



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONOMICA
CAMPUS SETE LAGOAS

EVELIN LESSA BARBOZA

POTENCIAL AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO SACARINO

Sete Lagoas, MG

2023

EVELIN LESSA BARBOZA

POTENCIAL AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO SACARINO

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agronomia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agronomia.

Area de concentração: Melhoramento Genética

Orientador: Prof. Nadia Nardely Durães Parrella

Sete Lagoas, MG

2023

EVELIN LESSA BARBOZA

POTENCIAL AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE SORGO SACARINO

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agronomia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agronomia.

Sete Lagoas, 12 de Julho 2023.

Banca avaliadora:

Dr. Vinicius Lopes de Melo

Dra. Isabela Cristina Cavalin

Dra. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella (UFSJ) Orientadora

A persistência é o caminho do êxito.

(Charles Chaplin)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, sem ele nada seria possível!

Ao meu marido Diogo, que sempre acreditou que seria possível e me incentivou do início ao fim.

A minha mãe Cleusa que esteve junto em todos os momentos que me deu forças para continuar, ao meu pai Luiz, e minha irmã Fernanda.

À Universidade Federal de São João Del Rei pelo ensino, pelos profissionais como minha orientadora Dra Nádia Nardely que não soltou a minha mão, sou extremamente grata, e o prof Dr Ernani Clarete que contribuíram ativamente para a minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Embrapa Milho e Sorgo pela oportunidade de estágio que acrescentou ainda mais no meu desenvolvimento para formação profissional. Ao Núcleo de Melhoramento de Sorgo pelo acolhimento e a grande oportunidade de aprender com vocês a forma de excelente condução de experimentos. Aos amigos lá feitos e pelos ensinamentos passados.

Ao orientador Rafael Parrella, com o qual tive oportunidade de aprender e desenvolver projetos do programa de melhoramento.

Aos meus amigos da Universidade, que sempre estiveram sempre presente nos momentos difíceis, dando força e me incentivando sempre a fazer o meu melhor.

Em especial tenho muito agradecer a minha amiga Jheny Kesley, por todo companheirismo dentro e fora da faculdade sendo um combustível pra mim.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 MATERIAIS E METODOS	09
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4 CONCLUSÃO	11
5 REFERENCIAS	12

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Llp Lessa Barboza, Evelin.
 Potencial Agronômico de Híbridos de sorgo sacarino
 / Evelin Lessa Barboza ; orientadora Nádia Nardely
 Lacerda Durães Parrella; coorientador Vinicius Lopes
 de Melo Lopes de Melo. -- Sete Lagoas, 2023.
 22 p.

 Trabalho de Conclusão (Graduação - Engenharia
 Agronômica) -- Universidade Federal de São João del
 Rei, 2023.

 1. Fitotecnia. 2. Potencial Agronômico. 3. Sorghum
 bicolor. 4. Melhoramento Genético. I. Nardely
 Lacerda Durães Parrella, Nádia , orient. II. Lopes
 de Melo, Vinicius Lopes de Melo, co-orient. III.
 Titulo.

RESUMO

O Sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) tem se apresentado uma alternativa propícia para o incremento da cadeia produtiva do setor sucroenergético, principalmente nas entressafras da cana-de-açúcar observando os aspectos industriais e agrônômicos. Os programas de melhoramento têm se esforçado de forma consistente na seleção de genótipos que atendam a demanda do mercado. Sendo assim, o ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), experimento realizado nas últimas etapas do programa de melhoramento, se faz necessário para se avaliar os melhores materiais que apresentem as principais características favoráveis para a produção de sorgo sacarino em diferentes ambientes, além de permitir a identificação das possíveis interações dos genótipos com o ambiente. Com o objetivo de selecionar materiais mais produtivos por meio do índice de seleção distância genótipo-ideótipo (IDGI), foram avaliados híbridos de sorgo sacarino em dois ambientes. O ensaio foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG e Vilhena- RO. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2022/2023, onde foram avaliados 23 híbridos de sorgo sacarino juntamente com as testemunhas BRS 508 e 511, sendo o delineamento empregado em blocos casualizados com três repetições, parcelas de duas linhas de 5 metros e 0,7 metros de espaçamento entre linhas. As características agrônômicas avaliadas foram: produção de massa verde (PMV) t-ha⁻¹, teor de sólidos solúveis (SST) e o índice multiplicativo (TBH) tonelada de brix/sólidos solúveis por hectare. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo Teste F e para as variáveis que apresentaram significância, realizou-se teste de médias (Dunnett) ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o programa GENES. Observou-se efeito significativo para a fonte de variação Híbridos (H) para as três características avaliadas nos diferentes ambientes, demonstrando variabilidade genética na população em estudo. Verificou-se efeito significativo para interação H x A para os caracteres avaliados nas médias da análise conjunta. Nesse cenário de análise conjunta de ensaios, ressalta-se que a ocorrência de interação G×A pode consumir a variabilidade genética existente na média dos ensaios. A seleção foi realizada utilizando o índice IDGI com base nas análises individuais de cada safra, pois, a interação GxA consumiu a variabilidade existente. Ao considerar o TBH simultaneamente nos dois ambientes, pelos menos três Híbridos classificados pelo índice da distância genótipo-ideótipo se mostraram promissores e sobressaíram por conciliar bom desempenho de TBH, com altas médias em ambas as safras de avaliação para a seleção de híbridos superiores de sorgo sacarino foram CMSXS5039, CMSXS5035, CMSXS5022 com médias de TBH de (14;97 e 10;76), (9;43 e 9;12) e (10;11 e 7;83) toneladas de brix por hectare.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*(L.); Genótipo ambiente; VCU

ABSTRACT

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) has emerged as a suitable alternative for enhancing the productive chain of the sugarcane sector, especially during sugarcane off-seasons, considering industrial and agronomic aspects. Breeding programs have consistently made efforts in selecting genotypes that meet market demand. Therefore, the Cultivation and Use Value (VCU) trial, conducted in the final stages of the breeding program, is necessary to evaluate the best materials that exhibit the main favorable characteristics for sweet sorghum production in different environments, as well as to identify potential genotype-environment interactions. In order to select more productive materials using the genotype-ideotype distance selection index (IDGI), sweet sorghum hybrids were evaluated in two environments. The trial was conducted at Embrapa Milho e Sorgo in Sete Lagoas – MG and Vilhe-na-RO. The experiment took place in the agricultural year 2022/2023, where 23 sweet sorghum hybrids, along with the control varieties BRS 508 and 511, were evaluated. The experimental design employed randomized blocks with three replications, and plots consisted of two rows measuring 5 meters in length with a spacing of 0.7 meters between rows. The agronomic characteristics evaluated were: green biomass production (PMV) ton.ha⁻¹, soluble solids content (SST), and the multiplicative index (TBH) ton of brix/soluble solids per hectare. The data underwent analysis of variance using the F-test, and for variables showing significance, mean comparison tests (Dunnett) were conducted at a 5% probability level using the GENES software. Significant effects were observed for the Hybrid (H) source of variation for all three characteristics evaluated in different environments, indicating genetic variability within the population under study. A significant H x A interaction effect was observed for the evaluated traits in the joint analysis means. In this scenario of joint analysis of trials, it is important to note that the occurrence of G×A interaction can deplete the existing genetic variability in the trial means. Selection was performed using the IDGI index based on individual analyses of each harvest, as the G×A interaction consumed the existing variability. Considering the TBH simultaneously in both environments, at least three hybrids classified by the genotype-ideotype distance index showed promise and stood out for combining good TBH performance with high averages in both evaluation seasons for selecting superior sweet sorghum hybrids. The identified hybrids were CMSXS5039, CMSXS5035, and CMSXS5022, with TBH averages of (14.97 and 10.76), (9.43 and 9.12), and (10.11 and 7.83) tons of brix per hectare, respectively.

Key words: Sweet Sorghum; Genotypes environment; VCU

1. INTRODUÇÃO

O sorgo é o quinto cereal mais cultivado do mundo, precedido pelo trigo, arroz, milho e cevada (FAO,2019). Planta originária na África e parte da Ásia, o sorgo é uma gramínea da família Poaceae, do gênero *Sorghum* e da espécie *Sorghum bicolor* L. Moench (SANTOS, et al., 2005). O sorgo apresenta ampla adaptação (REDDY et al., 2006), sendo cultivado principalmente nas regiões tropicais e semiáridas.

As principais variedades do sorgo são: sorgo granífero, usado principalmente na alimentação animal e humana; sorgo forrageiro, usado no pastejo direto ou como forragem na pecuária; sorgo vassoura, usado na confecção de artesanato; sorgo biomassa, usado na queima direta em caldeiras, na cogeração de energia e na produção de etanol de segunda geração; e o sorgo sacarino, usada na síntese de etanol de primeira e segunda geração. O sorgo sacarino apresenta como vantagens o ciclo rápido (em média 120 dias), cultivo mecanizado (do plantio até a colheita), colmos suculentos com altos teores de açúcares diretamente fermentáveis, alta produção de biomassa (40 a 60 t.ha⁻¹). Além da produção de etanol, o bagaço pode ser utilizado na produção de energia para indústrias, através da queima ou produção de etanol de segunda geração (cogeração de energia e bioeletricidade), além de forragem para animais, contribuindo para um balanço energético favorável (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006).

Outra grande vantagem do cultivo de sorgo sacarino é alto potencial de negócios dentro da cadeia produtiva de cana-de-açúcar, não sendo necessárias mudanças gerais com a estrutura, maquinário e logísticas do parque industrial e operacional da cultura. A época de colheita ideal do sorgo se dá exatamente na entressafra da cana, que vai de dezembro a abril, assim quando a produção de etanol por hectare da cana está muito abaixo do seu potencial máximo de produção, o sorgo sacarino está na sua máxima produção. Com isso, o cultivo do sorgo sacarino na entressafra, pode antecipar e reforçar a produção nacional de etanol e aumentar o período de operacionalidade das destilarias (PARRELLA, 2011).

No decorrer dos anos 90 o cultivo de cultura do sorgo sacarino no mundo foi colocado como essencial para produção de bioetanol por seus altos teores de açúcares e por se tratar de uma matéria-prima para produção de bioenergia (FERNANDEZ & CURT, 2005). O Brasil, como vários outros países, vem demonstrando uma grande preocupação com o uso, produção e estudos direcionados para o bioetanol usando a geração de energia, assim, o sorgo sacarino vem se estabelecendo no cenário sucroenergético como uma nova fonte na geração de energia.

Através de uma apreciação sobre culturas de alto potencial energético como fontes de energia renováveis, foi possível afirmar que cana-de-açúcar, beterraba açucareira e o sorgo sacarino tem um maior destaque (LIPINSKI & KRESOVICH). O Brasil é considerado a maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo o segundo líder na produção de açúcar. Na safra de 2013/14, estimou-se uma área cultivada de 8,8 milhões de hectare com um crescimento de cerca de 4%, quando comparada à safra anterior (2012/13), representando um total de 660 milhões de toneladas de cana colhida (CONAB, 2013).

De acordo com Souza (2011), a produção de genótipos que atendam às características tecnológicas demandadas pelo mercado é o principal ponto no melhoramento, além disto, as cultivares devem ser estáveis quanto às variações ambientais e responsivas às condições de ambiente favorável. Para isso, os programas de melhoramento conduzem os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU). Os ensaios de VCU devem obedecer aos critérios estabelecidos pelo MAPA e contemplar o planejamento e desenho estatístico que permitam a observação, a mensuração e a análise dos diferentes caracteres das distintas cultivares. Assim, a avaliação do comportamento e qualidade das cultivares, devem ser realizados em diferentes lugares, com diferentes características climáticas, e em diferentes anos.

A interação de genótipos e ambientes acontece quando os genótipos testados em diferentes ambientes, apresentam diferentes respostas, podendo ser simples ou complexa. Na interação simples, há diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, porém o ranqueamento dos genótipos permanece o mesmo. Já na interação complexa, há ausência de correlação entre medidas do mesmo genótipo em distintos ambientes, ou seja, muda o ranqueamento, demonstra inconsistência entre a superioridade de genótipos e a variação ambiental (ROBERTSON, 1959). Apenas quando atribuída a esta última causa é que a interação proporcionará dificuldades no melhoramento (RAMALHO et al., 1993; CRUZ et al., 2004). Para Falconer & Mackay (1996), quando a correlação está presente, a variância fenotípica é acrescida de duas vezes o valor da covariância dos desvios do ambiente. A correlação baixa indica que o genótipo superior em um ambiente, normalmente, não terá o mesmo desempenho em outro ambiente. O objetivo do presente trabalho foi selecionar híbridos mais produtivos por meio de índice de seleção-ideotipo de maior VCU em dois ambientes.

2 MATERIAIS E METODOS

Os experimentos foram conduzidos em Sete Lagoas - MG, na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo 19°27' 57" latitude sul e 44°14'48" longitude oeste e em Vilhena- RO, área experimental da Embrapa 12° 44' 26" latitude sul 60° 08' 45" longitude oeste. Os experimentos foram compostos por 25 tratamentos sendo 23 híbridos de sorgo sacarino e duas cultivares comerciais BRS 508 e 511 no ano agrícola de 2022/2023 (Tabela 1).

Tabela 1: Híbridos e cultivares comerciais utilizado no VCU sacarino 2022/2023.

Entrada	Código
202224001	1 CMSXS5027 H
202224002	2 CMSXS5028 H
202224003	3 CMSXS5029 H
202224004	4 CMSXS5030 H
202224005	5 CMSXS5035 H
202224006	6 CMSXS5036 H
202224007	7 CMSXS5037 H
202224008	8 CMSXS5038 H
202224009	9 CMSXS5039 H
202224010	10 CMSXS5040 H
202224011	11 CMSXS5041 H
202224012	12 CMSXS5042 H
202224013	13 CMSXS5043 H
202224014	14 CMSXS5044 H
202224015	15 CMSXS5045 H
202224016	16 CMSXS5046 H
202224017	17 202224B017 H
202224018	18 202224B018 H
202224019	19 CMSXS5017 H
202224020	20 CMSXS5019 H
202224021	21 CMSXS5020 H
202224022	22 CMSXS5021 H
202224023	23 CMSXS5022 H
202224024	24 BRS 508 T
202224025	25 BRS 511 T

O delineamento empregado foi o de blocos casualizados com três repetições, parcelas de duas linhas de 5 metros e 0,7 metros de espaçamento entre linhas em uma densidade equivalente a 125.000 plantas/ha.

Na adubação de plantio foram aplicados 400 Kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (NPK), e 200 Kg.ha⁻¹ de ureia foram utilizados na adubação de cobertura. Irrigação suplementar foi aplicada durante o estabelecimento da cultura a fim de evitar estresses hídricos neste período, colheita foi efetuado com auxílio de colheitadeira.

Na análise de dados foram submetidos a análise de variância individuais e conjunta pelo Teste F e para as variáveis que apresentaram significância, realizou-se teste de médias (Dunnett) ao nível de 5% de probabilidade em cada ambiente.

As seguintes características foram avaliadas:

Produção de massa verde (PMV) – quilogramas ha⁻¹ e determinada pela pesagem de todas as plantas completas da parcela experimental, colhidas durante a maturidade fisiológica do grão e transformadas para t-ha⁻¹;

Teor de Sólidos Solúveis (SST) – determinado por refratômetro digital de leitura automática; e composição centesimal da biomassa – realizada no laboratório de “Composição centesimal” da Embrapa Milho e Sorgo, em Brix°.

O índice multiplicativo (TBH) (tonelada de brix/sólidos solúveis hectare) abrange os caracteres PMV e SST que influenciam diretamente na produção de etanol por hectare no qual é determinado pela equação (1):

$$TBH= PMV \times SST(^{\circ}Brix) (1)$$

Para a seleção dos melhores híbridos foi utilizado o índice da distância genótipo-ideótipo, na obtenção do ideótipo foi considerado como valor ótimo a maior média para cada característica avaliada.

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando os recursos computacionais do programa genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSAO

Observou-se efeito significativo para a fonte de variação Híbridos (H) para as três características avaliadas nos diferentes ambientes, demonstrando variabilidade genética na população em estudo (Tabelas 2 e 3). Isto demonstra também que há diferença significativa entre as médias dos híbridos para os três caracteres avaliados. A existência de variabilidade para o caráter de interesse é importante em qualquer programa de melhoramento, pois permite diferenciar e selecionar genótipos superiores.

TABELA 2. Resumo das análises de variância individuais da produção de matéria verde t-ha⁻¹ (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e tonelada de brix por hectare t-ha⁻¹ (TBH), referentes à avaliação de 23 híbridos de sorgo sacarino, safra 2022/2023. Sete Lagoas, MG.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PMV	SST	TBH
Tratamento	24	356,69**	53,48**	20,60**
Híbridos (H)	22	352,35**	56,34**	22,38**
Testemunhas (T)	1	0,806**	6,41 ^{ns}	1,10 ^{ns}
H vs.T	1	808,08**	37,71**	0,84 ^{ns}
Erro	48	14,62	3,86	1,40
Média Geral		55,68	14,23	7,80
Média (H)		56,56	14,02	7,83
Média (T)		44,55	16,33	7,43
CV (%)		6,87	13,80	15,15

^{ns} e **: não significativo, significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os coeficientes de variação experimental (CVs), nos dois experimentos, situaram-se abaixo dos normalmente relatados na literatura para experimentos dessa natureza com a cultura do sorgo (ALMEIDA et al., 2016; PIMENTEL-GOMES F.; GARCIA, 2002; LOMBARDI, 2016; ROCHA, 2016; DURÃES 2011). Para a produção de massa verde (PMV), os CVs apresentaram abaixo de 7%; para sólidos solúveis totais (SST), variaram de 9 a 13%; para tonelada de brix por hectare TBH, de 11 a 15%, o que indica a boa condução experimental, sendo considerados satisfatórios de acordo com Almeida et al. (2016). A média de PMV foi relativamente alta nos dois experimentos, variando de 56 e 65 t-ha⁻¹ (Tabelas 2 e 3).

TABELA 3. Resumo das análises de variância individuais da produção de matéria verde ton.ha⁻¹ (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e tonelada de brix^o por hectare t-ha⁻¹ (TBH), referentes à avaliação de 23 híbridos de sorgo sacarino, safra 2022/2023. Vilhena, RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PMV	SST	TBH
Tratamento	24	550,57**	38,87**	24,08**
Híbridos (H)	22	424,22**	41,53**	24,69**
Testemunhas (T)	1	276,22**	15,04*	10,99**
H vs.T	1	3604,63**	4,14**	23,67**
Erro	48	13,45	0,885	0,53
Média Geral		65,29	9,45	6,30
Média (H)		67,34	9,38	6,47
Média (T)		41,79	10,25	4,40
CV (%)		5,62	9,95	11,59

^{ns},* e **: não significativo, significativo a 5% de probabilidade, significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na análise conjunta dos dados, houve efeito significativo da interação híbridos x ambientes para os caracteres PMV, SST e TBH. Interação G×A com efeito significativo para os principais atributos agronômicos do sorgo, tem sido relatada por inúmeros autores (ROBERTSON, 1959; RAMALHO et al., 1993; CRUZ et al., 2004). Observou efeito significativo para a fonte de variação híbridos para os três caracteres avaliados nos dois ambientes comprovando a variabilidade existente (Tabela 2 e 3). No entanto, na média da análise conjunta a variabilidade é consumida pelo efeito da Interação H x A para PMV e TBH (Tabela 4). Nesse cenário de análise conjunta de ensaios, ressalta-se que a ocorrência de interação G×A pode consumir a variabilidade genética existente na média dos ensaios, bem como levar à obtenção de estimativas de parâmetros genéticos viesados, podendo a seleção de progênes não resultar em ganhos genéticos nos caracteres de interesse (Melo, 2020).

TABELA 4. Resumo das análises de variância conjunta de matéria verde t-ha⁻¹ (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e tonelada de brix^o por hectare t-ha⁻¹, referentes à avaliação de 23 híbridos de sorgo sacarino, safra 2022/2023. Sete Lagoas, MG e Vilhena RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		PMV	SST	TBH
Ambiente (A)	1	3464,03 ^{Ns}	854,43 ^{NS}	83,99 ^{NS}
Tratamento (Trat)	2	568,85 ^{Ns}	61,11 ^{NS}	22,51 ^{NS}
	4			
Híbridos (H)	2	453,73 ^{Ns}	65,10*	23,68 ^{NS}
	2			
Testemunhas (T)	1	153,52 ^{Ns}	0,91 ^{NS}	2,56 ^{NS}
H vs.T	1	3912,82**	33,46**	16,77 ^{NS}
Trat x A	24	338,48**	31,26**	22,16**
H x A	22	340,92**	32,78**	23,38**
T x A	1	123,57**	20,54**	9,52**
H vs T x A	1	0,549**	8,45**	7,79**
Erro	96	14,04	2,37	0,96
Média Gral		60,49	11,84	7,05
CV (%)		6,19	13,0	13,93

^{ns},* e **: não significativo, significativo a 5% de probabilidade, significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Na tabela 5 são apresentados o ranqueamento dos híbridos na média da análise individual quanto ao PMV, SST e TBH nos dois ambientes. Verificou-se que apenas os híbridos

9 e 11 foram ranqueados na mesma posição para PMV. Para TBH nenhum foram correspondentes quanto o ranqueamento nos dois ambientes. De acordo com Cruz et al. (2012), a interação Genótipos x ambiente significativos indica que há inconsistência no comportamento dos genótipos avaliadas nos diferentes ambientes, ou seja, o melhor genótipo em determinado ambiente não é necessariamente o melhor em outro ambiente. De acordo com Robertson 1959, a interação $G \times A$ pode ser de natureza simples ou complexa, sendo esta última de maior influência na seleção de progênies, pois resulta da mudança no ranqueamento dos genótipos nos diferentes ambientes em que foram avaliadas como verificado nesse trabalho. Isso ocorre porque a expressão de um genótipo é alterada pelas condições ambientais (Zhang et al., 2015).

TABELA 5. Ranque dos híbridos com base na análise de variância individuais para produção de matéria verde ton.ha⁻¹ (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e tonelada de brix por hectare ton.ha⁻¹ (TBH), referentes à avaliação de 23 híbridos de sorgo sacarino, safra 2022/2023. Sete Lagoas, MG e Vilhena RO

Sete Lagoas						Vilhena					
H	PMV	H	SST	H	TBH	H	PMV	H	SST	H	TBH
5	90,95	22	14,13	16	10,74	4	75,24	9	22,6	9	14,97
8	87,14	8	13,70	12	10,22	8	74,79	23	19,53	19	13,03
13	87,14	24	13,07	5	9,64	19	71,81	10	18,73	4	10,28
20	76,42	19	12,97	15	9,25	2	67,19	11	18,6	23	10,11
9	76,19	21	12,87	14	9,12	9	66,33	19	18,13	17	9,77
16	75,00	4	12,77	10	8,88	1	66,27	25	17,66	5	9,43
6	72,14	25	12,73	23	8,64	20	62,88	5	17,56	3	8,95
15	71,66	1	12,33	20	8,11	21	62,81	15	17,53	11	8,76
12	71,43	2	11,83	11	7,83	17	62,16	18	16,2	18	8,53
7	70,71	9	11,73	7	7,74	3	57,99	7	15,9	20	8,21
1	70,	13	11,47	6	7,38	12	57,49	17	15,7	7	7,9
14	66,18	17	10,13	22	7,06	16	56,94	24	15,6	25	7,86
2	64,29	18	10,03	8	6,39	13	54,57	3	15,4	10	7,85
4	64,28	3	10,00	24	6,39	5	53,65	4	13,7	16	7,56
10	63,57	16	9,40	19	6,1	18	52,67	16	13,3	21	7,05
21	63,33	12	8,86	21	5,75	23	51,89	20	13,06	24	7,01
19	59,28	5	8,66	4	5,59	7	49,53	14	12,1	15	6,82
11	57,85	15	7,83	25	4,98	11	46,88	21	11,2	2	6,44
23	57,14	14	7,00	1	4,24	22	46,69	22	10,75	12	6,05
22	55,71	10	6,60	2	3,04	6	45,60	6	10,7	1	5,16
3	55,24	23	4,10	9	2,87	24	44,92	12	10,6	22	5,02
17	49,52	20	4,10	13	2,63	25	44,18	2	9,66	6	4,93
24	48,57	11	3,80	17	1,66	10	41,87	13	8,16	14	4,62
18	43,57	7	3,37	18	1,66	15	39,52	1	7,8	13	4,44
25	35,00	6	2,83	3	1,58	14	38,18	8	5,5	8	4,12

Deste modo, como a interação genótipos x ambientes teve efeito significativo, optou-se por fazer a seleção utilizando um índice de seleção com base nas análises individuais de cada ambiente, e não somente com base nas médias dos caracteres avaliados obtidos com a análise conjunta. Com essa finalidade, utilizou-se o índice da distância genótipo-ideótipo, levando em consideração os maiores valores das médias de TBH para os dois ambientes. Vale ressaltar, quanto maior o valor de TBH maiores são os valores de PMV e SST.

A tabela 6 apresenta as médias para produção de PMV, SST e TBH dos 23 híbridos que foram comparados com as testemunhas BRS 508 e 511 mais se aproximaram do ideótipo definido para os caracteres avaliados.

O desempenho dos 23 híbridos para a produção de massa verde foi satisfatório em ambos os locais. Com destaque dos híbridos em Vilhena, os melhores híbridos apresentaram médias de produção acima dos 87 t-ha⁻¹ (Tabela 6). Além disso, 13 e 18 híbridos diferiram estatisticamente das cultivares BRS 508 e 511 (Tabela 6), em Sete lagoas e Vilhena respectivamente. Estas cultivares é considerado o padrão para a produção de sorgo sacarino reforçando o bom desempenho dos híbridos em estudo.

Em relação aos sólidos solúveis totais, o desempenho dos 23 híbridos obteve um desempenho a baixo das expectativas em um dos ambientes. Os híbridos, obteve nota média de SST entre 2,83 a 14,13 de brix° em Vilhena-Ro (Tabela 6). Os melhores híbridos não diferiram estatisticamente das cultivares BRS 508 e 511 pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade nesse ambiente. No entanto, em Sete Lagoas-MG o desempenho foi satisfatório, a maioria das médias foram superiores a 15 de brix°. De modo geral, apenas o híbrido CMSXS5039 diferiu estatisticamente das testemunhas com média de 22,6 de brix° (Tabela 6).

O desempenho dos híbridos para o TBH foi satisfatório nos dois ambientes. Os híbridos CMSXS5039 e CMSXS5017 diferiram estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade das cultivares BRS 508 e 511 em Sete Lagoas com médias 14,97 e 13,03 respectivamente (Tabela 6). Em Vilhena dez genótipos diferiram das testemunhas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, com destaque para os híbridos CMSXS5039 e CMSXS5043, apresentando médias 10,74 e 10,22 toneladas de brix por hectare (Tabela 6).

Ao considerar o TBH simultaneamente nos dois ambientes, pelos menos três Híbridos classificados pelo índice da distância genótipo-ideótipo se mostraram promissores e sobressaíram por conciliar bom desempenho de TBH, com altas médias em ambas as safras de avaliação para a seleção de híbridos superiores de sorgo sacarino foram CMSXS5039, CMSXS5035, CMSXS5022 com médias de TBH de (14;97 e 10;76), (9;43 e 9;12) e (10;11 e 7;83) toneladas de brix° por hectare.

TABELA 6. Médias para produção de massa verde (PMV), sólidos solúveis totais (SST) e toneladas de brix° por ha (TBH), em t-ha-1, referentes ao desempenho dos melhores híbridos comparadas com a testemunhas, classificadas pelo índice distância genótipo-ideótipo. Safras seca 2022 e 2023. Sete Lagoas, MG – Vilhena RO.

Híbridos	PMV				SST				TBH								
	Sete Lagoas	Híbridos	Vilhena	Híbridos	Sete Lagoas	Híbridos	Vilhena	Híbridos	Sete Lagoas	Híbridos	Vilhena						
T4	75,2433	T5	90,95	T9	22,6	T9	14,13	a	T9	14,97	T9	10,74					
T8	74,79	T8	87,14	T23	19,53	ab	T23	13,70	a	T19	13,03	T13	10,22				
T19	71,81	T13	87,14	T10	18,73	ab	T14	13,06	a	T4	10,28	b	T16	9,64			
T2	67,1933	T20	76,42	T11	18,60	ab	T12	12,96	a	T23	10,11	b	T12	9,25			
T9	66,3367	T9	76,19	T19	18,13	ab	T16	12,86	a	T17	9,77	ab	T5	9,12			
T1	66,2733	T16	75,00	T5	17,56	ab	T10	12,76	a	T5	9,43	ab	T15	8,88			
T20	62,8867	T6	72,14	T15	17,53	ab	T11	12,73	a	T3	8,95	ab	T14	8,64			
T21	62,81	T15	71,66	T18	16,20	ab	T15	12,33	a	T11	8,76	ab	T10	8,11			
T17	62,1667	T12	71,43	T7	15,90	ab	T13	11,73	a	T18	8,53	ab	T23	7,83			
T3	57,9967	T7	70,71	T17	15,70	ab	T22	11,46	a	T20	8,21	ab	T20	7,74			
T12	57,49	T1	70,00	T3	15,40	ab	T20	10,13	ab	T7	7,90	ab	T11	7,38	a		
T16	56,94	T14	66,18	T4	13,70	ab	T5	10,03	ab	T10	7,85	ab	T7	7,06	a		
T13	54,57	T2	64,29	T16	13,30	ab	T7	10,00	ab	T16	7,56	ab	T6	6,39	a		
T5	53,65	ab	T4	64,28	T20	13,06	ab	T19	9,40	b	T21	7,05	ab	T22	6,39	a	
T18	52,6733	ab	T10	63,57	T14	12,10	a	T6	8,86	b	T15	6,82	ab	T8	6,1	a	
T23	51,8933	ab	T21	63,33	T21	11,20	a	T21	7,83	b	T2	6,44	ab	T19	5,59	a	
T7	49,53	ab	T19	59,28	T22	10,75	a	T8	7,00	b	T12	6,05	ab	T21	4,98	a	
T11	46,88	ab	T11	57,85	T6	10,70		T4	6,60	b	T1	5,16	ab	T4	4,24	ab	
T22	46,6967	ab	T23	57,14	a	T12	10,60		T1	4,10		T22	5,02	ab	T1	2,87	b
T6	45,6067	ab	T22	55,71	a	T2	9,66		T2	4,10		T6	4,93	a	T2	2,63	b
T10	41,87	ab	T3	55,24	a	T13	8,16		T18	3,80		T14	4,62	a	T17	1,66	b
T15	39,5233	ab	T17	49,52	a	T1	7,80		T17	3,36		T13	4,44	a	T18	1,66	b
T14	38,18	ab	T18	43,57	ab	T8	5,50		T3	2,83		T8	4,12	a	T3	1,58	b
BRS 508	44,92	a	BRS 508	48,57	a	BRS 508	44,92	a	BRS 508	11,83	a	T24	7,01	a	BRS 508	5,75	a
Brs 511	44,1867	b	Brs 511	35,00	b	Brs 511	44,18	b	Brs 511	8,66	b	T25	7,86	b	Brs 511	3,0433	b

Médias seguidas pela mesma letra da testemunha, na coluna, não diferem estatisticamente da testemunha (Dunnett, 5%)

4 CONCLUSÃO

A interação GXA consumiu a variabilidade existente nas médias da análise conjunta para as características avaliadas. A interação GXA foi de natureza complexa, pois resultou a mudança dos genótipos frente a variações ambientais.

O índice de distância genótipo-ideótipo foi eficiente na seleção de híbridos superiores em condição da interação GXA.

Pelo menos três híbridos apresentam potencial para a seleção de genótipos superiores de sorgo sacarino, pois apresentaram bom desempenho com altas médias de TBH em ambos os ambientes de avaliação.

5 REFERENCIAS

ALMEIDA, G. O. et al. Variabilidade de dados de produção de grãos e de palhada em talhões de sistemas intensificados envolvendo milho, soja e braquiária. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106228/1/Avaliacao-agronomica-3.pdf>.

BORÉM, A. PIMENTEL, L. E PARRELLA, R. 2014. Sorgo: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV. 275p.

CONAB 2013 Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. – v. 1 – Brasília : Conab, 2013- v. Disponível em: Quadrimestral ISSN 2318-7921 1. Cana-de-Açúcar. 2. Safra. 3. Agronegócio. I. Título.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Editora UFV, Viçosa, 3ª Ed, 2004. v. 1, 480 p.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônoma e industrial para alimentos e energia. Agroenergia em Revista, Brasília, n. 3, p. 14-52, 2011.

DE MOURA, Mariana Morais et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino no norte de Minas Gerais. 2014.

GUIGOU M, Lareo C, Pérez LV, Lluberas ME, Vázquez D and Ferrari MD(2011) Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. Biomass and Bioenergy 35: 3058-3062.

LIPINSKI, E.S.; KRESOVICH, S. Sugar crops as a solar energy converters. *Experientia*, v.38, p.13-7, 1982.

MELO, Vinícius Lopes de. Seleção de progênies de feijoeiro usando modelos mistos com diferentes estruturas de covariâncias. 2020.

PARRELLA, R.A.C.; MENEGUCHI, J.L.P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A.R.; PARRELLA, N.L.D.; RODRIGUES, J.A.S.; TARDIN, F.D.; SCHAFFERT, R.D. (2010). Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diversos ambientes visando produção de etanol. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28; Simpósio Brasileiro sobre Lagarta do Cartucho, 4, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, p. 256- 263.

PARRELLA, R.A.C (2011) Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino. Agroenergia em Revista. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agrônoma e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, 3:47.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

- SILVA, R. A., SILVA, M. J., RIBEIRO, P. C. O., PARRELLA, N. N. L. D., SCHAFFERT, R. E., & PARRELLA, R. A. C. (2022). Phenotypic stability and adaptability of sweet sorghum genotypes evaluated in different Brazilian regions. *Agronomy Science and Biotechnology*, 8, 1–16. Disponível em: <https://doi.org/10.33158/ASB.r147.v8.2022>.
- 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, 144-151.
- ROBERTSON, A. Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics. New York: Pergamon, 1959, 186p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, O. Genética quantitativa em plantas autógamas. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- REDDY, B.V.S.; RAMESH, S.; ORTIZ, R. Genetic and cytoplasmic-nuclear male sterility in sorghum. In: JANICK, J. *Plant Breeding Reviews*, v. 25, p. 139-172, 2005
- SANTOS, F. G., CASELA, C. R., WAQUIL, J. M. (2005) Melhoramento de sorgo. In: Borém, A. (org). *Melhoramento de Espécies Cultivadas 2*. Ed. Viçosa: Editora UFV, p. 429-466.
- TESSO, et al. Analysis of Stalk Rot_Resistance and Genetic Diversity among Drought Tolerant Sorghum Genotypes. *Crop Sci.* 45: 645-652, 2005.
- ZHANG X, Pérez-Rodríguez P, Semagn K, Beyene Y, Babu R, López-Cruz MA, San Vicente F, Olsen M, Buckler E, Jannink JL, Prasanna BM, Crossa J (2015) Genomic prediction in biparental tropical maize populations in water-stressed and well-watered environments using low-density and GBS SNPs. *Heredity* 114:291-299

