

PEDRO CÉSAR DE OLIVEIRA RIBEIRO

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS DE SORGO SACARINO
VISANDO A PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

PEDRO CÉSAR DE OLIVEIRA RIBEIRO

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS DE SORGO SACARINO
VISANDO A PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de julho de 2017.

Rafael Augusto da Costa Parrella
(Coorientador)

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Leonardo Duarte Pimentel

Aluízio Borém de Oliveira
(Orientador)

**Aos meus pais, Edmar e Ana Regina,
pelos conselhos e ajuda em todos os momentos
e a minha irmã Ediana incentivadora desta luta.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades e pela força para conseguir vencer todos os obstáculos que tive durante toda minha vida acadêmica. OBRIGADO por tudo, Senhor!

Aos meus pais, Edmar e Ana, por serem o meu exemplo de força e sabedoria. Obrigada por acreditar em mim e por sempre estar ao meu lado me apoiando nas minhas escolhas. Esta vitória é de vocês.

À minha irmã, pelo companheirismo e pelas doses diárias de incentivo

Ao santo Padre Libero por me proporcionar cada dia mais fé.

À Universidade Federal de Viçosa e ao programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento pela oportunidade de realizar o mestrado.

Aos meus orientadores Aloizio Borém e Rafael Parrella, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realizar essa parceria UFV/Embrapa que foi muito importante na minha formação profissional.

Ao professor Pedro Crescêncio, pela coorientação, disponibilidade e ensinamentos, aprendi muito com o senhor, o meu Muito Obrigado.

À minha família, pelo amor incondicional.

À Embrapa Milho e Sorgo pela concessão do local e equipe para realização do trabalho.

Em especial a toda equipe de Melhoramento de Sorgo, os funcionários, Magela, Marcos André, Alexandre, Clarindo, Edinilson, Arlindo, Rodrigo, Edmar. Aos estagiários Ruane, Gabriel, Luís, João Igor, André, Crislene, Marcos, Bruno, Dajara, Paula, José Maurilho, Ledovan e Luiciana. Aos Pós Graduandos pelos ensinamentos Karine, Vander, Karla, Pakizza, Isadora, Michele e Emilly. Aos Pesquisadores, Cícero, José Avelino e Robert pelos ensinamentos.

Aos amigos que conquistei na Pós graduação, pelas horas de estudo, descontração e alegrias sem vocês meu mestrado não seria o mesmo.

A minha família setelagoana, Eliane, Adalberto e Henrique, por todo o apoio.

A FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

RIBEIRO, Pedro César de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Capacidade de combinação de linhagens de sorgo sacarino visando a produção de bioetanol.** Orientador: Aluizio Borém de Oliveira. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Rafael Augusto da Costa Parrella.

O Brasil um dos líderes em produção de etanol mundial, cada vez mais tem se preocupado com a produção de bioetanol, visando o abastecimento do mercado interno com o uso do biocombustível como alternativa energética do país. Diante desta demanda por energia renovável cada vez mais aquecida o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de bioetanol, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial. No Brasil ainda é limitado a disponibilidade de híbridos sacarinos disponíveis no mercado, assim a exploração da heterose pelo uso comercial de híbridos pode impulsionar a produção de sorgo sacarino no país, sendo um grande desafio dos programas de melhoramento o desenvolvimento de híbridos que superem a qualidade das linhagens. Assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de combinação de linhagens de sorgo sacarino em seu desempenho agroindustrial no estado de Minas Gerais visando à produção de bioetanol. O experimento foi conduzido em dois ambientes, na Embrapa Milho e Sorgo localizada na cidade Sete lagoas-MG, e na estação experimental do Gorutuba da Embrapa Milho e Sorgo, localizada na cidade de Nova Porteirinha-MG. O material genético utilizado foi constituído de 20 linhagens fêmeas e 2 linhagens macho em um delineamento com esquema de cruzamentos *topcrosses*, totalizando em 40 híbridos *topcrosses*. As características avaliadas foram: florescimento (FLOR), altura de plantas (ALT), sólidos solúveis totais (SST), produção de massa verde (PMV) e toneladas de brix por hectare (TBH). Os resultados das análises de variância individuais e conjuntas para as características agroindustriais avaliadas em Sete Lagoas e Nova Porteirinha apresentaram efeito significativo para tratamento. Em análise dialélica, observou-se por meio do teste F, efeito significativo de capacidade geral de combinação (CGC) do grupo R e grupo A, para todas as características avaliadas tanto em Nova Porteirinha, quanto em Sete Lagoas, com exceção para TBH do grupo R e SST para o grupo A, em Nova Porteirinha e para SST do grupo R em Sete Lagoas. Em Nova Porteirinha, a capacidade específica de combinação (CEC) apresentou efeito significativo para florescimento, altura e PMV, enquanto que em Sete Lagoas a CEC

apresentou-se significativa para todos os caracteres avaliados. Há predominância de efeitos aditivos no controle genético das variáveis em estudo. As linhagens L1, L18, L19 e L20 do grupo A se destacaram quanto as três principais variáveis para a produção de etanol, SST, PMV e TBH, demonstrando que estas linhagens apresentam alelos favoráveis para o aumento destas variáveis. Os cruzamentos entre estas linhagens apresentam-se com potencial para a extração de linhagens promissoras quanto à produção de etanol a partir da cultura do sorgo sacarino.

ABSTRACT

RIBEIRO, Pedro César de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Combination capacity sorgho sacarino lines for bioethanol production combination capacity sweet sorghum lines for bioethanol production.** Adviser: Aluizio Borém de Oliveira. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Rafael Augusto da Costa Parrella.

Brazil, one of the leaders in ethanol production worldwide, has increasingly been concerned with a bioethanol production, aiming at supplying the domestic market with the use of biofuel as an alternative energy source in the country. Faced with the demand for more and more heated renewable energy, sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] is presented as an interesting raw material for the production of bioethanol, both from the agronomic and industrial point of view. In Brazil, the availability of hybrids available without a market is limited, as is the exploitation through the use of heterosis for development of hybrids. Thus the present work had the objective of evaluating the ability of combining sorghum lineage in their agroindustrial performance in the state of Minas Gerais aiming the production of bioethanol. The experiment was carried out in two environments, at Embrapa Milho e Sorgo located in the city of Sete lagoas-MG, and at the experimental station of Gorutuba of Embrapa Milho e Sorgo, located in the city of Nova Porteirinha-MG. The genetic material used consisted of 20 female lines and 2 male lines in a *topcross* crosses scheme, totaling 40 *topcross* hybrids. Flowering (FLOR), plant height (ALT), total soluble solids (TSS), green mass production (PMV) and tons of brix per hectare (TBH) were evaluated. The results of the analyzes of individual and joint variables for the agroindustrial characteristics evaluated in Sete Lagoas and Nova Porteirinha presented significant effect for treatment. In diallel analysis, we observed, through the F test, a significant effect of the general combining ability (CGC) of group R and group A, for all characteristics evaluated in Nova Porteirinha and Sete Lagoas, except for TBH group R and SST for group A, in Nova Porteirinha and for SST of group R in Sete Lagoas. In Nova Porteirinha, a specific combining capacity (CEC) showed a significant effect for flowering, height and PMV, while in Sete Lagoas it was a CEC that presented a significant effect for all characteristics. There are predominant additive effects on the genetic control of the variables under study. This lineage L1, L18, L19 and L20 group A stand out as three main variables for the production of ethanol, SST, PMV and TBH, demonstrating that these lineages presented favorable alleles for the increase of these variables. The crosses

between these lineage presented potential for the extraction of promising lineage in the production of ethanol from the sorghum culture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Cultura do sorgo.....	2
2.2 Desenvolvimento do sorgo sacarino	3
2.3 Obtenção de cultivares híbridos – Híbridos de sorgo	5
2.4 Emprego de cruzamentos dialélicos	7
2.5 Dialelo parcial.....	9
2.7 Heterose em Sorgo Sacarino	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Local de condução dos experimentos	12
3.2 Material Genético	12
3.3 Obtenção dos híbridos	13
3.4 Plano experimental e condução	14
3.5 Características avaliadas	15
3.6 Análises estatístico-genéticas	15
3.6.1 Análises de variância	15
3.6.2 Análises dialélicas e estatístico-genéticas.....	17
4 RESULTADOS	17
5 DISCUSSÃO.....	32
6 CONCLUSÃO.....	36
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE	45

1 INTRODUÇÃO

O Brasil um dos líderes mundiais em produção de etanol, cada vez mais tem se preocupado com a produção de bioetanol, visando o abastecimento do mercado interno com o uso do biocombustível como alternativa energética do país. Diante desta demanda por energia renovável cada vez mais aquecida o sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de bioetanol, tanto do ponto de vista agrônomo quanto industrial. No Brasil ainda é limitado a disponibilidade de híbridos sacarinos disponíveis no mercado, assim a exploração da heterose pelo uso comercial de híbridos pode impulsionar a produção de sorgo sacarino no país, sendo um grande desafio dos programas de melhoramento o desenvolvimento de híbridos que superem a qualidade das linhagens.

Um dos pilares para o sucesso do sistema de produção de etanol, a partir do sorgo sacarino, consiste no desenvolvimento de matéria-prima de qualidade. O desenvolvimento de cultivares que atendam às características tecnológicas demandadas pelo setor sucroalcooleiro é um dos objetivos dos programas de melhoramento genético. Além de produtivas, as cultivares também precisam ser estáveis, quanto às variações ambientais e responsivas às melhorias no ambiente. Para suprir a demanda de cultivares de sorgo sacarino com alta produção e boa qualidade, órgãos do setor público e privado já estão com diversas linhas de pesquisa em andamento, principalmente na área de genética e melhoramento. A etapa crucial no desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino em um programa de melhoramento é a escolha das linhagens que serão utilizadas em cruzamentos para formação de populações base e produção de híbridos.

Os dialelos têm sido bastante utilizados para proceder à escolha correta dos genitores. Segundo Cruz & Vencovsky (1989) o emprego desta metodologia possibilita explorar e obter informações a respeito do comportamento *per se* de um grupo de genitores e combinações híbridas. Dentre as metodologias mais utilizadas estão Griffing (1956), Gardner & Eberhart (1966) e Hayman (1954). A capacidade de combinação (CC) foi inicialmente proposta por Sprague & Tatum (1942) e subsequentemente dividida por Griffing (1956) em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Sendo a capacidade geral empregada para estimar o comportamento médio de um genitor numa série de combinações híbridas, estando associada aos efeitos aditivos dos alelos e as ações epistáticas do tipo aditivo. No que diz respeito à capacidade específica de combinação, essa refere-se aos casos nos quais

certas combinações híbridas são relativamente superiores ou inferiores ao esperado com base na capacidade geral de combinação, e está associada aos efeitos dos desvios de dominância dos genes, e epistáticos envolvendo dominância (CRUZ; VENCOVSKY, 1989).

O estudo de heterose em sorgo sacarino é pouco relatado na literatura (PFEIFFER et al., 2010), entretanto em sorgo granífero e forrageiro o fenômeno da heterose é bastante explorado tanto para produção de grãos quanto para o incremento na produção de massa verde (AXTELL et al., 1999). Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de combinação de linhagens de sorgo sacarino em seu desempenho agroindustrial no estado de Minas Gerais visando à produção de bioetanol.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do sorgo

Uma planta com origem 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). A cultura do sorgo apresenta adaptabilidade bem ampla (REDDY et al., 2006), se adequando a condições tropicais e temperadas. Sendo este fator associado a uma maior tolerância à seca e resistência à salinidade (TESSO et al., 2005; ALMODARES et al., 2009).

Devido suas características xerofíticas e a eficientes mecanismos morfológicos e bioquímicos, o sorgo tem a habilidade de manter-se dormente durante o período de seca, retomando o crescimento tão logo as condições sejam favoráveis para o seu desenvolvimento (LANDAU & SANS, 2009). Entretanto, os materiais genéticos de sorgo estabelecidos no Brasil requerem temperaturas superiores a 21° C para obtenção de bom desenvolvimento e crescimento (MAGALHÃES, 2007).

A planta de sorgo possui estrutura dividida com raiz, caule, folhas e panícula. O caule é dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, com folhas nomeadas de lanceoladas. Atinge de 1 a 6 metros de altura, gerando uma inflorescência terminal do tipo paniculado e seu fruto é uma cariopse ou grão seco. Uma espiguetta

séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas caracterizam o gênero (MAGALHÃES et al., 2008; DINIZ, 2010). Segundo Ribas (2008), o sorgo é uma cultura que pode ser chamada de uma “extraordinária fábrica de energia”, pois possui uma enorme gama de utilidades em regiões quentes e muito secas, onde não se consegue boas produtividades de grãos e forragem com outras culturas a exemplo do milho.

A cultura do sorgo pode ser classificada em seis tipos, sendo: *i*) o sorgo sacarino que possui elevados teores de açúcares no colmo, utilizado para produção de etanol e biomassa; *ii*) sorgo biomassa que produz uma grande quantidade de massa podendo atingir de 5 a 6 metros de altura utilizado para a cogeração de energia; *iii*) o sorgo forrageiro, utilizado para produção de forragem para alimentação animal, possuindo híbridos de elevada qualidade e produtividade; *iv*) o sorgo granífero, para produção de grão, que podem ser utilizado na alimentação humana e animal; *v*) o sorgo tipo vassoura cuja a panícula é utilizada para produção de vassouras artesanais, muito utilizado por pequenos produtores e *vi*) o sorgo de corte e pastejo utilizado para a alimentação animal em forma de pastagem (RODRIGUES, 2008).

No Brasil, a cultura do sorgo avançou a partir da década de 1970, desde então, a área cultivada tem apresentado variações, sofrendo incrementos e declínios em certos anos, devido à política econômica e principalmente a fatores climáticos (RODRIGUES, 2008). Porém, a cada dia se destaca mais promissor na produção de energia renovável, através da produção de etanol e geração de energia térmica, entretanto o principal uso da cultura no país hoje é a produção de grãos e forragem visando a alimentação animal (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – ÚNICA, 2017).

2.2 Desenvolvimento do sorgo sacarino

Visualizando problemas energéticos futuro, o Brasil e vários outros países têm demonstrado grande preocupação com a produção e do uso da bioetanol para a geração de energia, com isso, a cultura do sorgo sacarino se estabelece no cenário sucroenergético como uma nova fonte para produção de energia através dos açúcares presente em seu colmo. A Embrapa Milho e Sorgo iniciou um programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, na década de 70, inicialmente foram introduzidos 50 genótipos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

(USDA), África e Índia, os quais foram caracterizados agronomicamente. Em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas com potencial para produção de etanol, sendo o BRS 506 e BRS 507, e o forrageiro BRS 601. Entretanto, com a extinção do programa Proálcool devido questões de políticas nacionais direcionadas para grandes destilarias, o foco das pesquisas com sorgo sacarino foi redirecionado para a produção de cultivares forrageiras (PARRELLA, 2011).

No ano de 2008, a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento da cultura do sorgo sacarino, buscando novas variedades e híbridos para a produção de etanol. O reestabelecimento de pesquisa somente foi possível graças ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias.

Segundo Parrella (2011), o programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo visa o desenvolvimento de variedades e/ou híbridos de sorgo sacarino estabelecendo as seguintes metas de produtividade e qualidade: produtividade mínima de biomassa de 60 t/há, extração mínima de açúcar total de 120 kg/t de biomassa, considerando uma eficiência de extração de 90 a 95%; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de etanol de 60 l/t biomassa; período de utilização industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 100 kg/t de biomassa. Além das características citadas acima, deve-se procurar estabelecer híbridos e variedades resistentes ou tolerantes às principais doenças do sorgo que segundo Coelho (2002) são: antracnose, helmintosporiose, ferrugem, cercosporiose e míldio. Assim como, com tolerância as principais pragas como a lagarta-do-cartucho e broca-da-cana (*Diatrea spp.*).

Além do alto potencial para produção de biomassa e caldo, o sorgo sacarino apresenta um ciclo curto (quatro meses); é uma cultura totalmente mecanizável (do plantio à colheita); produz grãos (2,5 t/há), úteis para a alimentação humana e animal ou produção de biocombustível; possui bagaço para cogeração de energia (calor e bioeletricidade), forragem para animais, ou condicionador de solos, contribuindo para um balanço energético favorável; e, ainda, é uma cultura com potencial para fornecimento de matéria-prima durante a entressafra (dezembro a abril) da cana-de-açúcar, visando antecipar e reforçar a produção nacional de etanol e aumentar o período de operacionalidade das destilarias (PARRELLA, 2011).

2.3 Obtenção de cultivares híbridos – Híbridos de sorgo

Para a obtenção de híbridos de sorgo, diversos aspectos devem ser levados em consideração, dentre eles o potencial produtivo, estabilidade e adaptabilidade para determinadas regiões, tolerância a doenças e acamamento, ciclo e características do grão. A base do programa de melhoramento de sorgo para o desenvolvimento de cultivares teve início com a autofecundação para o desenvolvimento de linhagens, o que possibilitou o estabelecimento da cultura em anos passados, antes da era dos híbridos. Atualmente, o desenvolvimento dos híbridos tem como base a utilização destas linhagens (SMITH & FREDERIKSEN, 2005).

O sorgo dispõe de vários mecanismos que atuam permitindo a ampliação e a facilitação do melhoramento, dentre estes sistemas destaca-se o uso da macho-esterilidade (SMITH & FREDERIKSEN, 2005). O desenvolvimento de híbridos na cultura do sorgo somente foi possível após a descoberta deste evento, através da presença de genes mitocondriais de herança materna (gene *Milo*) responsáveis pela macho-esterilidade, e de genes nucleares restauradores de fertilidade (gene *Kafir*) (REDDY, RAMESH, ORTIZ, 2005; STEPHENS; HOLLAND, 1954).

Para obtenção dos híbridos, são utilizadas linhagens macho-estéreis, denominadas A, como fêmeas, cruzadas com linhagens restauradoras de fertilidade R (PARRELLA et al., 2010). A linhagem macho-estéril, denominada A, é produzida pelo cruzamento de plantas macho-estéril com pólen de uma linhagem denominada mantenedora (B). As sementes produzidas pelo cruzamento entre linhagens A e B resultarão em plantas A (macho-estéreis), isso é a linhagem B não restaura a fertilidade sobre a linhagem A. As linhagens A e B são isogênicas, entretanto diferentes na fertilidade do pólen (SMITH & FREDERIKSEN, 2000). Por consequência, obtenção de híbridos de sorgo em um programa de melhoramento são fundamentais a manutenção das linhagens, denominadas A, B e R (HOUSE, 1985).

Diante disso, a utilização do fenômeno da heterose em sorgo deve ser bastante explorado em um programa de melhoramento, estudos como Pfeiffer et al., (2010), Umakanth et al., (2012), Bunphan et al., (2015); Durães (2014) e Lombardi (2016) comprovam a presença de heterose na cultura do sorgo sacarino com relação a seus caracteres agroindustriais. Durante anos a heterose já tem sido usada em sorgo forrageiro e granífero e mais recentemente tem sido aplicada em sorgo sacarino como relatado acima (BUNPHAN et al., 2015). Rooney (2004), ressalta que o sorgo sacarino

tem uma extensa diversidade genética que ainda pode ser explorada para as diferentes finalidades. Ressalta-se que a escolha dos genitores e das melhores combinações parentais é a melhor forma de explorar a diversidade da cultura.

Os programas de melhoramento de sorgo sacarino visam à obtenção de híbridos para rendimento de açúcar no colmo, sendo os mesmos desenvolvidos a partir de três etapas principais, escolha da população base, obtenção de linhagens com alta capacidade de combinação e avaliação dos híbridos. A escolha da população base é a primeira etapa do programa de melhoramento de híbridos de sorgo sacarino. Segundo Ramalho et al., (2012), a população base para obtenção de linhagens deve apresentar média alta, já com alelos favoráveis fixados, relacionada com alta variabilidade genética. O uso de cruzamentos biparentais envolvendo linhagens-elites ou cultivares tem se apresentado como a principal estratégia na geração de populações melhoradas (ROCHA, 2016).

Com o objetivo de selecionar linhagens elites, os efeitos de capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação têm sido utilizado em programas de melhoramento de sorgo sacarino (UMAKANTH et al., 2012). O conhecimento em relação à capacidade de combinação das linhagens de um programa de melhoramento é fundamental e devem ser considerados durante a condução do programa (PATERNIANI; CAMPOS, 1999).

Seguindo o processo de obtenção de híbridos no programa de melhoramento de sorgo sacarino, após a escolha da população base, são realizados os cruzamentos para geração de variabilidade. Ramalho et al., (2012), ressalta que em um programa de melhoramento de plantas autógamas os principais processos de condução, de uma população para alcançar a homozigose são: o método da população ('Bulk'), o método SSD descendente de uma única semente e o método de genealogia ou genealógico. Em programas de melhoramento de sorgo sacarino, visando à obtenção destas linhas, o método mais utilizado é o genealógico (SANDEEP et al., 2010).

Devido a utilização da macho-esterelidade na cultura do sorgo o uso da seleção recorrente pode ser implementado na obtenção de linhagens (SRINIVASA et al., 2009). Em trabalho realizado por Doggett & Ebehart (1968) em seleção recorrente de sorgo sacarino, demonstram o uso desta metodologia na cultura. Em caracteres de importância da cultura como o rendimento em litros de etanol o qual é uma caráter quantitativo, controlado por muitos genes, o uso da seleção recorrente é vantajoso. Bernardo (2010) e Ramalho et al., (2012) descrevem que mediante sucessivos ciclos de seleção e

recombinação, ocorre o aumento na frequência de alelos favoráveis para caracteres quantitativos.

O uso da genética molecular é uma ferramenta que pode auxiliar em programas de melhoramento de plantas (GUIMARÃES et., al 2009). A introdução da seleção assistida por marcadores moleculares nos programas de melhoramento de sorgo deverá acelerar o desenvolvimento de novas cultivares, assim como possibilitará a descoberta de genes de interesse para a cultura (PATERSON et al., 2009). Na literatura são encontrados trabalhos que identificaram vários genes e QTLs que controlam características de importância em um programa de melhoramento, como teor de açúcares, produção de massa verde, tempo de floração, eficiência da bioconversão, tolerância a estresses bióticos e abióticos, indicando que estas são características controladas por muitos genes, com relações complexas, discutidos por Anami et al., (2015a; 2015b).

Por se tratar de uma planta em que predomina a autofecundação como método de reprodução (autógama com frequente alogamia) as primeiras cultivares sacarinas lançadas pela Embrapa Milho e Sorgo foram as variedades BRS 506, 508 e 511, desenvolvidas através da autofecundação (DURÃES, 2011). No Brasil o avanço da cultura ocorreu devido a pesquisas desenvolvidas por empresas públicas e privadas, destinadas ao melhoramento do sorgo para produção de etanol. O foco central era na produção de variedades e híbridos, que possuíssem maior produção de açúcar e biomassa, diferentes ciclos e maior tolerância à seca dentre outros fatores que limitam a produção.

2.4 Emprego de cruzamentos dialélicos

Os métodos de análises dos dialelos foram propostos por Hayman (1954), Griffing (1956) e Gardner & Eberhart (1966), metodologias que tem por finalidade analisar o delineamento genético, fornecendo estimativas de parâmetros de grande valor na seleção de progenitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Durante os processos de um programa de melhoramento os dialelos representam importante papel, principalmente na escolha dos genitores visando a obtenção de populações segregantes promissoras para a extração de linhagens superiores.

A expressão dialelo tem sido empregada para demonstrar um conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos, resultante do acasalamento entre p genitores (linhagens, variedades, clones) podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e, ou, outras gerações relacionadas, tais como F2 e retrocruzamentos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Dentre as metodologias citadas acima mais comumente empregadas são: Hayman (1954) que estuda as informações básicas de uma característica em estudo e os valores genéticos do progenitor, Griffing (1956) no qual estima os efeitos de capacidade de combinação e Gardner & Eberhart (1966) que avalia os efeitos de variedade e heterose.

De modo geral têm sido aplicados diferentes tipos de dialelos, cujas características são ressaltadas abaixo:

a) Dialelo balanceado: Também chamados de dialelos completos ou de meia tabela, incluem os híbridos entre todos os pares de combinações, podendo incluir adicionalmente os genitores, recíprocos e até mesmo os F2's e retrocruzamentos;

b) Dialelo parcial: Dividido em dois grupos de genitores e seus respectivos híbridos, possuem adaptações dos modelos de Griffing e Gardner e Eberhart que potencializam as informações sobre os grupos estudados com menor número de cruzamentos, se comparado aos dialelos balanceados;

c) Dialelo circulante: Os genitores são representados pelo mesmo número de cruzamentos, mas inferior a $p-1$; permite obter informações com um menor número de combinações, porém ocorre perda com relação a certas combinações híbridas;

d) Dialelo incompleto: Utilizado quando ocorre certas falhas de combinações, sendo os genitores representados por um número variável de cruzamentos;

e) Dialelo desbalanceado: Todas as combinações híbridas estão representadas, porém em frequência variável, em virtude do número desigual de repetições.

A expressão capacidade de combinação de genitores foi proposta, inicialmente, por Sprague & Tatum (1942) e, posteriormente, Griffing (1956) desenvolveu o desdobramento dessa em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Vencovsky (1970) ressalta que a CGC relaciona-se com a performance média de um genitor em uma série de híbridos, sendo esta associada à ação aditiva dos genes. Já a CEC trata do comportamento de um cruzamento híbrido específico, sendo esta capacidade associada aos efeitos da dominância, podendo ser utilizada como um indicador da variabilidade presente entre cruzamentos.

A capacidade específica de combinação é devida ao desvio do desempenho do híbrido em relação ao que é esperado baseado na capacidade geral de combinação dos pais. É interessante para o programa de melhoramento combinações híbridas com capacidade específica de combinação mais favoráveis e que envolvam pelo menos um dos progenitores com capacidade geral de combinação mais favorável (CRUZ et al., 2012). Entretanto Cruz & Vencovsky (1989) ressaltam que nem sempre os parentais que apresentam elevada CGC em cruzamentos específicos proporcionam a formação de melhor combinação, ou seja, as melhores combinações híbridas podem não decorrer dos indivíduos que possuem melhores CGC.

Informações sobre a eficiência na utilização da análise dialélica na avaliação da CGC e CEC de linhagens sacarinas e na determinação do padrão heterótico de cruzamentos híbridos são ressaltados na literatura, demonstrando a eficiência no uso desta metodologia em programas de melhoramento de sorgo sacarino (ROCHA, 2016; LOMBARDI, 2015; DURÃES, 2014; PFEIFFER et al., 2010).

2.5 Dialelo parcial

Devido às limitações pelo estudo de um grande número de progenitores e seus híbridos, fez-se necessário o surgimento de uma série de alternativas ao processo da análise dialélica de sistema completo e meia tabela (CRUZ et al., 2012). Para possibilitar o estudo foram apresentados métodos de análises dialélicas parciais, os quais inicialmente foram denominados delineamento II ou delineamento fatorial, proposto por Comstock e Robinson (1948, 1952), e posteriormente foram adaptados por Griffing (1956), Kempthorne & Curnow (1961) e Gardner & Eberhart (1966). Os dialelos parciais envolvem a avaliação de dois grupos de progenitores distintos, sendo as inferências feitas para cada grupo, sendo que os genitores podem ser apresentados por um número constante, entretanto diferindo quanto ao número de combinações híbridas representadas (CRUZ et al, 2012).

Existem diferentes metodologias empregadas nos dialelos parciais, as quais são dependentes das informações genéticas avaliadas. Os modelos adaptados de Griffing (1956) e Gardner & Eberhart (1966) são utilizados conforme as informações de capacidade de combinação ou heterose que se deseja estudar. Em estudo apresentado por Geraldi & Miranda Filho (1988) o estudo da capacidade geral e específica em dialelos parciais envolvendo os genitores e F1's foi proposto a partir de uma adaptação

do modelo de Griffing (1956). Ressalta-se que a inclusão dos progenitores no dialelo amplia a possibilidade de estudar os efeitos heteróticos manifestados nos híbridos, além de fornecer as capacidades de combinação (CRUZ et al., 2012).

A CGC também pode ser a estimada na expressão demonstrada por Vencovsky (1987) para a estimativa da capacidade de combinação em “*topcross*”, que consiste em um cruzamento de um grupo de genitores (indivíduos e/ou linhagens) com um testador. Ramalho et al., (1993) faz a ressalva de que nem todas as combinações entre os parentais são interessantes, é possível separar os genitores em dois grupos e realizar apenas os cruzamentos mais desejáveis, procedimento possível devido aos dialelos parciais. Por envolver os mesmos procedimentos de um dialelo completo, o esquema de cruzamento dialélico parcial é mais pertinente na maioria das vezes devido a inserção de um número maior de genitores utilizando os mesmos recursos disponíveis (HALLAUER; MIRANDA FILHO; CARENA, 2010).

Para um programa de melhoramento genético de sorgo sacarino obter sucesso na escolha de população base e dos genitores com melhores combinação híbridas é fundamental. Assim o emprego de metodologias como o dialelo são relevante para obtenção de genótipos com potencial para produção de etanol e de combinações híbridas que reúnem elevada performance e propriedades específicas. A literatura Rocha (2016) e Lombardi et al., (2015) comprova o potencial de linhagens sacarinas em combinações, o que evidencia ainda mais a importância do desenvolvimento de cultivares híbridas para a cultura,

2.7 Heterose em Sorgo Sacarino

Heterose, ou vigor híbrido, é a medida da superioridade do F1 em relação à média de seus pais (CRUZ, 2005). Falconer & Mackay (1996) descrevem o fenômeno da heterose como o comportamento superior de plantas F1's se comparado à média dos pais que originaram o híbrido. Já em 1908, Shul descrevia que a heterose é o fenômeno decorrente da superioridade da geração F1 (híbrido) em relação à média dos seus genitores. Diferentes autores relataram o fenômeno da heterose com termos semelhantes.

O estudo de heterose em sorgo tem sido amplamente divulgado na cultura granífera e forrageira (BUNPHAN et al., 2015). Recentemente, trabalhos sobre heterose em sorgo sacarino tem sido apresentados (PFEIFFER BUNPHAN et al., 2015;

LOMBARDI, 2016; KUMAR et al., 2016). Em estudo realizado sobre condições tropicais por Makanda et al. (2009), foram avaliados 64 híbridos oriundos de cruzamentos dialélicos e detectou-se que os efeitos aditivos e não aditivos governam a expressão das características sólidos solúveis totais, florescimento, altura de planta e produção de biomassa, apesar dos autores ressaltarem que o diâmetro do colmo apresentou ação gênica aditiva. Neste mesmo estudo, os autores relatam que em geral os híbridos apresentaram maior biomassa do que as linhagens, contribuindo para uma maior produção de açúcar.

Em trabalhos apresentados por Indhubala et al. (2010) e Vinaykumar et al. (2011) ao estimar a capacidade de combinação em híbridos oriundos dos seus respectivos programas de melhoramento, apresentaram resultados contrários aos relatados acima, ressaltando a predominância de ação gênica não-aditiva para altura de plantas, produção de biomassa, extração de caldo e teor de sólidos solúveis totais. Bunphan et al., (2015), a partir do estudo de 15 híbridos F1's e 8 linhagens sobre o rendimento de açúcar resalta a predominância de ação gênica não aditiva.

Em similaridade aos trabalhos de Makanda et al., (2009), estudos realizados no Brasil constata a predominância de ação gênica aditiva para sólidos solúveis totais (ROCHA 2016, DURÃES 2014). Em estudos de genótipos de sorgo sacarino em seu período de utilização industrial (PUI) Schaffert & Parrella (2012) relataram que as linhagens de sorgo sacarino exprimem períodos mais longos e de melhor qualidade de açúcar se comparadas aos híbridos. Durães (2014) avaliando 30 híbridos sacarinos também verificou predomínio de ação gênica aditiva para sólidos solúveis totais.

Kumar et al., (2016) em estudo de heterose e endogamia durante duas estações chuvosas, utilizando o cruzamento de 4 linhagens de sorgo sacarino, as gerações F1's e F2's apresentaram heterose para as maiorias das características de interesse na cultura do sorgo sacarino. Em trabalho desenvolvido na Tailândia, foram gerados quinze híbridos de cinco linhagens restaurados e três macho-estéreis, avaliando a CGC, a CEC e a heterose de híbridos de sorgo sacarino (BUNPHAN et al., 2015) constatando-se que houve heterose positiva para o rendimento de biomassa, rendimento de caldo e rendimento de grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução dos experimentos

Os experimentos deste estudo foram conduzidos em duas localidades distintas no estado de Minas Gerais no ano agrícola de 2016/2017:

a) Área experimental da Embrapa Milho e Sorgo no município de Nova Porteirinha, localizada ao norte do estado a 533 m de altitude, 15° 48' 09'' de latitude sul e 43° 18' 02'' de longitude oeste. Região caracterizada pelo clima semiárido com temperaturas que oscilam de 33 °C a 45 °C. Apresentando clima quente e seco com período chuvoso irregular e mal distribuído com média anual de 1074,9 mm.

b) Área experimental da Embrapa Milho e Sorgo localizada no município de Sete Lagoas, região central do estado a 761 m de altitude, 19° 27' 57" de latitude sul e 44° 14' 48" de longitude oeste. A região apresenta clima ameno sem temperatura extremas em nenhuma época do ano, com média anual em torno de 23° C e média máxima de 28°. O período chuvoso vai de outubro a março com índice médio pluviométrico anual de 1403 mm

3.2 Material Genético

Para realização deste trabalho, foram utilizados 22 linhagens de sorgo sacarino, 40 híbridos experimentais, fornecidas pelo programa de melhoramento de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo e 2 híbridos comerciais. As linhagens foram divididas em dois grupos (R e A) de acordo com a presença ou ausência da macho-esterilidade genético citoplasmática. O grupo R foi composto por duas linhagens férteis, utilizadas como macho, restauradoras de fertilidade. Estas linhagens são machos férteis de porte alto e excelente produção de biomassa. Sendo as duas linhagens denominadas: CMSXS 647 e 201621(B)21.

O grupo A foi composto por 20 linhagens macho-estéreis (Linhagens A) de porte baixo, utilizadas como fêmeas. Sendo estas linhagens denominadas: 201634(B)01, 201634(B)02, 201634(B)03, 201634(B)04, 201634(B)05, 201634(B)06, 201634(B)07, 201634(B)08, 201634(B)09, 201634(B)10, 201634(B)11, 201634(B)12, 201634(B)13, 201634(B)14, 201634(B)15, 201634(B)16, 201634(B)17, 201634(B)18, 201634(B)19 e 201634(B)10. Para facilitar a discussão estas linhagens foram codificadas como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Cruzamentos *topcrosses* de linhagem R com linhagens A, com a representação de seus híbridos.

Linhagens A		Linhagens R	
Código	Linhagem	CMSXS 647	201621(B)21
L1	201634(B)01	H1*	H21
L2	201634(B)02	H2	H22
L3	201634(B)03	H3	H23
L4	201634(B)04	H4	H24
L5	201634(B)05	H5	H25
L6	201634(B)06	H6	H26
L7	201634(B)07	H7	H27
L8	201634(B)08	H8	H28
L9	201634(B)09	H9	H29
L10	201634(B)10	H10	H30
L11	201634(B)11	H11	H31
L12	201634(B)12	H12	H32
L13	201634(B)13	H13	H33
L14	201634(B)14	H14	H34
L15	201634(B)15	H15	H35
L16	201634(B)16	H16	H36
L17	201634(B)17	H17	H37
L18	201634(B)18	H18	H38
L19	201634(B)19	H19	H39
L20	201634(B)20	H20	H40

*H representa os híbridos, linhagens representadas em negritos e seus respectivos.

O grupo de híbridos foi composto por 42 híbridos F1's, sendo 40 oriundos dos cruzamentos *topcrosses* entre as linhagens do grupo R com o as do grupo A (Tabela 1) e 2 híbridos simples comerciais do grupo Canavialis, o CV 198 e o CV 568 , utilizados como testemunha.

3.3 Obtenção dos híbridos

Os híbridos foram obtidos através de cruzamentos manuais controlados, de acordo com o modelo de cruzamentos *topcrosses* entre os grupos, no qual os dois machos do grupo R foram cruzados com as vinte fêmeas do grupo A, obtendo um total de 40 híbridos (Tabela 1). Os cruzamentos para obtenção dos híbridos foram conduzidos em campo, na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas no ano de 2016. As linhas de cruzamentos foram compostas por 50 plantas, distribuídas em cinco metros e espaçadas em 0.7 metros.

A semeadura das linhas, fêmeas e machos, foi alternada em campo, sendo cada linhagem fêmea plantada uma vez com cada um dos machos, sendo composto por dois blocos, o primeiro bloco composto de todas as fêmeas com o primeiro macho (CMSXS647) e o segundo bloco composto por todas as fêmeas com o segundo macho (201621(B)21). Após o início da floração, as panículas dos genitores foram devidamente protegidas com saco de papel, e os cruzamentos realizados de acordo com a maturação dos aparelhos reprodutores masculino e feminino. As polinizações manuais consistiram em coletar o pólen das linhagens macho (Grupo R) em saco de papel para cruzamento, derriça de pólen, para, posteriormente, colocar o pólen coletado nas linhas macho-estéreis (Grupo A). Os cruzamentos foram realizados na parte da manhã, no horário de 8 às 10 horas, quando os grãos de pólen estão mais abundantes e os estigmas mais receptivos.

Obteve-se as panículas de cada cruzamento, que foram colhidas após atingirem a fase de maturação fisiológica. Estas panículas foram levadas para secagem ao ar livre e após atingirem umidade ideal (12 a 13%), foram trilhadas, beneficiadas e devidamente armazenadas para posterior uso na safra 2016/2017.

3.4 Plano experimental e condução

Os experimentos foram delineados em látice quadrado triplo 8x8 com três repetições em cada local. As parcelas experimentais foram constituídas de duas linhas de 3,0 m de comprimento e espaçadas por 0,70 m entre fileiras. A implantação dos experimentos ocorreu entre outubro e novembro de 2016 coincidindo com o período chuvoso de cada região. Na área experimental de Nova Porteirinha a data de plantio foi 27 de outubro de 2016, sendo o mesmo realizado de forma manual, já na área experimental de Sete Lagoas o plantio ocorreu em 21 de novembro de 2016, com o plantio sendo mecanizado.

Previamente, a adubação e semeadura foi realizado o preparo da área experimental em cada local por meio de aração e gradagem, conforme recomendação de Borém, Pimentel e Parrella, 2014. Nos dois locais a adubação de fundação correspondeu a 450 kg.ha⁻¹ da formulação 08:28:16 de NPK nos sulcos de plantio, mais a aplicação de 200 kg.ha⁻¹ de ureia, em cobertura após 25 dias do plantio. Após quinze dias de emergência foi realizado o desbaste permitindo a manutenção de oito plantas por metro linear totalizando em média de 42 plantas por cada fileira de 3 metros. O controle das

plantas daninhas foi efetuado mediante aplicação de Atrazina com a complementação via capina manual. Os demais tratos culturais relacionados com o controle de pragas e doenças foram realizados seguindo o recomendado para a cultura em cada região.

Devido à escassez das chuvas no período das águas na safra 2016/2017, os experimentos foram conduzidos com irrigação duas vezes por semana, de acordo com as necessidades da cultura. Cessando-a quando atingido a fase de maturação fisiológica dos grãos. A colheita foi realizada quando os grãos se apresentaram na fase de transição do estágio farinaceo para o duro.

3.5 Características avaliadas

Foram avaliados cinco caracteres agroindustriais:

1. Florescimento (FLOR, dias) – Foi anotado o número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela florescerem;

2. Altura de planta (Alt, m) – A partir da altura média (m) de cinco plantas tomadas aleatoriamente da parcela, sendo medidas da superfície do solo ao ápice da panícula.

3. Produção de massa verde (PMV, t.ha⁻¹) – Foram cortadas as plantas da parcela á 10,0 cm da superfície do solo, em seguida foram pesadas (planta inteira) por meio de uma balança de suspensão digital, em kg. Os dados foram expressos em t.ha⁻¹.

4. Sólidos solúveis totais (SST, % brix) – Determinados através da leitura do caldo por meio de um refratômetro digital de leitura automática, com correção automática da temperatura e resolução máxima de 0,1°Brix, de acordo com método proposto pela *Association of Official Analytical Chemists - AOAC* (1990).

5. Tonelada de brix por hectare (TBH, t.ha⁻¹) – Determinado a partir da equação seguinte:

$$TBH = PMV \times SST$$

3.6 Análises estatístico-genéticas

3.6.1 Análises de variância

Inicialmente procedeu a análise de variância adotando o modelo de látices:

$$Y_{ijq} : m + g_i + r_j + b_{q(j)} + e_{ijq}$$

Onde:

Y_{ijq} : valor observado do i-ésimo genótipo no bloco q; dentro da repetição j;

m: média geral

g_i : efeito do i-ésimo genótipo; (i: 1, 2, ..., 64)

r_j : efeito da repetição j (j: 1,2 e 3)

$b_{q(j)}$: efeito do bloco q, dentro da repetição j, (q: 1,2, ... ,8)

e_{ijq} : erro experimental

Mediante as análises estatísticas, observou-se que o delineamento experimental em látice triplo apresentou baixa eficiência, assim procedeu-se as análises considerando o delineamento em blocos casualizados.

Para cada um dos locais, foi realizada uma análise de variância com base nas médias das parcelas para cada uma das características avaliadas, e considerando todos os efeitos fixos, exceto bloco e erro experimental (modelo fixo), utilizando o seguinte modelo estatístico.

$$Y_{ij} : m + b_j + g_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} : valor observado do i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

m: média geral

b_j : efeito do j-ésimo bloco

g_i : efeito do i-ésimo genótipo;

e_{ij} : erro experimental

Em seguida foi realizada a análise de variância conjunta dos experimentos, no qual o tratamento principal foram os 64 genótipos (híbridos, progenitores e testemunhas). Para essa análise todos os efeitos do modelo estatístico foram considerados fixos, com exceção do erro experimental. O modelo segue abaixo:

$$Y_{aijk} : m + g_i + b/a_{jk} + a_j + g_{aij} + e_{ijk}$$

Em que:

m: média geral;

g_i : efeito do genótipo i;

b/a_{jk} : efeito do bloco k dentro do ambiente j;

a_j : efeito do ambiente j;

g_{aij} : efeito da interação do genótipo i com o ambiente j; e

e_{ijk} : erro experimental.

A precisão experimental foi aferida pela estimação do coeficiente de variação ambiental (CV) (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

Procedeu-se o agrupamento das médias fenotípicas dos genótipos pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade (SCOTT; KNOTT, 1974).

3.6.2 Análises dialélicas e estatístico-genéticas

Os efeitos de tratamento foram decompostos segundo o modelo de Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988) para dialelo parcial.

Tanto o efeito de tratamento quanto o de ambiente foi considerado como fixo, como segue abaixo:

$$Y_{ij}: \mu + 1/2 (d1 + d2) + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij},$$

Em que:

Y_{ij} : média do cruzamento envolvendo o i -ésimo progenitor do grupo R e o j -ésimo progenitor do grupo A;

Y_{i0} : média do i -ésimo progenitor do grupo R ($i = 0, 1, e 2$);

Y_{0j} : média do j -ésimo progenitor do grupo A ($j = 0, 1, \dots, 20$);

μ : média geral do dialelo;

$d1, d2$: contrastes envolvendo médias dos grupos R e A e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo progenitor do grupo R;

g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo progenitor do grupo A;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação; e

e_{ij} : erro experimental médio.

A significância dos efeitos presentes no modelo dialélico foi verificada pelo teste t-Student a 5% de probabilidade. As análises dialélicas foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS

Mediante as análises estatísticas, observou-se que o delineamento experimental em látice triplo apresentou baixa eficiência, assim procedeu-se as análises considerando o delineamento em blocos casualizados.

A precisão experimental foi avaliada por meio dos coeficientes de variação ambiental (CV), calculados a partir das análises individuais nos dois locais para os caracteres estudados (APÊNDICE). Quando avaliou-se os coeficientes de variação experimental das características analisadas, os dados coletados em Nova Porteirinha

apresentaram menor CV do que os coletados em Sete Lagoas, para as características florescimento, produção de massa verde (PMV), já as características altura, teor de sólidos solúveis (SST) e TBH apresentaram um menor CV quando comparado a Nova Porteirinha. Observou-se que as características estudadas apresentaram baixo coeficiente de variação de modo que para florescimento apresentou 6,91% e 7,85% para Nova Porteirinha e Sete lagoas respectivamente.

As características altura e SST também apresentaram baixo coeficiente de variação de 13,78% e 15,15% para Nova Porteirinha e 10,43% e 12,76% para Sete Lagoas. Entretanto as características PMV e TBH apresentaram um maior coeficiente de variação, para PMV o ambiente de Sete Lagoas apresentou CV de 18,59% e para TBH de 21,96%, já para o ambiente de Nova Porteirinha apresentou 16,15% e 23,22% para PMV e TBH, respectivamente. Segundo a classificação de Pimentel Gomes (2000) as características ainda apresentaram coeficientes de variação aceitáveis para experimentos conduzidos em campo. Comparado os CV's do experimento conduzido com os CV's de trabalhos com cultura do sorgo sacarino (LOMBARDI, 2016; ROCHA, 2016; SOUZA et al., 2016) os CV's apresentados por este experimento foram similares aos relatados na literatura.

Os resultados das análises de variância individuais para as características agroindustriais avaliadas em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, envolvendo os 64 genótipos (2 linhagens R, 20 linhagens A, 40 híbridos experimentais e 2 híbridos comerciais como testemunha) apresentaram efeito significativo para genótipo, pelo teste F ($p < 0,01$), para todas as características em estudo (APÊNDICE), o que é uma indicação da existência de diferenças genéticas entre os genótipos avaliados para as cinco características estudadas.

A razão entre o maior e menor quadrado médio do resíduo obtido nos dois ambientes foi inferior a 7 (2,43 TBH a 1,32 PMV) o que possibilitou a análise conjunta. (BANZATO & KRONCA, 1992).

Os resultados das análises de variância conjuntas para as características agroindustriais avaliadas em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, envolvendo os 64 genótipos de sorgo sacarino apresentaram efeito significativo para genótipo, pelo teste F ($p < 0,01$), para quase a totalidade das características em estudo (Tabela 2), com exceção para SST que indica da existência de diferenças genéticas entre os genótipos avaliados para as cinco características estudadas nos dois ambientes.

Foram detectadas diferenças entre os locais para todas as características avaliadas (Tabela 2). Verificou-se que, de modo geral, os rendimentos dos genótipos para os caracteres estudados foram superiores nas avaliações conduzidas na cidade de Nova Porteirinha.

As análises de variância conjunta relativas aos caracteres agroindustriais (Tabela 2) em quase sua totalidade apresentaram efeito significativo para a interação genótipo x ambiente (GxA) indicando haver mudança de desempenho das cultivares de sorgo sacarino nos diferentes ambientes avaliados.

Tabela 2: Resumo das análises de variâncias conjunta para os cinco caracteres agroindustriais referente à avaliação dos 64 genótipos de sorgo sacarino em Nova Porteirinha, MG e Sete Lagoas, MG, na safra de 2016/2017.

FV	GL	QM				
		Flor	Alt	SST	PMV	TBH
Bloco/amb	4	264,82552	0,28242	32,56469	881,44569	13,94188
Genótipo	63	1348,28104**	5,22892**	17,56158 ^{ns}	6060,90298**	74,03973**
Amb	1	44096,9401**	2,27627*	288,9469*	25488,96493**	812,00667**
GenxAmb	63	219,52079**	0,13103 ^{ns}	13,67037**	384,01671**	14,68015**
Resíduo	252	40,66282	0,11055	3,37223	200,20904	5,80043
Total	383					
Média		84,2265625	2,7411589	12,934635	82,013697	10,4768
cv (%)		7,57	12,12	14,19	17,25	22,98

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare(t/há).

A partir das médias obtidas pelos genótipos envolvidos no dialelo, foi realizado uma análise dialélica conjunta para as características agrônômicas avaliadas em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, envolvendo 62 genótipos (2 linhagens R, 20 linhagens A e 40 híbridos experimentais) (Tabela 3).

De modo geral, houve diferença significativa pelo teste F, a 5% de probabilidade, entre as médias das linhagens A e as linhagens R, para florescimento, altura, produção de massa verde e TBH. (Tabela 3). As linhagens A se caracterizaram por apresentar maior precocidade e desempenho inferior com relação às linhagens R para a quase totalidade de características estudadas. Resultados semelhantes foram observados por Durães (2014), investigando a heterose em sorgo sacarino que constatou diferença entre linhagens A e R.

A partir do desdobramento do efeito de genótipos de acordo com o esquema dialélico, os efeitos de capacidade geral combinação dos dois grupos, A e R, foram significativos pelo teste F ($p < 0,01$), para as características em estudo (Tabela 3). A

capacidade específica de combinação (CEC) apresentou efeito significativo para florescimento, altura e PMV, não apresentando significância para SST e TBH (Tabela 3).

Para quase todas as características avaliadas verificou-se interação significativa ($p < 0,01$) entre genótipo e ambiente, exceto para a característica altura, que mostrou-se não significativa. Segundo Cruz & Carneiro (2003), a interação genótipo x ambiente é de grande importância para o melhoramento de plantas, pois dificulta a identificação de genótipos superiores em diferentes ambientes devido as diferentes variações ambientais com alterações na disposição dos genótipos de um ambiente para outro.

Tabela 3: Resumo das análises dialélicas conjunta para os cinco caracteres referente à avaliação de vinte dois progenitores e quarenta híbridos em Nova Porteirinha, MG e Sete Lagoas-MG, na safra de 2016/2017

FV	Quadrado Médio					
	GL	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
Genótipos	61	1389,29*	5,30871*	17,85843 ^{ns}	5926,84*	72,22*
Grupo	1	13836,3*	227,157*	8,834748 ^{ns}	222942*	2903*
CGC Grupo R	1	58311,1*	47,6288*	509,3634*	80268,2*	164*
CGC Grupo A	19	145,818*	0,51201*	15,65561*	1278,05*	39,73*
CEC (R x A)	40	245,722*	0,98294*	6,842734 ^{ns}	851,103*	14,58 ^{ns}
Ambiente	1	11,4366 ^{ns}	0,00056 ^{ns}	0,065755 ^{ns}	6,72273 ^{ns}	0,195 ^{ns}
Gen X Amb	61	217,866*	0,13478 ^{ns}	13,76459*	427,185*	15,54*
Grupo X Ambiente	1	3138,91*	1,68551**	224,2303*	2471,23*	248,3*
CGC R x Ambiente	1	7938*	0,1922 ^{ns}	363,623*	4137,77*	141,1*
CGC A x Ambiente	19	35,5368 ^{ns}	0,03331 ^{ns}	4,12864 ^{ns}	316,217 ^{ns}	8,987 ^{ns}
CEC X Ambiente	40	38,4423 ^{ns}	0,14277 ^{ns}	4,333555 ^{ns}	336,028*	9,693**
Resíduo	252	406,479	0,11054	334,499	200,209	5,8
Média Geral		84,4	2,72	12,94	81,04	10,37
Média Grupo A		75	1,51	13,21	44,36	6,16
Média Grupo R		93	3,25	13,12	116,25	14,77
Média Híbridos		88	3,30	12,80	97,26	12,19
CV%		7,57	12,12	14,19	17,25	22,98

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare (t/há).

Observa-se que houve efeito significativo da interação GxA na CGC do grupo R para a maioria das características avaliadas com exceção de altura de plantas. A interpretação dos dados foi realizada de acordo com cada ambiente (Tabela 4 e 5). Para

as linhagens do grupo A, não foram observados efeitos significativos da interação GxA na CGC para os caracteres avaliados. Os efeitos de CEC X Ambiente não foram significativos em sua totalidade para as características agronômicas avaliadas, com exceção para produção de massa verde e TBH.

A CGC estima o mérito de cada genótipo incluído no dialelo, como genitor (CRUZ et., al 2012). A CEC estima a importância dos genes que exibem efeitos não-aditivos e devem ser interpretadas como desvios no desempenho do híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC dos seus genitores (SPRAGUE & TATUM, 1942).

O objetivo do presente trabalho é identificar genitores com boa capacidade de combinação quanto a caracteres de interesse agroindustriais em sorgo sacarino. No que concerne às linhagens do grupo R com relação a sua CGC, a linhagem CMSXS 647 apresentou efeitos significativos e negativos para flor (-8,98) e efeitos positivos e significativo para SST (2,45) no ambiente de Nova Porteirinha, e também apresentou em Sete Lagoas efeitos significativos e negativos para flor (-19,48). A linhagem 201621(B)21 apresentou efeitos significativos e positivos para as características altura (0,38) e PMV (20,48), já no ambiente de Sete Lagoas apresentou efeitos significativos e positivos para altura (0,43), PMV (12,90) e TBH (1,45) (Tabela 4).

Tabela 4: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação do grupo R (gi) de duas linhagens de sorgo sacarino para as cinco características agroindustriais avaliadas em dialelo parcial. (Nova Porteirinha e Sete Lagoas, Minas Gerais, 2016/2017).

Nova Porteirinha					
Efeito da CGC Grupo R					
Progenitor	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
CMSXS 647	-8,98*	-0,38**	2,45**	-20,48**	-0,05 ^{ns}
201621(B)21	8,98*	0,38**	-2,45**	20,48**	0,05 ^{ns}
Erro-padrão	0,42	0,03	0,17	12,132	0,2309
Sete Lagoas					
Efeito da CGC Grupo R					
Progenitor	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
CMSXS 647	-19,48*	-0,43**	0,21 ^{ns}	-12,9**	-1,45**
201621(B)21	19,48*	0,43**	-0,21 ^{ns}	12,9**	1,45**
Erro-padrão	0,62	0,02	0,13	1,1441	0,1651

^{ns}= Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare(t/há).

No que se diz respeito a CGC das linhagens do grupo A, quanto a variável florescimento, as linhagens L10 (-2,31) e L13 (-2,64) exibiram efeitos significativos e negativos no ambiente de Nova Porteirinha. Em Sete lagoas as linhagens L11(-5,41) e L13(-7,24) retrataram efeitos negativos e significativos (Tabela 5). Em relação à altura de plantas, em Sete Lagoas as linhagens L12 (0,13) L13 (0,14), L14 (0,19), L18 (0,14) e L20 (0,17) apresentaram efeitos positivos e significativos.

Em relação a variável SST apenas a linhagens L19 (1,21) exibiu efeito significativo e positivo em Nova Porteirinha, já em Sete lagoas as linhagens L6, L11, L17, L18, L19 e L20 mostraram efeitos positivos e significativos (0,83; 0,71; 0,69; 0,70; 0,98 e 0,71). Em Nova Porteirinha para a característica produção de massa verde as linhagens L12 (10,49), L17 (6,77) L18 (10,52), L19 (6,56) e L20 (7,40) e a linhagem L17 (10,98) apresentou novamente efeito positivo e significativo em sete lagoas.

Avaliando a característica TBH as linhagens L18, L19 e L20 apresentaram efeito positivo e significativo nos dois ambientes. Em Nova Porteirinha além das linhagens citadas acima a L13 também apresentou efeito positivo e significativo (1,91). Em Sete lagoas as linhagens L16 (0,96) e L17(1,55) também apresentaram efeito significativo.

Visando investigar os efeitos não-aditivos na expressão fenotípica dos caracteres estimou-se a CEC. Em relação aos efeitos da CEC, obtidos por meio de cruzamentos de diferentes genitores, Cruz & Vencovsky (1989) afirmam que os híbridos mais promissores serão aqueles que apresentam elevados efeitos (positivos ou negativos, a depender da característica em questão) da CEC e que sejam provenientes do cruzamento de genitores divergentes, no qual, pelo menos um deles apresente elevada CGC. Os mesmos autores ainda relatam que a CEC das linhagens parentais é empregada como indicador da existência de dominância unidirecional. Os valores de CEC serão negativos quando os desvios da dominância forem predominantemente positivos e serão positivos em caso contrário.

Analisando a Tabela 6, observa-se que para a característica florescimento a maioria das linhagens apresentou valores negativos de CEC nos dois ambientes, indicando que a dominância está no sentido de aumentar o número de dias para o florescimento, o mesmo ocorreu para altura, SST, PMV e TBH nos dois ambientes, sugerindo que a dominância é no sentido de aumentar a expressão destas características, indicando a presença de genes dominantes para estas características.

Tabela 5: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação do grupo A (gj) de vinte linhagens A de sorgo sacarino para as cinco características agroindustriais avaliadas em Nova Porteirinha e Sete Lagoas, Minas Gerais, 2016/2017.

Nova Porteirinha						Sete Lagoas					
Efeito da CGC Grupo A						Efeito da CGC Grupo A					
Progenitor	Flor	Alt	SST	PMV	TBH	Progenitor	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
L1	1,53 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-2,62 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	L1	2,43 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,23 ^{ns}
L2	2,03 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-12,20 ^{**}	-2,02 ^{**}	L2	1,76 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-1,22 ^{**}	-0,29 ^{ns}	-0,50 ^{ns}
L3	0,86 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	-0,51 ^{ns}	L3	2,76 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-1,06 ^{**}	0,53 ^{ns}	-0,41 ^{ns}
L4	2,36 [*]	-0,10 [*]	-0,56 ^{ns}	-8,67 [*]	-1,48 [*]	L4	1,43 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	-5,02 ^{ns}	-0,75 ^{ns}
L5	-0,48 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,89 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	L5	0,09 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-2,47 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
L6	-1,98 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,53 ^{ns}	-5,01 ^{ns}	-1,21 ^{ns}	L6	-0,41 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,83 [*]	-1,96 ^{ns}	0,10 ^{ns}
L7	-0,98 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-13,15 ^{**}	-1,92 ^{**}	L7	-0,74 ^{ns}	-0,20 ^{**}	-0,32 ^{ns}	-6,34 [*]	-0,92 [*]
L8	-1,81 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-4,62 ^{ns}	-0,62 ^{ns}	L8	0,26 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	2,99 ^{ns}	0,17 ^{ns}
L9	-1,14 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-1,19 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	L9	-0,24 ^{ns}	-0,13 [*]	0,07 ^{ns}	-1,72 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
L10	-2,31 [*]	-0,08 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-2,22 ^{ns}	0,16 ^{ns}	L10	-1,41 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-6,16 [*]	-0,89 [*]
L11	-0,98 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	6,49 ^{ns}	0,74 ^{ns}	L11	-5,41 ^{**}	0,04 ^{ns}	0,71 [*]	3,93 ^{ns}	0,31 ^{ns}
L12	1,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,46 ^{ns}	10,49 ^{**}	1,19 ^{ns}	L12	0,76 ^{ns}	0,13 [*]	0,67 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,16 ^{ns}
L13	-2,64 [*]	0,08 ^{ns}	0,86 ^{ns}	6,30 ^{ns}	1,91 ^{**}	L13	-7,24 ^{**}	0,14 [*]	0,11 ^{ns}	-5,72 ^{ns}	-0,70 ^{ns}
L14	-2,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-1,09 [*]	-4,19 ^{ns}	-1,04 ^{ns}	L14	0,26 ^{ns}	0,19 ^{**}	-2,20 ^{**}	-1,07 ^{ns}	-1,14 [*]
L15	-0,48 ^{ns}	-0,26 ^{**}	0,34 ^{ns}	-5,91 ^{ns}	-0,96 ^{ns}	L15	-2,91 ^{ns}	-0,17 [*]	0,58 ^{ns}	-8,96 ^{**}	-1,05 [*]
L16	2,19 [*]	0,08 ^{ns}	0,73 ^{ns}	5,89 ^{ns}	1,23 ^{ns}	L16	2,93 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,63 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,96 [*]
L17	1,86 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,39 ^{ns}	6,77 [*]	1,20 ^{ns}	L17	3,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,69 [*]	10,98 ^{**}	1,55 ^{**}
L18	0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,45 ^{ns}	10,52 ^{**}	1,69 ^{**}	L18	1,76 ^{ns}	0,14 [*]	0,70 [*]	5,52 ^{ns}	1,10 [*]
L19	0,36 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,21 ^{**}	6,56 [*]	1,66 ^{**}	L19	-0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,98 ^{**}	3,57 ^{ns}	1,06 [*]
L20	2,69 [*]	0,07 ^{ns}	0,79 ^{ns}	7,40 [*]	1,29 [*]	L20	0,93 ^{ns}	0,17 [*]	0,71 ^{**}	5,77 ^{ns}	1,20 ^{**}
Erro-padrão	1,17	0,08	0,48	3,34	0,64	Erro-padrão	1,71	0,07	0,35	3,15	0,46

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare(t/há).

Cruz et al., (2012), ressalta que é de interessante para o programa de melhoramento que as combinações híbridas com estimativas de CEC mais favoráveis, podendo ser positivas ou negativas, dependendo da característica em estudo, assim as combinações mais promissoras para a característica florescimento de plantas seriam as combinações que apresentam CEC negativas, pois em programas de melhoramento de sorgo sacarino o objetivo é encontrar genótipos mais precoces. Foram encontrados os híbridos H21 (-5,79), H22 (-9,29), H33 (-11,62) e H34(-8,12) em Nova Porteirinha e em Sete lagoas novamente os híbridos H33(-20,50) e H34(-13,00) (Tabela 7).

Considerando as variáveis altura de plantas, SST, PMV e TBH é interessante para o programa de melhoramento de sorgo sacarino combinações híbridas que apresentem efeitos positivos, ressalta-se que em Nova Porteirinha para a variável altura de plantas os híbridos H7 e H24 apresentaram estimativa significativa de 0,46, além desses os híbridos H21 (0,42), H36 (0,38) e H40 (0,41) também mostraram estimativas positivas. Em Sete Lagoas destacaram-se H26 (0,55) e H36 (0,50), com estimativas positivas, no entanto os híbridos H2 (0,33), H3 (0,31), H20 (0,41), H23 (0,40), H30 (0,48), H32 (0,44), H35 (0,33) e H37 (0,37) também apresentaram estimativas positivas. Com relação a variável SST em Nova Porteirinha nenhum híbrido apresentou estimativa positiva significativa. Entretanto em Sete lagoas os híbridos H1 e H2 apresentaram estimativas altas e positivas de 2,68 e 1,62 respectivamente, os híbridos H16 (1,60), H18 (1,73) e H19 (1,85) também apresentaram estimativas positivas (Tabela 7). Em relação a variável produção de massa verde, os híbridos H2 (20), H35 (22,03) e H40 (25,94) apresentaram estimativas altas e positivas em Nova Porteirinha, destacando-se também os híbridos H4 (14,94), H26 (19,7), H32 (16,82) e H39 (19,39). Em Sete Lagoas os híbridos H26 (30,37) e H32 (23,60) novamente apresentaram altas e positivas estimativas, além dos híbridos H1(14,76), H2 (16,06) e H37 (23,31) (Tabela 7). A variável TBH apenas o híbridos H4 (3,058) apresentou CEC significativa e positiva em Nova Porteirinha. No ambiente de Sete Lagoas os híbridos que se destacaram foram H2 (3,6), H26 (4,36), H3 (2,55), H32 (2,87) e H36 (2,41).

As médias de florescimento variaram de acordo com o ambiente estudado, no ambiente de Nova Porteirinha entre 61 e 100 dias sendo separadas em quatro grupos pelo teste de Scott e Knott (1974) com média de 74 dias de florescimento. A linhagem CMSXS647 apresentou florescimento mais precoce, com média de 67 dias, o grupo de materiais que se apresentaram mais tardios foi composto apenas de híbridos oriundos do cruzamento da linhagem 201621(B)21 (Tabela 8).

Tabela 6: Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação CEC das 2 linhagens Grupo R (Sii) e 20 linhagens Grupo A (Sjj) de sorgo sacarino para os caracteres agrônômicos em Nova Porteirinha e Sete Lagoas-MG.

	Nova Porteirinha					Sete Lagoas					
	Efeito CEC					Efeito CEC					
	Flor	Alt	SST	PMV	TBH	Flor	Alt	SST	PMV	TBH	
CMSXS 647	4,54 ^{ns}	-1,17 ^{**}	-0,87 ^{ns}	-26,7 ^{**}	-4,82 ^{**}	CMSXS 647	4,38 ^{ns}	-0,94 ^{**}	-0,18 ^{ns}	-28,7 ^{**}	-3,14 ^{**}
201621(B)21	-17,38 ^{**}	-1,60 ^{**}	3,78 ^{**}	-32,4 ^{**}	-0,76 ^{ns}	201621(B)21	-16,54 ^{**}	-1,93 ^{**}	-0,52 ^{ns}	-16,5 [*]	-1,86 ^{ns}
DP(Sii)	2,63	0,19	1,08	7,524	1,432	38,498	0,15	0,80	7,095	1,024	
L1	3,81 [*]	-0,24 [*]	-0,47 ^{ns}	-3,31 ^{ns}	-1,06 ^{ns}	L1	1,19 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-1,77 ^{**}	0,46 ^{ns}	-1,01 ^{ns}
L2	4,81 [*]	-0,28 [*]	0,45 ^{ns}	-15,1 ^{**}	-1,96 ^{**}	L2	1,53 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,79 ^{ns}	-8,53 ^{ns}	-0,87 ^{ns}
L3	-2,86 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-4,6 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	L3	-6,47 ^{**}	-0,36 ^{**}	-0,11 ^{ns}	-9,3 [*]	-0,64 ^{ns}
L4	-3,86 [*]	-0,35 ^{**}	-0,56 ^{ns}	-11,4 [*]	-1,85 [*]	L4	-3,81 ^{ns}	-0,26 ^{**}	-0,23 ^{ns}	-3,01 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
L5	-4,19 [*]	-0,25 ^{**}	-0,76 ^{ns}	-6,88 ^{ns}	-1,32 ^{ns}	L5	-3,14 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,63 ^{ns}	-1,18 ^{ns}	-0,49 ^{ns}
L6	-3,19 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-8,12 ^{ns}	-0,72 ^{ns}	L6	-5,14 [*]	-0,24 [*]	0,24 ^{ns}	-8,93 [*]	-1,2 ^{ns}
L7	-2,19 ^{ns}	-0,25 [*]	0,19 ^{ns}	9,09 ^{ns}	0,992 ^{ns}	L7	-0,47 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,63 ^{ns}	-7 ^{ns}	-0,38 ^{ns}
L8	-2,53 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,68 ^{ns}	10,53 [*]	1,852 [*]	L8	0,53 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,52 ^{ns}	5,591 ^{ns}	1,013 ^{ns}
L9	2,14 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,44 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,705 ^{ns}	L9	-1,47 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-5,3 ^{ns}	-0,45 ^{**}
L10	2,47 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,65 ^{ns}	-0,65 ^{ns}	L10	0,86 ^{ns}	-0,23 [*]	-0,42 ^{ns}	3,541 ^{ns}	0,38 ^{ns}
L11	-1,19 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	1,38 [*]	4,81 ^{ns}	2,152 [*]	L11	-6,14 [*]	-0,04 ^{ns}	3,04 ^{**}	-3,28 ^{ns}	1,716 [*]
L12	-2,19 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,92 ^{ns}	-11 [*]	-1,95 [*]	L12	-1,47 ^{ns}	-0,27 ^{**}	1,15 [*]	-10,9 [*]	-0,85 ^{ns}
L13	4,14 [*]	-0,01 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	4,49 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	L13	8,53 ^{**}	-0,07 ^{ns}	0,24 ^{ns}	11,89 [*]	1,56 ^{ns}
L14	3,14 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,319 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	L14	6,53 ^{**}	-0,07 ^{ns}	-1,05 [*]	3,548 ^{ns}	0,416 [*]
L15	-3,19 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,54 ^{ns}	-7,04 ^{ns}	-0,5 ^{ns}	L15	-3,14 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	1,21 [*]	4,321 ^{ns}	1,08 ^{ns}
L16	-5,53 ^{**}	-0,16 ^{ns}	0,87 ^{ns}	-1,11 ^{ns}	0,585 ^{ns}	L16	2,19 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-1,12 [*]	-5,1 ^{ns}	-1,64 ^{ns}
L17	-2,86 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	1,32 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	1,015 ^{ns}	L17	-4,14 ^{ns}	-0,23 [*]	0,98 ^{ns}	-10,9 [*]	-0,71 ^{ns}
L18	0,81 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-3,38 ^{ns}	0,128 ^{ns}	L18	-1,47 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,83 ^{ns}	-1,58 ^{ns}	-0,9 ^{ns}
L19	2,14 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-9,05 ^{ns}	-1,33 ^{ns}	L19	3,19 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-1,09 [*]	-0,6 ^{ns}	-1,05 ^{ns}
L20	-2,53 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,49 ^{ns}	-10,9 [*]	-0,76 ^{ns}	L20	0,19 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,89 ^{ns}	0,998 ^{ns}	-0,74 ^{ns}
DP(Sjj)	1,66	0,12	0,68	4,759	0,906	24,348	0,10	0,50	4,487	0,647	

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de brix por hectare(t/há).

Tabela 7: Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação CEC dos 40 Híbridos (Sij) de sorgo sacarino para os caracteres agronômicos em Nova Porteirinha e Sete Lagoas-MG.

Híbridos	Nova Porteirinha					Sete Lagoas					
	Flor	Alt	SST	PMV	TBH	Híbridos	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
H1	-1,83 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	10,34 ^{ns}	1,27 ^{ns}	H1	-3,21 ^{ns}	0,13 ^{ns}	2,68 ^{**}	14,76 [*]	3,60 ^{**}
H2	-0,33 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	20,00 [*]	2,58 ^{ns}	H2	-1,55 ^{ns}	0,338 [*]	1,62 [*]	16,06 [*]	2,55 [*]
H3	-1,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,20 ^{ns}	8,14 ^{ns}	1,30 ^{ns}	H3	0,45 ^{ns}	0,31 [*]	0,28 ^{ns}	5,01 ^{ns}	0,47 ^{ns}
H4	0,34 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,35 ^{ns}	14,94 [*]	3,06 [*]	H4	1,79 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	5,68 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
H5	-0,83 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,29 ^{ns}	9,58 ^{ns}	2,28 ^{ns}	H5	-0,88 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}	9,16 ^{ns}	1,20 ^{ns}
H6	0,67 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,56 ^{ns}	-3,46 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	H6	-1,38 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-12,52 ^{ns}	-1,96 ^{ns}
H7	-0,33 ^{ns}	0,46 [*]	-0,16 ^{ns}	1,98 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	H7	-1,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-1,78 [*]	5,36 ^{ns}	-0,78 ^{ns}
H8	1,50 ^{ns}	-0,37 [*]	-0,70 ^{ns}	-10,44 ^{ns}	-2,18 ^{ns}	H8	-4,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-3,00 ^{ns}	-0,58 ^{ns}
H9	-1,16 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	3,83 ^{ns}	0,12 ^{ns}	H9	0,45 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-2,00 ^{ns}	-0,52 ^{ns}
H10	0,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-1,17 ^{ns}	4,07 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	H10	-1,38 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	11,28 ^{ns}	1,46 ^{ns}
H11	-4,33 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	-6,55 ^{ns}	-1,56 ^{ns}	H11	3,62 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-3,45 ^{**}	4,30 ^{ns}	-1,67 ^{ns}
H12	-0,33 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,45 ^{ns}	5,25 ^{ns}	2,13 ^{ns}	H12	-3,55 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-1,74 [*]	-1,81 ^{ns}	-1,17 ^{ns}
H13	3,34 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,36 ^{ns}	12,77 ^{ns}	2,27 ^{ns}	H13	3,45 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-1,54 ^{ns}	-1,65 ^{ns}	-1,31 ^{ns}
H14	1,84 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,68 ^{ns}	2,79 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	H14	-0,05 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	1,36 ^{ns}	10,42 ^{ns}	1,63 ^{ns}
H15	-3,83 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-7,96 ^{ns}	-1,50 ^{ns}	H15	-2,88 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-1,28 ^{ns}	6,29 ^{ns}	0,30 ^{ns}
H16	-2,50 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-1,18 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	H16	-5,71 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	1,60 [*]	-2,14 ^{ns}	0,87 ^{ns}
H17	-0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-1,49 ^{ns}	-6,51 ^{ns}	-1,45 ^{ns}	H17	-1,88 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-1,58 ^{ns}	-0,40 ^{ns}
H18	0,67 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,33 ^{ns}	2,02 ^{ns}	H18	2,45 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,73 [*]	-9,48 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
H19	0,34 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,25 ^{ns}	-1,30 ^{ns}	1,20 ^{ns}	H19	2,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,85 [*]	2,31 ^{ns}	1,75 ^{ns}
H20	-1,00 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-4,20 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	H20	4,29 ^{ns}	0,41 ^{**}	1,02 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,90 ^{ns}
H21	-5,79 [*]	0,42 [*]	0,86 ^{ns}	-3,73 ^{ns}	0,86 ^{ns}	H21	0,83 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,86 ^{ns}	-15,69 [*]	-1,58 ^{ns}
H22	-9,29 ^{**}	0,33 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	10,22 ^{ns}	1,33 ^{ns}	H22	-1,50 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	1,01 ^{ns}	-0,82 ^{ns}
H23	6,88 ^{**}	0,18 ^{ns}	-0,53 ^{ns}	1,06 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	H23	12,50 ^{**}	0,40 ^{**}	-0,07 ^{ns}	13,59 ^{ns}	0,81 ^{ns}
H24	7,38 ^{**}	0,46 [*]	-0,24 ^{ns}	7,80 ^{ns}	0,64 ^{ns}	H24	5,83 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,50 ^{ns}
H25	9,21 ^{**}	0,31 ^{ns}	0,23 ^{ns}	4,17 ^{ns}	0,35 ^{ns}	H25	7,16 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,06 ^{ns}	-6,81 ^{ns}	-0,23 ^{ns}

Continua...

H26	5,71*	0,23 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	19,70**	1,53 ^{ns}	H26	11,66**	0,55**	-0,02 ^{ns}	30,37**	4,36**
H27	4,71 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-20,18**	-1,87 ^{ns}	H27	2,00 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,53 ^{ns}	8,64 ^{ns}	1,54 ^{ns}
H28	3,55 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	-10,62 ^{ns}	-1,52 ^{ns}	H28	3,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,57 ^{ns}	-8,19 ^{ns}	-1,44 ^{ns}
H29	-3,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,54 ^{ns}	-10,07 ^{ns}	-1,53 ^{ns}	H29	2,50 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	12,59 ^{ns}	1,42 ^{ns}
H30	-4,95 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,77 ^{ns}	-5,39 ^{ns}	1,84 ^{ns}	H30	-0,34 ^{ns}	0,48*	0,51 ^{ns}	-18,37*	-2,22*
H31	6,71*	0,15 ^{ns}	-2,06 ^{ns}	-3,07 ^{ns}	-2,74 ^{ns}	H31	8,66*	0,19 ^{ns}	-2,64**	2,25 ^{ns}	-1,76 ^{ns}
H32	4,71 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,39 ^{ns}	16,82*	1,77 ^{ns}	H32	6,50 ^{ns}	0,44**	-0,57 ^{ns}	23,60**	2,88**
H33	-11,62*	-0,33 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-21,77**	-1,82 ^{ns}	H33	-20,50**	-0,14 ^{ns}	1,06 ^{ns}	-22,14**	-1,81 ^{ns}
H34	-8,12**	0,18 ^{ns}	1,66 ^{ns}	-3,42 ^{ns}	0,96 ^{ns}	H34	-13,00**	0,17 ^{ns}	0,73 ^{ns}	-17,51*	-2,47*
H35	10,21**	-0,58**	-0,61 ^{ns}	22,03**	2,51 ^{ns}	H35	9,16*	0,33*	-1,14 ^{ns}	-14,93*	-2,46*
H36	13,55**	0,38*	-1,20 ^{ns}	3,41 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	H36	1,33 ^{ns}	0,50**	0,65 ^{ns}	12,33 ^{ns}	2,41*
H37	5,88*	0,24 ^{ns}	-1,15 ^{ns}	7,04 ^{ns}	-0,58 ^{ns}	H37	10,16*	0,37*	-1,25 ^{ns}	23,31**	1,82 ^{ns}
H38	-2,29 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-2,25*	5,43 ^{ns}	-2,27 ^{ns}	H38	0,50 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	12,65 ^{ns}	1,85 ^{ns}
H39	-4,62 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-1,18 ^{ns}	19,39*	1,45 ^{ns}	H39	-8,67*	-0,05 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-1,11 ^{ns}	0,35 ^{ns}
H40	6,05*	0,41*	-1,11 ^{ns}	25,94**	1,66 ^{ns}	H40	-4,67 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,76 ^{ns}	-2,92 ^{ns}	0,58 ^{ns}
DP (Sij):	2,62	0,19	1,08	7,52	1,43	DP (Sij):	3,85	0,15	0,80	7,09	1,02

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Flor = Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de brix por hectare(t/há).

Em Sete Lagoas os híbridos que foram considerados tardios em Nova Porteirinha também foram agrupados juntos a linhagem 201621(B)21 com média de 133 dias. As linhagens do grupo A, a linhagem CMSXS 647 e todos os híbridos oriundos do seu cruzamento foram classificados em um mesmo grupo com média de 73 dias, juntamente a estes materiais as testemunhas CV198 e CV568 foram agrupadas.

Com relação ao caráter altura de plantas, as médias observadas variaram entre 3,95 m e 1,12 m em Nova Porteirinha e em Sete Lagoas 4,27 e 1,12 metros (Tabela 7). Verificou-se que as linhagens do grupo A foram classificadas em um mesmo grupo nos dois ambientes, nas de menor porte, fato devido as linhagens do grupo A serem de baixo porte para facilitar a colheita mecanizada de sementes. Verificou-se que tanto em Nova Porteirinha quanto em Sete Lagoas os híbridos e a linhagens do grupo R não diferiram entre si, sendo classificados em dois grupos.

Segundo Schaffert et al., (2011), o teor mínimo de sólidos solúveis totais em genótipos de sorgo sacarino que deve ser preconizado por programas de melhoramento é de 12,5% sendo desejável o maior valor possível. Com relação ao SST, as médias variaram entre 8,73% e 18,17% em Nova Porteirinha sendo agrupadas em 2 grupos e em Sete lagoas variaram de 5,83% a 15,73% sendo agrupadas em quatro grupos. Em Sete Lagoas os híbridos *testcrosses* (H19, H18, H16, H1, H20, H40, H39, H36, H33, H25, H26 e H2) e as linhagens (L11, L12, L17, L15, L6 e CMSXS647) apresentaram desempenho superior às testemunhas comerciais. Os valores obtidos por este grupo são superiores ao mínimo recomendado pelo autor acima (Tabela 8).

O programa de melhoramento do sorgo sacarino, em geral objetiva selecionar genótipos que associem elevada produção de massa verde e alto teor de açúcares, para PMV os valores variaram 155,32 t/há a 5,83 t/há em Nova Porteirinha e de 149,13 t/há a 18,65 t/há em Sete lagoas respectivamente (Tabela 8). Os híbridos H40, H32, H39, H35, H38, H26, H37 e H36 se destacaram em Nova Porteirinha não deferindo estatisticamente da linhagem do grupo R, 201621(B)21 e do híbrido comercial CV198, em Sete lagoas se destacaram os híbridos H37, H26 e H32 não diferindo novamente da linhagem do grupo R, 201621(B)21. Parrella (2011), ressalta que a produtividade mínima exigida pela cultura é de 60t/há, os híbridos em destaque produziram duas vezes mais do que o mínimo exigido por programas de melhoramento de sorgo sacarino.

Tabela 8: Médias das cinco características dos 64 genótipos avaliados em Nova Porteirinha e Sete Lagoas, MG safra de 2016/2017.

Nova Porteirinha						Sete Lagoas					
Genótipo	Flor	Alt	SST	PMV	TBH	Genótipo	Flor	Alt	SST	PMV	TBH
H1	66 ^d	2,83 ^b	15,33 ^a	88,73 ^c	13,60 ^b	H1	80 ^c	3,08 ^c	14,80 ^a	92,58 ^c	13,35 ^b
H2	68 ^d	2,83 ^b	15,07 ^a	88,81 ^c	13,38 ^b	H2	81 ^c	3,09 ^c	13,07 ^a	90,68 ^c	11,56 ^c
H3	66 ^d	2,70 ^b	15,37 ^a	88,49 ^c	13,61 ^b	H3	84 ^c	3,07 ^c	11,90 ^b	80,45 ^c	9,58 ^c
H4	69 ^d	2,80 ^b	16,50 ^a	87,28 ^c	14,40 ^a	H4	84 ^c	3,01 ^c	11,53 ^b	75,57 ^c	8,73 ^c
H5	65 ^d	2,75 ^b	16,10 ^a	90,63 ^c	14,60 ^a	H5	80 ^c	2,80 ^c	12,80 ^b	81,60 ^c	10,47 ^c
H6	65 ^d	2,73 ^b	15,73 ^a	72,54 ^c	11,52 ^b	H6	79 ^c	2,67 ^c	13,03 ^a	60,43 ^d	7,65 ^d
H7	65 ^d	2,97 ^b	15,17 ^a	69,84 ^c	10,79 ^b	H7	79 ^c	2,78 ^c	10,57 ^c	73,93 ^d	7,82 ^d
H8	66 ^d	2,41 ^b	15,10 ^a	65,95 ^c	10,02 ^c	H8	77 ^c	2,95 ^c	12,10 ^b	74,90 ^d	9,10 ^c
H9	64 ^d	2,83 ^b	15,17 ^a	83,65 ^c	12,62 ^b	H9	81 ^c	2,66 ^c	12,43 ^b	71,19 ^d	8,75 ^c
H10	64 ^d	2,73 ^b	15,00 ^a	82,86 ^c	12,44 ^b	H10	78 ^c	2,74 ^c	12,47 ^b	80,03 ^d	10,09 ^c
H11	61 ^d	2,72 ^b	15,00 ^a	80,95 ^c	12,00 ^b	H11	79 ^c	2,76 ^c	9,93 ^c	83,14 ^d	8,15 ^c
H12	67 ^d	2,92 ^b	16,70 ^a	96,75 ^c	16,14 ^a	H12	78 ^c	3,06 ^c	11,60 ^b	73,31 ^d	8,50 ^c
H13	67 ^d	3,10 ^b	16,93 ^a	100,08 ^b	17,00 ^a	H13	77 ^c	3,24 ^c	11,25 ^b	67,54 ^d	7,50 ^d
H14	66 ^d	2,83 ^b	13,93 ^a	79,60 ^c	11,36 ^b	H14	81 ^c	3,00 ^c	11,83 ^b	84,26 ^d	10,01 ^c
H15	62 ^d	2,67 ^b	15,57 ^a	67,14 ^c	10,35 ^b	H15	75 ^c	2,68 ^c	11,97 ^b	72,24 ^d	8,76 ^c
H16	66 ^d	2,68 ^b	15,90 ^a	85,71 ^c	13,44 ^b	H16	78 ^c	2,50 ^c	14,90 ^a	76,07 ^d	11,34 ^c
H17	68 ^d	2,73 ^b	14,60 ^a	81,27 ^c	12,57 ^b	H17	82 ^c	2,95 ^c	12,65 ^b	84,31 ^d	10,66 ^c
H18	67 ^d	2,77 ^a	17,83 ^a	92,86 ^c	16,52 ^a	H18	85 ^c	3,06 ^c	15,10 ^a	70,95 ^d	10,57 ^c
H19	67 ^d	2,98 ^a	18,17 ^a	86,27 ^c	15,68 ^a	H19	83 ^c	3,07 ^c	15,50 ^a	80,79 ^d	12,33 ^c
H20	68 ^d	2,60 ^b	16,63 ^a	84,21 ^c	13,96 ^b	H20	86 ^c	3,42 ^b	14,40 ^a	81,60 ^d	11,62 ^c
H21	80 ^b	3,95 ^a	11,20 ^b	115,63 ^c	13,30 ^b	H21	123 ^b	3,81 ^b	12,57 ^b	87,94 ^d	11,07 ^c
H22	77 ^c	3,70 ^a	10,03 ^b	120,00 ^c	12,24 ^b	H22	120 ^b	3,45 ^b	11,00 ^c	101,44 ^b	11,10 ^c

Continua...

H23	92 ^a	3,47 ^a	9,73 ^b	122,38 ^c	11,96 ^b	H23	135 ^a	4,03 ^a	11,13 ^c	114,84 ^b	12,83 ^b
H24	94 ^a	3,78 ^a	10,00 ^b	121,11 ^b	12,09 ^b	H24	127 ^a	3,87 ^b	12,70 ^b	96,03 ^c	12,17 ^c
H25	93 ^a	3,63 ^a	10,13 ^b	126,19 ^b	12,78 ^b	H25	127 ^a	3,77 ^b	13,23 ^a	91,43 ^c	11,95 ^c
H26	88 ^a	3,50 ^a	9,70 ^b	136,67 ^a	13,24 ^b	H26	131 ^a	4,16 ^a	13,07 ^a	129,13 ^a	16,88 ^a
H27	88 ^a	3,31 ^a	10,20 ^b	88,65 ^c	9,14 ^c	H27	121 ^b	3,61 ^b	12,47 ^b	103,02 ^b	13,04 ^b
H28	86 ^b	3,77 ^a	10,23 ^b	106,74 ^b	10,79 ^b	H28	123 ^b	3,83 ^b	11,60 ^b	95,52 ^c	11,15 ^c
H29	80 ^b	3,58 ^a	10,07 ^b	110,72 ^b	11,07 ^b	H29	122 ^b	3,65 ^b	12,20 ^b	111,59 ^b	13,60 ^b
H30	77 ^c	3,63 ^a	13,03 ^b	114,37 ^b	14,93 ^a	H30	118 ^b	4,09 ^a	12,23 ^b	76,19 ^c	9,31 ^c
H31	90 ^a	3,68 ^a	8,73 ^b	125,40 ^b	10,93 ^b	H31	123 ^b	3,93 ^a	10,33 ^c	106,90 ^b	10,97 ^c
H32	90 ^a	3,60 ^a	10,73 ^b	149,29 ^a	15,89 ^a	H32	127 ^a	4,27 ^a	12,37 ^b	124,52 ^a	15,46 ^a
H33	70 ^d	3,17 ^b	12,03 ^b	106,51 ^b	13,02 ^b	H33	92 ^c	3,70 ^b	13,43 ^a	72,86 ^c	9,91 ^c
H34	74 ^c	3,77 ^a	11,37 ^b	114,36 ^b	12,85 ^b	H34	107 ^b	4,06 ^a	10,80 ^c	82,14 ^c	8,82 ^c
H35	94 ^a	2,58 ^a	10,53 ^b	138,10 ^a	14,47 ^a	H35	126 ^a	3,87 ^b	11,70 ^b	76,83 ^c	8,91 ^c
H36	100 ^a	3,88 ^a	10,33 ^b	131,27 ^a	13,59 ^b	H36	124 ^b	4,14 ^a	13,53 ^a	116,35 ^b	15,79 ^a
H37	92 ^a	3,73 ^a	10,03 ^b	135,79 ^a	13,54 ^b	H37	133 ^a	4,10 ^a	11,70 ^b	135,00 ^a	15,79 ^a
H38	82 ^b	3,33 ^a	9,00 ^b	137,93 ^a	12,34 ^b	H38	122 ^b	4,11 ^a	12,90 ^b	118,89 ^b	15,37 ^a
H39	80 ^b	3,70 ^a	10,83 ^b	147,93 ^a	16,03 ^a	H39	111 ^b	3,69 ^b	13,57 ^a	103,18 ^b	13,84 ^b
H40	93 ^a	3,90 ^a	10,47 ^b	155,32 ^a	15,88 ^a	H40	116 ^b	3,75 ^b	13,73 ^a	103,57 ^b	14,20 ^b
L1	76 ^c	1,64 ^c	13,67 ^a	49,60 ^d	6,80 ^c	L1	89 ^c	1,78 ^d	8,40 ^d	42,08 ^d	3,48 ^e
L2	78 ^c	1,28 ^d	15,00 ^a	18,65 ^e	2,84 ^c	L2	88 ^c	1,40 ^e	8,03 ^d	26,69 ^e	2,15 ^e
L3	68 ^d	1,22 ^d	14,13 ^a	52,22 ^d	7,38 ^c	L3	82 ^c	1,13 ^e	9,05 ^c	27,55 ^e	2,57 ^e
L4	70 ^d	1,12 ^d	13,37 ^a	29,44 ^e	4,03 ^c	L4	82 ^c	1,19 ^e	9,87 ^c	22,74 ^e	2,30 ^e
L5	64 ^d	1,22 ^d	12,50 ^b	51,35 ^d	6,51 ^c	L5	80 ^c	1,23 ^e	10,47 ^c	29,67 ^e	3,05 ^e
L6	62 ^d	1,13 ^d	13,97 ^a	40,00 ^e	5,68 ^c	L6	77 ^c	1,21 ^e	13,17 ^a	22,95 ^e	3,02 ^e
L7	65 ^d	1,12 ^d	14,47 ^a	40,95 ^e	5,99 ^c	L7	81 ^c	1,12 ^e	11,25 ^b	16,12 ^c	1,81 ^e

Continua...

L8	63 ^d	1,98 ^c	15,90 ^a	59,45 ^d	9,45 ^c	L8	84 ^c	1,89 ^d	11,60 ^b	47,36 ^d	5,38 ^d
L9	69 ^d	1,37 ^d	15,10 ^a	58,89 ^d	8,89 ^c	L9	81 ^c	1,36 ^e	11,63 ^b	27,05 ^e	3,10 ^e
L10	67 ^d	1,29 ^d	15,67 ^a	54,36 ^d	8,50 ^c	L10	81 ^c	1,24 ^e	9,77 ^c	27,01 ^e	2,63 ^e
L11	66 ^d	1,83 ^c	16,40 ^a	75,95 ^c	12,47 ^b	L11	66 ^c	1,67 ^d	15,73 ^a	40,38 ^d	6,36 ^d
L12	69 ^d	1,78 ^c	13,20 ^a	68,10 ^c	9,27 ^c	L12	83 ^c	1,64 ^d	13,77 ^a	25,31 ^e	3,49 ^e
L13	68 ^d	1,82 ^c	16,40 ^a	75,24 ^c	12,43 ^b	L13	77 ^c	1,84 ^d	11,73 ^b	36,24 ^d	4,18 ^e
L14	68 ^d	1,90 ^c	12,37 ^b	50,08 ^d	6,49 ^c	L14	90 ^c	1,95 ^d	5,83 ^d	37,21 ^d	2,17 ^e
L15	65 ^d	1,30 ^d	16,27 ^a	39,29 ^e	6,40 ^c	L15	74 ^c	1,12 ^e	13,63 ^a	22,20 ^e	3,00 ^e
L16	68 ^d	1,67 ^c	17,37 ^a	68,81 ^c	11,87 ^b	L16	91 ^c	1,42 ^e	11,40 ^b	37,29 ^d	4,30 ^e
L17	70 ^d	1,68 ^c	17,13 ^a	71,43 ^c	12,24 ^b	L17	85 ^c	1,47 ^e	13,63 ^a	46,88 ^d	6,41 ^d
L18	70 ^d	1,95 ^c	16,23 ^a	75,80 ^c	12,33 ^b	L18	85 ^c	1,74 ^d	11,83 ^b	45,26 ^d	5,33 ^d
L19	72 ^c	1,65 ^c	17,43 ^a	62,22 ^d	10,82 ^b	L19	86 ^c	1,66 ^d	12,13 ^b	42,33 ^d	5,10 ^d
L20	72 ^c	1,67 ^c	17,10 ^a	62,07 ^d	10,66 ^b	L20	85 ^c	1,84 ^d	11,80 ^b	48,33 ^d	5,69 ^d
201621(B)21	82 ^b	3,58 ^a	10,33 ^b	153,41 ^a	16,26 ^a	201621(B)21	140 ^a	3,84 ^b	12,73 ^b	149,13 ^a	18,96 ^a
CMSXS 647	68 ^d	2,48 ^b	15,50 ^a	77,14 ^c	11,99 ^b	CMSXS 647	83 ^c	3,10 ^c	13,90 ^a	85,33 ^c	11,86 ^c
CV 568	76 ^c	3,20 ^b	13,73 ^a	132,78 ^a	18,31 ^a	CV 568	87 ^c	3,54 ^b	9,20 ^c	119,06 ^b	11,00 ^c
CV 198	75 ^c	3,37 ^a	15,90 ^a	125,08 ^b	19,88 ^a	CV 198	83 ^c	3,48 ^b	11,63 ^b	100,37 ^b	11,39 ^c
Média	74	2,66	13,80	90,62	12,02	Média	95	2,82	12,07	73,87	9,02

*Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo não diferem entre si pelo teste de Scott Knot a 5% de probabilidade. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST = Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare(t/há).

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. Para este caráter, as médias foram separadas em Nova Porteira em três grupos e variaram entre 2,84 t/há a 19,88 t/há. Em Sete lagoas as médias foram separadas em quatro grupos e variaram entre 1,75 t/há a 18,97 t/há.

5 DISCUSSÃO

O sucesso de um programa de melhoramento engloba importantes etapas como a escolha do genitor e o planejamento dos cruzamentos. A chance de se obter cultivares superiores a partir da utilização máxima de alelos favoráveis está atrelada a este delineamento dos cruzamentos escolhidos em um programa de melhoramento. Neste estudo, foram detectadas efeitos significativos para quase a totalidade dos caracteres estudados, com exceção para SST.

O desempenho dos genótipos não foi consistente nos diferentes locais indicado pelos efeitos significativos da interação GxA para a maioria das características estudadas. Encontra-se na literatura diversos estudos em que a cultura do sorgo sacarino é fortemente influenciada pela interação GxA (BAHADURE et al., 2015; BUNPHAN et al., 2015) em trabalhos conduzidos em empresas de pesquisa confirmam esta ideia de que a cultura é influenciada por esta interação em âmbito nacional (SOUZA et al., 2013; DURÃES, 2014; FIGUEIREDO et al., 2015; SILVA, 2017), demonstrando assim a importância do estudo da interação GxA na cultura. A existência da interação GxA confirma uma inconsistência dos efeitos aditivos e não aditivos quando obtidos em ambientes diferentes. A correlação entre o fenótipo e o seu genótipo pode ser influenciada pela interação GxA, reduzindo a validade das estimativas sobre a herança de caracteres quantitativos (LOCATELLI et al., 2002). Neste estudo os efeitos da CGC e CEC não demonstraram ser consistentes nos diferentes ambientes, desta forma, foram considerados para fins de seleção das linhagens e combinações híbridas o efeito da CGC e CEC nos diferentes ambientes.

A partir da análise dialélica de Griffing (1956), a estimação dos efeitos de CGC e CEC são de grande utilidade na seleção de genitores e na determinação de efeitos gênicos predominantes na expressão fenotípica dos caracteres dos genótipos avaliados. A estimativa dos efeitos da CGC é considerada um critério informativo e mais eficiente para seleção de genitores (CRUZ; VENCOSKY, 1989). A soma de quadrado da CGC

(Grupo R e A) foi superior às somas de quadrado da CEC para altura, SST e TBH, tanto em Sete Lagoas quanto em Nova Porteirinha, o que indica haver existência de efeitos de efeitos aditivos no controle destas características.

Vencovsky e Barriga (1992), apresentam a fórmula teórica da CGC em *testcrosses*, na qual a CGC de uma linhagem restauradora *i* pode ser expressa por: $CGCi=(p_i-\bar{p})[a+(1-2\bar{r})d]$, em que: p_i é a frequência do alelo favorável na *i*-ésima linhagem R, \bar{p} é a frequência alélica média das linhagens R, \bar{r} é a frequência alélica média das linhagens testadoras ou macho-estéreis A, a é o desvio dos homozigotos em relação à média, d é o desvio do heterozigoto em relação à média. No que diz respeito, para expressar a fórmula da CGC das linhagens macho-estéreis, grupo A, tem-se que as linhagens testadoras são as restauradoras. Indicando assim que tanto os efeitos aditivos quanto dominantes podem contribuir com a estimativa da CGC. Os mesmos autores ressaltam que somente quando a frequência alélica média dos testadores for igual a 0,5 ou não existe um efeito de dominância para tal, há predomínio da ação aditiva na expressão dos caracteres. Nesse trabalho foi possível selecionar linhagens com elevada CGC, ou seja, pela fórmula da CGC, estes genitores apresentam melhor desempenho em combinações híbridas devido à elevada frequência de alelos favoráveis.

Como o objetivo principal do trabalho é identificar linhagens fêmeas com alta capacidade de combinação o estudo da CGC é de grande valia nesta escolha. A interação GXA se mostrou significativa, apesar do desdobramento do efeito de CGC, o efeito Grupo A x Ambiente ter sido não significativo, diferentes linhagens deste grupo apresentaram estimativas significativas, levando a um estudo em cada ambiente.

Para a variável florescimento foram observados efeitos significativos tanto para a capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores do grupos R e A quanto para capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos entre os grupos. Considerando as estimativas da CGC dos genitores do grupo R e A, destacaram-se a linhagens CMSXS647 (grupo R) e L10 e L13 (grupo A) em Nova Porteirinha e L11 e L13 (grupo A) em Sete lagoas com as estimativas significativas e negativas (Tabela 4 e 5), uma vez que a genótipos com menor dias para florescimento apresentam-se mais precoces (Tabela 8). Em um programa de melhoramento da cultura do sorgo sacarino o processo de acúmulo de açúcar no colmo inicia após o florescimento, encerrando dessa forma o seu período vegetativo, no qual ocorre a acumulação de massa verde (GUTJAHR et al., 2013). Portanto a obtenção de genótipos que equilibrem precocidade e acúmulo de produção de massa verde é de grande interesse para os programas de melhoramento,

sendo assim genitores que apresentem alelos favoráveis para a redução de dias no florescimento, tornando os genótipos mais precoces.

Considerando a altura de plantas que variou de 1,12 m a 4,97 m (Tabela 8), foram observados efeitos significativos tanto para a capacidade geral de combinação dos genitores do grupos R e A quanto para capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos entre os grupos. Considerando as estimativas da CGC dos genitores do grupo R e A, destacaram-se a linhagens 201621(B)21 (grupo R) e L12, L13, L14, L18 e L20 (grupo A) em Sete lagoas com as estimativas significativas e positivas, uma vez que a genótipos com maior altura apresentam maior média, estas estimativas representam que estes genitores ressaltados acima apresentam a frequência de alelos favoráveis para o incremento na altura de plantas. Ressalva que as linhagens do grupo A apresentaram menor porte devido serem linhagens selecionadas para baixo porte, sendo apropriadas para a colheita mecanizada, enquanto que as demais linhagens do grupo R e os híbridos apresentaram maior porte (Tabela 8). No sorgo a altura de plantas é controlada por quatro pares de genes (*dw1*, *dw2*, *dw3* e *dw4*) os quais atuam de forma aditiva e independente. Estes resultados para altura de plantas são corroborados pelos estudos de BUNPHAN et al., (2015) e DURÃES (2014) em que efeitos aditivos tiveram participação na expressão fenotípica dos caracteres agrônômicos, como a altura em sorgo sacarino. Em contrapartida Rocha (2016), em estudo de altura de plantas retifica que para o caráter altura de plantas, provavelmente devido à similaridade das linhagens utilizadas no estudo feito por ela, dentro dos grupos, os efeitos aditivos não tiveram participação na expressão fenotípica, apresentando predominância de efeitos não-aditivos.

Analisando a variável SST apenas a CGC do grupo R e A mostraram efeito significativo. Os resultados evidenciaram maior importância da CGC em relação à CEC (Tabela 3), expressa pela superioridade da soma de quadrados da CGC. Estes resultados também indicam predominância de efeitos aditivos envolvidos no controle genético do teor de sólidos solúveis. Segundo estudo realizado por Bunphan et al. (2015) a ação gênica aditiva e não-aditiva (e.g. dominância) participam da expressão fenotípica do teor de sólidos solúveis. Sendo assim a melhoria destas características e aumento dos ganhos genéticos podem ser conseguidos por meio de seleção e hibridação.

Em relação a frequência de alelos favoráveis para o teor de sólidos solúveis se destacaram as linhagens CMSXS647 (grupo R) em Sete lagoas e Nova Porteirinha e as linhagens L19 em Nova Porteirinha e L6, L11, L17, L18, L19 e L20 em Sete Lagoas

com maiores e significativas estimativas de capacidade geral de combinação (Tabela 4 e 5). Dentre as linhagens ressaltadas acima chama a atenção a linhagem L19 que apresentou estimativa alta e positiva nos dois ambientes, esta mesma que em Nova Porteirinha apresentou produção média de SST de 17,13% graus brix (Tabela 8), resultado acima do mínimo recomendado por Schaffert et al., (2011). Uma das características de maior destaque para a cultura do sorgo sacarino é o teor de sólidos solúveis totais (SST). Pois em um programa de melhoramento que visa produção de etanol, a qualidade e produtividade do caldo produzidos pelas cultivares que serão utilizadas é de extrema importância. Em trabalho realizado por Lombardi et al., (2015), ressalta-se que os caracteres relacionados aos teores de açúcares apresentam correlações fenotípicas positivas e de magnitude elevada com produção de etanol. Portanto linhagens que possuam alta capacidade geral de combinação para variável SST são desejáveis para um programa de melhoramento de sorgo que visa a produção de etanol. A literatura apresenta recentes trabalhos que explicam que a variável SST é influenciada pela interação GxA, tanto em linhagens quanto em híbridos (FIGUEIREDO et al., 2015; SILVA, 2017).

Com relação a variável produção de massa verde foram observados efeitos significativos tanto para a CGC dos genitores do grupo R e A quanto para CEC dos híbridos entre os grupos. Considerando as estimativas da CGC dos genitores do grupo R e A destaca-se as linhagens 201621(B)21 (grupo R) em Nova Porteirinha e Sete lagoas, as linhagens L12, L17, L18, L19 e L20 (grupo A) em Nova Porteirinha e a novamente a L19 em Sete Lagoas, demonstrando que estas linhagens apresentam alelos favoráveis para o aumento na produção de biomassa.

Já foi descrito, anteriormente, que em um programa de melhoramento de sorgo sacarino que almeja o sucesso, é importante selecionar genótipos com alta produção de massa verde e alta produção de teor de sólidos solúveis totais, resultando em altas produtividades de etanol. O índice TBH é uma variável que leva em consideração estes caracteres almejados, assim a seleção de linhagens que possuam alta CGC para a variável TBH apresentam-se como linhagens promissoras no programa de melhoramento visando a produção de etanol. Analisando a variável TBH apenas a CGC do grupo R e A mostraram efeito significativo. Observando a CGC dos genitores destaca-se as linhagens L13, L18, L19 e L20 (grupo A) em Nova Porteirinha e 201621(B) (grupo R) e L16, L17, L18, L19 e L20 em Sete Lagoas demonstrando que estas linhagens apresentam alelos favoráveis para o incremento na variável.

Entre os genitores avaliados no dialelo, verificou-se que não houve genitores que se destacaram, quanto à frequência de alelos favoráveis, considerando a totalidade dos caracteres no presente estudo simultaneamente. Entretanto, observa-se que os genitores 201621(B)21 (grupo R) e L17, L18, L19 e L20 (grupo A) se destacaram para mais de uma característica dentre elas SST, PMV e TBH.

De acordo com as estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) quanto ao florescimento (Tabela 7) destacam-se os valores elevados e negativos, uma vez que o interesse é nos menores dias para florescimento, sendo assim genótipos mais precoces. Assim, os híbridos que mais se destacaram foram: H21, H22, H33, H34 em Nova Porteirinha H33 e H34 em Sete lagoas. Esses híbridos possuem pelo menos um genitor que também se destacou quanto à capacidade geral de combinação (Tabela 4 e 5). Quanto à altura de plantas destacam-se os híbridos que apresentam maiores e positivas estimativas, destacando em Nova Porteirinha H7, H21, H24, H36 e H40 e em Sete lagoas os híbridos H23, H26, H31, H35 e H37. Com relação ao variável PMV destacam-se os híbridos que apresentaram estimativa positiva e alta nos dois ambientes, H2, H26 e H32. Para SST e TBH o efeito de capacidade específica de combinação foi não significativo (Tabela 3).

Considerando todos as caracteres de interesse, observou-se que os alelos favoráveis de interesse estão distribuídos em diferentes genitores. Entretanto, alguns genitores se destacaram quanto à frequência de alelos favoráveis para as principais características de interesse. A linhagem do grupo R 201621(B)21 se destacou quanto à florescimento, altura e PMV em Nova Porteirinha além das variáveis citadas em Sete Lagoas ela também se destacou para a variável TBH. Com relação as linhagens do grupo A a linhagem L13 se destacou nos dois ambientes para a variável florescimento, além de se destacar em Nova Porteirinha para TBH, as linhagem L17, L18, L19 e L20 se destacaram quanto à PMV, SST e TBH. Assim, no melhoramento do sorgo sacarino visando o aumento dos três principais caracteres SST, PMV e TBH simultaneamente destaca-se os cruzamentos que envolva as linhagens citadas, sendo promissoras para a extração de linhagens superiores.

6 CONCLUSÃO

Há predominância de efeitos aditivos no controle genético das variáveis em estudo. As linhagens L1, L18, L19 e L20 do grupo A se destacaram quanto as três

principais variáveis para a produção de etanol, SST, PMV e TBH, demonstrando que estas linhagens apresentam alelos favoráveis para o aumento destas variáveis. Os cruzamentos entre estas linhagens apresentam-se com potencial para a extração de linhagens promissoras quanto à produção de etanol a partir da cultura do sorgo sacarino.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009.

ANAMI, S. E. et al. Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of stress tolerance. **Food and Energy Security**, v.4, n.1, p. 3-24, 2015a.

ANAMI, S. E. et al. Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of the biofuel syndrome. **Food and Energy Security**, v.4, n. 3, p.159-177, 2015b.

AXTELL, J.; I. KAPRAN; Y. IBRAIM; G. EJETA; D. J. ANDREWS. Heterosis in sorghum and pearl millet. J.G.Coorsand S. Pandey. **Genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison, WI. p. 375–386, 1999.

BAHADURE, D.M. et al. Combining ability and heterosis on millable stalk and sugar concentration for bioethanol production across environments in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.)Moench.). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 6, n.1, p. 58-65, 2015.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: UNESP, 1992. 247 p.

BERNAL, J. H.; LIGARRETO, G. A. M.; HERNÁNDEZ, R. S. Effects of the genotype and environment interaction on sugar accumulation in sweet sorghum varieties (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) grown in the lowland tropics of Colombia. **Agronomía colombiana** 32(3), 307-314, 2014.

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

BORGES, I. D.; MENDES, A. A.; VIANA, E. J.; GUSMÃO, C. A. G.; RODRIGUES, H. F. F.; CARLOS, L. A. (2010) **Caracterização do caldo extraído dos colmos da cultivar de sorgo sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.)**.Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo p. 1010-1017.

BUNPHAN, D. et al. Heterosis and Combining Ability of F1 Hybrid Sweet Sorghum in Thailand. **Crop Science**, v. 55, p. 178-187, 2015.

COELHO; A. M.; WAQUIL J. M.; KARAM D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M.; (2002). **Seja doutor do seu sorgo**. Arquivo agrônomo numero 12, ENCARTE DO INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS Nº 100 DEZEMBRO/2002

CONAB 2016 **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar.** – v. 1 –Brasília : Conab, 2016- v.Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Quadrimestral ISSN 2318-7921 1. Cana-de-Açúcar. 2. Safra. 3. Agronegócio. I. Título.

CONSECANA. **Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. Manual de Instruções.** Piracicaba-SP, 112p, 2006.

CRUZ, C.D.; VENCovsky, R. Comparação de alguns métodos de análise dialética. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n.2, p.425-438, 1989.

Cruz, C. D.; **Princípios de genética quantitativa.** No. 575.1. Universidade Federal de Viçosa,, 2005.

CRUZ, C. D. GENES - A Software Package for Analysis in Experimental Statistics and Quantitative Genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, Imprensa universitária, v.1, 2012.

DAVIS R.L. **Report of the plant breeder.** Annual Report Agricultural Experiment Station University of Porto Rico, Rio Piedras, p.14-15, 1927.

DINIZ, G. M. M. (2010) **Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas) – Recife – PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – UFRPE, 97p.**

DOGGETT, H.; EBEHART, S. A. Recurrent selection in sorghum. **Crop Science**, v. 8, n. 1, p. 119-121, 1968.

Durães F., O., M., 2012[et al.].**Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios** Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 138). 1. Sorgo. 2. Recurso energético. 3. Variedade. 4. Energia. I. Durães, Frederico Ozanan Machado. II. Série. CDD 633.174 (21. ed.)

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

DURÃES, N. N. L. **Heterose em sorgo sacarino.** Programa de pós-graduação. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2014.

ELANGO VAN, M. et al. Genetic Diversity and Heritability Characters Associated in Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Sugar Tech**, v. 16, n.2, p. 200-210, 2014.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics.** 4 ed. London: Longman, 1996. 464 p.

FIGUEIREDO, U. J. de; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, E. D.; SILVA, A. R. da; EMYGDIO, B. M.; MACHADO, J. R. A.; TARDIN, F. D. Adaptability and stability of genotypes of sweet sorghum by GGEBiplot and Toler methods. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 11211-11221, 2015.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diall and related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-452, 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.

GUIMARÃES, C. T.; SCHUSTER, I.; MAGALHÃES, J. V.; SOUZA JÚNIOR, C. L. de. **Marcadores moleculares no melhoramento**. In: BORÉM, A.; CAIXETA, E. T. Marcadores moleculares. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. cap. 4, p. 129-175.

GUTJAHR, S. et al. Grain ,sugar and biomass accumulation in photoperiodsensitive sorghum II. Biochemical processa t internod level and interaction with phenology. **Functional Plant Biology** 40, p.355-368, 2013.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B.; M.J. CARENA. Heterosis. In: HALLAUER, A.R., MIRANDA FILHO, J.B.; M.J. CARENA. (Ed.). **Quantitative genetics in maize breeding**. New York: Springer, p. 477-459, 2010.

HAYMAN, B.I. **The Teory and Analisys of Diallel Crosses**. Genetics, v.39 p. 789-809, 1954.

HOUSE, L.R. **A guide sorghum breeding**. Andhra Pradesh, India, ICRISAT Patancheru P. O., 206p., 1985.

INDHUBALA, M.; GANESAMURTHY, K.; PUNITHA, D. Combining Ability Studies for Quality Traits in Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **The Madras Agricultural Journal**, v. 97, p.17-20, 2010.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, v.17, n. 2, p.229-250, 1961.

KUMAR, A.A. et al. Recent Advances in Sorghum Genetic Enhancement Research at ICRISAT. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2, p. 589-600, 2011.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Clima: cultivo do sorgo**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, set. 2009.

LOCATELLI, A.B. et al. Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zeamays* L.) em dois ambientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, p. 365-370, 2002.

LOMBARDI, G. M. R. **Heterose em Sorgo em sacarino em diferentes épocas de colheita**. 68p. Dissertação (mestrado acadêmico), Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG 2016.

LOMBARDI, G. M. R., et al. "Path analysis of agro-industrial traits in sweet sorghum." *Genetics and Molecular Research* 14.4 (2015): 16392-16402.

MARTINS A.; de M.;(2014,)- **Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol na região central de Minas Gerais / Alexandre de Matos Martins**. -- 2014. 69 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

MAGALHÃES,P.C.; DURÃES,F.O.M.; RODRIGUES,J.A.S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 3. ed. Set. 2007.

MAGALHÃES,P.C.; DURÃES,F.O.M.; RODRIGUES,J.A.S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 4. ed. Set. 2008.

MAY (2013). **Cultivo de Sorgo Sacarino em Áreas de Reforma de Canaviais**. André May...[et al.], -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo,2013.36 p.:Il--(Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-1150) Desempenho Produtivo de Sorgo Sacarino Cultivado em Reforma de Canaviais nos Últimos Anos.

MAY 2012 [et al.]. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa / editores técnicos André May ... [et al.]**. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 139).1 Sorgo. 2. Recurso energético. 3. Variedade. 4. Energia. I. May, André. II. Série

MAKANDA, I.; TONGOONA, P.; DERERA, J. Combining ability and heterosis of sorghum germplasm for stem sugar traits under off-season conditions in tropical lowland environments. **Field Crops Research**, v. 114, n.2, p. 272-279, 2009.

MIRANDA FILHO, J.B.; GORGULHO, E.P. **Cruzamentos com testadores e dialelos**. In: NASS et al. (eds). Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, p. 649-672, 2001.

NURMBERG, P.L.; SOUZA, J.C.; RAMALHO, M.A.P.; RIBEIRO, P.H.E. **Desempenho de híbridos simples como testadores de linhagens de milho em top crosses**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2000, Goiânia. **Resumos...** (CD-Rom).

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

PARRELLA, R.A.C (2011b) **Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino**. *Agroenergia em Revista*. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, v.2; n. 3; p. 8-9 ago- 2011.

PARRELLA, R.A.C (2011c) **Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino.** *Agroenergia em Revista*. – Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Brasília, v.2; n. 3; p. 8-9 ago- 2011.

PARRELLA, R.A.C.; SCHAFFERT R.; E.; Cota L.;V.; TARDIN F.;D.; MENEZES C.; B.; RODRIGUES J.; A.; S.; MENDES S.; M.; May A.; (2011). Comunicado Técnico 196 BRS 511- Variedade de Sorgo Sacarino para Produção de Etanol; *ISSN 1679-0162 Sete Lagoas, MG Dezembro, 2011.*

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.; MENEZES C.; B.; RODRIGUES J.; A.; S.; TARDIN F.;D.; PARRELLA, N.L.D.; SCHAFFERT R.; E.;. Cultivares (2014) In: Borém, A.; Pimentel, L., D.; Parrella, R., A., da C. **Sorgo do plantio á colheita**-Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014.275 p.: i. 1; 22 cm. ISBN: 978-85-7269-508-4

PARRELLA, RA da C., et al. (2010). "**Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa.**" *Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.*

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In BORÉM, A. (Organizador). **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa. Editora UFV, 1999. p. 429-485.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LÜDERS, R. R.; DUARTE, A; . P.; GALLO, P. B; SAWAZAKI, E. **Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de top crosses em três locais do estado de São Paulo.** *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605,2006.
PATERSON, A. et al. The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses. *Nature*, v. 457, p. 551-556, 2009.

PFEIFFER, T.W. et al. Heterosis in Sweet Sorghum and Selection of a New Sweet Sorghum Hybrid for Use in Syrup Production in Appalachia. *Crop Science*, v. 50, n. 5, p. 1788-1794, 2010.

PFEIFFER, T.W.; BITZER, M.J.; TOY, J.; PETERSEN, J.F. Heterosis in sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in Appalachia. *Crop Science* 50: p.1788-1794, 2010.

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

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMALHO M.A.P.; SANTOS J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro.** Goiânia, UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M. A. P., et al. "**Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.**" *Lavras: UFLA* (2012).

RAO PS, REDDY PS, RATHORE A, REDDY BVS, et al. Application GGE biplot and AMMI model to evaluate sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) hybrids for genotype x environment interaction and seasonal adaptation. *Indian J. Agric.Sci.* 81: 438-444, 2011.

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. REGASSA, T.H.; WORTMANN, C.S. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. **Biomass and Bioenergy**, v. 64, p. 348-355, 2014.

REGASSA, T.H.; WORTMANN, C.S. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. **Biomass and Bioenergy**, v. 64, p. 348-355, 2014.

Ribas , P. M. **Importância econômica.** Cultivo do Sorgo, 2008. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>>. Acessado 13 de novembro de 2014.

ROCHA, M. J. da. **Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo sacarino.** Dissertação (mestrado acadêmico) Programa de pós-graduação. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2016.

RODRIGES, J., A., (2008) **A cultura do Sorgo** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Milho e Sorgo, **Cultura do Sorgo.** Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm>. Acessado em 13 novembro de 2014.

RONNEY, W., L., **Sorghum Improvement: Integrating traditional and new technology to produce improved genotypes.** Advances in Agronomy, College Station, v. 83, n. 37, p. 37-109 , July 2004.

SANDEEP, R.G. et al. Parental combining ability as a good predictor of productive crosses in sweetsorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 2, n. 2, p. 245-250, 2010.

SANTOS, F. G. dos. **Sorgo sacarino.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

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.

SCHAFFERT, R., E.; PARRELLA, R., A., da C. Planejamento industrial. In: May 2012 [et al.]. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para**

bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa / editores técnicos André May ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 139).1 Sorgo. 2. Recurso energético. 3. Variedade. 4. Energia. I. May, André. II. Série.

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

SHULL, G.H. Beginnings of the heterosis concept. In: GOWEN, J.W. **Heterosis**. Ames: Iowa State College Press, p. 14-48, 1952.

SILVA, Michele Jorge da, 1987- S586c 2015. **Caracterização fenotípica e molecular de linhagens de sorgo sacarino visando produção de bioetanol** / Michele Jorge da Silva. - Viçosa, MG, 2015. x, 59f. : il. (algumas color.); 29 cm.

SILVA, R. A. **Adaptabilidade e estabilidade em híbridos e variedades de sorgo sacarino**. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Agrônômica-UFSJ. Universidade Federal de São João del-Rei. Sete Lagoas, MG. 2017.

SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. Sorghum: origin, history, technology, and production. Wile Series in **Crop Science**, Series Editor Texas A & M University, 2000, 824p.

SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. **Sorghum: origin, history, technology, and production**. Wile Series in Crop Science, Series Editor Texas A & M University, 2005, 824p.

SOUZA, V.F. de; PARRELLA, R. A. da C., TARDIN, F.D., COSTA, M.R. **Adaptability and stability of sweet sorghum cultivars**. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 13: 144-151. 2013.

SRINIVASA, R.P. et al. **Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement**. Information Bulletin n.77, Patancheru, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2009. 80.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

STEPHENS, J.C.; HOLLAND, P.F. Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. **Agronomy Journal**, v. 46, p. 20-23, 1954.

SUDHIR KUMAR, I., RAO, P. S., REDDY, B. V., RAVINDRABABU, V., REDDY, K. H. P. (2016). Heterosis and inbreeding depression in tropical sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Crop Research**, 51(01), 01-04.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J.G.; BEISMAN, D.A. (1997). **Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para obtenção de etanol em microdestilaria**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 17:221-229.

TESSO, et al. Analysis of Stalk Rot_Resistance and Genetic Diversity among Drought Tolerant Sorghum Genotypes. **Crop Sci.** 45: 645-652, 2005.

UMAKANTH, A.V et al. Combining ability and heterosis over environments for stalk and sugar related traits in sweet sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench.]. **Sugar Tech**, v.14, n.3, p.237-246, 2012.

UMAKANTH, A.V et al. Combining ability and heterosis over environments for stalk and sugar related traits in sweet sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench.]. **Sugar Tech**, v.14, n.3, p.237-246, 2012.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Indústria brasileira de cana-de-açúcar: uma trajetória de evolução.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html#>>. Acesso em 01 jun. 2017.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho.** 2. ed. rev. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 135-214.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades.** Tese (livre-docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970. 58 p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no Fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VINAYKUMAR, R., B. N. et al. Combining ability of parents and hybrids for juice yield and its attributing traits in sweet sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench]. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.2, n.1, p.41-46, 2011

VON PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo.** Lavras: UFLA, 2002. 76p.

APÊNDICE

Tabela: Resumo das análises de variância individuais para os cinco caracteres referente à avaliação de vinte dois progenitores e quarenta híbridos em Nova Porteirinha, MG, na safra de 2016/2017.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Flor	Alt	SST	PMV	TBH
Blocos	2	241.52	0.53	8.16	1047.36	31.71
Genótipos	63	306.6558**	2.311**	21.7064**	3258.25**	35.878**
Resíduo	126	25.81	0.13	4.37	250.3	9.58
Média		73.51	2.66	13.8	90.62	12.02
CV(%)		6.91	13.78	15.15	17.46	25.75

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de sólidos solúveis (graus Brix); PMV= Produção de massa verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por hectare(t/há).

Tabela: Resumo das análises de variância individuais para os cinco caracteres referente à avaliação de vinte dois progenitores e quarenta híbridos em Sete Lagoas, MG, na safra de 2016/2017.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Flor	Alt	SST	PMV	TBH
Blocos	2	290.172	0.0371	56.9715	844.198	4.5145
Genótipos	63	1261.51**	3.05**	9.53**	3174.40**	54.54**
Resíduo	126	55.4893	0.0863	2.3727	188.465	3.9261
Média		94.94	2.82	12.07	73.87	9.02
CV(%)		7.85	10.43	12.76	18.59	21.96

^{ns} = Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Flor= Florescimento (dias); Alt= altura (m); SST= Teor de Sólidos Solúveis (graus Brix); PMV= Produção de Massa Verde (t/há) e TBH= Toneladas de Brix por Hectare(t/há).