido por sementes; sistemas de produção agrícola conhecidos; tem um ciclo curto (5 a 6 meses); apresenta tolerância à seca (Parrella et al., 2011); demonstra versatilidade como fonte de amido (etanol de segunda geração) e lignocelulose para combustão; tem alto poder calorífico e apresenta ampla adaptabilidade (Habyarimana et al., 2004; Castro, 2014; Vendruscolo et al., 2016). No Brasil, devido a condições hidrológicas desfavoráveis no passado, houve redução no fornecimento de energia gerada por usinas hidroelétricas (May et al., 2016), com o consequente aumento na geração térmica, em cujas fontes inclui-se o sorgo biomassa,

que pode ser colhido na entressafra da cana-de-açúcar (quando há escassez de bagaço). Esse tipo de sorgo, também conhecido como sorgo energia, tem recebido destaque nos últimos anos como matéria-prima para cogeração de energia (Parrella et al., 2011).

Com o intuito de atender à característica de alto rendimento energético por hectare, o programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu híbridos de sorgo biomassa sensíveis ao fotoperíodo, com potencial superior a 50 t ha⁻¹ (Parrella et al., 2011). Nesse tipo de sorgo, a floração tardia e o longo período de crescimento vegetativo são características essenciais para o acúmulo de biomassa (Rooney et al., 2007; Murphy et al., 2014).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a adaptação geográfica e climática, e o potencial de produção de 21 híbridos experimentais de sorgo biomassa desenvolvidos pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo (PME), nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal.

Material e Métodos

O experimento de campo foi conduzido na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, Brasil (S15°36.194', W047°43.048', 1.017 m de altitude) em Latossolo Vermelho distrófico argiloso. O plantio foi realizado em 25/11/2021, em um delineamento de blocos ao acaso com três repetições, e a colheita dos híbridos mais tardios foi realizada em 19/5/2022. Assim, o período experimental foi de 175 dias. Foram avaliados 25 híbridos de sorgo: 21 experimentais de sorgo biomassa desenvolvidos pelo PME e quatro híbridos comerciais usados como testemunhas: BRS 716, tipo biomassa (PME); BRS 658, tipo forrageiro (PME); AGRI002E, tipo biomassa (Agricomseeds) e Volumax, tipo forrageiro (Agrocere).

Durante o período de condução do experimento, de novembro de 2021 a maio de 2022, foram registradas as seguintes variáveis climáticas na Estação Climatológica Principal da Embrapa Cerrados (Planaltina, DF): a média das temperaturas mínimas foi de 16,5 °C, a média das temperaturas médias foi de 21,3 °C e a das temperaturas máximas foi de 28,0 °C (Figura 1); a precipitação média diária foi de 4,77 mm e a precipitação máxima foi de 58,1 mm; a umidade relativa máxima foi de 97,3%, a média foi de 76,6% e a mínima foi de 46,1% (Figura 2).

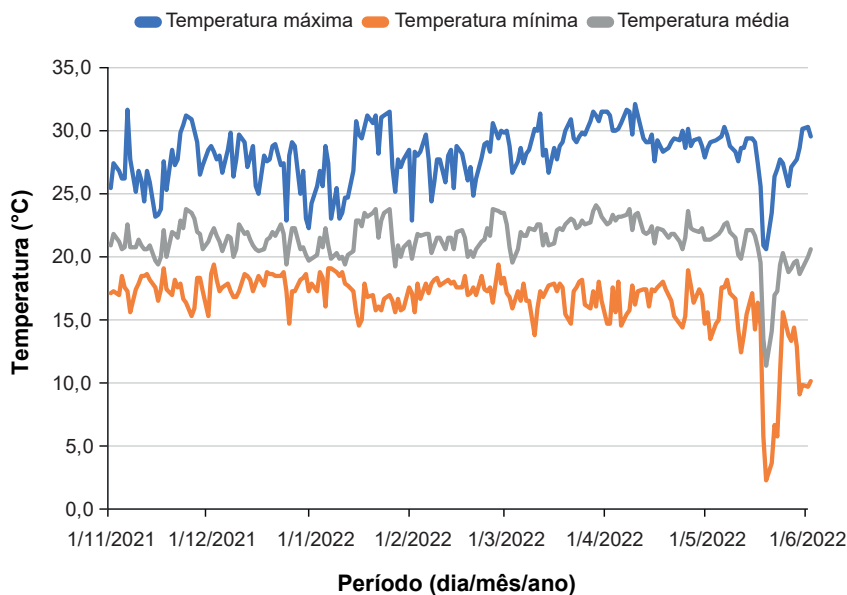


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média observadas no período de novembro/2021 a maio de 2022, na estação principal da Embrapa Cerrados.

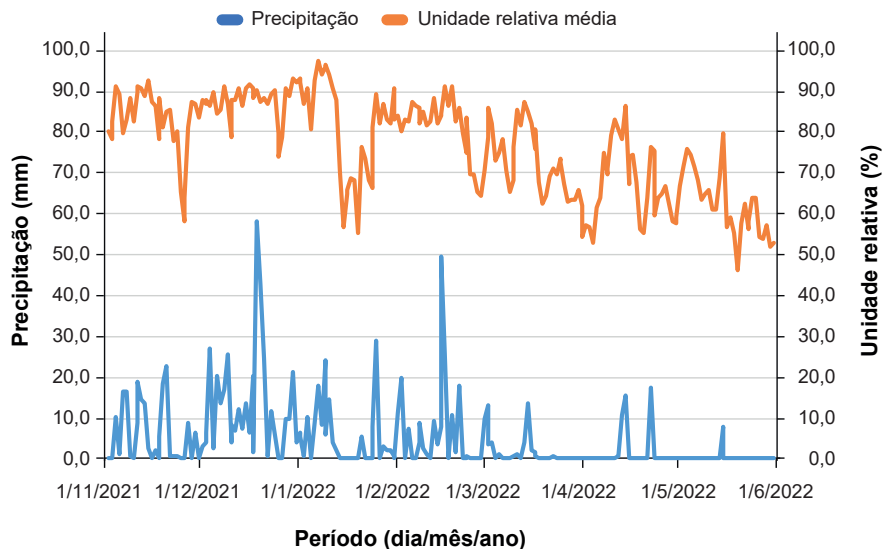


Figura 2. Unidade relativa e precipitação registradas no período de novembro/2021 a maio/2022, na estação principal da Embrapa Cerrados.

As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,70 m. Vinte e oito dias após o plantio, foi realizado um desbaste manual deixando-se oito plantas por metro linear, o que resultou em uma população estimada de 114.285 plantas por hectare. O espaçamento entre as parcelas também foi de 0,70 m.

Amostras compostas de solo foram coletadas na profundidade de 0 cm–20 cm, efetuando-se a análise química anterior à instalação do experimento, que evidenciou valores de pH (H_2O) = 5,8; P (Mehlich1- mg/dm^3) = 10,1; K ($cmol/dm^3$) = 0,72; Ca ($cmol/dm^3$) = 6,6; Mg ($cmol/dm^3$) = 2,7; Al ($cmol/dm^3$) = 0,1; MO (g/kg) = 32,9; Acidez (H + Al) ($cmol/dm^3$) = 3,7; CTC, a pH 7 ($cmol/dm^3$) = 13,8; V (%) = 73; Soma das bases ($cmol/dm^3$) = 10,1; Saturação por alumínio (%) = 1,0.

Com base na análise de solo a adubação de plantio foi constituída de 30 $kg\ ha^{-1}$ de N, 100 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 60 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . A adubação de cobertura foi efetuada com 130 $kg\ ha^{-1}$ de N, na forma de ureia, vinte e oito dias após o plantio. As avaliações foram conduzidas nos três metros centrais das parcelas, desconsiderando-se um metro nas extremidades, assim a área útil foi de 4,2 m^2 . Durante o ciclo das plantas foram efetuadas quatro irrigações suplementares. O controle de plantas daninhas foi efetuado com aplicação de Atrazina 500 SC (500 g/L de atrazina) com a dose de 2,5 L de ingrediente ativo por hectare em pré-emergência, e complementado com capinas manuais. O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi feito com quatro aplicações de Curyom 550 CE (Profenofós 500 g/L + Lufenuron 50 g/L com a dose de 250 mL ha^{-1} do produto comercial).

Os seguintes caracteres agronômicos foram avaliados: florescimento (Flor) – número de dias da semeadura até o início da liberação de pólen em 50% das plantas da parcela; altura das plantas (AP, cm) – medida na época da colheita, altura média das plantas da área útil da parcela, medida da superfície do solo ao ápice da panícula; peso de massa verde total (sem panícula) (PMV, $t\ ha^{-1}$) – peso das plantas da área útil da parcela determinado pela extrapolação da pesagem de 48 plantas colhidas quando os grãos estavam no estágio de massa dura/farináceo; produção de matéria seca total (PMS, $t\ ha^{-1}$) – produto da PMV pela percentagem de matéria seca das amostras verdes das parcelas (MS). Para essa determinação, cinco plantas sem panículas escolhidas ao acaso foram picadas em máquina forrageira do tipo desintegradora, picadora e moedora (DPM 500). Em seguida, 500 g de mas-

sa acondicionadas em saco de papel, foram colocadas em estufa a 65 °C, onde permaneceram até que o peso se tornasse constante.

As variáveis em análise foram avaliadas no delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Para a análise de variância (Anova), foram verificados os pressupostos de normalidade dos resíduos e a homogeneidade da variância. Para a comparação múltipla das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott (Scott; Knott, 1974), no nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R, versão 4.1.2 (R Core Team, 2023).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância e o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), houve diferenças significativas entre os híbridos avaliados, para as características avaliadas: FLOR (d), AP (m), PMV ($t\ ha^{-1}$), MS (%) e PMS ($t\ ha^{-1}$) (Tabela 1), o que demonstra a diversidade genética entre eles quanto a essas características.

Tabela 1. Valores médios para os caracteres agrônômicos: florescimento (Flor), altura de plantas (ALT), produção de massa verde (PMV), percentagem de matéria seca (MS) e produção de matéria seca (PMS) de genótipos de sorgo biomassa, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, safra 2021/2022.

Genótipo	Flor ⁽¹⁾ (d)	ALT ⁽²⁾ (m)	PMV ⁽³⁾ ($t\ ha^{-1}$)	MS ⁽⁴⁾ (%)	PMS ⁽⁵⁾ ($t\ ha^{-1}$)
202129B005	148 a	4,51 d	50,16 d	33,93 b	17,01 d
CMSXS7200	148 a	3,12 f	25,08 f	26,27 d	6,62 f
202129B011	141 b	4,71 c	43,43 e	29,53 c	12,78 e
202129B014	141 b	4,94 b	60,08 c	31,93 b	19,11 c
202129B015	138 c	4,49 d	59,84 c	32,27 b	19,36 c
202129B002	137 c	4,52 d	40,63 e	30,27 c	12,26 e
CMSXS7501	137 c	4,47 d	45,87 e	23,67 d	10,87 e
202129B017	134 d	4,78 c	49,95 d	29,01 c	14,46 e
CMSXS7500	134 d	4,19 e	42,54 e	29,27 c	12,46 e
BRS 716	133 d	5,01 b	60,88 c	30,87 c	18,87 c
AGRI002E	132 e	5,00 b	43,99 e	37,47 a	16,48 d
202129B006	131 e	5,44 a	102,70 a	30,07 c	30,68 a

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Genótipo	Flor ⁽¹⁾ (d)	ALT ⁽²⁾ (m)	PMV ⁽³⁾ (t ha ⁻¹)	MS ⁽⁴⁾ (%)	PMS ⁽⁵⁾ (t ha ⁻¹)
202129B010	128 f	4,66 c	52,38 d	29,13 c	15,32 d
202129B001	127 f	4,46 d	41,74 e	29,40 c	12,28 e
202129B004	127 f	4,64 c	44,92 e	39,73 b	14,67 e
202129B009	127 f	4,59 c	52,22 d	31,33 c	16,35 d
202129B013	127 f	4,55 d	51,90 d	30,27 c	15,73 d
202129B007	126 f	4,61 d	60,63 c	29,13 c	17,65 d
202129B012	126 f	4,55 d	87,30 b	29,00 c	25,40 b
202129B003	124 g	4,53 d	39,59 e	30,53 c	12,07 e
202129B016	124 g	4,78 c	62,92 c	32,33 b	20,36 c
202129B008	123 g	4,71 c	57,46 c	27,93 c	16,06 d
CMSXS7502	123 g	4,16 e	44,91 e	23,73 d	10,50 e
Volumax	86 h	2,59 g	27,94 f	23,63 d	6,56 f
BRS 658	81 i	2,62 g	20,79 f	28,67 c	5,96 f
CV (%)	1,03	2,20	9,56	6,41	11,28
Média	128,12	4,42	50,79	29,97	15,19

⁽¹⁾Flor = florescimento.

⁽²⁾ALT = altura de plantas.

⁽³⁾PMV = produção de massa verde.

⁽⁴⁾MS = matéria seca.

⁽⁵⁾PMS = produção de matéria seca.

As médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

O ciclo médio dos genótipos foi de 128,12 dias (d), oscilando de 81 dias para BRS 658 a 148 dias para 202129B005 e CMSXS7200. Com base no teste de médias, constatou-se que os híbridos BRS 658 e Volumax foram os mais precoces, respectivamente, com intervalos de 81 e 86 dias entre o plantio e o florescimento (Flor) (Tabela 1). A precocidade desses híbridos deve-se à sua insensibilidade ao fotoperíodo, razão pela qual apresentam período vegetativo curto (Parrella et al., 2010). Já os mais tardios foram 202129B005 e CMSXS7200, ambos com florescimento aos 148 dias após o plantio. Um segundo grupo representado por 202129B011 e 202129B014, floresceu com 141 dias após o plantio (Tabela 1). A longevidade do ciclo desses híbridos deve-se à sua sensibilidade ao fotoperíodo, razão pela qual seu florescimento é retardado (a indução floral ocorre quando o comprimento do dia se torna menor que 12 horas e 20 minutos) (Parrella et al., 2010; Wight et al., 2012). Meki et al. (2017) pontuam que essa característica (sensibilidade ao fotope-

ríodo) permite que a planta acumule o máximo de biomassa quando cultivada no período de dias longos, daí sua importância para as cultivares de sorgo destinadas à cogeração de energia. Do ponto de vista econômico, maiores ganhos de biomassa sempre serão desejáveis no cultivo desse tipo de sorgo, logo, o manejo deve ser feito de tal forma que, as plantas continuem a crescer vegetativamente por períodos mais longos antes da colheita. Nesse sentido, o PME vem desenvolvendo híbridos de sorgo biomassa sensíveis ao fotoperíodo com alto potencial de produção de biomassa visando o fornecimento de matéria-prima para a cogeração de energia (Parrella et al., 2010).

A altura média dos híbridos (AP) foi de 4,42 m, variando de 5,44 m, para 202129B006, o mais alto, a 2,59 m para Volumax, o que não diferiu significativamente de BRS 658 (2,61 m) (Tabela 1). Tanto Volumax quanto BRS 658 são insensíveis ao fotoperíodo, por isso apresentaram o menor porte. Um segundo grupo com porte alto, mas significativamente diferente de 202129B006, foi representado pelos híbridos 202129B014 (4,93 m), AGRI002E (5,00 m) e BRS 716 (5,01 m) (Tabela 1). A altura das plantas é considerada um bom indicador de matéria seca em sorgo sensível ao fotoperíodo, tendo em vista que essa característica retarda o florescimento das plantas, razão pela qual apresenta período vegetativo mais longo, o que contribui para o maior crescimento e produção de massa verde (Habyarimana et al., 2004; Wight et al., 2012; Castro, 2014).

Para a variável produção de massa verde (PMV), pelo teste de Scott-Knott, foi observada a formação de seis grupos com variação de médias entre 102,70 t ha⁻¹ (202129B006), significativamente superior aos demais, e 20,79 t ha⁻¹ (BRS 658), o que não diferiu significativamente de Volumax (27,94 t ha⁻¹). Os híbridos 202129B012 (87,30 t ha⁻¹), 202129B016 (62,92 t ha⁻¹), BRS 716 (60,88 t ha⁻¹), 202129B007 (60,63 t ha⁻¹) e 202129B014 (60,08 t ha⁻¹) superam 60 t ha⁻¹. Os híbridos de sorgo forrageiro BRS 658 e Volumax, usados como testemunhas, provavelmente em virtude da insensibilidade ao fotoperíodo, apresentaram menor porte e período vegetativo mais curto, o que refletiu negativamente na produção de massa verde (Parrella et al., 2010; Pereira et al., 2012; Castro, 2014), tendo sido por isso os menos produtivos (Tabela 1). A PMV desses híbridos nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal apresentaram médias inferiores às obtidas por Silva et al. (2022) em Cáceres (MT), que foram de 33,30 t ha⁻¹ e 35,59 t ha⁻¹, respectivamente para BRS 658 e Volumax.

A percentagem média dos teores de matéria seca (MS, %) dos híbridos foi de 29,97%, oscilando de 37,47 (AGRI002E) a 23,63% (Volumax), o que não diferiu significativamente de CMSXS7502 (23,73%), CMSXS7501 (23,67%) e CMSXS7200 (26,27%) (Tabela 1). Para a produção de matéria seca (PMS), verificou-se a formação de seis grupos pelo teste de Scott-Knott (Tabela 1), cujas médias variaram de 30,68 t ha⁻¹ a 5,95 t ha⁻¹, respectivamente para 202129B006 e BRS 658, o que não diferiu significativamente de Volumax (6,56 t ha⁻¹) e CMSXS7200 (6,62 t ha⁻¹). O híbrido 202129B006, a despeito de não apresentar o maior teor de MS (%), destacou-se quanto à produção de matéria seca (PMS, t ha⁻¹) em razão de ter se destacado também quanto às variáveis PMV (t ha⁻¹) e altura (m) (Tabela 1).

Conclusão

Considerando a variável produção de matéria seca (PMS), os híbridos 202129B006 (30,68 t ha⁻¹), 202129B012 (25,40 t ha⁻¹) e 202129B016 (20,36 t ha⁻¹), demonstram potencial do sorgo biomassa como uma cultura promissora para a cogeração de energia renovável.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores da Embrapa Cerrados, Thomaz Adolpho Rein e Fernando Antônio Macena da Silva, respectivamente, pela recomendação da adubação do experimento e pela análise das variáveis climáticas; aos assistentes de pesquisa da Embrapa Cerrados, Antônio Reinaldo da Cunha e Robson Santos Alves, pela contribuição na condução das atividades de campo e de laboratório.

Referências

- ADEBAYO, T. S.; RJOUB, H. A new perspective into the impact of renewable and nonrenewable energy consumption on environmental degradation in Argentina: a time-frequency analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 11, p. 16028-16044, 2022.
- ASIF, M.; MUNEEB, T. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 7, p. 1388-1413, 2007.

CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônômico e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EDRISI, S. A.; ABHILASH, P. C. Exploring marginal and degraded lands for biomass and bioenergy production: an Indian scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1537-1551, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2022**: ano base 2021. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 9 fev. 2023.

HABYARIMANA, E.; LAURETI, D.; DE NINNO, M.; LORENZONI, C. Performance of biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] under different water regimes in Mediterranean region. **Industrial Crops and Products**, v. 20, n. 1, p. 23-28, 2004.

MAY, A.; SOUZA, V. F.; GRAVINA, G. A.; FERNANDES, P. G. Espaçamento entrelinhas e população de plantas no desempenho produtivo do sorgo biomassa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 434-439, 2016.

MEHMOOD, M. A.; IBRAHIM, M.; RASHID, U.; NAWAZ, M.; ALI, S.; HUSSAIN, A.; GULL, M. Biomass production for bioenergy using marginal lands. **Sustainable Production and Consumption**, v. 9, p. 3-21, 2017.

MEKI, M. N.; OGOSHI, R. M.; KINIRY, J. R.; CROW, S. E.; YOUKHANA, A. H.; NAKAHATA, M. H.; LITTEJOHN, K. Performance evaluation of biomass sorghum in Hawaii and Texas. **Industrial Crops & Products**, v. 103, p. 257-266, 2017.

MURPHY, R. L.; MORISHIGE, D. T.; BRADY, J. A.; ROONEY, W. L.; YANG, S.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E. *Ghd7* (*Ma6*) represses sorghum flowering in long day: *Ghd7* alleles enhance biomass accumulation and grain production. **Alliance of Crop, the Plant Genome**, v. 7, n. 2, 1-15, 2014.

PARRELLA, R. A. da C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

PEREIRA, G. de A.; PARRELLA, R. A. da C.; PARRELLA, N. N. L. E.; SOUZA, V. F.; SCHAFFERT, R. E.; COSTA, R. K. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos**: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agronômico; Sete Lagoas: Associação Brasileiro de Milho e Sorgo, 2012. p. 82-88.

R CORE Team. R: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Versão 4.2.1. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 set. 2023.

ROCATALI, A. C.; RAPER, R. L.; BALKOM, K. S.; ARRIAGA, F. J.; BRANSBY, D. I. Biomass sorghum production and components under different irrigation/tillage systems for the southeastern U.S. **Industrial Crops and Products**, v. 36, n. 1, p. 589-598, 2012.

- ROONEY, W. L.; BLUMENTHAL, J.; BEAN, B.; MULLET, J. E. Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 1, n. 2, 147-157, 2007.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SILVA, A. L.; TARDIN, F. D.; ROTTA, G. W.; BALDONI, A. B.; BARELLI, M. A. A.; SILVA, A. F.; GONÇALVES, D. B.; SILVA, F. B.; RIBEIRO, J. R. D.; PARRELLA, R. A. C. Characterization of biomass sorghum cultivars aiming to generate energy for the north region of Mato Grosso, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 175-178, 2016.
- SILVA, D. A. da; OLIVEIRA, A. J. de; OLIVEIRA, T. C. de; MORAIS, L. H. P.; LIMA, F. R. D.; SILVA, V. P. de; ELIAS, J. C. F.; TARDIN, F. D.; BARELLI, M. A. A. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa avaliados na mesorregião Centro-Sul mato-grossense. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, 2022. e6311830049.
- SURYANINGSIH, R.; IRHAS. Bioenergy plants in Indonesia: sorghum for producing bioethanol as an alternative energy substitute of fossil fuels. **Energy Procedia**, v. 47, n. 8, p. 211-216, 2014.
- VENDRUSCOLO, T. P. S.; BARELLI, M. A. A.; CASTRILLON, M. A. S.; SILVA, R. S.; OLIVEIRA, F. T.; CORRÊA, C. L.; ZAGO, B. W.; TARDIN, F. D. Correlation and path analysis of biomass sorghum production. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 4, 2016. gmr 15049086.
- WIGHT, J. P.; HONS, F. M.; STORLIEN, J. O.; PROVIN, T. L.; SHAHANDEH, H.; WIEDENFELD, R. P. Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 593-604, 2012.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL



UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 18352