

Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa avaliados na mesorregião centro-sul mato-grossense

Agronomic performance of biomass sorghum hybrids assessed in the mato-grossense centro-south mesoregion

Desempeño agronómico de híbridos de biomasa y sorgo evaluados en la mesoregión mato-grossense centro-sur

Recebido: 06/05/2022 | Revisado: 02/06/2022 | Aceito: 08/06/2022 | Publicado: 09/06/2022

Diego Anacleto da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3406-3195>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: diego.anacleto2010@gmail.com

Altacis Junior de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6787-7160>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: juniormarques11@gmail.com

Taniele Carvalho de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6900-6449>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: taniele.carvalho@unemat.br

Lucas Henrique Pereira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3251-5821>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: lucas.morais@unemat.br

Felipe Romanzini Duran Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8551-2221>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: felipe.romanzini@unemat.br

Valvenarg Pereira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8450-3016>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: silvabiologo@hotmail.com

Julio Cesar Ferreira Elias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4419-181X>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: juliocesar_net@hotmail.com

Flávio Dessaune Tardin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5755-2728>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
E-mail: flavio.tardin@embrapa.br

Marco Antonio Aparecido Barelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6385-6733>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: mbarelli@unemat.br

Resumo

O sorgo biomassa é uma matéria prima importante na geração de energia, apresentando potencial agrônômico para compor as áreas de cultivo, fornecendo matéria prima para indústria de geração de energia, neste sentido vinte e cinco genótipos de sorgo biomassa foram avaliados em um experimento realizado na safra 2019/20 nos meses de novembro a maio na área experimental do Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia da Universidade do Estado de Mato Grosso. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com três repetições e as parcelas experimentais compostas de duas fileiras de plantas com 5,0 metros de comprimento espaçados entre si de 0,70 m. As avaliações foram realizadas através de amostras de 10 plantas por parcela que ocorreram 180 dias após a semeadura avaliando-se cinco características agrônômicas, sendo elas: florescimento, altura de plantas, diâmetro do colmo, produção de massa verde e produção de matéria seca. Os híbridos que se destacaram foram 201934B017, 201934B009, 201934B004 e 201934B018 apresentando potencial produtivo e grande aptidão para produção de biomassa.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Bioenergia; Híbridos.

Abstract

The sorghum biomass is an important raw material in energy generation, presenting agronomic potential to compose the cultivation areas, providing raw material for energy generation industry, in this sense twenty-five genotypes of sorghum biomass were evaluated in an experiment conducted in the 2019/20 agricultural season in the months of November to May in the experimental area of the Laboratory of Genetic Resources & Biotechnology of the State University of Mato Grosso. A randomized block design with three repetitions was used and the experimental plots were composed of two rows of plants with 5.0 meters in length spaced 0.70 m apart. The evaluations were performed through samples of 10 plants per plot that occurred 180 days after sowing, evaluating five agronomic characteristics: flowering, plant height, cane diameter, green mass production and dry matter production. The hybrids that stood out were 201934B017, 201934B009, 201934B004 and 201934B018 showing productive potential and great aptitude for biomass production.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Bioenergy; Hybrids.

Resumen

La biomasa de sorgo es una materia prima importante en la generación de energía, presentando potencial agronómico para componer las áreas de cultivo, proporcionando materia prima para la industria de generación de energía, en este sentido veinticinco genotipos de biomasa de sorgo fueron evaluados en un experimento realizado en la cosecha agrícola 2019/20 en los meses de noviembre a mayo en el área experimental del Laboratorio de Recursos Genéticos & Biotecnología de la Universidad Estatal de Mato Grosso. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y las parcelas experimentales estaban compuestas por dos hileras de plantas de 5,0 metros de longitud, separadas 0,70 m. Las evaluaciones se realizaron mediante muestreos de 10 plantas por parcela que se produjeron 180 días después de la siembra, evaluando cinco características agronómicas: floración, altura de las plantas, diámetro del tallo, producción de masa verde y producción de materia seca. Los híbridos que destacaron fueron 201934B017, 201934B009, 201934B004 y 201934B018 presentando potencial productivo y gran aptitud para la producción de biomasa.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Bioenergía; Híbridos.

1. Introdução

No cenário brasileiro existe uma grande preocupação com as mudanças climáticas, que podem ocasionar uma escassez de chuvas em algumas regiões e consequentemente prejudicar a produção agrícola como também a distribuição de eletricidade, visto que a matriz elétrica brasileira tem como suas principais fontes as usinas hidrelétricas e produtos provenientes do petróleo, este último sofrendo com a alteração constante de preços (Lanza, 2017) devido à sua alta demanda mundial. Deste modo com esta alta demanda e escassez de oferta, vários especialistas preveem que as reservas petrolíferas se esgotarão nos próximos cem anos aumentando a preocupação de adoção de fontes alternativas (Ortiz, 1996).

Neste panorama, para suprir essa demanda por energia surge a necessidade de investir na criação de fontes energéticas alternativas e renováveis. Em que o Brasil no ano de 2002 sancionou a lei nº 10.438 que instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) que determinou que em 20 anos 10 % do consumo anual de energia elétrica brasileira seja gerada por fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e/ou biomassa (Brasil, 2002).

Contudo, conforme o último balanço energético brasileiro, em 2018 foi demandado um total de energia por volta de 110.396,00 MW (megawatt), destes, apenas 2.975,10 MW é fornecido por fontes renováveis. Recentemente, existe apenas 131 empreendimentos voltados a produção de energia renovável conforme dados do PROINFA, sendo destas 19 a base de biomassa, 52 utilizam fontes de energia eólica e 60 são pequenas centrais hidrelétricas (Epe, 2019) o que soma apenas 2,69 % do total de energia produzida em todo território brasileiro. Esses dados reforçam a necessidade de pesquisas voltadas para a produção de energias de fontes renováveis.

Deste modo a esfera sucroenergética brasileira busca novas fontes de energia principalmente as renováveis aliadas a processos eficientes para aperfeiçoar a produção bioenergética (Unica, 2010). Desta maneira, novas fontes de energia vêm sendo estimuladas como o uso de biomassa, com isso a cultura do sorgo biomassa apresenta crescente aumento de áreas plantadas, em razão do seu alto potencial de produção de matéria seca, mais elevada quando comparada com outras culturas tradicionais, principalmente em condições de baixa fertilidade do solo e em locais com ocorrências de veranicos (Perazzo et

al., 2013; Vendruscolo et al., 2020).

O sorgo é classificado como uma planta C4, sensível ao fotoperíodo, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas (Carrillo et al., 2014) apresentando produtividade elevada de massa verde, propiciando assim o seu uso como biomassa, pois grandes acúmulos de lignina em seu caule e baixo teor de umidade, o que o qualificam como uma excelente matéria prima para a cogeração de energia, em razão do seu alto poder de combustão (Simeone et al., 2018).

O uso de biomassa lignocelulósica é apontado como uma das fontes mais bem-sucedidas para produção de energia. Com isso a cultura do sorgo biomassa se mostra como uma opção auspiciosa em relação a outras culturas utilizadas para fins energéticos (Carrillo et al., 2014). Sabendo-se a relevância desta gramínea para a obtenção de energia renovável aliado a escassez de informações quanto ao desempenho de híbridos de sorgo biomassa, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomico de híbridos de sorgo biomassa na mesorregião Centro-Sul do Estado de Mato Grosso.

2. Metodologia

O experimento foi realizado no ano de 2020 no município de Cáceres (latitude 16° 04'59'' Sul e longitude 57° 39'02'' Oeste e a uma altitude de 118 m), localizado na mesorregião Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, na área experimental do Laboratório de Recursos Genéticos & Biotecnologia (LRG&B), pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Cáceres. A área experimental apresenta solo do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico (Embrapa, 2006). Segundo Dallacort et al. (2014), o clima característico da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo tropical, quente, úmido e inverno seco (Awa), com período de regime de chuvas variando de outubro a abril, e de seca de maio a setembro.

Foram avaliados 25 genótipos de sorgo biomassa, sendo 21 híbridos experimentais: 201934B001, 201934B002, 201934B003, 201934B004, 201934B005, 201934B006, 201934B007, 201934B008, 201934B009, 201934B010, 201934B011, 201934B012, 201934B013, 201934B014, 201934B015, 201934B016, 201934B017, 201934B018, 201934B019, 201934B020 e 201934B021 e quatro cultivares BRS716, AGRI002E, BRS658 e Volumax.

O estudo foi feito com base no método quantitativo proposto por Pereira et al. (2018). Conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 25 tratamentos em três repetições. As parcelas foram compostas de 2 linhas de 5 m, com espaçamento de 0,125 m entre plantas totalizando quarenta plantas em cada linha com espaçamento entre as linhas de 0,70 m. Para obter a população por linhas foi realizado o desbaste 30 dias após a semeadura. Para adubação foi utilizado 150 gramas de adubo composto (N-P₂O₅-K₂O) na formulação 4-14-8 conforme necessidade da cultura e análise de solo. Os tratamentos culturais (capinas manuais, roçagem, controle de pragas e doenças) foram realizados conforme necessidade da cultura.

As avaliações foram realizadas através de amostras de 10 plantas por parcela que ocorreram 180 dias após a semeadura avaliando-se cinco características agrônomicas sendo elas:

Florescimento – (FLOR) determinado pelo número de dias corridos do plantio até o momento em que 50% das plantas da parcela estiverem em pleno florescimento;

Altura de planta – (AP) estabelecido pela altura média das plantas (metros) da área útil da parcela da superfície do solo ao ápice da panícula;

Diâmetro do colmo – (DC) obtido pela média do diâmetro do colmo (milímetros) a 10 cm do solo nas plantas da área útil da parcela;

Peso de massa verde (sem panícula) – (PMV) média de peso de 5 plantas inteiras, anotando-se em kg.;

Peso de massa seca (sem panícula) – (PMS) com o material colhido e estabelecido do peso de massa verde, foi colocado o material para secagem em pleno sol fazendo-se pesagens semanais até que os mesmos estabilizassem seu peso adquirindo assim sua massa seca. Os dados de PMV e PMS foram convertidos para t.ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância e em seguida foi realizado o teste de agrupamento de média de Scott-Knott. Para realização das análises estatísticas utilizou-se os recursos computacionais do software Genes (Cruz, 2013).

3. Resultados e Discussão

Os resumos das análises de variância para as características avaliadas podem ser observados na Tabela 1, sendo possível verificar diferenças significativas ao nível de 1 % de probabilidade para as características florescimento, altura de plantas, produção de massa verde e produção de massa seca. E, apenas para a característica diâmetro de colmo não foi constatado diferença significativa pelo teste F.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, com base na média das cinco características agrônômicas avaliadas, nos 25 genótipos de sorgo biomassa, no município de Cáceres região Centro Sul do estado de - Mato Grosso

FV	GL	Quadrados Médios ¹				
		FLOR	AP	DC	PMV	PMS
Blocos	2	13,2133	0,2608	0,2641	583,5445	178,7008
Tratamentos	24	1313,3867**	1,3991**	6,1046 ^{ns}	934,2764**	251,8069**
Resíduo	48	6,5467	0,0892	4,6616	330,1580	84,2940
Média	-	137,31	4,78	21,41	68,31	34,08
CV (%)	-	1,86	6,25	10,09	26,60	26,94

¹FLOR = Florescimento dias decorridos com até 50 % das plantas atinjam pleno florescimento; AP = Altura média das plantas (metros); DC = Diâmetro médio do colmo (milímetros); PMV = Peso de massa verde (t.ha⁻¹); PMS = Peso de massa seca (t.ha⁻¹).** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não-significativo, pelo teste F. Fonte: Autores.

Está falta de significância para esta característica também foi reportado por Durães et al. (2013) avaliando 45 genótipos de sorgo sacarino na cidade de Lavras no Estado de Minas Gerais. Os valores do coeficiente de variação experimental da análise de variância conjunta oscilaram de 1,86 % para florescimento a 26,94 % para peso de massa verde (Tabela 1), o que de acordo com Pimentel Gomes (1985), estes coeficientes de variação são considerados baixos (inferiores a 10 %) e médios (10 a 20 %).

Desta maneira, esses resultados indicam boa precisão experimental para as características florescimento, altura de plantas e diâmetro do colmo. Já para as características peso de massa verde e peso de massa seca os coeficientes de variação experimental são considerados altos pelo fato que são características quantitativas facilmente influenciadas pelo ambiente. Altos valores de coeficientes para as características de peso de massa verde e massa seca também foram relatados por Castro (2014) que obteve valores de peso de massa seca e peso de massa verde de 25,86 % e 36,23 %, respectivamente, sendo que este pode ser considerado adequado para as duas características avaliadas.

Na tabela 2 são apresentadas as médias obtidas pelos genótipos para os caracteres avaliados. Observa-se que os genótipos analisados apresentaram florescimento médio de 137,31 dias. Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Parrella et al. (2010) avaliando 25 genótipos de sorgo biomassa no município de Sete Lagoas, Minas Gerais, em que obteve média de 150 dias para florescimento e no município de Nova Porteirinha, Minas Gerais, com média de 125 dias. Por outro lado, Pereira et al. (2012) obteve florescimento de ciclo mais curto com 114 dias para BRS658 e Volumax, sendo assim insensíveis ao fotoperíodo. Do mesmo modo as cultivares BRS658 e Volumax foram as mais precoces evidenciando o fato de serem insensíveis ao fotoperíodo.

Tabela 2. Agrupamento de médias de 25 genótipos de sorgo biomassa avaliados para florescimento (dias), altura de planta (metros), diâmetro de colmo (milímetros), peso de massa verde (t.ha⁻¹) e peso de massa seca (t.ha⁻¹), em Cáceres, Mato Grosso, na safra 2019/2020.

GENÓTIPOS	^{1/} Médias das características avaliadas					
	^{2/} FLOR	AP	DC ^{ms}	PMV	PMS	
201934B001	158,33 a	5,00 b	21,37	69,65 a	36,48 a	
201934B002	151,67 b	4,93 b	19,77	85,04 a	43,13 a	
201934B003	138,67 c	5,28 a	22,67	59,62 b	28,70 b	
201934B004	140,33 c	5,16 a	23,73	90,38 a	45,26 a	
201934B005	140,67 c	5,74 a	20,87	70,55 a	39,80 a	
201934B006	140,00 c	4,55 c	21,40	53,77 b	28,02 b	
201934B007	134,33 d	4,87 b	20,17	49,19 b	26,25 b	
201934B008	135,33 d	5,00 b	20,43	61,52 b	31,55 b	
201934B009	147,67 b	5,16 a	23,13	94,70 a	45,51 a	
201934B010	148,67 b	4,53 c	23,40	73,09 a	37,17 a	
201934B011	143,00 c	4,97 b	22,43	50,46 b	33,74 a	
201934B012	150,67 b	4,55 c	21,27	72,71 a	36,30 a	
201934B013	143,33 c	4,87 b	23,10	80,34 a	35,72 a	
201934B014	142,33 c	4,71 b	21,33	59,61 b	26,19 b	
201934B015	140,67 c	4,86 b	23,17	72,33 a	35,10 a	
201934B016	135,67 d	5,50 a	20,20	76,14 a	38,34 a	
201934B017	139,33 c	5,47 a	20,30	106,14 a	52,87 a	
201934B018	139,33 c	5,16 a	21,03	84,02 a	48,80 a	
201934B019	138,67 c	4,83 b	20,43	60,38 b	30,48 b	
201934B020	143,00 c	5,06 a	23,23	60,00 b	28,46 b	
201934B021	127,00 e	4,10 c	19,63	61,39 b	23,90 b	
BRS716	152,67 b	4,94 b	22,97	88,59 a	39,11 a	
AGRI002E	157,00 a	4,59 c	19,80	59,23 b	28,70 b	
BRS658	68,00 g	2,76 d	18,97	33,30 b	15,89 b	
Volumax	76,33 f	2,90 d	20,33	35,59 b	16,67 b	

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente a 1% de probabilidade pelo teste Scott e Knott.

^{2/} FLOR – Florescimento (dias); AP – Altura de planta (metros); DC – Diâmetro de colmo (milímetros), PMV – Peso de massa verde (t.ha⁻¹) e PMS – Peso de massa seca (t.ha⁻¹). Fonte: Autores.

Para altura de plantas os genótipos avaliados apresentaram valores entre 2,90 a 5,74 metros. Estes resultados estão em conformidade e também foram observados por Parrella et al. (2011) avaliando 64 genótipos de híbridos de sorgo biomassa nos municípios de Sete Lagoas – MG e Nova Porteirinha – MG que obteve alturas entre 2,03 a 5,50 metros.

Ainda no quesito altura de plantas os genótipos 201934B003, 201934B004, 201934B005, 201934B009, 201934B016, 201934B017, 201934B018 e 201934B020 se destacaram obtendo altura média superior de 5 metros. E sabendo que a altura da planta se correlaciona positivamente com a produção de matéria verde conforme relatado por Corrêa et al. (1996), Estes genótipos devem ser preferidos uma vez que tendem a apresentar maior produção de matéria seca.

Wight et al. (2012), destaca ainda que a altura das plantas pode ser empregada como um indicador de produção de massa seca em híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo, visto que estes apresentam maior período vegetativo, contribuindo assim para maior crescimento e produção de massa verde.

Para diâmetro de colmo os genótipos avaliados não apresentaram diferenças estatísticas. Do mesmo modo May et al. (2013) não obtiveram diferenças de diâmetro em colmos de híbridos de sorgo avaliados em sua pesquisa em quatro municípios sendo Capivari e Piracicaba no Estado de São Paulo e no Estado de Minas Gerais Nova Porteirinha e Sete Lagoas. Apesar da falta de significância para esta característica os valores observados na presente pesquisa estão em conformidade com o esperado, e semelhantes aos valores obtidos por Lanza (2016) em estudo avaliando genótipos de sorgo biomassa com valores variando de 19,1 a 20,7 mm e por Castro (2014) que avaliando 14 genótipos de sorgo biomassa em Lavras – MG obteve médias de 21,7 mm.

No que tange o peso de massa verde foram formado dois grupos, sendo que os híbridos 201934B001, 201934B002, 201934B004, 201934B005, 201934B009, 201934B010, 201934B012, 201934B013, 201934B015, 201934B016, 201934B017, 201934B018 e o cultivar BRS716 ficaram no grupo que apresentou maiores média de 69,65 a 106,14 t.ha⁻¹. Este fato é de grande relevância uma vez que, os híbridos citados acima apresentaram melhores resultados que as cultivares AGRI002E, BRS658 e Volumax, ou seja, estes híbridos possuem alta capacidade produtiva superior a cultivares pré-existente no mercado.

Do mesmo modo a produção de massa seca também foi dividida em apenas 2 grupos onde os cultivares de maior média foram os híbridos 201934B001, 201934B002, 201934B004, 201934B005, 201934B009, 201934B010, 201934B012, 201934B013, 201934B015, 201934B016, 201934B017, 201934B018, 201934B011e o cultivar BRS716 que apresentaram média de 33,74 a 52,87 t.ha⁻¹.

A produção de massa verde e massa seca apresentaram resultados satisfatórios visto que em experimento realizado por May et al. (2013), os genótipos de sorgo biomassa, obtiveram produção de massa verde e seca superior a 100 t.ha⁻¹ e 30 t.ha⁻¹, respectivamente. Do mesmo modo Oliveira (2016) avaliando cultivares de sorgo biomassa em Dracena – SP Observou que o peso de massa verde e de matéria seca dos cultivares avaliados apresentaram produtividade média de 99,00 t.ha⁻¹ de massa verde e 38,00 t.ha⁻¹ de massa seca.

Deste modo o genótipo 201934B017 apresentou peso de massa verde superior as obtidas por May e Oliveira, equitativamente, os genótipos 201934B017, 201934B018, 201934B009, 201934B004, 201934B002, 201934B005, 201934B016 e BRS716 apresentaram médias superiores às obtidas por May e Oliveira de produção de massa seca.

Os cultivares comerciais BRS658 e Volumax apresentaram médias de peso de massa verde de 33,30 e 35,59 t.ha⁻¹, respectivamente. Esses genótipos são classificados como insensíveis ao fotoperíodo com resultados de PMV e PMS bem inferiores aos demais genótipos. Castro et al. (2015) obteve resultados similares para os mesmos materiais (BRS658 e Volumax), encontrando 37,00 t.ha⁻¹ e 36,00 t.ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados obtidos na presente pesquisa agregam informações importantes para a produção do sorgo biomassa e aponta a mesorregião centro sul do estado de Mato Grosso, com ênfase para o município de Cáceres com boa adaptabilidade para a produção de sorgo biomassa. Ressalta ainda, que para efetivação e produção em larga escala os híbridos 201934B001, 201934B002, 201934B004, 201934B005, 201934B009, 201934B010, 201934B012, 201934B013, 201934B015, 201934B016, 201934B017, 201934B018, 201934B011 e o cultivar BRS716, devem ser os preferidos em novas pesquisas.

4. Considerações Finais

Os híbridos 201934B017, 201934B009, 201934B004 e 201934B018 apresentaram médias superiores em todos os parâmetros correlacionados com a produção sendo estes híbridos promissores para o fornecimento de matéria-prima para a cogeração de energia.

Contudo, sugere-se para trabalhos futuros a avaliação dos híbridos 201934B017, 201934B009, 201934B004 e 201934B018 em outros ambientes para melhor avaliação do potencial produtivo e lançamento de novas cultivares.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS).

Referências

- Brasil. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil Diário Oficial da União nº 81, Seção 1 – Edição Extra, de 29/04/2002, p.2. Brasília, 2002. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.htm>.
- Carrillo, M. A., Staggenborg, S. A., & Pineda, J. A. (2014). Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. *Fuel*, 116, 427-431.
- Castro, F. M. R., Bruzi, A. T., Nunes, J. A. R., Parrella, R. A. C., Lombardi, G. M. R., Albuquerque, C. J. B., & Lopes, M. (2015). Agronomic and Energetic Potential of Biomass Sorghum Genotypes. *American Journal of Plant Science*, 6, 1862-1873.
- Castro, F. M. R. (2014). *Potencial Agronômico e energético de híbridos de sorgo Biomassa* (Dissertação de mestrado) - Programa de Pós-graduação em agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Corrêa, C., Rodrigues, J., & Gonçalves, L. (1996). Determinação da produção de matéria seca e das proporções de colmo, folha e panícula de treze híbridos de sorgo. *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 33, 374-376.
- Cruz, C. D. (2013). Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(3), 271-276.
- Dallacort, R., da Silva Neves, S. M. A., & Nunes, M. C. M. (2014). Variabilidade da temperatura e das chuvas de Cáceres/Pantanal Mato-Grossense-Brasil. *Geografia (Londrina)*, 23(1), 21-33.
- Durães, N. N. L., Nunes, J. A. R., PARRELLA, R. D. C., Bruzi, A. T., Lombardi, G. M. R., & Fagundes, T. G. (2013). Seleção de múltiplos caracteres agroindustriais em sorgo sacarino. In *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2006). *Centro Nacional de Pesquisa do Solo: Sistema brasileiro de classificação de solos*. (2.ed.). Rio de Janeiro.
- EPE. Empresa de pesquisa energética (Brasil). (2019). *Balço energético nacional: Relatório síntese, ano base 2018*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro.
- Lanza, A. L. L. (2017). *Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BR5716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura* (Dissertação de mestrado) Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del-Reis, Sete Lagoas.
- Lanza, A. L. L., Borges, I. D., de Paula Lara, J., Brandão, L. M., de Abreu, A. L., & de Oliveira, K. W. (2016, February). Características agrônomicas do sorgo biomassa submetidas a diferentes doses de nitrogênio e potássio em cobertura. In *XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo.: Milho e Sorgo: inovações mercados e segurança alimentar*. Bento Gonçalves-RS (pp. 87-90).
- May, A., da Silva, D. D., & dos Santos, F. C. (2013). Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica. *Embrapa Milho e Sorgo-Docmentos (INFOTECA-E)*.
- Oliveira, N. A. B. (2016). *O uso do sorgo biomassa para cogeração: aspectos técnicos e econômicos* (Dissertação de mestrado) Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, São Paulo.
- Ortiz, L. (1996). Aprovechamiento energético de la biomasa forestal. *GAMESAL*.
- Parrella, R. D. C., Schaffert, R. E., May, A., Emygdio, B., Portugal, A. F., & Damasceno, C. M. B. (2011). Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa. *Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.
- Parrella, R. D. C., Rodrigues, J. D. S., Tardin, F. D., Damasceno, C. M. B., & Schaffert, R. E. (2010). Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa. *Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.
- Perazzo, A. F., Santos, E. M., Pinho, R. M. A., Campos, F. S., Ramos, J. P. D. F., Aquino, M. M. D., ... & Bezerra, H. F. C. (2013). Características agrônomicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, 43, 1771-1776.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed (pp. 3-9). UAB/NTE/UFMS. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/115824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf.
- Pereira, G. D. A., Parrella, R. D. C., Parrella, N. N. L. D., Sousa, V. F., Schaffert, R. E., & Costa, R. K. (2012). Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa. In *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos. Campinas: Instituto Agrônômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012.
- Gomes, F. P. (1985). *Curso de estatística experimental*. Nobel.
- Simeone, M. L. F., da Costa Parrella, R. A., May, A., & Schaffert, R. E. (2018). Produção e caracterização de pellets de sorgo biomassa. *Brazilian Applied Science Review*, 2(5), 1682-1695.
- União da indústria de cana-de-açúcar (UNICA). (2010). *Efeito da seca sobre a cana abre perspectiva para híbridos de sorgo na próxima entressafra*.
- Vendruscolo, T. P. S., da Silva, V. P., Felipin-Azevedo, R., da Silva, R. S., CASTRILLON, M. D. S., Corrêa, C. L., ... & Barelli, M. A. A. (2020). Genetic divergence in biomass sorghum genotypes through agronomic and physicalchemical characters. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Wight, J. P., Hons, F. M., Storlien, J. O., Provin, T. L., Shahandeh, H., & Wiedenfeld, R. P. (2012). Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. *Biomass and bioenergy*, 46, 593-604.