

Produtividade e estabilidade de sorgo sacarino no município de Cáceres-MT

Productivity and stability of sweet sorghum in the municipality of Cáceres-MT

Productividad y estabilidad del sorgo dulce en el municipio de Cáceres-MT

Recebido: 06/05/2022 | Revisado: 01/06/2022 | Aceito: 01/06/2022 | Publicado: 08/06/2022

Fabio Tomaz de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3180-2332>
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil
E-mail: tomaz_of@yahoo.com.br

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

Andressa Alves Cabreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-9575>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: santos.andressa@unemat.br

Alex Soares dos Anjos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9036-9044>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: alex.anjos@unemat.br

Wictor Wagner Pereira Guse

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2689-081X>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: wictor.guse@unemat.br

Carla Lima Corrêa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-8415>
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
E-mail: correa.carla@yahoo.com.br

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 - Milho e Sorgo, 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 sacarino caracteriza-se por possuir caldo rico em açúcares fermentáveis que pode ser utilizado nos períodos de entressafra da cana-de-açúcar. No entanto, para a recomendação de cultivares, faz-se necessário estudos de desempenho, associado à análise de estabilidade. O objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho de genótipos de sorgo sacarino, estudar a interação Genótipo x Ambiente (GxA) e verificar a estabilidade dos genótipos com intuito de seleção dos mais promissores no município de Cáceres-MT. Foram considerados 16 genótipos cultivados em 2013/2014 e 2014/2015, sob um delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Foi realizada uma análise de variância ANOVA conjunta para avaliar a significância da interação GxA e o estudo de estabilidade pelos métodos de Lin e Binns e Plaisted e Peterson. Para agrupar os genótipos foi usado o método de Scott-Knott. Ao agrupar os genótipos os melhores desempenhos foram CMSXS644 e CV568 no ambiente um, e CMSXS643 e Sugargraze para o ambiente dois. Para estabilidade o método Plaisted e Peterson, recomenda BRS509, CV568 e V82392, com alta estabilidade, porém estes não apresentaram o melhor desempenho produtivo. Já para o método proposto por Lin e Binns, os genótipos com desempenho superior foram CMSXS647, CMSXS630 e BRS511 em ambientes favoráveis e CMSXS643, BRS506 e CMSXS630 para ambientes desfavoráveis, como os genótipos mais produtivos e estáveis. Os genótipos mais promissores foram CMSXS643 e CMSXS647.

Palavras-chave: Interação GxA; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Tonelada de °Brix por hectare.

Abstract

Sweet sorghum is characterized by having broth rich in fermentable sugars that can be used in the off-season of sugarcane. However, for the recommendation of cultivars, it is necessary to perform performance studies, associated with the stability analysis. The objective of the research was to evaluate the performance of sweet sorghum genotypes, to study the Genotype x Environment (GxA) interaction and to verify the stability of the genotypes in order to select the most promising in the municipality of Cáceres-MT. 16 genotypes cultivated in 2013/2014 and 2014/2015 were considered, under a randomized block design with three replications. A joint ANOVA analysis of variance was performed to assess the significance of the GxA interaction and the stability study by the methods of Lin and Binns and Plaisted and Peterson. To group the genotypes, the Scott-Knott method was used. When grouping the genotypes the best performances were CMSXS644 and CV568 in environment one, and CMSXS643 and Sugargraze for environment two. For stability, the Plaisted and Peterson method recommends BRS509, CV568 and V82392, with high stability, but these did not present the best productive performance. For the method proposed by Lin and Binns, the genotypes with superior performance were CMSXS647, CMSXS630 and BRS511 in favorable environments and CMSXS643, BRS506 and CMSXS630 for unfavorable environments, such as the most productive and stable genotypes. The most promising genotypes were CMSXS643 and CMSXS647.

Keywords: GxA interaction; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Ton of ° Brix per hectare.

Resumen

El sorgo dulce se caracteriza por su jugo rico en azúcares fermentables, que puede utilizarse durante los periodos entre cosechas de la caña de azúcar. Sin embargo, para la recomendación de cultivares, es necesario realizar estudios de rendimiento asociados al análisis de estabilidad. El objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento de los genotipos de sorgo dulce, estudiar la interacción Genotipo x Ambiente (GxA) y verificar la estabilidad de los genotipos con el fin de seleccionar los más prometedores en el municipio de Cáceres-MT. Se consideraron 16 genotipos cultivados en 2013/2014 y 2014/2015, bajo un delineamiento experimental de bloques casualizados, con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza ANOVA conjunto para evaluar la significación de la interacción GxA y el estudio de estabilidad por los métodos de Lin y Binns y Plaisted y Peterson. Para agrupar los genotipos se utilizó el método de Scott-Knott. Al agrupar los genotipos, los mejores rendimientos fueron CMSXS644 y CV568 en el ambiente uno, y CMSXS643 y Sugargraze para el ambiente dos. Para la estabilidad, el método Plaisted y Peterson recomienda BRS509, CV568 y V82392, con alta estabilidad, pero estos no presentaron el mejor rendimiento productivo. Para el método propuesto por Lin y Binns, los genotipos con rendimiento superior fueron CMSXS647, CMSXS630 y BRS511 en ambientes favorables y CMSXS643, BRS506 y CMSXS630 para ambientes desfavorables, como los genotipos más productivos y estables. Los genotipos más prometedores fueron CMSXS643 y CMSXS647.

Palabras clave: GxA interaction; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; Ton of ° Brix per hectare.

1. Introdução

O Brasil possui destaque na busca de alternativas para substituir a dependência do uso de combustíveis derivados do petróleo, apresentando ênfase nos investimentos em fontes renováveis de energia desde a década de 1970, como exemplo, o etanol derivado prioritariamente da cana-de-açúcar. Algumas opções são apresentadas para a produção deste combustível, oriundo de culturas como a batata-doce, mandioca, milho e sorgo sacarino (Ikwebe & Harvey 2017; Phukoetphim et al., 2019; Silva et al., 2019; Chen et al., 2020).

Dentre as possibilidades de diversificação e contribuição para o aumento da produção de combustíveis renováveis, destaca-se o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por possuir colmo suculento, capacidade de tolerar níveis médios de acidez do solo, estresse hídrico, temperaturas elevadas, suporta níveis elevados de radiação solar e desenvolver-se bem em regiões secas e quentes, o que corrobora para sua implantação em locais que não são recomendados para o cultivo da cana-de-açúcar (Parrella, 2011; Regassa & Wortmann, 2014).

O processo de produção de etanol provindo do sorgo sacarino pode ser realizado utilizando o complexo sucroalcooleiro, pois o período de semeadura e rápido ciclo de produção favorece sua implantação nos períodos de renovação dos canaviais e entressafra da cana-de-açúcar. Isto possibilita o fornecimento de matéria prima de qualidade à usina, praticamente viabilizando seu funcionamento durante todos os meses do ano. Este sinergismo pode ser visto também no período de pós-colheita, visto que utiliza os mesmos equipamentos da moagem à destilação, resultando na maior operacionalidade das usinas (Durães et al., 2012; Teixeira et al., 2017).

No entanto, uma cultivar para ser recomendada deve apresentar desempenho agrônômico superior, sendo fundamental

a avaliação do comportamento dos genótipos ao longo dos anos e locais. O estudo das interações genótipos x ambientes é de interesse pois expõem o material genético que exhibe o mínimo de interação e minimiza os riscos da produção agrícola. Além de possibilitar o desenvolvimento de cultivares específicas para determinadas regiões (Figueiredo et al., 2015). Diante disso, objetivou-se avaliar o desempenho de genótipos de sorgo sacarino, estudar a interação (GxA) e verificar a estabilidade dos genótipos com intuito de seleção dos mais promissores no município de Cáceres-MT.

2. Metodologia

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Laboratório de Recursos Genéticos e Biotecnologia (LRG&B), Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres-MT (15°27' e 17°37' sul e 57°00' e 58°48' oeste), com altitude de 118 metros (IBGE, 2020), nas safras 2013/14 e 2014/15. O clima da região, segundo a classificação de Köppen é tropical, com período de regime de chuvas variando de outubro a março, com média anual de 1.335 mm, a menor oferta hídrica ocorre de abril a setembro, período caracterizado pelas menores temperaturas (Neves et al., 2011).

Foi realizada a adubação de 150 kg ha do formulado mineral 20-05-20 N-P₂O₅-K₂O e acrescentado 375 kg ha de P₂O₅ no plantio, a adubação de cobertura ocorreu 45 dias após o plantio, utilizando 89 kg ha de uréia, de acordo com a análise de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e textura do solo de amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm da área experimental do LRG&B.

		ANÁLISE QUÍMICA ^{1/}						ANÁLISE FÍSICA ^{1/}			
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila	
H ₂ O	CaCl ₂	mg dm ³	Cmol _c dm ³				g dm ³		g kg		
5,40	5,90	5,90	77,1	3,0	0,8	0,0	2,3	13,2	72,5	12,6	14,9

^{1/}Análise realizada no Laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cáceres -MT. Fonte: Autores.

A pesquisa foi realizada de acordo com o método quantitativo sugerido Pereira et al. (2018), em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram compostas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas a 0,70 m entre linhas, totalizando 14 m² por parcela, sendo considerado as duas fileiras centrais como área útil. O plantio foi realizado nos dias 12 de dezembro de 2013 (época 1) e 05 de dezembro 2014 (época 2), em condições de sequeiro. Para o plantio foi feita a abertura de sulcos com enxadas, a semeadura foi realizada aproximadamente a 0,04 m de profundidade, em cada fileira foram distribuídas 3 g de sementes uniformemente.

Cada bloco foi composto por 16 genótipos: BRS511, CV198, V82393, V82392, CMSXS629, CMSXS647, CMSXS646, CMSXS644, CMSXS630, BRS509, CMSXS643, V82391, BRS508, BRS506, Sugargraze e CV568, de sorgo sacarino proveniente do programa de melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo (CNPMS) Embrapa.

Após a fase inicial de estabelecimento das respectivas safras foi realizado o desbaste, deixando cerca de 10 plantas por metro, obtendo uma população de aproximadamente 140.000 plantas por hectare, em ambos os anos. O controle das pragas foi realizado com base no monitoramento visual diário, de acordo com a infestação realizou-se a aplicação de inseticida. Para o controle das plantas daninhas foi realizado capina manual. A colheita dos genótipos foi realizada na segunda quinzena de abril das respectivas safras, ambas de forma manual com aproximadamente 128 dias após o plantio quando os grãos estavam no estágio duro/farináceo.

As características avaliadas foram: Florescimento (FLOR), Altura de planta (ALT), Peso de massa verde (PMV), Peso de massa seca (PMS), Volume de Caldo (V/Caldo), Teor de sólidos solúveis totais (SST), Diâmetro do colmo (DC) e Tonelada de °Brix por hectare (TBH). Os dados de PMV, PMS e V/Caldo foram convertidos para t ha e mil L ha, respectivamente.

Para avaliar a significância da interação GxA foi realizada a análise de variância individual para cada ambiente, posteriormente uma análise de variância conjunta de experimento nos ambientes, com base no modelo proposto por Cruz e Carneiro (2006). Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos cultivares de sorgo sacarino foram usados os métodos de Lin e Binns (1988), e Plaisted e Peterson (1959) utilizando o software GENES (Cruz, 2013).

A análise tem o objetivo de constatar a existência de variabilidade genética entre os tratamentos (genótipos), segundo Ramalho et al. (2012) a análise das estimativas dos erros experimentais tem como objetivo testar a homogeneidade de variância e a precisão dos experimentos. O delineamento utilizado na análise de variância individual para cada caráter foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Foi realizada análise conjunta de variância para os genótipos reunindo o local, dentro de cada ano, com o principal objetivo de determinar possíveis interações de genótipo com os ambientes.

Foi utilizado o teste de Scott-Knott (1974), em nível de significância 5% de probabilidade, para agrupar as médias. O parâmetro de adaptabilidade e estabilidade foram estimados pelos seguintes modelos: Plaisted e Peterson (1959) que quantifica a contribuição relativa de cada genótipo para a interação GxA e identifica aqueles de maior e Linn e Binns (1988) que estima a adaptabilidade e estabilidade por meio da medida de superioridade P_i .

Estas estimativas permitem o teste das hipóteses de nulidade do valor paramétrico de P_i para cada genótipo com base em um teste F. A significância desta hipótese indica que os genótipos específicos diferem estatisticamente do máximo e um P_i nulo indica que ele tem desempenho semelhante máximo ao longo dos ambientes.

3. Resultados e Discussão

As estimativas e as significâncias dos quadrados médios da análise de variância conjunta, assim como as médias e os coeficientes percentuais de variação experimental para os dezesseis genótipos de sorgo sacarino, avaliados em dois ambientes estão expressas na Tabela 2.

Das oito variáveis avaliadas, apenas DC não apresentou efeitos de interação. Ao avaliar a fonte de variação Genótipos identificou-se a presença de significância para as variáveis ALT, SST e TBH a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, as demais foram não significativas. Em relação às fontes de variação Ambientes e GEN x AMB, a análise de variância conjunta identificou diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F para todas as variáveis em estudo, com exceção de ALT significativo a 5% para ambientes e DC não significativo para GEN x AMB, evidenciando a influência dos ambientes sobre os genótipos e a presença de interação.

A significância encontrada para os genótipos está em função das características genéticas das variáveis analisadas, FLOR, ALT, PMV, PMS, V/CALDO, SST e TBH são de ordem quantitativa, portanto as diferenças encontradas para os genótipos também são justificáveis pela ampla expressão fenotípica, conforme preconiza Ramalho et al. (1993). Segundo Allard e Bradshaw (1964) quando há maior contribuição da fonte de variação interação, sugere-se que a influência seja de fatores imprevisíveis (distribuição pluviométrica, temperatura atmosférica, presença de patógenos, dentre outros).

No âmbito desta pesquisa, a interação GxA foi significativa a 1% de probabilidade, com exceção da variável DC, sendo necessário o desdobramento dos efeitos dos genótipos nos ambientes e do efeito dos ambientes dentro dos genótipos, de forma a revelar o tipo de interação. Estes modelos de interação podem proporcionar o reconhecimento de genótipos especialmente adaptados, bem como os de ampla adaptação (Ramalho et al., 1993; Cruz & Regazzi, 1994).

Tabela 2. Resumo da análise de variância da interação, significância dos quadrados médios, resíduo, média e coeficiente de variação de oito características avaliadas em sorgo sacarino. Cáceres-MT, 2018.

FV	GL	Quadrado Médio ^{1/}							
		FLOR	ALT	PMV	PMS	V/Caldo	SST	TBH	DC
BLOCOS	4	2,96	0,11	111,81	108,88	13,47	2,43	1,05	1,84
GEN	15	35,48ns	0,27**	205,96ns	116,44ns	157,75ns	84,02**	9,11*	6,74ns
AMB	1	114,84**	2,13*	9961,32**	5094,98**	1305,12**	365,43**	126,01**	215,37**
G x A	15	16,64**	0,05**	195,05**	87,46**	98,30**	3,71**	2,60**	4,43ns
GEN/AMB	30	260	0,16	200,50	101,95	128,03	43,86	5,86	-
GEN/AMB1	15	31,91**	0,18**	213,13**	120,23**	129,29**	39,28**	5,52**	-
GEN/AMB2	15	20,22**	0,15**	187,87**	83,66**	126,76**	48,45**	6,20**	-
RESÍDUO	60	81,45	1,39	3813,13	1840,51	1564,42	82,88	42,21	176,43
MÉDIAS		670	3,15	61,34	39,49	32,06	15,79	5,07	19,37
AMB 1		660	3,30	71,54	46,78	35,75	17,75	6,22	20,87
AMB 2		68,19	3,00	51,15	32,21	28,37	13,84	3,93	17,87
CV (%)		1,74	4,85	13,00	14,02	15,92	7,44	16,52	8,85

^{1/} FLOR: Florescimento (dias); ALT: Altura de Planta (m); PMV: Peso de massa verde (t ha); PMS: Peso de massa seca (t ha); V/Caldo: Volume de caldo (mil L ha); SST: Sólidos solúveis totais (°Brix); TBH: Tonelada de °Brix por hectare (t ha); DC: Diâmetro do colmo (mm). * e ** significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente e ^{ns} não significativo, pelo teste F. Fonte: Autores.

Com o objetivo de agrupar os genótipos de acordo com o seu desempenho nos respectivos ambientes, foi usado o método de Scott-Knott (1974) (Tabela 3). Para a variável FLOR os genótipos: BRS511 e CMSXS646 tiveram os melhores desempenhos do ambiente um com média de 60,50 dias, como também os materiais BRS506, Sugargraze e CV568 foram os mais precoces no ambiente dois, média de 63,77 dias. Médias semelhantes foram encontradas por (Chielle et al., 2013; Giacomini et al., 2013). Já as menores variações de florescimento 0,33, 0,66 e 1,00 entre os ambientes foram atribuídas ao CV198, CMSXS629 e CMSXS644 sendo considerados os mais constantes. Segundo Martins et al. (2017) o acúmulo de açúcares ocorre após o florescimento, portanto, a precocidade é uma característica desejável para as indústrias produtoras de álcool.

Para a variável ALT o genótipo CV198 foi o mais alto com 3,88 metros no ambiente um, e os genótipos CV198, CMSXS644, Sugargraze e CV568 tiveram os desempenhos mais relevantes no ambiente dois. Quando comparado os dois ambientes os materiais V82393, CMSXS646, CMSXS644, V82391, BRS506, Sugargraze e CV568 não apresentaram variação. As médias encontradas foram superiores as relatadas por Leite et al. (2017). Segundo Oliveira (2015), a ALT é importante por correlacionar-se positivamente com as características de PMV, PMS.

Quanto ao PMV, os genótipos CMSXS647, CMSXS644 e CV568 no ambiente um e CMSXS643 no ambiente dois obtiveram as maiores médias. Os valores encontrados no ambiente um foram semelhantes os publicados por Pereira Filho et al. (2013). Os genótipos V82393, CMSXS630, CMSXS643, BRS508 e Sugargraze mantiveram-se suas médias constantes (Tabela 3). De acordo com Teetor et al. (2011) um dos principais componentes da produção de etanol em sorgo sacarino é a massa fresca. Os autores sugerem ainda que esta pode estar correlacionada com sólidos solúveis totais e a volume de caldo.

Tabela 3. Agrupamento das médias de dezesseis genótipos de sorgo sacarino pelo método Scott-Knott (1974), estimado a partir de quatro características morfoagronômicas. Cáceres-MT, 2018.

Genótipos	Variáveis ^{1/}															
	Flor				ALT				PMV				PMS			
	13/14		14/15		13/14		14/15		13/14		14/15		13/14		14/15	
BRS511	61,3	Be	67,6	Ab	3,1	Ac	2,7	Bc	68,0	Ab	46,7	Bc	46,3	Ab	34,9	Ba
CV198	70,6	Aa	71,0	Aa	3,8	Aa	3,4	Ba	74,7	Ab	55,1	Bb	44,9	Ab	35,8	Aa
V82393	63,3	Bd	68,3	Ab	3,2	Ac	3,0	Ab	62,4	Ab	50,1	Ac	33,9	Ab	25,7	Ab
V82392	65,6	Bc	71,0	Aa	3,3	Ac	3,0	Bb	63,7	Ab	45,4	Bc	39,1	Ab	25,6	Bb
CMSXS629	65,0	Ac	66,0	Ac	3,1	Ac	2,7	Bc	70,9	Ab	51,5	Bc	49,2	Aa	25,6	Ba
CMSXS647	62,3	Bd	68,0	Ab	3,1	Ac	2,8	Bc	82,9	Aa	54,9	Bb	53,6	Aa	34,9	Ba
CMSXS646	59,6	Be	64,0	Ad	3,2	Ac	3,0	Ab	65,5	Ab	40,7	Bc	46,0	Ab	26,9	Bb
CMSXS644	68,3	Ab	69,0	Ab	3,5	Ab	3,3	Aa	93,2	Aa	43,1	Bc	57,1	Aa	25,0	Bb
CMSXS630	66,0	Bb	69,6	Aa	3,3	Ac	3,0	Bb	69,4	Ab	57,7	Ab	54,4	Aa	38,5	Ba
BRS509	66,6	Bb	70,6	Aa	3,1	Ac	2,8	Bc	69,2	Ab	43,5	Bc	44,9	Ab	27,7	Bb
CMSXS643	68,6	Bb	71,0	Aa	3,2	Ac	2,8	Bc	74,3	Ab	71,7	Aa	52,7	Aa	34,0	Ba
V82391	66,0	Bb	68,3	Ab	3,0	Ac	2,8	Ac	72,3	Ab	41,9	Bc	49,5	Aa	25,0	Bb
BRS508	65,6	Bb	70,0	Aa	3,6	Ab	2,8	Bc	61,6	Ab	57,6	Ab	38,9	Ab	39,8	Aa
BRS506	66,0	Ab	63,0	Bd	3,0	Ac	2,8	Ac	72,3	Ab	49,1	Bc	44,0	Ab	33,8	Ba
Sugargraze	69,0	Ab	64,3	Bd	3,0	Ac	3,1	Aa	63,1	Ab	53,0	Ab	48,7	Ab	35,3	Aa
CV568	71,6	Aa	69,0	Bb	3,5	Ab	3,3	Aa	80,1	Aa	55,8	Bb	51,0	Aa	38,5	Ba
Médias	66,0		68,1		3,3		3,0		71,5		51,1		47,1		31,7	

Genótipos	Variáveis															
	V. Caldo				SST				TBH				DC			
	13/14		14/15		13/14		14/15		13/14		14/15		13/14		14/15	
BRS 511	32,0	Ab	25,5	Ab	21,8	Aa	17,4	Bb	7,0	Ab	4,4	Bb	19,2	Ab	17,3	Aa
CV198	40,2	Aa	25,2	Bb	16,0	Ad	10,5	Bd	6,4	Ab	2,6	Bc	20,8	Aa	17,5	Ba
V82393	39,3	Aa	27,3	Bb	14,7	Ad	9,8	Bd	5,6	Ac	2,7	Bc	17,8	Ab	16,5	Aa
V82392	32,7	Ab	25,0	Ab	14,0	Ad	8,0	Be	4,5	Ad	2,0	Bc	19,1	Ab	17,2	Aa
CMSXS629	37,8	Aa	22,3	Bb	18,5	Ac	13,3	Bc	7,0	Ab	3,0	Bc	21,9	Aa	18,9	Ba
CMSXS647	46,1	Aa	30,4	Bb	19,7	Ab	16,6	Bb	9,0	Aa	5,0	Bb	21,1	Aa	18,6	Aa
CMSXS646	24,2	Ab	27,7	Ab	21,2	Aa	15,7	Bc	5,1	Ac	4,3	Ab	21,9	Aa	16,9	Ba
CMSXS644	35,3	Aa	16,4	Bb	18,1	Ac	15,1	Bc	6,4	Ab	2,5	Bc	21,4	Aa	19,9	Aa
CMSXS630	39,7	Aa	35,9	Aa	19,4	Ab	14,3	Bc	7,7	Ab	5,1	Bb	22,9	Aa	19,2	Ba
BRS509	36,1	Aa	23,9	Bb	19,3	Ab	19,4	Aa	6,9	Ab	4,6	Bb	21,5	Aa	17,6	Ba
CMSXS643	35,3	Aa	42,9	Aa	19,7	Ab	15,8	Bc	6,9	Ab	6,8	Aa	22,1	Aa	17,5	Ba
V82391	36,5	Aa	25,0	Bb	9,4	Af	5,8	Bf	3,4	Ad	1,4	Bc	22,2	Aa	16,6	Ba
BRS508	23,2	Ab	26,7	Ab	21,5	Aa	18,3	Ba	5,0	Ac	4,8	Ab	17,6	Ab	18,5	Aa
BRS506	27,6	Ab	30,7	Ab	21,2	Aa	17,0	Bb	5,8	Ac	5,2	Ab	21,7	Aa	17,2	Ba
Sugargraze	45,1	Aa	38,8	Aa	12,0	Ae	9,0	Bd	5,4	Ac	3,5	Bc	19,5	Ab	17,9	Aa
CV568	40,3	Aa	29,7	Bb	16,9	Ac	15,0	Ac	6,8	Ab	4,4	Bb	22,5	Aa	18,0	Ba
Médias	35,7		28,3		17,7		13,8		6,2		3,9		20,8		17,8	

^{1/} FLOR: Florescimento (dias); ALT: Altura de Planta (m); PMV: Peso de massa verde (t ha); PMS: Peso de massa seca (t ha); V/Caldo: Volume de caldo (mil L ha); SST: Sólidos solúveis totais (°Brix); TBH: Tonelada de °Brix por hectare (t ha); DC: Diâmetro do colmo (mm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Na avaliação de desempenho de cada genótipo para PMS nos ambientes, com exceção do CV198, V82393, BRS508 e Sugargraze que se mantiveram constantes, os demais materiais obtiveram desempenho superior quando cultivados no ambiente

um. Quando analisado os ambientes separadamente, os genótipos: CMSXS629, CMSXS647, CMSXS644, CMSXS630, CMSXS643, V82391 e CV568 no ambiente um e BRS511, CV198, CMSXS629, CMSXS647, CMSXS630, CMSXS643, BRS508, BRS506, Sugargraze e CV568, no ambiente dois, alocaram-se respectivamente nos grupos mais produtivos. Santos et al. (2019) concluíram que em sorgo sacarino o acúmulo de massa seca é maior quando se utiliza maior nível tecnológico, enquanto, o acúmulo de nutrientes não sofre alteração quanto aos níveis tecnológico médio e alto.

A variável V/Caldo teve como destaque os genótipos: CMSXS647, Sugargraze, CV568, CV198, CMSXS630, V82393, CMSXS629, V82391, BRS509, CMSXS644 e CMSXS643 no ambiente um, enquanto para o ambiente dois: CMSXS643, Sugargraze e CMSXS630 tiveram os melhores desempenhos. Os genótipos que menos variaram: BRS511, V82392, CMSXS646, CMSXS630, CMSXS643, BRS508, BRS506 e Sugargraze ao longo dos cultivos. Os valores médios estão em conformidade com as médias encontradas por (Tardin et al., 2012; Giacomini et al., 2013). Neste contexto, Pereira Filho et al. (2013) afirmam que o volume de caldo aumenta com a elevação da densidade de semeadura. Os autores ressaltam ainda que esse aumento de volume de caldo nem sempre configura em maior produção de açúcar.

Na comparação dos anos agrícolas para SST, os genótipos com as maiores médias foram: BRS511, CMSXS647, CMSXS646, BRS508 e BRS506. Na safra um os genótipos que tiver melhor performance foram: BRS511, CMSXS646, BRS508 e BRS506. Já na safra dois os materiais: BRS509 e BRS508 destacaram-se com produtividade superior a 18 °Brix. Dentre os materiais avaliados o BRS509 e CV568 foram estatisticamente iguais nos dois ambientes. França et al. (2016), expõem que ao avaliar a análise conjunta dos materiais obteve média de 12,90 °Brix, valor próximo ao encontrado nesta análise, 15,79 °Brix. Segundo May et al. (2013), a produção de etanol a partir do sorgo sacarino é economicamente viável quando níveis mínimos de teor de açúcares totais no caldo for de no mínimo de 12,5%, o que corresponde a 14,25 a 14,50 de °Brix.

Para a característica TBH, o genótipo mais produtivo no ambiente um, também expressou boa produtividade no ambiente dois. Com média superior a 9,08 t ha o genótipo CMSXS647 foi o mais produtivo no ambiente um. Enquanto no ambiente dois o material de maior destaque foi CMSXS643 com média de 6,80 t ha. Ao comparar o desempenho dos genótipos em ambos os anos, nota-se que, os materiais CMSXS646, CMSXS643, BRS508 e BRS506 não apresentaram variação. Com o ranqueamento das médias gerais, foi possível identificar que os genótipos CMSXS647, CMSXS643 CMSXS630 e BRS509 expressaram as melhores médias. Souza et al. (2013) apontam a importância desta variável que tem sido empregada na seleção de genótipos superiores nos programas de melhoramento de plantas por reunir as características mais importantes na produção de etanol por hectare. Lombardi et al. (2015) estudaram a divergência genética e expõem média de 3,62 t ha de TBH. Já Eculica (2019) obteve médias gerais de 4,57 e 4,53 t ha para esta variável.

O método de avaliação da adaptabilidade e estabilidade, proposto por Plaisted e Peterson (1959), possibilita ranquear os genótipos em ordem decrescente, identificando os mais estáveis (Tabela 4). Segundo Cargnelutti filho et al. (2007) o método proporciona fácil interpretação e pode ser aplicável mesmo quando o número de ambientes for relativamente reduzido. Para Alves et al, (2019) a metodologia quantifica a contribuição relativa de cada genótipo para as interações GxA e identifica os mais estáveis.

Para a variável FLOR os genótipos: CMSXS643 e V82391 obtiveram os menores valores, ao analisar a relação da estabilidade com as médias para FLOR, nota-se que os mais estáveis tiveram uma tendência para florescer mais tardiamente. Já para PMV, os mais estáveis foi CV198 seguido por: BRS511 e CMSXS629, com as médias 11,46, 11,56 e 11,57 de θ_i respectivamente. Na relação da estabilidade e das médias para PMV, o menor valor de θ_i foi correlacionado com peso intermediário. A avaliação do PMS indicou V82392 com a menor médias de θ_i . Na avaliação da estabilidade dos genótipos

com suas médias para PMS o menor valor de θ_i foi correlacionado com o genótipo que obtive a segunda pior média, com apenas 32.40. Na análise dos dados para V/Caldo, ordenou o genótipo V82392 como o mais estável. O material com menor valores de θ_i ocupa a décima segunda posição no arranjo dos maiores volumes.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros de estabilidade θ_i para dezesseis genótipos de sorgo sacarino pelo método de Plaisted e Peterson (1959). Cáceres-MT, 2018.

Genótipos ^{1/}	BRS 511	CV 198	V82 393	V82 392	CMSXS 629	CMSXS 647	CMSXS 646	CMSXS 644
FLOR	6,90	3,23	4,43	4,96	2,69	5,54	3,54	2,93
ALT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PMV	11,56	11,46	28,68	12,45	11,57	26,74	16,68	246,55
PMS	7,04	12,24	15,04	4,69	4,82	8,81	9,88	86,43
V/Caldo	7,87	23,27	13,44	7,71	25,07	26,22	39,22	43,11
SST	0,23	0,81	0,42	1,40	0,58	0,33	0,86	0,37
TBH	0,22	0,82	0,32	0,21	0,98	1,00	0,79	0,91
Genótipos ^{1/}	CMSXS 630	BRS 509	CMSXS 643	V82 391	BRS 508	BRS 506	Sugar Graze	CV 568
FLOR	2,90	3,19	2,32	2,32	3,54	9,49	14,84	8,60
ALT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,05	0,01
PMV	31,28	18,88	95,65	38,48	82,96	13,45	39,44	15,43
PMS	4,84	6,26	8,91	30,72	68,12	9,32	20,20	5,48
V/Caldo	11,15	13,89	67,66	12,17	38,77	37,01	8,04	10,56
SST	0,50	4,50	0,15	0,17	0,31	0,18	0,34	1,22
TBH	0,21	0,20	1,41	0,23	1,41	0,95	0,23	0,20

¹ FLOR: Florescimento (dias); ALT: Altura de Planta (m); PMV: Peso de massa verde (t ha); PMS: Peso de massa seca (t ha); V/Caldo: Volume de caldo (mil L ha); SST: Sólidos solúveis totais (°Brix); TBH: Tonelada de °Brix por hectare (t ha); DC: Diâmetro do colmo (mm).
 Fonte: Autores.

Os materiais mais estáveis para SST foi: CMSXS643, V82391 e BRS506. Já a relação de estabilidade com as médias de produtividade alocou os genótipos como décima, primeira e décima terceira posição no ranque da produtividade. Já o ranque para a variável TBH apontou com os melhores desempenhos: BRS509 e CV568 como os mais estáveis, menor θ_i . Na comparação da estabilidade com suas médias estes materiais foram alocados na quarta e sexta posição dos mais produtivos.

Em um contexto geral, o método de Plaisted e Peterson (1959) não permitiu correlacionar os genótipos mais estáveis com os melhores desempenhos médios das variáveis em análise, esta afirmativa também foi expressa por (Daros & Amaral Junior, 2000; Daher et al., 2003). De acordo com Cargnelutti Filho et al. (2007) isso ocorre porque as estimativas de parâmetro de estabilidade são expressas em componentes quadráticos, sendo de baixa precisão. No entanto, a equiparação dos ranques seria algo desejável uma vez que se busca genótipos estáveis e produtivos.

Os resultados referentes à estabilidade e adaptabilidade propostos pelo método de Lin e Binns (1988) expõem os genótipos com os menores valores de P_i geral, como também o seu desempenho quando fragmentado os ambientes em

favoráveis e desfavoráveis, ou seja, quando as médias foram superiores à média geral e inferiores à média geral (Tabela 5) (Silva et al., 2013).

Para a variável FLOR o genótipo CV198 foi relacionado com o menor índice de P_i geral. Na decomposição dos ambientes o CV198, V82392 e CMSXS643 foram os materiais mais estáveis em ambientes favoráveis. Para ambientes desfavoráveis o menor valor foi atribuído ao genótipo CV568. Os resultados indicaram os genótipos de maior ciclo como os estáveis. No estudo da ALT o genótipo CV198 foi o mais estável, quando analisado os valores de P_i geral. Na decomposição do ambiente nota-se que os genótipos com os menores valores para P_i geral, sofreram alterações no ranque. No entanto, em ambos os ambientes o genótipo mais estável foi CV198 evidenciando a plasticidade para esta variável.

Ao analisar a variável peso PMV expõem se o menor valor de P_i geral de 89,00, correspondente ao genótipo CMSXS643. No ambiente favorável (P_i+) o genótipo CMSXS644 teve o menor valor e no ambiente desfavorável (P_i-) o genótipo que se destacou foi CMSXS643. Ao observar os dados, nota-se que o genótipo CV568 é o único que se mantém entre os quatro mais estáveis em ambos ambientes, pode-se inferir que este possui amplo aspecto de adaptação para essa variável.

Já para PMS, o genótipo CMSXS630 foi mais estabilidade com a menor estimativa para P_i geral. Ao analisar os ambientes favorável e desfavorável destacasse para (P_i+) os genótipos CMSXS644 e BRS508 para (P_i-), com os melhores desempenhos respectivamente. Neste contexto, CMSXS630 demonstra amplo aspecto de cultivo, sendo relevante nos dois ambientes. Os índices descritos para V/Caldo possibilitaram inferir que o genótipo Sugargraze teve a menor médias para estabilidade geral. Através da classificação do ambiente de acordo com a sua média foi possível alocar o genótipo CMSXS647 como o mais recomendado para ambientes favoráveis (P_i+). Já para ambientes com média inferior à média geral (P_i-) sobressaiu o genótipo CMSXS643. Considerando a análise, Sugargraze foi o único que esteve entre os três genótipos mais estáveis, indicando ampla estabilidade deste material.

O genótipo BRS508 teve valor superior a 19 °Brix para a variável SST e foi ranqueado como o mais estável, ou seja, apresenta o menor valor de P_i geral. Na decomposição do ambiente em favorável e desfavorável, o genótipo BRS511 apresentou a maior média para sólidos solúveis totais em ambientes favoráveis. Já para ambientes desfavoráveis o genótipo BRS509 teve o melhor desempenho. Neste contexto, destaca-se o genótipo BRS508, por ter baixo valor de P_i , tanto nos ambientes favoráveis quanto nos desfavoráveis, o que mostra sua capacidade de estabilidade.

Já para a variável tonalidade de °Brix por hectare o genótipo em destaque foi CMSXS647 por apresentar a maior média e menor P_i geral. Ao avaliar as médias dos genótipos nos dois ambientes, favoráveis e desfavoráveis, constata-se que ocorreram mudanças no ranque. Em ambientes favoráveis o genótipo CMSXS647 apresentou o menor valor de P_i+ . No ambiente desfavorável o genótipo melhor ranqueado foi CMSXS643. Para esta variável o genótipo CMSXS630 manteve-se estável independente das variações ambientais, portanto um material com tendência a manter-se produtivo em condições adversas. Outro genótipo que expressou baixa variação foi o CMSXS647, com desempenho menos expressivo à medida que o ambiente passou a ser desfavorável.

Tabela 5. Decomposição do parâmetro de estabilidade para dezesseis genótipos de sorgo sacarino pelo método Lin e Binns (1988), em parte devido a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Cáceres-MT, 2018.

		Genótipos ^{1/}							
		CV	CV	CMSXS	CMSXS	BRS	CMSXS	V82	BRS
		198	568	643	644	509	630	392	508
FLOR	Pi/G	0,25	1,00	2,25	3,78	6,28	8,47	9,00	9,25
	Pi +	0,00	2,00	0,00	2,00	0,06	0,89	0,00	0,50
	Pi -	0,50	0,00	4,50	5,56	12,50	16,06	18,00	18,00
ALT	Pi/G	0,00	0,03	0,20	0,02	0,23	0,12	0,11	0,12
	Pi +	0,00	0,05	0,21	0,04	0,27	0,15	0,14	0,03
	Pi -	0,00	0,01	0,18	0,00	0,19	0,09	0,07	0,21
PMV	Pi/G	154,49	106,16	89,01	204,70	342,20	191,49	391,71	300,60
	Pi +	170,33	85,57	178,02	0,00	286,94	283,78	435,62	500,79
	Pi -	138,65	126,74	0,00	409,39	397,46	99,20	347,81	100,41
PMS	Pi/G	41,31	9,93	13,08	54,65	73,99	2,24	131,50	83,02
	Pi +	74,56	18,97	9,59	0,00	74,46	3,64	162,80	166,05
	Pi -	8,05	0,90	16,56	109,31	73,52	0,84	100,19	0,00
V/Cal	Pi/G	32,71	35,04	39,16	25,94	30,01	37,82	28,86	25,01
	Pi +	17,43	16,56	58,02	57,60	50,10	20,59	90,00	260,55
	Pi -	157,93	87,93	0,00	350,68	181,56	24,77	161,12	132,12
SST	Pi/G	28,31	11,16	4,50	8,18	1,60	8,02	48,08	0,34
	Pi +	17,01	12,33	2,28	6,97	3,21	3,04	30,42	0,07
	Pi -	39,61	9,98	6,72	9,39	0,00	13,01	65,74	0,61
TBH	Pi/G	6,02	2,64	1,13	6,40	2,26	1,12	10,97	5,13
	Pi +	3,42	2,56	2,26	3,53	2,24	0,93	10,40	8,35
	Pi -	8,61	2,73	0,00	9,26	2,28	1,32	11,54	1,92
		V82	Sugar	CMSXS	V82	BRS	CMSXS	BRS	CMSXS
		391	Graze	629	393	506	647	511	646
FLOR	Pi/G	9,81	12,89	17,36	19,14	24,03	24,03	29,47	48,25
	Pi +	3,56	22,22	12,50	3,56	32,00	4,50	5,56	24,50
	Pi -	16,06	3,56	22,22	34,72	16,06	43,56	53,39	72,00
ALT	Pi/G	0,27	0,18	0,25	0,12	0,25	0,22	0,25	0,16
	Pi +	0,38	0,33	0,25	0,17	0,33	0,27	0,27	0,22
	Pi -	0,15	0,03	0,25	0,07	0,17	0,17	0,24	0,09
PMV	Pi/G	332,18	315,10	226,95	353,07	237,69	97,31	314,98	433,05
	Pi +	217,90	453,94	248,79	472,89	218,71	53,10	316,74	383,12
	Pi -	446,47	176,26	205,10	233,26	256,66	141,51	313,22	482,98
PMS	Pi/G	69,26	60,81	26,14	184,48	51,95	9,16	35,29	72,09
	Pi +	28,99	111,62	31,28	269,33	85,78	6,35	58,61	61,33
	Pi -	109,54	10,00	20,99	99,64	18,12	11,97	11,97	82,85
V/Cal	Pi/G	30,78	42,00	30,12	33,35	29,17	38,27	28,81	26,02
	Pi +	46,13	0,51	34,31	22,89	171,33	0,00	98,55	238,83
	Pi -	160,70	8,34	211,77	122,20	75,03	78,89	152,04	115,61
SST	Pi/G	84,91	51,40	12,24	35,92	1,58	3,23	1,03	3,57
	Pi +	76,88	48,02	5,67	25,44	0,20	2,35	0,00	0,18
	Pi -	92,93	54,78	18,81	46,40	2,96	4,11	2,07	6,97
TBH	Pi/G	15,12	6,08	4,71	7,11	3,18	0,76	2,46	5,24
	Pi +	16,03	6,73	2,18	5,81	5,17	0,00	2,12	7,58
	Pi -	14,21	5,43	7,24	8,42	1,18	1,53	2,80	2,91

^{1/} FLOR: Florescimento (dias); ALT: Altura de Planta (m); PMV: Peso de massa verde (t ha); PMS: Peso de massa seca (t ha); V/Caldo: Volume de caldo (mil L ha); SST: Sólidos solúveis totais (°Brix); TBH: Tonelada de °Brix por hectare (t ha); DC: Diâmetro do colmo (mm).
Fonte: Autores.

O método de Lin e Binns (1988) proporcionou uma correlação entre os genótipos mais produtivos com as menores estimativas de Pi (Melo et al., 2007; Paula et al., 2010; Silva et al., 2013) No entanto, ao decompor o Pi geral, podem-se obter os valores correspondentes às partes destinadas ao desvio da interação GxA, a qual pode proporcionar variação na disposição fenotípica dos genótipos, dificultando o trabalho dos melhoristas, e o desvio genético, que expressa o caráter

intrínseco de cada material. Neste contexto, ideótipo é o que expressa menor valor de P_i e maior valor atribuído à porção genética quando feita análise separadamente (Daros & Amaral Junior, 2000).

De modo geral os resultados desta pesquisa corroboram com Cargnelutti Filho et al. (2007). Segundo os autores o método Plaisted e Peterson (1959) que se baseiam na análise de variância, tem a seleção dos genótipos associadas à maior estabilidade. No entanto, estas independem da produtividade média e da adaptabilidade a ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis. Os autores concluem ainda que o método de Lin e Binns (1988) possibilitou associar as cultivares com alta produtividade à alta estabilidade e adaptada a ambientes favoráveis.

4. Conclusão

Considerando as variáveis analisadas, os genótipos mais produtivos foram: CMSXS643, CMSXS647, CV568 e Sugargraze.

O método de Plaisted e Peterson (1959) indicou os genótipos BRS509, CV568 e V82392 como os mais estáveis.

A metodologia de Lin e Binns (1988) possibilitou conhecer, para ambientes favoráveis, os genótipos CMSXS647, CMSXS630 e BRS511 na qualidade de mais estáveis e para ambientes desfavoráveis CMSXS643, BRS506 e CMSXS630 como os mais estáveis.

Os genótipos mais promissores foram CMSXS643 e CMSXS647. Todavia, sugere-se para trabalhos futuros a avaliação dos genótipos em outros ambientes.

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

- Allard, R. W., & Bradshaw, A. D. (1964). Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop science*, 4(5), 503-508.
- Alves, G. F., Nogueira, J. P. G., Machado, R., Ferreira, S. D. C., Nascimento, M., & Matsuo, E. (2019). Stability of the hypocotyl length of soybean cultivars using neural networks and traditional methods. *Ciência Rural*, 49(3).
- Cargnelutti Filho, A., Perecin, D., Malheiros, E. B., & Guadagnin, J. P. (2007). Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, 66(4), 571-578.
- Chen, T., Jia, H., Zhang, S., Sun, X., Song, Y., & Yuan, H. (2020). Optimization of cold pressing process parameters of chopped corn straws for fuel. *Energies*, 13(3), 652.
- Chielle, Z. G., Gomes, J. F., Zuchi, J., Gabe, N. L., & Rodrigues, L. R. (2013). Desempenho de genótipos de sorgo silageiro no Rio Grande do Sul na safra 2011/2012. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3), 260-269.
- Cruz, C. D. (2013). Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(3), 271-276.
- Cruz, C. D., & Carneiro, P. C. S. (2006). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. UFV.
- Cruz, C. D., & Regazzi, A. J. (1994). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. UFV.
- Daher, R. F., Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T. D., Pereira, A. V., Léo, F. J. D. S., & Daros, M. (2003). Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência e Agrotecnologia*, 27, 788-797.
- Daros, M., & do Amaral Júnior, A. T. (2000). Adaptabilidade e estabilidade de produção de Ipomoea batatas. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 22, 911-917.
- Durães, F. O. M., May, A., & Parrella, R. A. C. (2012). *Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios*. Embrapa Milho e Sorgo.

- Eculica, G. C., Pedro, C. A., Borã, A., Leite, P. S. S., & Parrella, R. A. C. (2019). Adaptability and stability of saccharine sorghum cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 14(31), 1432-1442.
- Figueiredo, U. J., Nunes, J. A. R., Parrella, R. D. C., Souza, E. D., da Silva, A. R., Emygdio, B. M., & Tardin, F. D. (2015). Adaptability and stability of genotypes of sweet sorghum by GGEBiplot and Toler methods. *Genetics and Molecular Research*, 1, 11211-11221, 2015.
- França, A. E. D. D., Parrella, R. A. D. C., Souza, V. F. D., Bastos, G. Q., Nunes, J. A. R., & Schaffert, R. E. (2016). Seleção simultânea em progênes de sorgo-sacarino por meio de índices de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51, 1737-1743.
- Giacomini, I., Pedroza, M. M., Siqueira, F. L. T., Mello, S. Q. S., Cerqueira, F. B., & Salla, L. (2013). Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins. *Revista Agroambiental*, 5(3), 73-81.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.(2020). *Banco de dados*. www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php
- Ikwebe, J., & Harvey, A. P. (2020). Fuel ethanol production from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in an oscillatory baffled reactor. *Journal Biofuels*, 11(4), 451-457.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2016). *Banco de dados*. www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A941emesAno=2018
- Leite, P. S. S., Fagundes, T. G., Nunes, J. A. R., Parrella, R. A. C., Durães, N., & Bruzi, A. T. (2017). Association among agro-industrial traits and simultaneous selection in sweet sorghum. *Genetics and Molecular Research*, 16, 16392-16402.
- Lin, C. S., & Binns, M. R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar× location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1), 193-198.
- Lombardi, G. M. R., Nunes, J. A. R., Parrella, R. A. C., Teixeira, D. H. L., Bruzi, A. T., Durães, N. N. L., & Fagundes, T. G. (2015). Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum. *Genetics and Molecular Research*, 14, 16392-16402.
- Martins, A. M., Parrella, R. A. D. C., Lopes, D. D. C., Schaffert, R. E., Parrella, N. N. L. D., Neves, W. D. S., & Silva, A. P. C. M. (2017). Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 16(2), 217-231.
- May, A., Mendes, S. M., Silva, D. D., Parrella, R. D. C., Miranda, R. A., Silva, A. F., & Schaffert, R. (2013). *Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais*. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica.
- Melo, L. C., Melo, P. G. S., Faria, L. C. D., Diaz, J. L. C., Del Peloso, M. J., Rava, C. A., & Costa, J. G. C. D. (2007). Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 715-723.
- Neves, S. M. A. S., Nunes, M. C. M., & Neves, R. J. (2011). Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. *Boletim Goiano de Geografia*, 31(2), 55-68.
- Oliveira, T. C. (2015). *Divergência genética e correlação entre caracteres de genótipos de sorgo sacarino na região de Cáceres-MT*. 90 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade do Estado de Mato Grosso, 2015.
- Parrella, R. A. C. Sorgo sacarino: Melhoramento genético do sorgo sacarino. *Revista Agroenergia*, 2, 8-9. 2011.
- Paula, T. O. M. D., Amaral Júnior, A. T. D., Gonçalves, L. S. A., Scapim, C. A., Peternelli, L. A., & Silva, V. Q. R. D. (2010). Pi statistics underlying the evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. *Acta Scientiarum*, 32(2), 269-277.
- 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/UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf.
- Pereira Filho, I. A., Parrella, R. A. D. C., Moereira, J. A. A., May, A., Vander Fillipe, D. S., & Cruz, J. C. (2013). 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*, 12(2), 118-127.
- Phukoetphim, N., Chan-u-tit, P., Laopaiboon, P., & Laopaiboon, L. (2019). Improvement of bioethanol production from sweet sorghum juice under very high gravity fermentation: Effect of nitrogen, osmoprotectant, and aeration. *Energies*, 12(19), 3620.
- Plaisted, R. L., & Peterson, L. C. (1959). A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, 36(11), 381-385.
- Ramalho, M. A. P., Abreu, A. D. F., Santos, J. D., & Nunes, J. A. R. (2012). *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. UFPA.
- Ramalho, M. A. P., Santos, J. D., & Zimmermann, M. D. O. (1993). *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. UFG.
- Regassa, T. H., & Wortmann, C. S. (2014). Sweet sorghum as a bioenergy crop: literature review. *Biomass and Bioenergy*, 64, 348-355.
- Santos, F. C., Carneiro, L. F., Albuquerque Filho, M. R., Campanha, M. M., Simeone, M. L. F., & Júlio, G. M. F. (2019). Acúmulo de massa seca e macronutrientes pelo sorgo sacarino em diferentes níveis de adubação NPK. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18: 1-13, 2019.
- Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.
- Silva, K. J., Menezes, C. B., Tardin, F. D., Emygdio, B. M., Souza, V. F., Carvalho, G. A., & Silva, M. J. (2013). Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12, 44-53.

Silva, L. F. L., Gonçalves, W. M., Maluf, W. R., Resende, L. V., Lasmar, A., Carvalho, R. D. C., & Moretto, P. (2019). Energy and budget balances for sweet potato-based ethanol production. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 54.

Souza, V. F. D., Parrella, R. A. D. C., Tardin, F. D., Costa, M. R., Carvalho Júnior, G. A. D., & Schaffert, R. E. (2013). Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 13(2), 144-151.

Tardin, F. D., Casasanta, E. C., Parrella, R. D. C., da Silva, A. F., Baldoni, A. B., de Souza, M. C., & Schaffert, R. E. (2012). Desempenho agrônômico de genótipos de sorgo sacarino cultivados em Sinop-MT na safra 2011/12. 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.

Teetor, V. H., Duclos, D. V., Wittenberg, E. T., Young, K. M., Chawhuaymak, J., Riley, M. R., & Ray, D. T. (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1293-1300.

Teixeira, T. P. M., Pimentel, L. D., dos Santos Dias, L. A., da Costa Parrella, R. A., da Paixão, M. Q., & Biesdorf, E. M. (2017). Redefinition of sweet sorghum harvest time: New approach for sampling and decision-making in field. *Industrial Crops and Products*, 109, 579-586.