

AValiação DO DESEMPENHO AGRONômICO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE SORGO BIOMASSA

Ruane Alice da Silva¹, Rafael Augusto da Costa Parrella², Vander Fillipe de Souza³, Crislene Vieira dos Santos⁴, Pedro César de Oliveira Ribeiro⁵, Michele Jorge da Silva⁶, Karine da Costa Bernardino⁷ Robert Eugene Schaffert⁸, Miguel Mesquita Rabelo⁹; Mateus Saturnino de Oliveira¹⁰.

¹Graduanda em Engenharia Agrônômica, ruane.alice29@gmail.com; ²Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/ MG, rafael.parrella@embrapa.br; ³Doutorando, Bioenergia, vanderfsouza@gmail.com; ⁴Graduanda em Engenharia Agrônômica, cris-vieira15@hotmail.com; ⁵Graduando em Engenharia Agrônômica, pedroagroufsj@yahoo.com.br; ⁶Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, michelejorgesilva@gmail.com; ⁷Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, karinecosta23@gmail.com; ⁸Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/ MG, schaffer@cnpmc.embrapa.br; ⁹Graduando em Engenharia Agrônômica, miguelmagronomia@yahoo.com.br; ¹⁰Graduando em Engenharia Agrônômica, mateusatur@yahoo.com.br;

^{1,3,4,5} Universidade Federal de São João del-Rei; Rodovia MG 424 – Km 47, CEP: 35701-970 – Sete Lagoas – MG, Caixa Postal: 56; <http://www.ufsj.edu.br>; Tel: (31) 3697-2003

^{6,7} Universidade Federal de Viçosa; Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa – MG, CEP: 36570-900, <http://www.ufv.br>; E-mail: reitoria@ufv.br; Tel.: (31) 3899-2200.

^{2,8} Embrapa Milho e Sorgo; Rodovia MG-424, Km 45 Caixa Postal: 285 ou 151 CEP: 35701-970 - Sete Lagoas - MG; <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo> Fone: (31) 3027-1100

RESUMO

Devido ao cenário energético atual, o sorgo biomassa tem se destacado como importante matéria-prima para a produção de etanol de segunda geração, assim o objetivo desse trabalho foi medir o desempenho agrônômico de diferentes genótipos visando à produção de biocombustíveis a partir dessa tecnologia. Para tanto foram avaliados 46 híbridos de sorgo, dos quais 44 eram híbridos experimentais do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e dois híbridos comerciais, Volumax e BRS655, os quais formam utilizados como testemunhas. Empregou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições e as seguintes características foram avaliadas: florescimento (Flor); altura de plantas (Altura); produção de massa verde (PMV); e a produção de matéria seca (PMS). Por meio dessas características definiram-se os materiais sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, como também a produção de matéria seca em Kg.ha⁻¹ de cada híbrido. Os híbridos que se destacaram corresponderam aos genótipos 42B010, 42B911, 42B019 e CMSXS7015, apresentando grande potencial para a produção de biocombustível de segunda geração mesmo em condições ambientais desfavoráveis.

Palavras Chave: *Sorghum bicolor*, etanol lignocelulósico, fotoperíodo.

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION OF HYBRID EXPERIMENTAL AGRICULTURE SORGHUM BIOMASS

Due the energetic scenery current the biomass sorghum has detached, like important row material for production of ethanol of second generation, so the objective of this project was measure the agronomic performance of different genotypic, aiming the production of biofuel from this technology. Then, were evaluated 46 hybrid of sorghum, which 44 were experiment hybrid of breeding program of Embrapa Maize and Sorghum, and two commercial materials, that were Volumax e BRS655, which were utilized like witness. Used the experimental lineation in randomized blocks with three replications, and next features were evaluate: days to flowering (Flower); plant height (Height); green mass production(PGM); and production of dry material (PDM). With these characteristics were possible determine the sensitive and insensitive material by the photoperiod, like as well the production of dry material in Kg.ha⁻¹ of each hybrid. The hybrids that detached were the genotypes 42B010,42B011,42B019 and CMSXS7015, showing great potential for second generation biofuel production, even in unfavourable environmental conditions.

Keywords: *Bicolor Sorghum*, *Lignocellulosic Ethanol*, Photoperiod

INTRODUÇÃO

A partir da biomassa lignocelulósica de diferentes fontes, a produção de etanol de segunda geração tem sido apontada como uma das alternativas mais promissoras e, ambientalmente, sustentáveis para a substituição de combustíveis fósseis. Neste caso, a matéria-prima (biomassa vegetal) passa por um processo de hidrólise para conversão de longas cadeias carbônicas em açúcares fermentescíveis, com vista à produção de biocombustível (PARRELLA et al. 2010). Dentre essas alternativas o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] está ganhando destaque, não só por ser uma boa fonte de energia para o produção de etanol de segunda geração e para cogeração de energia elétrica em caldeiras de alta pressão pela queima direta de biomassa, mas também pela capacidade de se desenvolver em regiões com condições severas de seca e calor.

Algumas espécies dessa cultura são capazes de produzir grande quantidade de biomassa (acima de 50 t.ha⁻¹ de matéria seca por ciclo), por apresentar espécimes sensíveis ao fotoperíodo, o que acarreta, em determinadas épocas do ano, uma extensão do ciclo reprodutivo (para até seis meses) e, conseqüentemente, uma maior duração do período vegetativo. Ressalta-se ainda, que a matéria verde produzida contém baixos teores de lignina (entre 1% e 10%) o que confere alta qualidade à biomassa (SKONIESKI et al. 2010; OLIVEIRA et al. 2009).

Logo, esse trabalho objetivou por meio de técnicas de melhoramento, avaliar e caracterizar a biomassa obtida a partir de híbridos de sorgo sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo, para a produção de biocombustíveis. Uma vez que práticas de melhoramento genético associadas às técnicas de manejo de solo e outras tendem a aumentar a qualidade e a produtividade da cultura no qual são empregadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG, na safra 2013/2014, em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Avaliou-se 46 genótipos, dos quais 44 eram híbridos experimentais do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e dois materiais comerciais (Volumax e BRS655) utilizados como testemunhas. As parcelas experimentais foram constituídas por duas fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas por 0,70 m. Destaca-se que todos os tratamentos culturais necessários para o desenvolvimento da cultura e condução do experimento foram aplicados, como: controle de formigas e ervas daninhas, adubação de semeadura e cobertura, determinada de acordo com a análise do solo e irrigação quando necessário, buscando mitigar possíveis injúrias causadas por pragas e plantas invasoras e estresse por déficit hídrico.

As características avaliadas foram: florescimento (Flor) - determinado pelo número de dias decorridos da data de semeadura à data correspondente a emissão floral de 50% das plantas da parcela, altura de plantas (Altura) - estabelecida pela média das plantas de cada parcela, da superfície do solo até o ápice da panícula; produção de massa verde (PMV); obtida pelo peso em Kg de todas as plantas da parcela sem a panícula; e produção de matéria seca (PMS). Para determinação da matéria seca foram retiradas amostras da biomassa verde das parcelas, as quais foram armazenadas em estufa a 65°C por 72 horas. Posteriormente, foi medida a diferença entre os pesos secos e úmidos, obtendo-se assim a porcentagem de matéria seca de cada parcela. Os dados de PMV e PMS foram convertidos para t.ha⁻¹. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o recurso computacional do programa Genes (CRUZ, 2006) no qual foi realizado o teste F para análise de variância, e o teste de agrupamento de médias Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância mostraram que todas as características obtiveram significância estatística pelo teste F (Tabela 1), o que pode tornar todas as características interessantes do ponto de vista agrônomo, para a identificação de híbridos promissores para a produção de biomassa. Uma amplitude de 67 dias foi observada para o tempo de florescimento, quando comparado o ciclo mais curto ao mais tardio. Em relação à altura de plantas, os híbridos alcançaram de 1,57m a 5,20 m, à produção de massa verde houve uma variação entre 3.64 t.ha⁻¹ a 68.95 t.ha⁻¹, e a produção de massa seca, valores no intervalo de 1,85 t.ha⁻¹ a 22,34 t.ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características; florescimento de plantas (dias), altura de plantas (m), peso de massa verde ($t \cdot ha^{-1}$) e peso de massa seca ($t \cdot ha^{-1}$), de 46 genótipos de sorgo para biomassa, avaliados em Sete Lagoas, Minas Gerais, na safra 2013/2014.

Table 1. Summary of analysis of variance; flowering plants (days), plant height (m), weight of green mass ($t \cdot ha^{-1}$) and dry weight ($t \cdot ha^{-1}$) of 46 sorghum genotypes for biomass, measured in Sete Lagoas, Minas Gerais, in 2013/2014.

FV	GL	QM			
		FLOR (DIAS)	ALTURA (m)	PMV ($t \cdot ha^{-1}$)	PMS ($t \cdot ha^{-1}$)
Blocos	2	41.8551	3.1729	122.5925	5.822
Híbridos	45	1490.0085**	2.0234**	1021.7326**	106.9599**
Resíduo	90	68.981	0.221	81.2246	9.5882
Média		106.47	3.4	35.91	12.17
CV(%)		7.8	13.82	25.1	25.44

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Alguns híbridos confirmaram a sensibilidade ao fotoperíodo pelo fato da semeadura ter sido realizada em dezembro, sob dias longos, em que o fotoperíodo é superior a 12 horas e 20 minutos (PARRELLA et al. 2010). Desta forma, o florescimento para os materiais sensíveis ao fotoperíodo iniciou-se apenas no mês de março, quando o fotoperíodo crítico para estimulação do processo de antese foi alcançado. Os genótipos que apresentaram florescimento superior a 110 dias foram considerados sensíveis, como no caso dos tratamentos: 42BO10, 42B011, 42B019, 42B020, 42B021, 42B023, 42B026, 42B028, 42B032, CMSXS7012, CMSXS7015, CMSXS7016, CMSXS7027, CMSXS7031 (Tabela 2). Tal comportamento não foi verificado para alguns genótipos como os correspondentes aos números 42B002, 42B003, 42B024, 42B025, BRS655 e o Volumax considerados então, insensíveis ao fotoperíodo (IF).

Para altura de plantas, verifica-se que os híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo (SF) apresentaram maior porte, principalmente comparando com os híbridos IF (Tabela 2). Vale destaca, que esta característica é correlacionada com a produção de biomassa, ou seja, híbridos de maior porte apresentam maior produtividade.

Quanto à produção de massa verde, vale a pena destacar os tratamentos 42B010, 42B011, 42B019 e CMSXS7015 que apresentaram produtividades acima de $56 t \cdot ha^{-1}$. As médias para peso de massa verde foram de $35.91 t \cdot ha^{-1}$, sendo relativamente baixas, quando comparadas a cultivares de sorgo forrageiro e outros comerciais existentes no mercado, que chegam a produzir em torno de 40 a $50 t \cdot ha^{-1}$ (PAULO; FREITAS, 2008; NEUMANN et al. 2002). Contudo, isso pode ser explicado pela divergência genética dos genótipos e por fatores ambientais, uma vez que o experimento foi conduzido em solo de baixa fertilidade, o que não foi, totalmente, corrigido com os manejos para ajuste e aumento do potencial nutritivo. Além disso, os índices pluviométricos foram muito abaixo do esperado para a região nesse período, que seria chuvoso, de acordo com o gráfico 1 e alguns materiais foram colhidos em estágio mais avançado em relação ao ponto ideal de maturação fisiológica. As testemunhas BRS655 e a Volumax apresentaram para a característica produção de biomassa verde médias bem inferiores, em relação aos genótipos 42B010, 42B011, 42B019 e CMSXS7015 (Tabela 2) que apresentaram melhor desempenho. Desta forma, chama a atenção a superioridade dos híbridos SF quanto a produção de massa verde em relação as testemunhas. A produção de massa seca (PMS) apresentou a mesma tendência da PMV, com os híbridos SF apresentando maiores produtividades, destacando-se os híbridos 42B011, 42B016, 42B019, 42B032, 42B033 e CMSXS7015 (Tabela 2).

Na avaliação de genótipos de sorgo biomassa, em condições ambientais favoráveis, obtiveram produção de massa verde e seca superior a 100 t/há e 30 t/há, respectivamente (PARRELLA et al. 2010 e 2011; MAY et al. 2013), mostrando o grande potencial produtivo deste tipo de sorgo.

Tabela 2. Agrupamento de médias de 46 híbridos de sorgo biomassa avaliados para florescimento (dias), altura (m), peso de massa verde ($t \cdot ha^{-1}$) e peso de massa seca ($t \cdot ha^{-1}$), em Sete Lagoas, Minas Gerais, na safra 2013/2014.

Table 2. Grouping averages 46 biomass sorghum hybrids evaluated for flowering (days), height (m), weight of green mass ($t \cdot ha^{-1}$) and dry weight ($t \cdot ha^{-1}$), in Sete Lagoas, Minas Gerais in 2013/2014.

GENÓTIPO	FLOR (dias)	ALTURA (m)	PMV ($t \cdot ha^{-1}$)	PMS ($t \cdot ha^{-1}$)
42B001	84 d	2.58 c	8.40 c	5.50 d
42B002	71 d	2.36 c	6.65 c	4.03 d
42B003	71 d	2.17 c	10.83 c	4.92 d
42B004	113 d	3.63 b	36.48 b	13.25 b
42B005	81 d	3.67 b	42.84 b	16 a
42B006	72 d	2.35 c	9.75 c	4.37 d
42B007	75 d	1.93 c	11.74 c	3.73 d
42B008	109 b	3.70 b	50.93 a	17.32 a
42B009	116 b	4.22 a	43.39 b	13.46 b
42B010	119 b	4.23 a	56.4 a	18.89 a
42B011	138 a	5.20 a	64.70 a	21.63 a
42B012	117 b	3.73 b	37.50 b	13.61 b
42B013	74 d	2.00 c	8.29 c	2.72 d
42B014	108 b	3.63 b	36.32 b	13.12 b
42B015	115 b	3.42 b	31.60 b	10.93 b
42B016	116 b	4.48 a	53.11 a	19.36 a
42B017	74 d	2.87 c	5.65 c	2.29 d
42B018	98 c	3.37 b	40.66 b	9.98 c
42B019	129 a	4.20 a	56.08 a	19.89 a
42B020	119 b	3.73 b	44.67 b	16.33 a
42B021	121 b	4.38 a	50.53 a	17.50 a
42B022	96 c	3.37 b	33.33 b	7.94 c
42B023	126 a	3.93 a	48.23 a	16.64 a
42B024	74 d	2.70 c	6.40 c	3.40 d
42B025	70 d	1.57 c	3.64 c	1.85 d
42B026	132 a	4.20 a	35.91 b	13.04 b
42B027	89 c	3.20 b	29.87 b	6.95 c
42B028	138 a	4.03 a	54.52 a	16.28 a
42B029	115 b	3.73 b	47.64 a	15.55 b
42B030	123 b	3.58 b	50.95 a	12.57 b
42B031	119 b	3.43 b	43.06 b	16.22 a
42B032	129 a	4.02 a	56.50 a	20.67 a
42B033	121 b	4.30 a	56.15 a	20.02 a
42B034	97 c	3.47 b	33.41 b	12.27 b
42B035	81 d	2.22 c	7.35 c	4.13 d
42B036	95 c	3.15 b	35.28 b	11.38 b
42B037	117 b	4.08 a	35.89 b	12.84 b
42B038	115 b	3.97 a	41.37 b	16.53 a
42B039	95 c	3.22 b	35.68 b	8.89 c
CMSXS7012	130 a	3.73 b	43.73 b	14.48 b
CMSXS7015	136 a	3.17 b	68.95 a	22.34 a
CMSXS7016	139 a	3.83 b	51.39 a	14.52 b
CMSXS7027	136 a	4.12 a	47.64 a	13.91 b
CMSXS7031	126 a	3.63 b	52.09 a	17.96 a
Volumax	102 c	1.98 c	21.94 c	7.55 c
BRS655	75 d	2.03 c	4.88 c	3.16 d

^{1/} Médias seguidas por uma mesma letra, dentro das colunas, não possuem diferença estatística entre si, segundo o teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

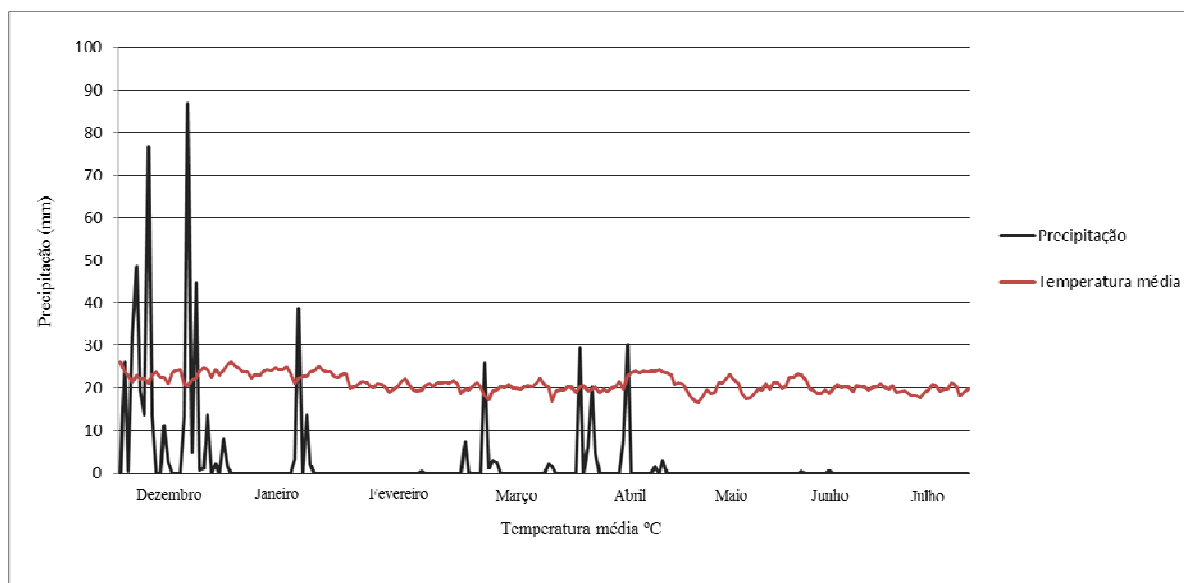


Gráfico 1. Índice pluviométrico em Sete Lagoas, MG, durante o período de condução do experimento. Os dados foram coletados a partir da Estação Climatológica Principal da Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

Graphic 1. Precipitation index of Sete Lagoas- MG, during the conduct of the experiment. The data were collected from the Principal Climatological Station of Embrapa Maize and Sorghum, 2014.

CONCLUSÃO

Os híbridos de sorgo biomassa, sensíveis ao fotoperíodo, apresentaram desempenho bastante superior do ponto de vista agrônomo. Sendo assim, uma alternativa promissora para o fornecimento de matéria-prima para a produção de biocombustível de segunda geração e cogeração de energia, o que justifica testá-los em outros ambientes para melhor avaliação do potencial produtivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Milho e Sorgo, a Universidade Federal de São João Del Rei, ao CNPq, e a FAPEMIG pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

CONSECANA. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006. 112 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382 p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G. de; FREITAS, A. K. de. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002. Suplemento.

OLIVEIRA, R.; FRANÇA, A.; SILVA, A. da; MIYAGI, E.; OLIVEIRA, E. de; PERÓN, H.. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.10, n. 4, 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/541/5979>>. Acesso em: 27 jul. 2014

PARRELLA, R. A. 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. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PAULO, J. L. A.; FREITAS, M. O. **Desempenho produtivo do sorgo forrageiro (sorghum bicolor (L.) moench) variedade BRS Ponta Negra no litoral do RN**. In: ZOOTEC 2008, João Pessoa. Anais.. João Pessoa: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2008. 3 p.

RESENDE, A. V.; MAY, A.; DAGMA, D. S.; FLÁVIA, C. S.; COTA, V. C.; OLIVEIRA, P. A.; MENDES, S. M.; PARRELLA, R. A. C.; COSTA, R. V.; MIRANDA, R. A. **Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 66 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 152).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SKONIESKI, F.; NORNBORG, J.; AZEVEDO, E.; DAVID, D.; KESSLER, J.; MENEGAZ, A. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/7200>>. Acesso em: 30 jul. 2014.