

ISADORA CRISTINA MARTINS OLIVEIRA

**HETEROSE E CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO EM CRUZAMENTOS
DIALÉLICOS DE SORGO BIOMASSA**

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
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

O48h
2015

Oliveira, Isadora Cristina Martins, 1990-
Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos
dialélicos de sorgo biomassa / Isadora Cristina Martins Oliveira.
- Viçosa, MG, 2015.
ix, 75f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.68-75.

1. *Sorghum bicolor*. 2. Sorgo - Melhoramento Genético.
3. Heterose. 4. Biomassa. 5. Biocombustíveis. 6. Energia
- Fontes alternativas. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 633.17

ISADORA CRISTINA MARTINS OLIVEIRA

**HETEROSE E CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO EM CRUZAMENTOS
DIALÉLICOS DE SORGO BIOMASSA**


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 2015.


Rafael Augusto da Costa Parrella
(Coorientador)


Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)


Leonardo Duarte Pimentel


José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

À minha mãe...

... aos meus irmãos Paulo e Isabela...

... à minha família, em especial aos primos do Boga...

...às minhas Cristinas, Kamilla, Ana e Isabella...

...ao meu namorado Rafael...

...e à todos que ajudaram na concretização de mais este sonho...

...que sempre acreditaram em mim, me apoiando e incentivando,

cujos gestos de amor e carinho fizeram parte dessa importante

etapa de minha vida.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

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

À minha mãe, minha guerreira, 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 sua, mãe.

À minha irmã, pelo companheirismo e pelas doses diárias de amor (Você faz muita falta).

Ao meu irmão, pelo amor e proteção.

Ao meu namorado Rafael, pelo apoio, compreensão e companheirismo.

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

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

Ao professor Pedro Crescêncio, pela orientação, disponibilidade e ensinamentos.

À minha família, pelo amor incondicional.

Aos colegas e funcionários do Galpão de Melhoramento de Sorgo da Embrapa pelo apoio braçal e pelas horas de descontração, vocês são demais!

Ao meu amigo Vitor, sem você meu mestrado não seria o mesmo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –
CNPq, pelo apoio financeiro.

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

MUITO OBRIGADA!

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | vi |
| ABSTRACT..... | viii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. A Cultura do Sorgo..... | 4 |
| 2.2. O Sorgo Biomassa e a Sensibilidade ao Fotoperíodo..... | 7 |
| 2.3. Melhoramento genético e obtenção de híbridos de sorgo..... | 10 |
| 2.4. Cruzamentos Dialélicos..... | 14 |
| 2.5. Dialelo Parcial..... | 16 |
| 2.6. Heterose..... | 17 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 19 |
| 3.1. Local de condução dos experimentos..... | 19 |
| 3.2. Material Genético..... | 19 |
| 3.3. Obtenção dos híbridos..... | 20 |
| 3.4. Condução dos experimentos..... | 24 |
| 3.5. Caracteres avaliados..... | 25 |
| 3.6. Análise estatística e genética..... | 27 |
| 3.6.1. Análise de variância..... | 27 |
| 3.6.2. Acurácia..... | 28 |
| 3.6.3. Análises dialélicas e estatístico-genéticas..... | 29 |
| 3.6.4. Estimativas da Heterose..... | 30 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 31 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 67 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 68 |

RESUMO

OLIVEIRA, Isadora Cristina Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de sorgo biomassa**. Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Rafael Augusto da Costa Parrella.

O Brasil passa atualmente por grande demanda energética, devido o surgimento de indústrias de grande porte para Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, e estados do Nordeste, além da demanda do Estado de São Paulo, mais importante pólo industrial do País. Apesar de a matriz energética brasileira estar concentrada na geração de energia por hidrelétricas, muitas usinas termoelétricas estão sendo instaladas em todo o País, a fim de atender essas demandas energéticas crescentes. Contudo ainda há déficit de matéria prima para as termoelétricas, nesse contexto o sorgo biomassa entra como uma alternativa eficiente como fonte de energia através do vapor para industrialização ou cogeração de eletricidade. Outra vantagem do sorgo biomassa é o possível uso na produção de etanol de segunda geração ou etanol 2G, que vem ganhando espaço no setor dos biocombustíveis. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a capacidade combinatória de linhagens A e R de sorgo biomassa e estudar a expressão da heterose de híbridos de sorgo biomassa relativa a caracteres agronômicos e tecnológicos visando à cogeração de energia. O experimento foi conduzido em DBC, em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, e foram avaliados 36 híbridos, resultantes do cruzamento dialélico parcial, seis linhagens R, seis linhagens A, e o híbrido comercial BRS716 como testemunha, totalizando 49 tratamentos. As características avaliadas foram: altura de plantas, massa de matéria verde (MMV), massa de matéria seca (MMS), porcentagem de massa seca (MS%), teor de fibra em detergente ácido (FDA), teor de fibra em detergente neutro (FDN), teor de lignina, teor de celulose e teor de hemicelulose. Foi realizado o desdobramento do efeito de linhagem/híbrido e da interação genótipos x ambiente de acordo com o dialelo parcial, a partir das médias fenotípicas. Para isso, adotou-se o modelo de Griffing (1965) adaptado a dialelos parciais para o cálculo da Heterose e o modelo proposto por Miranda Filho e Geraldi (1984), adaptado através do modelo de Gardner e Eberhart (1966), para o estudo da Capacidade de combinação em dialelos parciais envolvendo os genitores e F1's. As análises estatísticas necessárias foram realizadas com auxílio do programa GENES (Cruz, 2013). Todas as características avaliadas neste trabalho apresentaram diferença significativa para tratamento nos dois locais e pela análise conjunta foi

constatado presença de interação GxA em todos os caracteres, exceto para altura de plantas. Ainda constatou-se predomínio de efeito gênico não-aditivo para as características altura, MMV e MMS, e para as características MS%, FDA, FDN, lignina, celulose e hemicelulose houve predomínio de efeito não-aditivo em Sete Lagoas e efeito aditivo em Nova Porteirinha. Os efeitos de CGC, no geral, mostraram-se superiores nos progenitores do grupo II, evidenciando presença de maior variabilidade genética no mesmo. Pelo método de Griffing (1956) adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988) foram selecionados os híbridos H23 e H29 para a característica altura de plantas, H1 e H10 para MMV, H1 e H5 para MMS e H2 para teor de lignina. E pelo método de Gardner e Eberhart (1966) adaptado por Miranda Filho e Geraldi (1984), as combinações híbridas que mostraram superiores para Altura foram H2, H8, H10, H14, H20 e H28, e para MMV e MMS foram os híbridos H4, H8, H9, H10, H16, H22 e H34. Dessa forma, os híbridos H1, H5 e H10 foram os que apresentaram maior potencial para uso na cogeração de energia.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Isadora Cristina Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Heterosis and combining ability in diallel crosses of biomass sorghum.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Rafael Augusto da Costa Parrella.

The Brazil is currently undergoing large energy demand due to large industries rise to Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais and Northeastern states, in addition to the demand of the State of São Paulo, the most important industrial center in the country. Although the Brazilian energy matrix is concentrated in power generation by hydroelectric, many thermoelectric plants are being installed across the country in order to meet these growing energy demands. However there is still deficit of raw materials for thermoelectric, in this context the sorghum biomass comes as an efficient alternative for energy generation through steam to industrialization or cogeneration of electricity. Another sorghum biomass advantage is the possible use in producing ethanol from second generation or 2G ethanol, which has been gaining ground in the sector of biofuels. The aim of this study was to estimate the combining ability of lines A and R of sorghum biomass and to study the expression of heterosis of sorghum biomass hybrids on agronomic and technological properties in order to cogeneration. The experiment was carried out in randomized blocks, in the cities Sete Lagoas and Nova Porteirinha, and were evaluated 36 hybrids resulting from partial diallel cross six strains R, six strains A, and the commercial hybrid BRS716 as a witness, totaling 49 treatments. The characteristics evaluated were: plant height, mass of green matter (MMG), dry matter (MMD), percentage of dry matter (DM%), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), lignin, cellulose and hemicellulose. We performed the unfolding of the lineage effect / hybrid and genotype x environment according to the partial diallel, from the average phenotypic. For this, we adopted the model of Griffing (1965) adapted the partial diallels to calculate the heterosis and the model proposed by Miranda Filho and Geraldi (1984), adapted by Gardner and Eberhart model (1966), for the study combining capacity in diallels partial involving parents and F1's. The statistics analysis were performed using the GENES program (Cruz, 2013). All features evaluated in this study showed a significant difference to treatment in both locations and the joint analysis it was found the presence of GxE interaction for all characters, except for plant height. Also it was found a predominance of non-additive gene effect for MMV and MMS features, and the characteristic lignin content, no-additive effect of dominance in Sete

Lagoas and additive effect in Nova Porteirinha. The CGC effects, overall, proved superior in group II parents, indicating the presence of greater genetic variability in the same. By the method of Griffing (1956) adapted by Geraldi and Miranda Filho (1988) the hybrid H23 and H29 were selected for the trait plant height, H1 and H10 for MMV, H1, H5 and H2 for MMS to lignin content. And the method of Gardner and Eberhart (1966) adapted by Miranda Filho and Geraldi (1984), the hybrids that showed higher for height were H2, H8, H10, H14, H20 and H28, and MMV and MMS were the H4 Hybrid , H8, H9, H10, H16, H22 and H34. Thus, the hybrid H1, H5 and H10 showed the greatest potential for use in energy cogeneration.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil passa atualmente por grande demanda energética, devido principalmente ao surgimento de indústrias de grande porte no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, e estados do Nordeste, além da demanda do Estado de São Paulo, mais importante pólo industrial do País. Essas usinas são grandes consumidoras de energia, sendo responsáveis pelo consumo de quase 34% da energia total consumida no país. Pesquisas mostram que esses valores só tendem a aumentar. Segundo o relatório anual da Agência Internacional de Energia, haverá um crescimento da demanda por energia no Brasil de 2,2% ao ano até 2035. Estes valores foram confirmados no ano de 2014 pelo Relatório Anual do Ministério de Minas e Energia, onde foi observado um aumento de 2,9% do consumo de energia no país.

Nos últimos anos as usinas hidroelétricas, principal fonte de energia renovável do Brasil, apresentaram queda de quase 20% na produção de energia. Os números divulgados pelo Ministério de Minas e Energia, no BEN – Balanço Energético Nacional de 2014, mostraram que em 2012 as hidrelétricas representavam 84,5% da matriz elétrica brasileira, já em 2014 este número caiu para 65,2%. As principais causas dessa queda foram as baixas pluviosidades observadas nos últimos anos, impedindo que as usinas trabalhassem na sua capacidade máxima.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2015) as termoelétricas apresentaram um aumento de 18% na produção de energia, de 2013 a 2014. Sendo que em 2014 representaram 34,7% da produção total de energia elétrica no país. As principais fontes de geração térmica no Brasil são o gás natural e a biomassa, que participam com 39,6 e 22,6% na geração termoelétrica total do país, respectivamente.

No Brasil, o bagaço de cana-de-açúcar representa cerca de 5% da matriz brasileira de geração de energia elétrica, sendo a principal fonte de biomassa para a geração de eletricidade (CONAB, 2011). Nos últimos anos, as usinas começaram a transformá-lo em um fluxo adicional de receita, por meio da geração de energia vendida para a rede ou pela geração de excedente de energia para processos industriais em locais próximos. A energia elétrica produzida através da biomassa além de ser uma energia renovável, tem a vantagem de estar próxima dos grandes centros de consumo, reduzindo os custos de distribuição.

Contudo, a diminuição da moagem de cana na safra 2014/2015 no Centro-Sul do país e o longo período da entressafra, em torno de cinco meses, está fazendo necessária a complementação de matéria-prima nas usinas. Neste contexto o sorgo biomassa entra como uma alternativa eficiente como fonte complementar de energia através do vapor para industrialização ou cogeração de eletricidade.

O sorgo Biomassa é uma cultura semeada na primavera, que coincide com o período chuvoso e a colheita é realizada na entressafra da cana, quando não se tem matéria-prima para a produção de energia, reduzindo, assim, o período de ociosidade das termelétricas e gerando mais renda. É uma cultura tolerante ao déficit hídrico; propagada por semente; possível mecanização de todo o manejo, do plantio à colheita; ciclo curto, de cinco a seis meses; potencial produtivo médio de matéria seca de 30 a 40 t.ha⁻¹, por ciclo; além de ser uma planta C₄, ou seja, possui alta taxa fotossintética (PARRELLA, 2011).

Para suprir a demanda por cultivares de sorgo biomassa 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.

O estudo das características de interesse econômico é de grande importância para o sucesso dos programas de melhoramento e a análise dialélica vem se mostrando uma ferramenta interessante nesse meio. As análises dialélicas são úteis na estimação de parâmetros para a seleção de genitores e para a hibridação, e na determinação da ação gênica que controla o caráter (MENEZES, 2014).

Entre as metodologias mais comumente utilizadas citam-se a proposta por Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas de quadrados de efeitos de capacidade geral e específica de combinação; e a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal (CRUZ, et al., 2012).

Uma restrição ao uso de dialelos completos é o número elevado de cruzamentos que são realizados, tendo como alternativa os dialelos parciais. Esta metodologia consiste na combinação entre genitores de grupos diferente, sendo estes divergentes em um ou mais caracteres. Nesta pesquisa, os dois grupos diferem principalmente quanto a macho-esterilidade citoplasmática, sendo um grupo composto de linhagens restauradoras (R) de fertilidade e o outro grupo por linhagens macho-estéreis (A).

Os objetivos deste trabalho foram estimar a capacidade combinatória de linhagens restauradoras de fertilidade de sorgo biomassa quando cruzadas com linhagens macho-estéreis e, estudar a expressão da heterose em híbridos de sorgo biomassa relativa a caracteres agrônômicos e tecnológicos visando a cogeração de energia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Cultura do Sorgo

O sorgo pertence à família Poaceae, gênero *Sorghum* e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É uma planta de origem Africana, mas alguns autores advertem que pode haver duas regiões de dispersão independentes, sendo uma na África e a outra na Índia (BUSO, 2011). A domesticação, segundo registros arqueológicos, se deu a mais de 3000 A.C. na Etiópia (RIBAS, 2007). Apesar de ser uma cultura muito antiga, sua expansão mundial se deu apenas no século XIX. No Brasil, a cultura do sorgo começou a se ampliar somente na década de 70, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Paraná (ROSA, 2012).

É uma planta C4, de dias curtos e com alta taxa fotossintética. A grande maioria dos materiais de sorgo requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. Quando comparado à maioria dos cereais, o sorgo se destaca por apresentar maior tolerância a déficit hídrico e ao excesso de umidade. As plantas de sorgo podem ter altura variando de 40 centímetros a mais de quatro metros, determinada pelo número de nós e a distância dos entrenós, que são influenciados por fatores genéticos e ambientais. O perfilhamento é regulado por fatores genéticos, hormonais e ambientais, sendo que em dias mais curtos e temperaturas do ar mais amenas as plantas apresentam maior perfilhamento (MAGALHÃES et al., 2007).

Segundo Magalhães et al. (2008), o sistema radicular é abundante, fibroso e com grande concentração de pelos absorventes, pode atingir profundidades de até 1,5 metros, sendo que 80% das raízes estão concentradas nos primeiros 30 cm de

profundidade. Plantas com genes para tolerância ao alumínio tóxico desenvolvem um sistema radicular mais profundo e mais eficiente na aquisição de água e nutrientes.

As folhas do sorgo podem chegar a um metros de comprimento, e são responsáveis por uma taxa fotossintética que variam de 30 a 100 mg de CO₂ .dm⁻².h⁻¹, de acordo com o material genético, intensidade de luz e idade das folhas. Uma planta de sorgo pode ter de 7 a 30 folhas, que são determinadas pela cultivar, fotoperíodo e temperatura. São ricas em estômatos e possuem depósito de substâncias cerosas que diminuem a perda de água quando em condições de estresse hídrico (MAGALHÃES et al., 2008).

O sorgo é considerado uma extraordinária fonte de energia, com boas produtividades, alta digestibilidade e é vastamente utilizada em regiões muito seca e quentes, onde o homem não consegue boas produtividades com outras culturas. De acordo com Rodrigues & Silva (2011) o sorgo vem sendo cultivado entre as latitudes 45° Norte e 45° Sul, isto devido aos trabalhos de melhoramento genético para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às regiões fora da zona tropical. E também se sobressai em regiões onde a precipitação anual varia de 375 a 625 mm (BUSO, 2011).

De acordo com EMBRAPA (2014) o sorgo é agronomicamente dividido em cinco grupos: granífero, forrageiro, vassoura, sacarino e biomassa. Segundo Buso (2011) os graníferos são variedades de porte baixo e adaptadas à colheita mecânica, cujo principal produto de utilização é o grão, usado na fabricação de rações animal. O forrageiro são plantas de porte mais alto cuja biomassa é utilizada na confecção de silagem, massa verde e feno. O sorgo vassoura tem como principal produto a panícula, que é usada na confecção de vassouras e fabricação de artesanatos. O

quarto grupo, os sacarinos, são utilizados para produção de etanol de primeira e segunda geração. E o sorgo biomassa, que são materiais com rápido crescimento e alto poder produtivo é usado em usinas termoelétricas e em indústrias que utilizam caldeiras para gerar energia para consumo próprio (EMBRAPA, 2014).

Dos quatro grupos o granífero é o que possui maior extensão mundial e está entre os cinco cereais mais produzidos no mundo (VON PINHO; VASCONCELOS, 2002). Sendo que 82% da produção concentram-se na Ásia e África, mas, no entanto, as maiores produtividades são encontradas na América do Norte (BUSO, 2011). De acordo com Corder (2015), atualmente o Brasil se situa no oitavo lugar de países que mais produzem sorgo no mundo.

No Brasil os estados de maior representação da cultura, de acordo com Corder (2015), são os estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, com áreas de 209,8 mil, 170,4 mil e 139,5 mil hectare plantados, respectivamente. A produtividade média alcançada em 2014 foi 2705 kg.ha^{-1} e produção chegou a mais de 1986 mil toneladas de grão.

De acordo com a CONAB (2015), a produção de sorgo no Brasil vem apresentando anualmente ligeiro crescimento desde sua introdução no mercado agrícola brasileiro. Duarte (2008) cita que esse crescimento esta de acordo com três fatores. O primeiro está relacionado à criação, no início dos anos noventa, do Grupo Pró-Sorgo, que teve como objetivo o fomento da produção de sorgo no Brasil, com maior divulgação das potencialidades da cultura e suas modernas tecnologias. A segunda está relacionada ao uso do sistema de produção de plantio direto na região Centro-Oeste e Sudeste tendo o sorgo como uma cultura que além de servir para rotação com a soja produz boa palhada necessária a este sistema. E a terceira diz

respeito à crescente importância da Safra de Inverno (Segunda Safra ou Safrinha) na região central do Brasil, onde o sorgo representa menor risco, uma vez que é mais resistente ao estresse hídrico do que o milho.

O sorgo no Brasil tem sido utilizado não somente para a produção de grãos e forragem para alimentação de animais ruminantes, mas também para fins energéticos através da geração de energia térmica, elétrica e mecânica através da queima da biomassa (PURCINO, 2011).

2.2. O Sorgo Biomassa e a Sensibilidade ao Fotoperíodo

O sorgo biomassa é uma cultura totalmente mecanizável (do plantio à colheita), propagada por semente, tolerante à seca, de ciclo curto (5 a 6 meses), com os sistemas de produção totalmente conhecidos, e com boa adaptação a regiões tropicais e temperadas. Além disso, apresenta alto rendimento energético (PARRELLA et al., 2011). É uma cultura semeada na primavera (período chuvoso) e a colheita é realizada durante a entressafra da cana, quando há queda da produção de energia nas usinas de cana-de-açúcar pela falta de matéria-prima, o que possibilita aumento da renda e menor ociosidade das mesmas (EMBRAPA, 2014). As produtividades do sorgo, em média, podem chegar a mais de 30 t/ha⁻¹ de matéria seca, sendo que alguns materiais experimentais do programa de melhoramento da EMBRAPA Milho e Sorgo já apresentam produtividade acima de 50 t/ha⁻¹ de matéria seca (PARRELLA et al., 2010, 2011).

O sorgo biomassa vem ganhando espaço no mercado das energias renováveis. Tem sido utilizado como fonte alternativa para produção de etanol, com o etanol de segunda geração (2G), e como matéria-prima na queima da biomassa, pelas usinas

termoelétricas, devido às altas produtividades alcançadas e a facilidade no cultivo quando comparado às outras fontes de matéria-prima (MAY et al., 2013).

Segundo Parrela et al. (2010) na geração de etanol 2G a matéria-prima (biomassa vegetal) precisa passar por processos termoquímicos para converter as longas cadeias carbônicas em açúcares fermentescíveis, ou seja, glicose, frutose e sacarose (pentoses e hexoses). Estes açúcares passam por uma transformação bioquímica, fermentação, que resulta em etanol e CO₂ (BARCELOS, 2012). É um processo não muito conhecido e que ainda necessita de muito estudo para se tornar economicamente viável. Segundo Damasceno (2013), para produção do etanol 2G são visados materiais com menor teor de lignina, pois esta interfere negativamente no processo de sacarificação da biomassa em açúcares fermentáveis. A lignina é um composto polifenólico da parede celular, que pode interferir diretamente com a hidrólise enzimática da celulose por deixar as microfibras fisicamente menos acessíveis a enzimas ou, indiretamente, por liberar subprodutos de sua própria degradação que podem inibir o processo fermentativo subsequente (DAMASCENO et al., 2010; VAN DER WEIJDE et al., 2013).

A cogeração de energia é a produção simultânea e sequencial de dois ou mais tipos de energia, calor de processo e potência mecânica e/ou elétrica, a partir da energia disponibilizada por um ou mais combustíveis (BARJA, 2006). Assim, para um dado processo industrial de produção, na condição em que há demanda simultânea das energias térmica e eletromecânica, por exemplo, a aplicação da cogeração se apresenta como eficaz alternativa, com a vantagem do uso racional de combustível. De acordo com o mesmo autor, as formas que são mais frequentes são a energia mecânica, que é utilizada diretamente no acionamento de equipamentos ou para geração de energia elétrica e a energia térmica que é utilizada diretamente no

atendimento das necessidades de calor para processos, ou indiretamente na produção de vapor. O sorgo biomassa possibilita transformar a energia térmica, gerada pela queima do bagaço, em energia elétrica (SANTOS, 2012). Para este fim, materiais com maiores teores de fibra e lignina são mais atraentes, pois geram maior poder de queima aos materiais (MAY et al., 2013).

Segundo Farias et al. (2014), a adaptação de diferentes culturas à determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, da sua exigência fotoperiódica, ou seja, horas de luz exigida pela planta. A duração de luz e de escuro afetam a indução floral e o crescimento vegetativo, o que proporcionam no sorgo biomassa maior ou menor produção de matéria verde no final do ciclo (PARRELLA et. al, 2010).

No sorgo, o controle de sensibilidade ao fotoperíodo está associado, principalmente, ao efeito do gene *Ma1*, que possui dois alelos *Ma1* dominante e *ma1* recessivo (ROONEY & AYDIN, 1999). Segundo Miller et al. (1968), os efeitos do gene *Ma1* sobre a data de floração depende da data de plantio da cultura e da duração do dia (horas de luz) durante o período de crescimento. Lin et al. (1995) mostraram através de marcadores moleculares que o alelo dominante *Ma1* é responsável pela fotossensibilidade e o alelo recessivo *ma1* foi o fator principal para tipos de sorgo insensíveis. Assim, genótipos homozigotos dominantes ou heterozigotos são sensíveis ao fotoperíodo e genótipos homozigotos recessivos são insensíveis.

Segundo Rooney e Aydin (1999), genótipos sensíveis ao fotoperíodo florescem apenas quando o dia apresenta menos de 12 horas e 20 minutos de luz. Como no Brasil o plantio é realizado entre Outubro e Dezembro, as plantas só encontrarão condições favoráveis para o florescimento após o dia 21 de março do

próximo ano, adquirindo dessa maneira alta produção de biomassa (MAY et al., 2013). Com isso, é possível a confecção de híbridos com maior ciclo vegetativo e conseqüentemente maior produção de massa verde, que é o principal produto para cogeração de energia.

2.3. Melhoramento genético e obtenção de híbridos de sorgo

O sorgo é uma planta monóica que apresenta flores perfeitas, sendo basicamente autógama. E geralmente apresentam pequena depressão por endogamia quando se utiliza métodos de melhoramento para obtenção de linhas puras (ROSS, 1973). Entretanto, a taxa de polinização cruzada na cultura é pequena e variável, em torno de 2% a 10%, podendo atingir 60% em panículas abertas, conforme o genótipo e o ambiente. Quando ocorre a polinização cruzada, o vento é o principal agente dispersor de pólen (SMITH & FREDERIKSEN, 2005). Segundo Parrella (2006), esses cruzamentos, frequentemente, mostram vigor híbrido semelhante ao que acontece em espécies alógamas, como o milho.

Nos programas de desenvolvimento de variedades do sorgo a base foi a autofecundação, que possibilitou o estabelecimento da cultura como alternativa viável em regiões importantes, principalmente nos Estados Unidos, antes da era do híbrido. Atualmente é a base para obtenção de linhagens nos programas de desenvolvimento de híbrido (SMITH & FREDERIKSEN, 2005). Essas alternativas ilustram a natureza bivalente do sorgo e oferecem aos melhoristas a oportunidade ímpar para manipulação de germoplasma (ROSS, 1973).

O fenômeno da heterose foi observado em sorgo em 1927, porém sua exploração comercial foi possível a partir de 1954, com a descoberta do sistema de macho-esterilidade genético-citoplasmática (QUINBY, 1974). Segundo Murty et al.

(1994) a esterilidade masculina genético-citoplasmática do sorgo é causada por uma interação de fatores indutores de esterilidade no citoplasma com fatores genéticos no núcleo, e resulta da combinação de citoplasma Milo e genes Kafir encontrados no núcleo. Assim, todos os descendentes de plantas macho-estéreis possuem o citoplasma macho-estéril, mas podem ser férteis, dependendo dos genes nucleares presentes na planta usada como polinizadora. O aparecimento dos tipos macho-estéreis em sorgo possibilitou a produção econômica de sementes híbridas (BAI, 1982).

Os híbridos de sorgo são produzidos pelo cruzamento entre linhagem macho-estéril e uma linhagem fértil polinizadora. A linhagem macho-estéril, denominada linhagem 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 sobre a linhagem A. As linhagens A e B são isogênicas, porém diferentes na fertilidade do pólen (SMITH & FREDERIKSEN, 2000).

As sementes de híbridos são produzidas pelo cruzamento entre uma linhagem A e uma linhagem restauradora da fertilidade denominada R. Sementes produzidas desse cruzamento produzirão plantas macho-férteis, isto é, a linhagem R restaura sobre a linhagem A. A linhagem R não é fenotipicamente similar à linhagem A, e a combinação delas deverá resultar em um híbrido de alto potencial de rendimento (HOUSE, 1985) (Figuras 1 e 2).

A multiplicação da linhagem A e a produção de sementes do híbrido, em larga escala, devem ser realizadas em campos isolados, na proporção básica de três fileiras da linhagem A para uma fileira da linhagem R, procurando proporcionar a

coincidência no florescimento das duas linhagens. A multiplicação da linhagem R deve ser feita em campo isolado, utilizando-se os mesmos procedimentos com linhas puras.



Figura 1: À esquerda linhagem R, ao centro linhagem A e à direita híbrido resultante do cruzamento entre as duas linhagens, aos 73 dias após emergência.

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 2: Híbrido resultante do cruzamento entre uma linhagem A e uma Linhagem R, aos 108 dias após emergência. Fonte: Elaborada pelo autor

Um aspecto muito importante na experimentação e seleção de materiais geneticamente superiores é a qualidade dos experimentos. Um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação da qualidade experimental é a acurácia seletiva (RESENDE & DUARTE, 2007). Segundo os mesmos autores tal parâmetro não depende apenas da magnitude da variação residual e do número de repetições, mas também da proporção entre as variações de natureza genética e residual associadas ao caráter em avaliação. A acurácia tem a propriedade de informar sobre o correto ordenamento dos cultivares para fins de seleção e, também, sobre a eficácia da inferência acerca do valor genotípico dos materiais (RESENDE, 2002). Este

parâmetro refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos. Conforme Resende e Duarte (2007) esta estatística varia de 0 a 1 e, pode ser classificada como muito alta ($\hat{r}_{gg} \geq 90,0$), alta ($90,0 \leq \hat{r}_{gg} < 70,0$), moderada ($70,0 \leq \hat{r}_{gg} < 50,0$) e baixa ($\hat{r}_{gg} < 50,0$).

2.4. Cruzamentos Dialélicos

A escolha dos genitores constitui-se em um dos principais pontos ao iniciar o programa de melhoramento. Sucesso na obtenção de genótipos com potencial de produção de biomassa pode ser almejado pela obtenção de combinações híbridas que reúnem elevado desempenho e qualidade. Tradicionalmente, a escolha dos genitores se baseia na análise do comportamento per se e também em cruzamentos dialélicos.

O termo dialelo tem sido utilizado para expressar 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's, retrocruzamentos (CRUZ, 1994). Existem várias formas de arranjo do esquema dialélico, sendo eles:

- Dialelo Balanceado: Incluem os híbridos entre todos os pares de combinações, podendo incluir adicionalmente os genitores, recíprocos e até mesmo os F₂'s e retrocruzamentos;
- Dialelo Parcial: Envolve dois grupos de genitores e seus respectivos cruzamentos. Adaptações dos modelos de Griffing e Gardner e Eberhart maximizam as informações sobre os grupos estudados com menor número de cruzamentos;

- Dialelo Circulante: Os genitores são representados pelo mesmo número de cruzamentos, mas inferior a $p-1$;
- Dialelo Desbalanceado: Todas as combinações híbridas estão representadas, porém em frequência variável, em virtude do número desigual de repetições.
- Dialelo Incompleto: Os genitores são representados por um número variável de cruzamentos, devido a falhas de certas combinações híbridas;

No sistema de cruzamentos dialélicos a capacidade combinatória é dividida em capacidade geral e capacidade específica de combinação (CRUZ E REGAZZI, 2001). De acordo com Vencovsky (1970), capacidade geral de combinação (CGC), refere-se ao comportamento médio de uma série de híbridos, ou seja, é o comportamento médio de um genitor em uma série de cruzamentos, e é associada à ação aditiva dos genes. E a capacidade específica de combinação (CEC), refere-se ao comportamento de uma linhagem quando cruzada com outra e é associada aos efeitos da dominância, também é utilizada como um indicador da variabilidade presente entre cruzamentos.

O estudo da capacidade combinatória de grande número de acessos, por meio de cruzamentos dialélicos, torna-se impraticável em função do número de polinizações necessárias e das dificuldades com operações de campo (RUSSELL & EBERHART, 1974). Por outro lado, ao se avaliar pequeno número de acessos e combinações híbridas, além de reduzir a probabilidade de se encontrar as melhores combinações, os estimadores da CGC ficam sujeitos à grande variação residual, e o reduzido número de graus de liberdade associado aos efeitos da CEC pode dificultar os testes estatísticos (SILVA, 2011).

A combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos parentais apresente elevada capacidade geral de combinação (CRUZ et al., 2004). É válido ressaltar, porém, que dois parentais de elevada CGC nem sempre proporcionam a formação da melhor combinação do dialelo (CRUZ E VENCOSKY, 1989). Dentre as metodologias de análises dialélicas mais comumente utilizadas nos programas de melhoramento há a proposta por Griffing (1956), que estima os efeitos de capacidade geral e específica de combinação, e a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal (CRUZ, et al., 2012).

Com relação à metodologia original de Gardner e Eberhart (1966), Vencovsky (1970) destacou que a heterose média é função linear da dominância e das variâncias das frequências gênicas entre os genitores, podendo ser aumentada se houver aumento da variância das frequências gênicas, no mínimo em parte dos locos dominantes. Se o genitor revela valores positivos para heterose, indica que há dispersão das frequências gênicas em relação à frequência gênica média. Entretanto, genitores que apresentam valores negativos para heterose, indicam que estes apresentam menor diversidade em relação aos demais genitores.

2.5. Dialelo Parcial

A mensuração da capacidade combinatória em um cruzamento dialélico contendo um número muito grande de genitores pode tornar-se inviável devido às várias combinações híbridas que necessitam ser obtidas (RUSSELL E EBERHART, 1974). Com a finalidade de se analisar maior número de acessos, com menor número de polinizações e menor dispêndio de recursos, propõe-se a aplicação de dialelo

parcial. Também denominado por delineamento II ou delineamento em fatorial, o dialelo parcial foi inicialmente proposto por Comstock e Robinson (1948, 1952), tendo sido posteriormente adaptado por Griffing (1956), Kempthorne e Curnow (1961) e Gardner e Eberhart (1966) e consiste no cruzamento entre dois grupos de genitores distintos.

Portanto, o dialelo parcial permite o estudo da capacidade geral e específica de combinação, realizado por meio da análise de uma amostra de todos os possíveis cruzamentos entre os genitores, viabilizando o estudo da capacidade combinatória de um conjunto elevado de genitores, ao contrário dos dialelos completos, onde todas as combinações entre genitores são incluídas, além dos próprios genitores e híbridos recíprocos, inviabilizando o estudo dos dialelos envolvendo grande número de genitores (CRUZ et al., 2004).

Cruz et al. (2004) ressaltam que ao se avaliar um número reduzido de genitores, representado também por um número pequeno de combinações híbridas, os poucos graus de liberdade associados aos efeitos da CEC, poderão proporcionar certa dificuldade em se apontar diferenças significativas nos ensaios dialélicos. Esses autores afirmaram ainda, que embora seja útil quando se deseja reduzir o número de cruzamentos, o esquema dialélico parcial não permite identificar as combinações entre os genitores do mesmo grupo.

2.6. Heterose

Heterose é o comportamento superior das plantas F1's comparado à média dos pais de acordo com Falconer & Mackay (1996). E de acordo com Shull (1952) a heterose descreve o fenótipo que resulta do cruzamento entre duas linhagens divergentes. A heterose é também conhecida como vigor híbrido.

De acordo com Silva (2002), a quantidade de heterose produzida em um cruzamento entre dois genitores depende da diferença da frequência gênica entre os mesmos para os locos envolvidos na expressão de uma determinada característica. Não havendo esta diferença, não haverá heterose.

Embora a heterose se manifeste em grande número de espécies autógamas, apenas para um número muito restrito dessas espécies ela é explorada comercialmente, devido às dificuldades inerentes à produção dos híbridos nas mesmas (BORÉM, 1997). No entanto, na cultura do sorgo foram descobertas linhagens com macho-esterilidade citoplasmática, o que viabiliza a comercialização de híbridos (BAI, 1982).

Quando se menciona sobre heterose em autógamas surge automaticamente o questionamento sobre a depressão endogâmica. Segundo Ross (1973), o sorgo apresenta pequena depressão endogâmica quando autofecundado.

Conforme Shull (1952) a base genética da heterose tem sido explicada basicamente por três hipóteses, a hipótese da dominância, da sobredominância, e da epistasia. Todas estas hipóteses sugerem que a responsável pela superioridade dos híbridos em relação às linhagens endogâmicas é a contribuição de muitos genes. De acordo com este mesmo autor na hipótese da dominância a heterose é explicada pela complementariedade dos alelos dominantes de ambos os parentais em múltiplos locos, sendo os alelos dominantes responsáveis pela superioridade dos genótipos, por outro lado os alelos recessivos são prejudiciais aos indivíduos. Na hipótese da sobredominância as características superiores adquiridas pelos híbridos se dão pela interação alélica de múltiplos locos em heterozigose. E na hipótese da epistasia a superioridade na expressão fenotípica é determinada pelas interações epistáticas

interalélicas de dois ou mais locos, e envolvem os efeitos aditivo x aditivo, aditivo x dominante e dominante x dominante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em duas localidades distintas no estado de Minas Gerais no ano agrícola de 2014/2015:

i) 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. Caracterizada pelo clima semiárido com temperaturas que oscilam de 33 °C a 45 °C. A região apresenta clima quente e seco com período chuvoso irregular e mal distribuído com média anual de 1074,9 mm.

ii) Área experimental da Embrapa Milho e Sorgo 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 desta pesquisa, foram utilizados 12 linhagens de sorgo biomassa, fornecidas pelo programa de melhoramento de Sorgo da Embrapa Milho e Sorgo, divididas em dois grupos (I e II) de acordo com a presença ou ausência da macho-esterilidade genético citoplasmática (Figura 3).



Figura 3: À esquerda panícula masculina com grãos de pólen maduro (presença de agentes polinizadores) e à direita panícula macho-estéril com os estigmas receptivos (plumoso).

Fonte: Elaborada pelo autor

O grupo I foi composto por seis linhagens macho-estéreis (Linhagens A). Estas linhagens são fêmeas de porte baixo que facilitam a colheita mecanizada. Sendo elas: CMSXS238A, CMSXS112A, CMSXS156A, CMSXS157A, CMSXS222A e CMSXS217A.

E o grupo II foi formado por seis linhagens restauradoras de fertilidade (Linhagens R), machos férteis. E os materiais usados foram: CMSXS7032R, CMSXS650R, CMSXS7039R, CMSXS7041R, CMSXS7042R e CMSXS7043R.

Como testemunha foi utilizado o híbrido comercial BRS716, material lançado pela Embrapa Milho e Sorgo para fins de cogeração de energia.

3.3. Obtenção dos híbridos

Os híbridos foram obtidos por cruzamentos manuais controlados, de acordo com o modelo de cruzamentos dialélicos parciais entre os grupos, no qual as seis fêmeas do grupo I foram cruzadas com os seis machos do grupo II, obtendo um total de 36 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 Nova Porteirinha no ano de 2014. O plantio das fêmeas e dos machos foi escalonado a fim de coincidir a época de floração dos mesmos. Sendo assim, os machos foram plantados no dia 05 de maio e as fêmeas dez dias depois, sendo realizada no dia 15 de maio. As linhas de cruzamentos foram compostas por 50 plantas, distribuídas em cinco metros e espaçadas em 0.7 metros (Figura 4).



Figura 4: Campo de cruzamento, mostrando a diferença de porte entre as linhagens macho-estéreis (porte baixo) e as linhagens macho-férteis (porte alto).

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 1: Cruzamento dialélico parcial 6x6, com os 12 progenitores e os 36 híbridos resultantes.

| Genitores | CMSXS238A | CMSXS112A | CMSXS156A | CMSXS157A | CMSXS222A | CMSXS217A |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| CMSXS7032R | CMSXS238A x CMSXS7032R (H1) | CMSXS112A x CMSXS7032R (H7) | CMSXS156A x CMSXS7032R (H13) | CMSXS157A x CMSXS7032R (H19) | CMSX222A x CMSXS7032R (H25) | CMSXS217A x CMSXS7032R (H31) |
| CMSXS650R | CMSXS238A x CMSXS650R (H2) | CMSXS112A x CMSXS650R (H8) | CMSXS156A x CMSXS650R (H14) | CMSXS157A x CMSXS650R (H20) | CMSX222A x CMSXS650R (H26) | CMSXS217A x CMSXS650R (H32) |
| CMSXS7039R | CMSXS238A x CMSXS7039R (H3) | CMSXS112A x CMSXS7039R (H9) | CMSXS156A x CMSXS7039R (H15) | CMSXS157A x CMSXS7039R (H21) | CMSX222A x CMSXS7039R (H27) | CMSXS217A x CMSXS7039R (H33) |
| CMSXS7041R | CMSXS238A x CMSXS7041R (H4) | CMSXS112A x CMSXS7041R (H10) | CMSXS156A x CMSXS7041R (H16) | CMSXS157A x CMSXS7041R (H22) | CMSX222A x CMSXS7041R (H28) | CMSXS217A x CMSXS7041R (H34) |
| CMSXS7042R | CMSXS238A x CMSXS7042R (H5) | CMSXS112A x CMSXS7042R (H11) | CMSXS156A x CMSXS7042R (H17) | CMSXS157A x CMSXS7042R (H23) | CMSX222A x CMSXS7042R (H29) | CMSXS217A x CMSXS7042R (H35) |
| CMSXS7043R | CMSXS238A x CMSXS7043R (H6) | CMSXS112A x CMSXS7043R (H12) | CMSXS156A x CMSXS7043R (H18) | CMSXS157A x CMSXS7043R (H24) | CMSX222A x CMSXS7043R (H30) | CMSXS217A x CMSXS7043R (H36) |



Figura 5: (A) Avaliação da viabilidade do pólen da linhagem R; (B) Coleta do pólen; (C) Derriza do pólen nas plantas macho-estéreis receptoras. Fonte: Elaborada pelo autor

O plantio das linhas, fêmeas e machos, foi alternado em campo. Sendo cada linhagem fêmea plantada seis vezes e alternadas com os seis machos, possibilitando a

realização dos cruzamentos de acordo com o dialelo parcial. 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 (Figura 5). As polinizações manuais consistiram em coletar o pólen das linhagens macho (Grupo II) em saco de papel para cruzamento, derriça de pólen, com as linhas macho-estéreis (Grupo I). 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 15 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.

3.4. Condução dos experimentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em ambos os locais, Sete Lagoas e Nova Porteirinha. Foram avaliados 49 tratamentos, compostos pelos 36 híbridos do dialelo parcial, 12 linhagens parentais (seis macho-estéreis e seis restauradoras) e uma testemunha de sorgo biomassa (híbrido comercial). As parcelas experimentais foram constituídas por duas fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,70 m, totalizando uma área útil de 7,00 m². A população inicial utilizada foi de 140.000 plantas.ha⁻¹. O bloco experimental foi composto por quatro linhas de bordadura do híbrido BRS716, em todas as extremidades.

O preparo do solo da área experimental em cada local foi realizado mediante aração e gradagem, um a dois dias antes da semeadura. Logo após, procedeu-se a adubação e semeadura com o auxílio de uma semeadeira mecânica. Para os dois

experimentos foram utilizados no sulco de plantio 450 kg.ha⁻¹ da formulação 08:28:16 de NPK, mais a aplicação de 200 kg de uréia.ha⁻¹ em cobertura após 20-25 dias do plantio.

A semeadura do experimento em Sete Lagoas foi realizada no dia 06 de Novembro de 2014, e em Nova Porteirinha foi realizada no dia 26 de Dezembro de 2014. O plantio nas duas áreas foi programado para o mês de Outubro, mas devido aos problemas com a escassez de água o plantio foi atrasado e realizado apenas quando o abastecimento foi estabilizado.

Após 15 dias da emergência das plântulas, realizou-se o desbaste manual, permitindo a manutenção de 14 plantas por metro linear ou 70 plantas para cada fileira de 5 m. 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 2014/2015, 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 pastoso para o duro. Assim, os materiais fotoinsensíveis foram colhidos em fevereiro e março de 2015 e os materiais fotossensíveis a partir do mês de Abril do mesmo ano.

3.5. Caracteres avaliados

Por ocasião da colheita foram avaliados os seguintes caracteres agroindustriais:

1. Altura de planta (ALT) – foram tomadas as medidas de cinco plantas, ao acaso, de cada parcela, obtidas pela medição com régua graduada e expressa em metros, medindo-se da superfície do solo ao ápice da panícula.
2. Massa de matéria verde total (MMV) – foram cortadas as plantas da área útil da parcela a 5,0 cm da superfície do solo. Após a remoção das panículas, foi feita a pesagem (kg) dos colmos e folhas com auxílio de balança digital de suspensão (capacidade 100 kg).
3. Porcentagem de massa seca (MS%) – utilizaram-se cinco plantas inteiras selecionadas ao acaso, sem panículas, para determinar a porcentagem de massa seca. Primeiro esse material foi pesado e logo após passou por um processo de pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, e em seguida foi mantido à temperatura ambiente por duas horas. Posteriormente foi moído, em peneira de 1,0 mm (Retsch SM300), sendo uma parte da amostra seca em estufa a 105°C até peso constante. O MS% foi obtido pela diferença dos pesos da amostra inicial e da amostra final seca em estufa.
4. Massa de matéria seca total (MMS) – estimada a partir do produto entre PMV ($t \cdot ha^{-1}$) e MS%.
5. Composição centesimal

A análise da composição centesimal da biomassa foi realizada no Laboratório de Análises Químicas de Plantas (LAQP) da Embrapa Milho e Sorgo. Uma amostra do material seco em estufa a 65°C e moído em peneira de 1 mm foi utilizado para determinar as porcentagens de Fibra em Detergente Neutro (FDN), as porcentagens de

Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Lignina em Detergente Ácido, pelo método de Van Soest modificado (1963). A concentração de Hemicelulose foi obtida por diferença entre os teores de FDN e FDA, e a concentração de Celulose pela diferença entre FDA e Lignina.

Para a cogeração de energia, buscam-se materiais com maiores valores para as características Massa de Matéria Verde, Massa de Matéria Seca e Teor de Lignina, ou seja, matérias com maior qualidade para queima e com alta produção de biomassa. Dessa forma, a seleção dos materiais superiores será baseada nestas três características.

3.6. Análise estatística e genética

3.6.1. Análise de variância

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

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

Em que:

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

m = constante geral

b_j = efeito do j -ésimo bloco

g_i = efeito do i -ésimo genótipo; e

e_{ij} = erro experimental

Após análise de variância individual para cada local de avaliação foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais. Em seguida foi realizada a análise de variância conjunta dos experimentos, onde o tratamento principal foram os 49 genótipos (36 híbridos, 12 progenitores e uma testemunha). O modelo estatístico é o fixo e, nesse caso, fornecido por:

$$Y_{ijk} = m + g_i + b/a_{jk} + a_j + ga_{ij} + e_{ijk}$$

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 ;

ga_{ij} = efeito da interação genótipo i e ambiente j ; e

e_{ijk} = erro experimental.

3.6.2. Acurácia

Para todas as características avaliadas obteve-se os valores da acurácia, determinados por:

$$\hat{r}_{gg} = \left(1 - \frac{1}{F}\right)^2$$

Em que:

$$F = 1 + b \left(\frac{CV_g^2}{CV_e^2} \right)$$

b= número de repetições;

CVg= Coeficiente de variação genético, expresso em porcentagem;

CVe= Coeficiente de variação experimental, expresso em porcentagem.

3.6.3. 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:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}.$$

Em que:

Y_{ij} = média do cruzamento envolvendo o i-ésimo progenitor do grupo I e o j-ésimo progenitor do grupo II;

Y_{i0} = média do i-ésimo progenitor do grupo I ($i = 0, 1, \dots, p$);

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

μ = média geral do dialelo;

d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos I e II e a média geral;

g_i = efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo I;

g'_j = efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo progenitor do grupo II;

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

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = erro experimental médio.

3.6.4. Estimativas da Heterose

O modelo estatístico adotado foi o de Miranda Filho e Geraldi (1984), em uma adaptação de Gardner e Eberhart (1966). Caracteriza-se por promover informações detalhadas a respeito do potencial per se dos progenitores e da heterose manifestada em seus híbridos. Dado o modelo:

$$Y_{ij} = u + \alpha d + \frac{1}{2}(v_i + v'_j) + \theta(\bar{h} + h_i + h'_j + s_{ij}) + \bar{\varepsilon}_{ij}.$$

Se o tratamento refere-se à combinação híbrida, tem-se $\alpha = 0$ e $\theta = 1$; logo, o modelo se reduz a:

$$Y_{ij} = u + \frac{1}{2}(v_i + v'_j) + \bar{h} + h_i + h'_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}.$$

Se o tratamento se refere ao progenitor do grupo I, tem-se $\alpha = 1$ e $\theta = 0$; portanto o modelo reduz a:

$$Y_{i0} = u + d + v_i + \bar{\varepsilon}_{i0}.$$

Se o tratamento se refere ao progenitor do grupo II, tem-se $\alpha = -1$ e $\theta = 0$; portanto o modelo reduz a:

$$Y_{i0} = u - d + v'_j + \bar{\varepsilon}_{0j}.$$

Em que:

$i = 0, 1, \dots, p$ (p = número de progenitores do grupo I);

$j = 0, 1, \dots, q$ (q = número de progenitores do grupo II);

u = constante associada ao modelo;

d = medida da diferença entre médias dos dois grupos;

v_i = efeito do i -ésimo progenitor do grupo I;

v'_j = efeito do j -ésimo progenitor do grupo II;

\bar{h} = efeito da heterose média;

h_i = efeito da heterose atribuído ao i -ésimo progenitor do grupo I;

h'_j = efeito da heterose atribuído ao j -ésimo progenitor do grupo II;

s_{ij} = efeito da heterose específica resultante do cruzamento entre progenitores de ordem i e j , dos grupos I e II, respectivamente; e

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = erro experimental médio.

Todas as análises estatísticas necessárias foram realizadas com auxílio do programa GENES (Cruz, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância individuais para as características agroindustriais avaliadas em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, envolvendo 49 genótipos (12 linhagens parentais, 36 híbridos experimentais e um híbrido comercial como testemunha) apresentaram efeito significativo para tratamento, pelo teste F ($p < 0,01$), para todas as características em estudo (Tabelas 2 e 3), o que é uma indicação da existência de diferenças genéticas entre os genótipos avaliados para as nove características em questão.

Quando avaliou-se os coeficientes de variação experimental (CV%) das características analisadas, os dados coletados em Nova Porteirinha apresentaram

menor CV% do que os coletados em Sete Lagoas, para todos os caracteres, exceto para altura de plantas. Observou-se também que, de forma geral, os fatores de composição centesimal (FDA, FDN, Lignina, Celulose e Hemicelulose) apresentaram os menores valores para este parâmetro, de modo que as porcentagens médias de hemicelulose apresentaram o menor valor médio (4,02%). O caráter altura também apresentou baixo valor de CV, sendo em média de 9,23% para os dois locais. Segundo Pimentel Gomes, (2000) Os caracteres peso de massa verde (PMV) e peso de massa seca (PMS) apresentaram altos valores de CV%, com variação de 19,15% para PMV em Nova Porteirinha a 30,67% para PMS em Sete Lagoas, o que ainda é aceitável para experimentos em campo.

Os dados coletados em Sete Lagoas para a característica altura de plantas apresentou acurácia muito alta (0,9334), os caracteres FDA, FDN e teor de lignina apresentaram alta acurácia (0,7497; 0,7138 e 0,7517), as características MMV, MMS, MS% e teor de celulose apresentaram moderada acurácia (0,6969; 0,6898; 0,6051 e 0,6942), enquanto teor de hemicelulose apresentou baixa acurácia (0,2020). Já em Nova Porteirinha as características MMV, MMS, MS%, FDA, FDN e Celulose mostraram-se com alta acurácia (0,7820; 0,7510; 0,7185; 0,7508; 0,7967 e 0,8060), a altura apresentou acurácia muito alta (0,9333), enquanto o teor de lignina e hemicelulose mostraram-se com moderada acurácia (0,6518 e 0,6670).

Os valores de quadrados médios de resíduo (QMR) das características agroindustriais, obtidos nas análises individuais dos dois ambientes avaliados, resultaram em valores de cociente entre o maior e o menor valor de QMR variando de 1,07 (Altura) a 2,01 (MS%), o que indica alta homogeneidade das variâncias nos

TABELA 2- Resumo das análises de variância individuais para nove caracteres referente à avaliação de doze progenitores e 36 híbridos em Sete Lagoas, MG, na safra de 2014/2015.

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | | | |
|----------------------|----|------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
| | | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Genótipos | 47 | 4,20** | 1955,58** | 262,40** | 92,41** | 84,86** | 105,78** | 5,39** | 38,94** | 2,44** |
| Grupos | 1 | 62,83** | 13927,67** | 1286,78** | 310,29** | 2042,29** | 2429,50** | 119,57** | 901,00** | 16,80** |
| CGC (Grupo 1) | 5 | 0,83** | 395,60ns | 37,23ns | 70,68** | 29,58* | 39,44* | 2,13* | 13,87ns | 2,11ns |
| CGC (Grupo 2) | 5 | 2,98** | 1760,75** | 318,85** | 299,98** | 68,94** | 114,56** | 7,11** | 40,77** | 6,66** |
| CEC (G1 x G2) | 36 | 3,21** | 1866,75** | 257,38** | 60,54** | 40,37** | 49,22** | 2,43** | 18,22** | 1,51ns |
| Resíduo | 96 | 0,14 | 348,12 | 48,18 | 20,34 | 11,24 | 16,23 | 0,70 | 6,48 | 1,34 |
| Média | - | 4,06 | 75,61 | 22,63 | 28,96 | 49,92 | 76,95 | 8,32 | 40,32 | 27,02 |
| CV (%) | - | 9,18 | 24,68 | 30,67 | 15,57 | 6,72 | 5,24 | 10,08 | 6,32 | 4,28 |
| Acurácia | - | 0,9334 | 0,6969 | 0,6898 | 0,6051 | 0,7497 | 0,7138 | 0,7517 | 0,6942 | 0,2020 |

ns, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha^{-1}); MMS=massa de matéria seca (t/ha^{-1}); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

TABELA 3- Resumo das análises de variância individuais para os nove caracteres referente à avaliação de doze progenitores e 36 híbridos em Nova Porteirinha, MG, na safra de 2014/2015.

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | | | |
|----------------------|----|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|
| | | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Genótipos | 47 | 3,90** | 1653,71** | 180,61** | 67,63** | 66,51** | 99,98** | 3,42** | 43,40** | 6,25** |
| Grupos | 1 | 75,25** | 6510,62** | 895,40** | 215,11** | 186,64** | 123,80** | 1,24ns | 116,10** | 6,43* |
| CGC (Grupo 1) | 5 | 0,11ns | 803,52** | 49,03ns | 100,90** | 51,23** | 79,43** | 5,32** | 25,80** | 3,10* |
| CGC (Grupo 2) | 5 | 2,59** | 3319,34** | 246,05** | 292,13** | 283,75** | 520,87** | 17,52** | 199,35** | 37,10** |
| CEC (G1 x G2) | 36 | 2,62** | 1405,54** | 169,94** | 27,73** | 35,12** | 43,72** | 1,26** | 22,17** | 2,39** |
| Resíduo | 96 | 0,13 | 196,19 | 25,19 | 10,12 | 8,71 | 10,55 | 0,65 | 4,35** | 1,13 |
| Média | - | 3,88 | 73,14 | 24,28 | 33,44 | 49,85 | 78,13 | 8,51 | 40,01 | 28,24 |
| CV (%) | - | 9,27 | 19,15 | 20,67 | 9,51 | 5,92 | 4,16 | 9,49 | 5,21 | 3,76 |
| Acurácia | - | 0,9333 | 0,7820 | 0,7510 | 0,7185 | 0,7508 | 0,7967 | 0,6518 | 0,8060 | 0,6670 |

ns, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

ambientes avaliados individualmente, possibilitando a inclusão dos mesmos na análise de variância conjunta.

Pela análise variância conjunta (Tabela 4) também observou-se existência de diferença significativa, pelo teste F ($p < 0,01$), entre os tratamentos para todas as características avaliadas, exceto para teor de hemicelulose. Estes resultados confirmam presença de variabilidade genética entre os progenitores, usados no dialelo parcial, e os híbridos originados do mesmo.

Para 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. Essa significância afirma que os genótipos responderam diferentemente às diferentes variações ambientais, com alterações no posicionamento dos genótipos de um ambiente para outro (Cruz & Carneiro, 2003). E segundo os mesmos autores, a interação genótipo x ambiente é de grande importância para o melhoramento de plantas, pois dificulta a identificação de genótipos superiores em diferentes ambientes.

Houve efeito significativo da interação GxA, CGCxAmbiente e CECxAmbiente para a maioria das características avaliadas, a interpretação dos dados foi realizada de acordo com cada ambiente.

As estimativas da CEC evidenciam 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). Desse modo, elevados valores absolutos de CEC indicam

TABELA 4- Resumo das análises de variância conjunta para os três caracteres referente à avaliação de doze progenitores e 36 híbridos

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | | | |
|----------------------|-----|------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|---------|----------|---------|
| | | Alt | PMV | PMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Genótipos | 47 | 7,78** | 3162,21** | 382,70** | 132,04** | 113,23** | 149,41** | 6,04** | 60,54** | 21,11ns |
| Entre grupos | 1 | 137,70** | 19742,83** | 2164,49** | 521,05** | 1732,25** | 1825,29** | 72,48** | 831,91** | 1,22ns |
| CGC (Grupo 1) | 5 | 0,73ns | 1054,41* | 57,21ns | 157,75** | 55,13ns | 87,89ns | 5,62ns | 27,58ns | 23,53ns |
| CGC (Grupo 2) | 5 | 4,56ns | 3817,76ns | 441,27ns | 549,56** | 234,45ns | 448,69ns | 19,41ns | 147,20ns | 57,54ns |
| CEC (G1 x G2) | 36 | 5,60** | 2903,33** | 370,28** | 59,67* | 59,49** | 69,84** | 2,40** | 31,65** | 16,26ns |
| Ambiente | 1 | 0,00ns | 0,13ns | 0,10ns | 0,64ns | 0,00ns | 0,03ns | 0,00ns | 0,00 ns | 0,08ns |
| Gen X Amb | 47 | 0,31ns | 447,05** | 60,34** | 28,00** | 37,98** | 56,35** | 2,75** | 21,80** | 14,72** |
| Grupo X Amb | 1 | 0,28ns | 696,39** | 17,73** | 4,35* | 497,39** | 728,09** | 48,31** | 185,09** | 22,01** |
| CGC I x Amb | 5 | 0,21ns | 144,72** | 29,11** | 13,83** | 25,42** | 30,96** | 1,81ns | 12,13** | 8,73** |
| CGC II x Amb | 5 | 1,02ns | 1262,25** | 123,50** | 42,55** | 117,58** | 186,60** | 5,10** | 92,88** | 22,50** |
| CEC X Amb | 36 | 0,23ns | 368,89** | 57,09** | 28,60** | 15,90** | 23,12** | 1,29ns | 8,73** | 14,27** |
| Resíduo | 192 | 0,13 | 272,16 | 36,69 | 15,23 | 9,98 | 13,39 | 0,68 | 5,42 | 1,23 |
| Média | - | 3,97 | 74,37 | 23,46 | 31,20 | 49,89 | 77,54 | 8,42 | 40,16 | 27,63 |
| CV(%) | - | 9,23 | 22,18 | 25,82 | 12,51 | 6,33 | 4,72 | 9,80 | 5,79 | 4,02 |
| Acurácia | - | 0,9320 | 0,7222 | 0,7001 | 0,6255 | 0,6976 | 0,6929 | 0,6320 | 0,6942 | 0,4233 |

em dois locais, na safra de 2014/2015.

ns, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

que o híbrido apresentou comportamento diferente do que era esperado em relação aos seus genitores. Por outro lado, valores de CEC próximos de zero sugerem que desempenho do híbrido ocorreu conforme esperado. 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.

Houve efeito significativo de capacidade geral de combinação (CGC) tanto do grupo I quanto do grupo II, exceto para o caráter MMV, MMS, celulose e hemicelulose em Sete Lagoas e altura e MMS em Nova Porteirinha, e de capacidade específica de combinação (CEC) para todas as características, em ambos os locais (Tabelas 2 e 3), exceto para hemicelulose em Sete Lagoas. A soma de quadrado da CEC foi superior às somas de quadrado da CGC (Grupo I e II) para altura, massa de matéria verde e massa de matéria seca, tanto em Sete Lagoas quanto em Nova Porteirinha, o que indica haver predominância de efeitos de dominância (não-aditivos) no controle destas características. Quanto às características MS%, FDA, FDN, teor de lignina, celulose e hemicelulose houve predominância de efeitos não-aditivos em Sete Lagoas e aditivos em Nova Porteirinha.

O predomínio da ação gênica aditiva para determinado caractere favorece o melhoramento genético por meio de seleção, pois um indivíduo ou grupo de indivíduos superiores quando selecionados produzirão uma descendência também superior enquanto que a interação de dominância dificulta a seleção de indivíduos superiores, uma vez que a descendência deste indivíduo terá comportamento inferior ao dele próprio. Por outro lado, efeitos não-aditivos podem ser explorados na

obtenção de combinações híbridas promissoras, pois a interação de dominância favorece a obtenção de híbridos superiores, sobretudo aqueles oriundos de genitores com efeitos favoráveis de CGC. A presença de efeitos não aditivos é importante, pois possibilita a exploração de híbridos, foco do presente trabalho.

Na análise conjunta (Tabela 4), os efeitos de CGC (Grupo I e II) e de ambiente não foram significativos para nenhuma das características avaliadas, com exceção da CGC do grupo I para MMV e dos dois grupos para MS%. Já os efeitos de tratamento e CEC foram significativos para todas as características, exceto para a característica hemicelulose, assim como todas as interações com ambientes, exceto CGCIxAmb e CECxAmb para lignina e todas as interações para altura, o que indica que os genes que participam no controle gênico destas características se expressam de forma diferente em Sete Lagoas e Nova Porteirinha. Estes resultados sugerem que a escolha dos progenitores deve considerar as estimativas dos efeitos em cada um dos ambientes, a fim de obter maiores ganhos.

Em programas de melhoramento de sorgo biomassa visando a cogeração de energia buscam-se materiais com maiores valores das características avaliadas, por promoverem maior produção de biomassa (Altura e MMV) e maior qualidade da mesma (MMS, MS%, FDA, FDN, Lignina, Celulose e Hemicelulose).

Com base nas estimativas da CGC do grupo I para a característica altura de plantas apenas os progenitores CMSXS112A (0,18) e CMSXS222A (0,22) em Sete Lagoas apresentaram valores positivos e significativos. No grupo II em Sete Lagoas destacaram os progenitores CMSXS7039R (0,37) e CMSXS7042R (0,29), e em Nova Porteirinha os progenitores CMSXS7032R (0,35) e CMSXS7042R (0,30) com altas e significativas estimativas.

Com base nas estimativas da CGC (\hat{g}_i) do grupo I para massa de matéria verde (MMV), o progenitor CMSXS112A destacou-se com valores positivos e significativos em Sete Lagoas (6,86) e Nova Porteirinha (7,81), o que é uma indicação da sua superioridade em relação à frequência de alelos favoráveis para o aumento da produção de massa verde relativamente aos outros progenitores do grupo I. Nas estimativas da CGC do grupo II para MMV, destacou-se o progenitor CMSXS7032R tanto em Sete Lagoas (12,08), quanto em Nova Porteirinha (7,53) e o progenitor CMSXS7042R (5,85) em Sete Lagoas e os progenitores CMSXS650R (11,66) e CMSXS7043R (5,31) em Nova Porteirinha, com valores positivos e significativos de \hat{g}_i .

Com base na estimativa da CGC para massa de matéria seca (MMS), tem-se que em Sete Lagoas nenhum progenitor do grupo I contribuiu com alelos favoráveis para aumento da produção de massa seca, porém em Nova Porteirinha o progenitor CMSXS112A (2,19) apresentou valor positivo e significativo. No grupo II os progenitores CMSXS7032R e CMSXS7042R apresentaram valores positivos e significativos nos dois locais, o que evidencia concentração de alelos favoráveis para aumento da MMS.

Para a característica MS% os progenitores CMSXS238A do grupo I e CMSXS7039R e CMSXS7042R do grupo II apresentaram estimativas positivas e significativas para CGC nos dois ambientes em estudo. Além disso, os progenitores do grupo II CMSXS7032R (1,33) e CMSXS7041R (2,12) em Nova Porteirinha também apresentaram estimativas de CGC altas e significativas.

Tabela 5: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação dos grupos I e II (gi e gj) de doze genótipos de sorgo biomassa para as nove características agroindustriais avaliadas em 36 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais. (Sete Lagoas, Minas Gerais, 2014/2015).

| Genitores | Características | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| CMSXS238A | 0,02ns | -3,02ns | 1,59ns | 3,07** | 1,80** | 2,25** | 0,52* | 1,27** | 0,45* |
| CMSXS112A | 0,16** | 6,86* | 1,11ns | -1,01ns | -1,13* | -1,00ns | -0,23ns | -0,57ns | 0,13ns |
| CMSXS156A | -0,05ns | 1,06ns | -0,01ns | -0,19ns | 0,10ns | -0,14ns | -0,01ns | -0,09ns | -0,23ns |
| CMSXS157A | -0,18** | -1,01ns | -1,01ns | -0,89ns | 0,11ns | -0,16ns | -0,15ns | 0,17ns | -0,27ns |
| CMSXS222A | 0,22** | -2,03ns | -0,83ns | -0,39ns | -0,30ns | -0,36ns | -0,04ns | -0,30ns | -0,06ns |
| CMSXS217A | -0,17** | -1,86ns | -0,86ns | -0,59ns | -0,57ns | -0,59ns | -0,09ns | -0,48ns | -0,016ns |
| CMSXS7032R | 0,03ns | 12,08** | 2,65* | -0,86ns | 0,58ns | 0,64ns | 0,13ns | 0,45ns | 0,06ns |
| CMSXS650R | -0,24** | -1,80ns | -3,10** | -3,18** | -2,57** | -3,14** | -0,67* | -2,10** | -0,57** |
| CMSXS7039R | 0,37** | -9,33* | 0,04ns | 4,09** | 1,78** | 2,32** | 0,49* | 1,41** | 0,54** |
| CMSXS7041R | 0,02ns | -3,35ns | -1,03ns | 0,08ns | 0,51ns | 0,90ns | 0,27ns | 0,26ns | 0,40* |
| CMSXS7042R | 0,29** | 5,85ns | 4,87** | 3,28** | 0,60ns | 0,73ns | 0,32* | 0,24ns | 0,13ns |
| CMSXS7043R | -0,47** | -3,44ns | -3,42** | -3,41** | -0,89ns | -1,44* | -0,55* | -0,26ns | -0,56** |
| Erro padrão (Gi) | 0,06 | 3,11 | 1,16 | 0,75 | 0,56 | 0,67 | 0,14 | 0,42 | 0,19 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 6: Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação dos grupos I e II (gi e gj) de doze genótipos de sorgo biomassa para as nove características agroindustriais avaliadas em 36 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais. (Nova Porteirinha, Minas Gerais, 2014/2015).

| Genitores | Características | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | PMV | PMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| CMSXS238A | 0,07ns | -7,92** | -0,30ns | 3,42** | 1,97** | 2,32** | 0,56** | 1,39** | 0,29ns |
| CMSXS112A | 0,05ns | 7,81** | 2,19* | -0,25ns | 0,46ns | 0,53ns | 0,16ns | 0,27ns | 0,11ns |
| CMSXS156A | -0,04ns | -1,27ns | -1,43ns | -1,62** | -1,02* | -1,54** | -0,41** | -0,74* | -0,49** |
| CMSXS157A | -0,08ns | 2,29ns | -0,05ns | -0,85ns | -1,72** | -2,07** | -0,54** | -1,25** | -0,31ns |
| CMSXS222A | 0,05ns | -1,67ns | -0,97ns | -1,20* | -0,28ns | -0,18ns | -0,07ns | -0,10ns | 0,14ns |
| CMSXS217A | -0,05ns | 0,77ns | 0,56ns | 0,50ns | 0,59ns | 0,93ns | 0,30* | 0,43ns | 0,25ns |
| CMSXS7032R | 0,35* | 7,53** | 4,16** | 1,33** | 1,20* | 1,54** | 0,55** | 0,60ns | 0,37* |
| CMSXS650R | -0,14* | 11,66ns | 0,84ns | -3,63** | -0,61ns | -0,94ns | -0,11ns | -0,75* | -0,30ns |
| CMSXS7039R | -0,11ns | -11,53** | -1,87* | 2,83** | -0,21ns | 0,49ns | -0,08ns | 0,25ns | 0,74** |
| CMSXS7041R | 0,02ns | -14,08** | -3,70** | 2,12** | 2,71** | 3,57** | 0,53** | 2,64** | 0,68** |
| CMSXS7042R | 0,30* | 1,11ns | 1,96* | 1,65** | 2,54** | 3,14** | 0,54** | 1,92** | 0,64** |
| CMSXS7043R | -0,43* | 5,31* | -1,39ns | -4,30** | -5,63** | -7,79** | -1,42** | -4,65** | -2,13** |
| Erro padrão (Gi) | 0,06 | 2,33 | 0,84 | 0,53 | 0,49 | 0,54 | 0,13 | 0,35 | 0,18 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Considerando-se FDA e FDN o progenitor CMSXS238A do grupo I apresentou estimativa de CGC alta e significativa tanto em Sete Lagoas (1,80 e 2,25) quanto em Nova Porteirinha (1,97 e 2,32). No grupo II o CMSXS7039R (1,78 e 2,32) foi o genótipo que apresentou estimativa significativa de CGC para as duas características em Sete Lagoas, e em Nova Porteirinha foram os progenitores CMSXS7032R (1,20 e 1,54), CMSXS7041R (2,71 e 3,57) e CMSXS7042R (2,54 e 3,14).

Para a característica teor de lignina os progenitores CMSXS238A do grupo I e CMSXS7042R do grupo II, apresentaram valores positivos e significativos para as estimativas de CGC nos dois locais. Ainda, o CMSXS7039R (0,49) do grupo II em Sete Lagoas, e o CMSXS217A (0,30) do grupo I, e o CMSXS7032R (0,55) e CMSXS7041R (0,53) do grupo II em Nova Porteirinha, apresentara-se positivos e significativos para a característica lignina.

Com base nas estimativas da CGC para o teor de celulose apenas o progenitor CMSXS238A mostrou-se significativos no grupo I, tanto em Sete Lagoas (1,27) quanto em Nova Porteirinha (0,56). No grupo II em Sete Lagoas o progenitor CMSXS7039R (1,41) e em Nova Porteirinha os progenitores CMSXS7041R (2,64) e CMSXS7042R (1,92) apresentaram valores positivos e significativos de CGC.

E para a característica teor de hemicelulose apenas o progenitor CMSXS238A (0,45) em Sete Lagoas mostrou estimativa positiva e significativa para a CGC do grupo I. Já no grupo II os progenitores CMSXS7041R e CMSXS7042R nos dois ambientes, e CMSXS7032R (0,37) em Nova Porteirinha apresentaram altas e significativas estimativas de CGC.

Segundo Cruz et al. (2012) é de interesse do melhorista as combinações híbridas, com estimativas de CEC mais favorável, que envolvam pelo menos um dos progenitores com CGC de alta magnitude. E segundo Vencovsky (1987) e Hallauer e Miranda Filho (1988), no dialelo parcial, as estimativas de CEC são função dos efeitos de dominância e do produto das diferenças de frequências alélicas do genitores de grupos opostos fazendo com que as mesmas estejam relacionadas aos efeitos de dominância e epistáticos.

Assim as combinações mais promissoras para a característica altura de plantas foram os híbridos H23 e H29 que apresentaram altas e significativas estimativas de CEC (Tabelas 7 e 8) em ambos locais. Podem-se destacar também os híbridos H3 (0,52), H9 (0,47), H10 (1,13), H11 (0,90), H28 (0,75), H33 (0,45) e H35 (0,75) em Sete Lagoas e os híbridos H7 (0,49), H13 (0,53), H17 (0,56), H19 (0,45), H25 (0,52) em Nova Porteirinha, pois apresentaram valores positivos e significativos para CEC como estipulado por Cruz et al. (2012).

As combinações mais promissoras para MMV foram os híbridos H1 e H10 que apresentaram valores positivos e significativos para CEC nos dois ambientes. Além disso, os híbridos H5 e H35 mostraram-se superiores e significativos em Sete Lagoas, com estimativas de CEC de 25,16 e 20,14, respectivamente. Já em Nova Porteirinha um maior número de híbridos apresentou alta e significativa estimativa de CEC, sendo eles o H7 (22,31), H8 (17,27), H12 (18,02), H19 (14,49), H20 (20,88) e H32 (37,76). Todos os híbridos selecionados para MMV apresentaram médias superiores (Tabelas 9 e 10) às médias dos progenitores tanto em Sete Lagoas, quanto em Nova Porteirinha, indicando que os progenitores usados nos híbridos foram complementares para o caractere massa de matéria verde.

Para a característica massa de matéria seca os híbridos mais promissores foram os híbridos H1 e H5, que apresentaram altas e significativas estimativas de CEC em ambos os locais. Também se destacaram com altos e significativos valores de CEC os híbridos H35 (8,57) em Sete Lagoas, e os híbridos H7 (7,09), H10 (8,08), H19 (6,55) e H29 (10,18) em Nova Porteirinha. A média de massa de matéria seca dos híbridos selecionados também se mostrou superior às médias de todos os pais envolvidos, o que demonstra a divergência e complementariedade de genes para MMS desses progenitores.

Os híbridos que apresentaram valores positivos e significativos para CEC em MS%, tendo pelo menos um dos pais com estimativas positivas e significativas de CGC, foram o H2 em ambos os ambientes, H17 (5,17) e H27 (5,25) em Sete Lagoas, e H4 (3,55), H5 (3,75), H21 (3,62) e H29 (6,50) em Nova Porteirinha.

Para as características FDA e FDN estimativas positivas e significativas de CEC foram encontradas em um mesmo híbrido. Em Sete Lagoas apenas o híbrido H6 (4,81 e 5,80) foi selecionado para esses dois caracteres. Já em Nova Porteirinha foram os híbridos H2 (2,91 e 4,10), H4 (2,77 e 3,25), H7 (3,36 e 2,73), H11 (3,37 e 3,70), H17 (3,60 e 4,11) e H34 (3,50 e 4,34). Apenas o híbrido H35 em Nova Porteirinha apresentou estimativa de CEC positiva e significativa para um carácter, neste caso o FDN (3,82).

E para a característica teor de lignina os híbridos H6 (1,50), H23 (1,36) e H29 (0,91) apresentaram valores positivos e significativos para CEC, em Sete Lagoas. E em Nova Porteirinha os híbridos que se destacaram foram o H4 (1,04), H7 (0,82) e o H34 (0,87) com estimativas positivas e significativas de CEC. Quando comparado à média dos pais, os híbridos selecionados mostraram-se superiores, constatando

Tabela 7: Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (sij), para as nove características agroindustriais, de 36 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais (Sete Lagos, MG, 2014/2015).

| Híbridos | Características | | | | | | | | |
|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| H1 | 0,79** | 26,86** | 10,93** | 3,55ns | 3,15ns | 2,06ns | -0,48ns | 2,59ns | -1,09ns |
| H2 | 0,78** | 7,23ns | 5,32ns | 5,03* | 1,51ns | 1,51ns | 0,64ns | 0,72ns | 0,01ns |
| H3 | 0,52** | 12,84ns | 6,44ns | 4,39ns | 1,16ns | 0,82ns | 0,41ns | 0,04ns | -0,34ns |
| H4 | 0,56** | 14,17ns | 4,16ns | 1,03ns | 0,94ns | 1,34ns | 0,62ns | 0,41ns | 0,40ns |
| H5 | 0,71** | 25,16** | 9,99** | 2,38ns | -0,34ns | 0,07ns | 0,06ns | -0,14ns | 0,41ns |
| H6 | 0,25ns | -9,63ns | -2,81ns | 2,04ns | 4,81** | 5,80** | 1,50** | 3,05* | 0,99ns |
| H7 | 0,37ns | 15,98ns | 4,98ns | 1,81ns | 1,85ns | 2,73ns | 0,93* | 1,05ns | 0,88ns |
| H8 | 0,34ns | 13,94ns | 2,47ns | -0,07ns | 2,91ns | 2,89ns | 0,57ns | 1,90ns | -0,03ns |
| H9 | 0,47* | 16,45ns | 8,76* | 4,62ns | 2,10ns | 2,84ns | 0,46ns | 1,73ns | 0,74ns |
| H10 | 1,13** | 22,46* | 6,01ns | 0,26ns | 2,44ns | 2,41ns | 0,43ns | 1,86ns | -0,03ns |
| H11 | 0,90** | 16,27ns | 6,60ns | 2,40ns | 0,44ns | -0,05ns | 0,13ns | -0,09ns | -0,49ns |
| H12 | -0,04ns | -1,28ns | -2,86ns | -2,20ns | -3,10ns | -3,55ns | -1,01* | -1,42ns | -0,45ns |
| H13 | 0,56** | 7,30ns | 1,62ns | -0,01ns | 0,29ns | 0,36ns | 0,22ns | 0,02ns | 0,06ns |
| H14 | 0,77** | 17,18ns | 2,70ns | -1,53ns | 2,70ns | 2,76ns | 0,38ns | 1,86ns | 0,06ns |
| H15 | 0,32ns | -3,43ns | -1,51ns | 0,27ns | -0,08ns | -0,51ns | -0,23ns | -0,37ns | -0,43ns |
| H16 | 0,83** | 21,46* | 5,04ns | -0,75ns | 1,49ns | 1,00ns | 0,14ns | 0,74ns | -0,48ns |
| H17 | -0,18ns | 7,19ns | 5,49ns | 5,17* | 3,64* | 4,80* | 0,80ns | 2,96* | 1,16* |
| H18 | 1,12** | 26,53** | 10,96** | 4,81* | 1,16ns | 0,82ns | 0,67ns | -0,21ns | -0,34ns |
| H19 | -0,04ns | -8,05ns | -9,05* | -8,24* | 0,14ns | -0,70ns | -0,72 | 0,60ns | -0,84 |

Continua...

| | Conclusão... | | | | | | | | |
|----------|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| H20 | 0,63** | 27,10** | 7,43* | 1,03ns | 0,96ns | -0,02ns | 0,21ns | -0,06ns | -0,98ns |
| H21 | 0,35ns | 4,90ns | 1,29ns | 0,28ns | 1,97ns | 2,66ns | 0,44ns | 1,33ns | 0,69ns |
| H22 | 0,51** | 23,39* | 8,05* | 2,30ns | 3,60* | 4,94* | 0,83ns | 3,03* | 1,34* |
| H23 | 0,97** | 8,34ns | 4,23ns | 2,94ns | 5,02** | 5,41* | 1,36** | 3,25* | 0,40ns |
| H24 | 0,11ns | 2,68ns | 6,10ns | 5,75* | 1,43ns | 1,41ns | -0,13ns | 1,40ns | -0,02ns |
| H25 | 0,69** | 2,35ns | 3,94ns | 4,75* | 5,03** | 5,77** | 1,37** | 3,44* | 0,74ns |
| H26 | -0,01ns | 4,70ns | 0,11ns | -0,86ns | 1,47ns | 1,50ns | 0,33ns | 0,90ns | 0,02ns |
| H27 | 0,25ns | 4,53ns | 4,89ns | 5,25* | 2,55ns | 2,74ns | 0,58ns | 1,97ns | 0,19ns |
| H28 | 0,75* | 16,40ns | 5,52ns | 1,32ns | 2,99ns | 3,15ns | 0,63ns | 1,76ns | 0,16ns |
| H29 | 0,82** | 12,39ns | 6,06ns | 4,04ns | 3,11ns | 4,19* | 0,91* | 2,20ns | 1,09ns |
| H30 | -0,17ns | -11,17ns | -5,73ns | -3,90ns | -2,57ns | -3,30ns | -0,59ns | -2,12ns | -0,74ns |
| H31 | 0,53** | 14,78ns | 4,32ns | 1,40ns | -0,28ns | -0,68ns | -0,07ns | -0,60ns | -0,39ns |
| H32 | 0,05ns | 4,28ns | 3,28ns | 3,76ns | 0,24ns | 0,03ns | 0,25ns | -0,17ns | -0,21ns |
| H33 | 0,45* | 16,75ns | 4,03ns | -0,79ns | 1,76ns | 2,13ns | 0,35ns | 1,49ns | 0,36ns |
| H34 | 0,23ns | 8,95ns | 3,53ns | 2,27ns | -0,37ns | 0,29ns | 0,20ns | -0,28ns | 0,66ns |
| H35 | 0,75** | 20,14* | 8,57* | 2,81ns | -0,69ns | -1,25ns | -0,14ns | -1,31ns | -0,56ns |
| H36 | -0,11ns | -6,88ns | -4,37ns | -3,04ns | 0,49ns | -0,04ns | -0,26ns | 0,51ns | -0,53ns |
| DP (Sij) | 0,19 | 9,71 | 3,61 | 2,35 | 1,74 | 2,10 | 0,44 | 1,33 | 0,60 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 8: Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (sij), para as nove características agroindustriais, de 36 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais (Nova Porteirinha, MG, 2014/2015).

| Híbridos | Características | | | | | | | | |
|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| H1 | 0,79ns | 17,33* | 6,95** | 0,77ns | -2,07ns | -3,06ns | -0,97* | -1,35ns | -0,93ns |
| H2 | 0,37ns | -7,29ns | -0,04ns | 3,67* | 2,91ns | 4,10* | 0,71ns | 2,64* | 1,25* |
| H3 | 0,77** | 6,55ns | 0,46ns | -2,36ns | 0,47ns | 1,35ns | -0,01ns | 0,98ns | 0,95ns |
| H4 | 0,44* | 8,29ns | 5,03ns | 3,55* | 2,77ns | 3,25* | 1,04* | 1,40ns | -0,13ns |
| H5 | 0,26ns | 9,86ns | 6,03* | 3,73* | 1,68ns | 2,37ns | 0,70ns | 0,69ns | 0,75ns |
| H6 | 0,69** | 9,67ns | 5,04ns | 1,84ns | -2,48ns | -3,70* | -0,77ns | -2,02ns | -1,16* |
| H7 | 0,49* | 22,31** | 7,09** | -0,83ns | 3,36* | 2,73ns | 0,82* | 2,27* | -0,66ns |
| H8 | 0,62** | 17,27* | 3,40ns | -1,90ns | 1,56ns | 2,18ns | 0,09ns | 1,34ns | 0,59ns |
| H9 | 0,35ns | 4,11ns | 3,83ns | 2,55ns | 1,09ns | 0,54ns | -0,24ns | 1,01ns | -0,58ns |
| H10 | 0,62** | 26,07** | 8,08** | -1,76ns | 2,58ns | 3,06ns | 0,60ns | 2,01ns | 0,66ns |
| H11 | 0,34ns | -7,77ns | -1,32ns | 1,25ns | 3,37* | 3,70* | 0,38ns | 2,38* | 0,30ns |
| H12 | 0,31ns | 18,02* | 4,00ns | -0,98ns | -1,77ns | -2,47ns | -0,52ns | -1,46ns | -0,73ns |
| H13 | 0,53** | 8,18ns | 3,72ns | 2,07ns | 1,94ns | 1,48ns | 0,10ns | 1,21ns | -0,49ns |
| H14 | 0,84** | 11,18ns | 1,99ns | -1,26ns | 2,02ns | 1,15ns | 0,29ns | 1,39ns | -0,90ns |
| H15 | 0,27ns | 8,84ns | 4,01ns | 1,86ns | -2,73ns | -2,28ns | -0,29ns | -2,34* | 0,43ns |
| H16 | 0,37ns | 11,32ns | 5,13ns | 1,12ns | 1,80ns | 1,45ns | -0,05ns | 1,50ns | -0,17ns |
| H17 | 0,56** | 6,33ns | 1,52ns | -0,32ns | 3,60* | 4,11* | 0,58ns | 2,98* | 0,48ns |
| H18 | 0,30ns | 11,10ns | 1,07ns | -1,96ns | -0,49ns | -1,08ns | -0,13ns | -0,74ns | -0,62ns |
| H19 | 0,45* | 14,49* | 6,55* | 2,27ns | 2,66ns | 2,28ns | 0,49ns | 1,56ns | -0,40ns |

Continua...

| | Conclusão... | | | | | | | | |
|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| H20 | 0,81** | 20,88** | 3,30ns | -2,70ns | 2,19ns | 1,04ns | 0,03ns | 1,75ns | -1,17* |
| H21 | -0,03ns | 3,02ns | 3,77ns | 3,62* | 3,96* | 4,61** | 0,60ns | 3,18* | 0,63ns |
| H22 | 0,45* | 8,10ns | -0,26ns | -5,33** | -1,54ns | -2,23ns | -0,95* | -0,54ns | -0,51ns |
| H23 | 0,87** | 5,46ns | 2,81ns | 1,50ns | 2,35ns | 2,75ns | 0,28ns | 2,30* | 0,38ns |
| H24 | -0,03ns | 8,18ns | 1,46ns | -1,06ns | -0,87ns | -1,38ns | -0,15ns | -0,96ns | -0,54ns |
| H25 | 0,52** | 5,65ns | 3,04ns | 2,48ns | 2,21ns | 3,17ns | 0,50ns | 1,67ns | 0,93ns |
| H26 | 0,28ns | 0,35ns | -0,43ns | -0,40ns | 3,42* | 3,25ns | 0,33ns | 2,58* | -0,20ns |
| H27 | 0,25ns | 7,88ns | 1,47ns | -1,11ns | 0,17ns | -1,16ns | -0,13ns | -0,02ns | -1,35* |
| H28 | 0,52** | 2,87ns | -0,85ns | -3,35* | 0,05ns | 0,12ns | -0,47ns | 0,63ns | 0,25ns |
| H29 | 0,67** | 15,46* | 10,18** | 6,50** | -0,39ns | -0,98ns | -0,34ns | 0,11ns | -0,62ns |
| H30 | -0,06ns | 5,82ns | 1,43ns | 0,32ns | -2,07ns | -1,76ns | -0,23ns | -1,41ns | 0,28ns |
| H31 | 0,02ns | 2,34ns | 1,08ns | 0,69ns | 2,46ns | 2,11ns | 0,30ns | 1,68ns | -0,26ns |
| H32 | 0,70** | 37,76* | 11,82** | 0,04ns | -3,23* | -3,56* | -0,48ns | -3,03* | -0,23ns |
| H33 | 0,61** | 14,72* | 4,67ns | -1,51ns | 0,74ns | 1,68ns | -0,14ns | 1,33ns | 1,04ns |
| H34 | 0,57** | 1,90ns | 2,27ns | 2,28ns | 3,50* | 4,34* | 0,87* | 3,11* | -0,08ns |
| H35 | 0,34ns | 2,02ns | 2,41ns | 2,308ns | 2,97ns | 3,82* | 0,54ns | 2,42* | 0,95ns |
| H36 | 0,04ns | 10,37ns | 2,15ns | -1,24ns | -3,92* | -5,66** | -1,04* | -3,27** | -1,64** |
| DP(Sij) | 0,19 | 7,29 | 2,61 | 1,66 | 1,54 | 1,69 | 0,42 | 1,09 | 0,55 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

complementaridade dos progenitores envolvidos na formação dos mesmos.

Para as características teor de celulose e hemicelulose, em Sete Lagoas apenas o híbrido H6 (3,05) apresentou estimativa de CEC positiva e significativa para celulose e os híbridos H17 (1,16) e H22 (1,34) para teor de hemicelulose. Já em Nova Porteirinha nenhum híbrido foi selecionado para hemicelulose, mais para teor de celulose os híbridos H2 (2,64), H11 (2,38), H17 (2,98), H23 (2,30), H34 (3,11) e H35 (2,42) apresentaram valores significativos e positivos para CEC.

Pelo teste de comparação entre médias de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade todos os híbridos selecionados pela CGC e CEC apresentaram média superior aos pais apenas para as características massa de matéria verde (MMV) e massa de matéria seca (MMS), nos dois ambientes (Tabelas 9 e 10). Podendo-se destacar o híbrido H7 que obteve MMV de 109,39 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 110,06 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, superior à linhagem macho CMSXS7032R tanto em Sete Lagoas (88,68 t/ha⁻¹) quanto em Nova Porteirinha (65,77 t/ha⁻¹), e à linhagem macho-estéril CMSXS112A, em Sete Lagoas (26,61 t/ha⁻¹) e em Nova Porteirinha (34,57 t/ha⁻¹). Outro híbrido em destaque foi o H8 que apresentou MMV de 93,46 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 109,15 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, superior ao progenitor CMSXS650R tanto em Sete Lagoas (53,32 t/ha⁻¹) quanto em Nova Porteirinha (69,10 t/ha⁻¹), e ao progenitor CMSXS112A em Sete Lagoas (26,61 t/ha⁻¹) e em Nova Porteirinha (34,53 t/ha⁻¹). O híbrido H20 também apresentou média de MMV, estatisticamente superior aos pais, ou seja, produziu 98,75 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 107,24 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, já os progenitores machos e macho-estéreis produziram 53,34 t/ha⁻¹ e 23,60 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 69,11 t/ha⁻¹ e 33,47 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, respectivamente.

Para a característica MMS quatro híbridos também se mostraram superiores nos dois ambientes, sendo eles o H1, H5, H7 e H29. O H1 obteve MMS de 37,37 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e de 34,81 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, sendo superior ao progenitor CMSXS238A e ao CMSXS7032R, nos dois ambientes. Em Sete lagoas apresentaram média de 2,39 t/ha⁻¹ e 25,10 t/ha⁻¹, e em Nova Porteirinha as médias foram de 10,85 t/ha⁻¹ e 23,09 t/ha⁻¹, respectivamente. E o híbrido H5 em Sete Lagoas obteve média de MMS de 38,66 t/ha⁻¹, superior às linhagens progenitoras CMSXS238A (2,39 t/ha⁻¹) e a CMSXS7042R (9,97 t/ha⁻¹), e em Nova Porteirinha a média foi de 31,69 t/ha⁻¹ superando a média dos pais que foi de 10,85 t/ha⁻¹ para CMSXS238A e 22,09 t/ha⁻¹ para CMSXS7042R. O híbrido H7 produziu 30,94 t/ha⁻¹ de massa seca em Sete Lagoas e 37,43 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, sendo superior ao progenitor CMSXS112A que apresentou MMS de 5,49 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 10,85 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha, e ao CMSXS7032R com MMS de 25,10 t/ha⁻¹ em Sete Lagoas e 23,09 t/ha⁻¹ em Nova Porteirinha. Também se destacou o híbrido H29 que produziu 32,31 t/ha⁻¹ e 35,17 t/ha⁻¹ de massa seca em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, respectivamente, sendo estatisticamente superior aos progenitores CMSXS222A (7,17 e 9,66 t/ha⁻¹) e CMSXS7042R (17,45 e 22,09 t/ha⁻¹) nos dois locais.

Para as outras características em estudo, apenas em Sete Lagoas observou híbridos estatisticamente superiores aos progenitores. Para altura de plantas apenas o híbrido H10 (5,37m) obteve medida maior que os pais, CMSXS112A (1,48m) e CMSXS7042R (3,97m). Ao avaliar as características ligadas à qualidade da biomassa, FDA, FDN e celulose, destacaram os híbridos H1, H3, H6, H23 e H25 que também apresentaram estimativas dessas características superiores aos progenitores.

Tabela 9: Médias das nove características dos 49 genótipos avaliados em Sete Lagoas, MG, na safra de 2014/2015.

| Genótipos | Alt | MMV(t/ha ⁻¹) | MMS(t/ha ⁻¹) | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
|------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CMSXS238A | 0,97 | 10,45 | 2,39 | 22,87a | 40,43b | 67,51b | 6,18a | 34,60b | 27,07a |
| CMSXS112A | 1,48 | 26,61 | 5,46 | 20,50 | 36,88 | 63,18b | 5,30a | 31,73b | 26,29a |
| CMSXS156A | 0,92 | 18,80 | 4,06 | 21,57 | 38,05 | 63,93b | 5,49a | 32,70b | 25,87a |
| CMSXS157A | 1,12 | 23,60 | 5,18 | 22,12 | 36,12 | 61,64 | 5,22a | 30,96b | 25,52a |
| CMSXS222A | 2,01 | 36,13 | 7,17 | 19,87 | 35,56 | 61,06 | 4,81 | 30,70 | 25,50a |
| CMSXS217A | 1,44 | 22,06 | 4,82 | 21,55 | 40,74b | 67,40b | 6,16a | 34,60b | 26,66a |
| CMSXS7032R | 3,99a | 88,68 | 25,10 | 28,45a | 53,58b | 81,75b | 9,79a | 42,75b | 28,17a |
| CMSXS650R | 3,61a | 53,32 | 11,32 | 21,76 | 47,49b | 74,63b | 7,62a | 38,62b | 27,14a |
| CMSXS7039R | 4,93a | 49,45 | 16,30 | 32,97a | 56,35a | 84,55a | 10,14a | 45,11a | 28,20a |
| CMSXS7041R | 3,42 | 34,02 | 9,97 | 28,76a | 52,99b | 80,48b | 9,27a | 42,14b | 27,48a |
| CMSXS7042R | 3,97a | 61,09 | 17,45 | 28,50a | 53,13b | 80,11b | 9,24a | 42,43b | 26,97a |
| CMSXS7043R | 3,87a | 87,12 | 20,69 | 23,26a | 54,64b | 81,78b | 8,97a | 44,27a | 27,15a |
| H1 | 4,89a | 110,38a | 37,37a | 34,63a | 55,52a | 81,98b | 8,51a | 44,70a | 26,46a |
| H2 | 4,61a | 76,87 | 26,01 | 33,79a | 50,73b | 77,65b | 8,82a | 40,28b | 26,92a |
| H3 | 4,96a | 74,95 | 30,27 | 40,42a | 54,73a | 82,42b | 9,75a | 43,11a | 27,69a |
| H4 | 4,66a | 82,26 | 26,92 | 33,06a | 53,24b | 81,52b | 9,74a | 42,33b | 28,28a |
| H5 | 5,07a | 102,45a | 38,66a | 37,61a | 52,04b | 80,07b | 9,24a | 41,75b | 28,03a |
| H6 | 3,86a | 58,37 | 17,56 | 30,57a | 55,71a | 83,64a | 9,81a | 44,46a | 27,92a |
| H7 | 4,61a | 109,39a | 30,94 | 28,81a | 51,30b | 79,40b | 9,17a | 41,32b | 28,10a |
| H8 | 4,32a | 93,46 | 22,68 | 24,61a | 49,21b | 75,77b | 8,01a | 39,61b | 26,56a |
| H9 | 5,06a | 88,45 | 32,10a | 36,58a | 52,74b | 81,19b | 9,05a | 42,96b | 28,45a |
| H10 | 5,37a | 100,43a | 28,29 | 28,21a | 51,82b | 79,35b | 8,80a | 41,94b | 27,53a |
| H11 | 5,41a | 103,44a | 34,78a | 33,54a | 49,90b | 76,71b | 8,56a | 39,96b | 26,81a |
| H12 | 3,71a | 76,61 | 17,03 | 22,25a | 44,88b | 71,04b | 6,55a | 38,14b | 26,16a |
| H13 | 4,58a | 94,91 | 26,45 | 27,80a | 50,96b | 77,89b | 8,67a | 40,77b | 26,93a |
| H14 | 4,53a | 90,91 | 21,78 | 23,97a | 50,22b | 76,51b | 8,03a | 40,05b | 26,29a |

Continua...

| | | | | | | | | | Conclusão... |
|---------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------------|
| H15 | 4,69a | 62,77 | 20,72 | 33,04a | 51,79b | 78,71b | 8,59a | 41,33b | 26,92a |
| H16 | 4,86a | 93,63 | 26,20 | 28,02a | 52,08b | 78,80b | 8,72a | 41,29b | 26,72a |
| H17 | 4,11a | 88,56 | 32,55a | 37,13a | 54,32b | 82,42b | 9,44a | 43,50a | 28,10a |
| H18 | 4,65a | 98,62a | 29,73 | 30,08a | 50,36b | 76,27b | 8,45a | 39,83b | 25,91a |
| H19 | 3,86a | 77,48 | 14,78 | 18,87 | 50,82b | 76,81b | 7,59a | 41,62b | 25,99a |
| H20 | 4,26a | 98,75a | 25,51 | 25,82a | 48,49b | 73,70b | 7,72a | 38,40b | 25,21a |
| H21 | 4,60a | 69,02 | 22,52 | 32,35a | 53,85b | 81,85b | 9,11a | 43,29a | 28,00a |
| H22 | 4,42a | 93,49 | 28,22 | 30,37a | 54,21b | 82,72a | 9,28a | 43,85a | 28,51a |
| H23 | 5,13a | 87,64 | 30,29 | 34,20a | 55,71a | 83,01a | 9,86a | 44,04a | 27,29a |
| H24 | 3,53 | 72,70 | 23,87 | 30,32a | 50,65b | 76,84b | 7,51a | 41,71b | 26,19a |
| H25 | 4,99a | 86,86 | 27,96 | 32,37a | 55,30a | 83,08a | 9,79a | 43,97a | 27,78a |
| H26 | 4,03a | 75,33 | 18,38 | 24,44a | 48,60b | 75,02b | 7,95a | 38,88b | 26,42a |
| H27 | 4,89a | 67,63 | 26,30 | 37,83a | 54,02b | 81,73b | 9,37a | 43,46a | 27,70a |
| H28 | 5,04a | 85,48 | 25,86 | 29,89a | 53,19b | 80,72b | 9,18a | 42,11b | 27,53a |
| H29 | 5,39a | 90,66 | 32,31a | 35,80a | 53,39b | 81,59b | 9,52a | 42,52b | 28,19a |
| H30 | 3,63a | 57,83 | 12,23 | 21,18 | 46,24b | 71,92b | 7,16a | 37,70b | 25,68a |
| H31 | 4,44a | 99,47a | 28,31 | 28,82a | 49,71b | 76,41b | 8,30a | 39,75b | 26,69a |
| H32 | 3,69a | 75,09 | 21,52 | 28,85a | 47,10b | 73,33b | 7,82a | 37,63b | 26,23a |
| H33 | 4,71a | 80,02 | 25,41 | 31,58a | 52,96b | 80,89b | 9,09a | 42,80b | 27,92a |
| H34 | 4,14a | 78,21 | 23,84 | 30,64a | 49,56b | 77,64b | 8,71a | 39,89b | 28,08a |
| H35 | 4,92a | 98,59a | 34,79a | 34,37a | 49,33b | 75,92b | 8,43a | 38,83b | 26,59a |
| H36 | 3,31 | 62,29 | 13,55 | 21,83 | 49,03b | 74,96b | 7,44a | 40,16b | 25,94a |
| BRS 716 | 4,43a | 130,52a | 43,38a | 33,10a | 46,58b | 72,85b | 7,90a | 36,90b | 26,27a |

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 10: Médias das nove características dos 49 genótipos avaliados em Nova Porteirinha, MG, na safra de 2014/2015.

| Genótipos | Alt | MMV(t/ha ⁻¹) | MMS(t/ha ⁻¹) | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
|------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CMSXS238A | 0,90 | 20,92 | 6,68 | 32,2a | 49,85a | 78,72a | 9,08a | 39,81a | 28,87a |
| CMSXS112A | 1,15 | 34,57 | 10,85 | 31,30a | 43,36a | 72,42a | 8,07a | 34,97a | 29,07a |
| CMSXS156A | 0,92 | 27,95 | 7,42 | 26,97a | 42,43a | 70,74a | 7,25a | 34,72a | 28,31a |
| CMSXS157A | 1,02 | 33,47 | 10,10 | 30,12a | 39,73a | 68,55a | 7,09a | 32,05a | 28,83a |
| CMSXS222A | 1,43 | 36,61 | 9,66 | 26,33a | 45,29a | 74,56a | 8,33a | 36,22a | 29,28a |
| CMSXS217A | 1,20 | 25,95 | 7,91 | 30,68a | 47,47a | 76,74a | 8,88a | 37,94a | 29,27a |
| CMSXS7032R | 4,62a | 65,77 | 23,09 | 34,78a | 49,21a | 78,66a | 9,16a | 39,47a | 29,45a |
| CMSXS650R | 3,23a | 69,11 | 20,64 | 29,87a | 46,44a | 73,98a | 7,97a | 36,95a | 27,54a |
| CMSXS7039R | 4,00a | 40,24 | 16,13 | 39,98a | 49,83a | 78,55a | 8,63a | 40,23a | 28,72a |
| CMSXS7041R | 3,88a | 28,44 | 11,89 | 41,84a | 52,94a | 82,08a | 9,21a | 43,01a | 29,15a |
| CMSXS7042R | 4,40a | 72,40 | 22,09 | 31,68a | 50,39a | 78,34a | 8,69a | 40,18a | 27,96a |
| CMSXS7043R | 3,83a | 64,90 | 18,62 | 28,78a | 46,64a | 72,38a | 7,25a | 37,42a | 25,74a |
| H1 | 5,08a | 89,35a | 34,81a | 38,93a | 50,93a | 78,88a | 8,63a | 40,63a | 27,96a |
| H2 | 4,17a | 68,86 | 24,49 | 36,86a | 54,10a | 83,56a | 9,65a | 43,27a | 29,47a |
| H3 | 4,60a | 59,51 | 22,29 | 37,30a | 52,05a | 82,25a | 8,96a | 42,61a | 30,20a |
| H4 | 4,40a | 58,71 | 25,03 | 42,50a | 57,27a | 87,23a | 10,62a | 45,42a | 29,06a |
| H5 | 4,50a | 75,46a | 31,69a | 42,21a | 56,01a | 85,92a | 10,29a | 43,99a | 29,91a |
| H6 | 4,20a | 79,48a | 27,35a | 34,37a | 43,69a | 68,92a | 6,86a | 34,72a | 25,23a |
| H7 | 4,77a | 110,06a | 37,43a | 33,65a | 54,84a | 82,88a | 10,03a | 43,13a | 28,04a |
| H8 | 4,40a | 109,15a | 30,42a | 27,63a | 51,23a | 79,86a | 8,64a | 40,86a | 28,62a |
| H9 | 4,17a | 72,80 | 28,14a | 38,54a | 51,16a | 79,65a | 8,34a | 41,52a | 28,49a |
| H10 | 4,57a | 92,22a | 30,57a | 33,52a | 55,57a | 85,25a | 9,79a | 44,91a | 29,67a |
| H11 | 4,57a | 73,56 | 26,82a | 36,06a | 56,19a | 85,46a | 6,42 | 44,57a | 29,27a |
| H12 | 3,80a | 103,56a | 28,79a | 27,88a | 42,88a | 68,36a | 6,72a | 34,16a | 25,47a |
| H13 | 4,72a | 86,86a | 30,45a | 35,18a | 51,94a | 79,56a | 8,74a | 41,07a | 27,62a |
| H14 | 4,53a | 93,98a | 25,39 | 26,89a | 50,21a | 76,76a | 8,27a | 39,89a | 26,54a |

Continua...

| | | | | | | | | | | Conclusão... |
|---------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| H15 | 4,00a | 68,46 | 24,70 | 36,47a | 45,86a | 74,76a | 7,72a | 37,16a | 28,90a | |
| H16 | 4,23a | 68,39 | 23,99 | 35,02a | 53,31a | 81,56a | 8,56a | 43,39a | 28,25a | |
| H17 | 4,70a | 78,59a | 26,05a | 33,12a | 54,94a | 83,79a | 9,21a | 44,16a | 28,85a | |
| H18 | 3,70a | 87,55a | 22,23 | 25,52a | 42,69a | 67,67a | 6,53a | 33,86a | 24,99a | |
| H19 | 4,60a | 96,72a | 34,66a | 36,15a | 51,95a | 79,84a | 9,00a | 40,91a | 27,88a | |
| H20 | 4,47a | 107,24a | 28,08a | 26,23a | 49,68a | 76,12a | 7,87a | 39,75a | 26,44a | |
| H21 | 3,67a | 66,19 | 25,85a | 39,01a | 51,84a | 81,12a | 8,47a | 42,18a | 29,28a | |
| H22 | 4,27a | 68,72 | 19,99 | 29,35a | 49,27a | 77,35a | 7,54a | 40,85a | 28,08a | |
| H23 | 4,97a | 81,27a | 28,72a | 35,71a | 52,98a | 81,91a | 8,78a | 42,96a | 28,93a | |
| H24 | 3,33a | 88,19a | 24,01 | 27,20a | 41,60a | 66,85a | 6,39 | 33,14a | 25,24a | |
| H25 | 4,80a | 83,93a | 30,23a | 36,01a | 52,95a | 82,62a | 9,48a | 42,16a | 29,67a | |
| H26 | 4,07a | 82,75a | 23,43 | 28,17a | 52,35a | 80,22a | 8,64a | 41,73a | 27,87a | |
| H27 | 4,07a | 67,09 | 22,62 | 33,92a | 49,50a | 77,25a | 8,21a | 40,12a | 27,75a | |
| H28 | 4,47a | 59,53 | 18,47 | 30,98a | 52,30a | 81,59a | 8,48a | 43,17a | 29,29a | |
| H29 | 4,90a | 87,31a | 35,17a | 40,35a | 51,69a | 80,07a | 8,62a | 41,92a | 28,38a | |
| H30 | 3,43a | 81,87a | 23,06 | 28,22a | 41,85a | 68,36a | 6,77a | 33,84a | 26,51a | |
| H31 | 4,20a | 83,05a | 29,80a | 35,92a | 54,08a | 82,67a | 9,65a | 42,70a | 28,59a | |
| H32 | 4,38a | 122,61a | 37,21a | 30,32a | 46,57a | 74,52a | 8,21a | 36,65a | 27,95a | |
| H33 | 4,33a | 76,37a | 27,35a | 35,22a | 50,94a | 81,20a | 8,58a | 42,01a | 30,26a | |
| H34 | 4,42a | 61,00 | 23,13 | 38,31a | 56,62a | 86,92a | 10,20a | 46,17a | 29,07a | |
| H35 | 4,47a | 76,31a | 28,92a | 37,87a | 55,92a | 85,98a | 9,87a | 44,77a | 30,06a | |
| H36 | 3,43a | 88,87a | 25,30 | 28,36a | 40,87a | 65,57a | 6,34 | 32,51a | 24,70a | |
| BRS 716 | 4,32a | 107,73a | 38,01a | 35,29a | 51,27a | 80,33a | 9,26a | 40,76a | 29,06a | |

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Pode-se observar ainda, que os híbridos foram, na sua maioria, estatisticamente iguais ou superiores à testemunha, híbrido comercial BRS716, para todas as características avaliadas.

Também foi feito o estudo da heterose neste dialelo parcial. A presença de diferenças significativas entre os genótipos, em todas as características nos dois locais avaliados, permitiu o desdobramento dessa fonte de variação (Tabelas 11 e 12).

Em relação à fonte de variação heterose, todos os caracteres apresentaram efeitos significativos, a 1% de probabilidade pelo teste F, exceto hemicelulose em Sete Lagoas, que se mostrou não significativo. Segundo Cruz et al. (2012), a significância do efeito de heterose possibilita a exploração de combinações híbridas.

De acordo com Nascimento et al. (2010), o efeito significativo dos efeitos entre os grupos e de heterose, principalmente da heterose específica indica que o caráter foi influenciado pela participação tanto de efeitos aditivos, quanto de efeitos não aditivos. Assim, as características Altura em Sete Lagoas e MS%, FDN e celulose em Nova Porteirinha se enquadram nessa situação.

A heterose média mostrou-se significativa a 1% de probabilidade para todas as características nos dois locais, exceto para lignina em Nova Porteirinha e hemicelulose em Sete Lagoas e Nova Porteirinha, que apresentaram efeito não significativo. Segundo Maciel et al. (2010), as significâncias dos valores de heterose média refletem a superioridade dos híbridos em relação às média dos genitores. Esses mesmos autores afirmam que, a não significância dos valores de heterose específica reflete a maior importância da variância aditiva, sendo possível a obtenção de ganhos com a avaliação per se dos genitores.

Tabela 11: Resumo da análise de variância de nove características avaliadas em cruzamentos dialélicos parciais entre doze genótipos de sorgo biomassa de acordo com a metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984) (Sete Lagoas, MG, 2014/2015).

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | | | |
|---------------------|----|------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
| | | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Tratamentos | 47 | 4,20** | 1955,58** | 262,40** | 92,41** | 84,85** | 105,78** | 5,39** | 38,94** | 2,44** |
| Entre grupo | 1 | 62,83** | 13927,67** | 1286,78** | 310,29** | 2042,29** | 2429,50** | 119,57** | 901,00** | 16,80** |
| Grupo I | 5 | 0,83** | 395,60ns | 37,23ns | 70,68** | 29,58* | 39,44* | 2,13* | 13,87ns | 2,11ns |
| Grupo II | 5 | 2,98** | 1760,75** | 318,85** | 299,98** | 68,94** | 114,56** | 7,11** | 40,77** | 6,66** |
| Heterose | 47 | 3,21** | 1866,75** | 257,38** | 60,54** | 40,37** | 49,22** | 2,43** | 18,22** | 1,51ns |
| Média | 1 | 95,72** | 48705,93** | 6209,69** | 982,37** | 969,76** | 1058,78** | 46,30** | 385,98** | 1,95ns |
| Variedade I | 5 | 0,57** | 494,79ns | 59,19ns | 32,05ns | 25,49ns | 32,27ns | 1,26ns | 14,88ns | 0,62ns |
| Variedade II | 5 | 1,44** | 1705,04** | 230,56** | 53,36* | 14,30ns | 24,64ns | 1,48ns | 6,84ns | 2,90ns |
| Específica | 36 | 0,39** | 299,91ns | 64,29ns | 30,81ns | 11,38ns | 17,14ns | 1,11ns | 6,45ns | 1,39ns |
| Resíduo | 96 | 0,13 | 348,12 | 48,18 | 20,34 | 11,24 | 16,23 | 0,70 | 6,48 | 1,34 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 12: Resumo da análise de variância de nove características avaliadas em cruzamentos dialélicos parciais entre doze genótipos de sorgo biomassa de acordo com a metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984) (Nova Porteirinha, MG, 2014/2015).

| FV | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | | | | | |
|---------------------|----|------------------|------------|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|
| | | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Tratamentos | 47 | 3,90** | 1653,71** | 180,61** | 67,63** | 66,51** | 99,98** | 3,42** | 43,40** | 6,25** |
| Entre grupo | 1 | 75,25** | 6510,62** | 895,40** | 215,11** | 186,64** | 123,80** | 1,24ns | 116,11** | 6,43* |
| Grupo I | 5 | 0,11ns | 803,52** | 49,03ns | 100,90** | 51,23** | 79,43** | 5,32** | 25,81** | 3,10* |
| Grupo II | 5 | 2,59** | 3319,34** | 246,05** | 292,13** | 283,75** | 520,87** | 17,52** | 199,35** | 37,10** |
| Heterose | 47 | 2,62** | 1405,54** | 169,94** | 27,73** | 35,12** | 43,72** | 1,26** | 22,17** | 2,39** |
| Média | 1 | 84,32** | 40518,85** | 5030,23** | 89,01** | 391,91** | 327,00** | 1,85ns | 242,60** | 4,09ns |
| Variedade I | 5 | 0,22ns | 299,37ns | 23,71ns | 28,80* | 12,76ns | 9,45ns | 0,33ns | 7,01ns | 0,85ns |
| Variedade II | 5 | 0,84** | 386,01ns | 24,89ns | 68,03** | 102,68** | 151,75** | 3,82** | 67,80** | 6,83** |
| Específica | 36 | 0,19ns | 266,15ns | 33,79ns | 17,00* | 11,81ns | 17,64* | 0,91ns | 7,26* | 1,74ns |
| Resíduo | 96 | 0,13 | 196,19 | 25,19 | 10,12 | 8,71 | 10,55 | 0,65 | 4,35 | 1,13 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Observou-se que não houve diferença significativa para a fonte de variação variedade I em nenhum dos dois ambientes avaliados, apenas para a característica altura em Sete Lagoas e MS% em Nova Porteirinha. Já para a fonte de variação variedade II, pôde-se notar diferença significativa para as características altura, MMV, MMS e MS% em Sete Lagoas; e para todas as características em Nova Porteirinha, exceto para MMV e MMS. Segundo Ferreira et al., (2009) a não significância da heterose varietal mostra que a heterose está uniformemente distribuída entre os cruzamentos, não havendo contribuição de heterose diferenciada de cada variedade.

As estimativas do efeito de variedade ($\hat{v}_i e \hat{v}_j$) das nove características avaliadas nos 12 genitores de sorgo biomassa, encontram-se nas tabelas 13 e 14. Os genitores que se destacaram para $\hat{v}_i e \hat{v}_j$ para a característica altura em Nova Porteirinha foram o CMSXS7032R e o CMSXS7042R do grupo II, com valores de 0,62 e 0,41, respectivamente. Em Sete Lagoas nenhum genitor mostrou-se positivo e significativo para este caráter. Para MMV os genitores CMSXS7032R(26,40) e CMSXS7043R(24,84) mostraram-se positivos e significativos em Sete Lagoas, e em Nova Porteirinha destacou-se o genitor CMSXS7042R (15,59). Para MMS apenas o genitor CMSXS7032R em Sete Lagoas mostrou-se positivo e significativo (8,30). Em MS% o genitor CMSXS7039R mostrou-se significativo tanto em Sete Lagoas quanto em Nova Porteirinha, sendo os efeitos iguais a 5,69 e 5,49, respectivamente. Em Nova Porteirinha os pais CMSXS238A e CMSXS7041R, mostraram-se positivos e significativos tanto para FDA (5,16 e 3,70) quanto para FDN (5,10 e 4,75). Na característica lignina apenas o genitor CMSXS7039R (0,97) em Sete Lagoas e o CMSXS238A (0,97) em Nova Porteirinha mostraram-se positivos e significativos. Para celulose apenas o genitor CMSXS7041R (3,47) do grupo II mostrou-se

Tabela 13: Estimativas da média dos efeitos de variedade ($\widehat{v}_i e \widehat{v}_j$), segundo metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984), para as nove características avaliadas em doze genitores de sorgo biomassa (Sete Lagoas, MG, 2014/2015)

| Genitores | Características | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| CMSXS238A | -0,36ns | -12,49ns | -2,46ns | 1,45ns | 2,47ns | 3,39ns | 0,65ns | 2,05ns | 0,92ns |
| CMSXS112A | 0,16ns | 3,67ns | 0,61ns | -0,91ns | -1,08ns | -0,94ns | -0,23ns | -0,82ns | 0,14ns |
| CMSXS156A | -0,40* | -4,14ns | -0,78ns | 0,15ns | 0,09ns | -0,19ns | -0,04ns | 0,16ns | -0,28ns |
| CMSXS157A | -0,21ns | 0,66ns | 0,34ns | 0,71ns | -1,84ns | -2,48ns | -0,30ns | -1,59ns | -0,63ns |
| CMSXS222A | 0,69ns | 13,19ns | 2,32ns | -1,55ns | -2,40ns | -3,06ns | -0,71ns | -1,85ns | -0,66ns |
| CMSXS217A | 0,12ns | -0,88ns | -0,02ns | 0,14ns | 2,78ns | 3,28ns | 0,64ns | 2,05ns | 0,51ns |
| CMSXS7032R | 0,02ns | 26,40** | 8,30* | 1,17ns | 0,55ns | 1,20ns | 0,62ns | 0,20ns | 0,65ns |
| CMSXS650R | -0,35ns | -8,96ns | -5,49ns | -5,53* | -5,54** | -5,92** | -1,55ns | -3,94** | -0,38ns |
| CMSXS7039R | 0,96ns | -12,83ns | -0,50ns | 5,69* | 3,32ns | 4,00ns | 0,96* | 2,56ns | 0,69ns |
| CMSXS7041R | -0,54** | -28,27* | -6,84ns | 1,48ns | -0,04ns | -0,07ns | 0,10ns | -0,41ns | -0,04ns |
| CMSXS7042R | 0,01ns | -1,19ns | 0,65ns | 1,22ns | 0,10ns | -0,44ns | 0,07ns | -0,12ns | -0,55ns |
| CMSXS7043R | -0,10ns | 24,84** | 3,89ns | -4,02ns | 1,61ns | 1,23ns | -0,21ns | 1,72ns | -0,37ns |
| Erro padrão (vj) | 0,20 | 9,83 | 3,66 | 2,38 | 1,77 | 2,12 | 0,44 | 1,34 | 0,61 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 14: Estimativas da média dos efeitos de variedade ($\widehat{v}_i e \widehat{v}_j$), segundo metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984), para as nove características avaliadas em doze genitores de sorgo biomassa (Nova Porteirinha, MG, 2014/2015).

| Genitores | Características | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| CMSXS238A | -0,20ns | -8,99ns | -2,09ns | 2,61ns | 5,16** | 5,10** | 0,97* | 3,86ns | -0,06ns |
| CMSXS112A | 0,05ns | 4,66ns | 2,08ns | 1,70ns | -1,33ns | -1,20ns | -0,05ns | -0,98ns | 0,13ns |
| CMSXS156A | -0,19ns | -1,97ns | -1,35ns | -2,63ns | -2,26ns | -2,89ns | -0,87* | -1,23ns | -0,63ns |
| CMSXS157A | -0,09ns | 3,56ns | 1,33ns | 0,52ns | -4,96** | -5,07** | -1,03* | -3,90** | -0,11ns |
| CMSXS222A | 0,33ns | 6,69ns | 0,89ns | -3,27* | 0,60ns | 0,94ns | 0,22ns | 0,27ns | 0,34ns |
| CMSXS217A | 0,10ns | -3,96ns | -0,86ns | 1,08ns | 2,78ns | 3,11ns | 0,77ns | 1,99ns | 0,33ns |
| CMSXS7032R | 0,62** | 8,97ns | 4,35ns | 0,29ns | -0,03ns | 1,33ns | 0,68ns | -0,07ns | 1,36* |
| CMSXS650R | -0,76* | 12,30ns | 1,90ns | -4,62** | -2,80ns | -3,35* | -0,51ns | -2,59* | -0,55ns |
| CMSXS7039R | 0,01ns | -16,57* | -2,61ns | 5,49** | 0,59ns | 1,22ns | 0,14ns | 0,69ns | 0,63ns |
| CMSXS7041R | -0,11ns | -28,37* | -6,86** | 7,35ns | 3,70* | 4,75** | 0,73ns | 3,47** | 1,06ns |
| CMSXS7042R | 0,41* | 15,59* | 3,35ns | -2,81ns | 1,15ns | 1,01ns | 0,20ns | 0,64ns | -0,13ns |
| CMSXS7043R | -0,16ns | 8,09ns | -0,12ns | -5,71** | -2,60ns | -4,96** | -1,24** | -2,12ns | -2,35ns |
| Erro padrão (vj) | 0,19 | 7,38 | 2,65 | 1,68 | 1,56 | 1,71 | 0,43 | 1,10 | 0,56 |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

significativo em Nova Porteirinha, e neste mesmo local, apenas o genitor CMSXS7032R (1,36) mostrou-se positivo e significativo para hemicelulose. Segundo Cruz et al. (2012) progenitores de desempenho superior são identificados e recomendados para constituírem, por meio de inter cruzamentos, populações-base para seleção.

Os efeitos de heterose média (\bar{h}), heterose varietal (\hat{h}_i e \hat{h}_j) e Heterobeltiose (Hb), em Sete Lagoas e em Nova Porteirinha estão apresentados nas tabelas 15 e 16, respectivamente. Observa-se que, em relação ao efeito de \bar{h} apenas as características FDA, FDN e celulose em Sete Lagoas, e PMS, MS%, FDA e celulose em Nova Porteirinha apresentaram valores positivos e significativos. E apenas o caráter hemicelulose em Nova Porteirinha apresentou valores negativos de heterose média, indicando dominância bilateral, com ocorrência de heterose positiva e negativa.

A heterose é o fenômeno natural, na qual a descendência híbrida exhibe características geneticamente melhoradas em relação aos seus genitores, e vem sendo utilizada na agricultura para o desenvolvimento de cultivares com melhores desempenhos (Fu et al., 2014). O melhoramento do sorgo biomassa, para a cogeração de energia, visa à melhoria na qualidade e maior produção de biomassa vegetal.

Segundo Vieira et al. (2009), valores positivos para \hat{h}_i indicam que os efeitos de dominância têm alta influência na performance da característica. E segundo Cruz et al. (2012) as combinações híbridas mais heteróticas são obtidas pelo uso de progenitores cujos valores de heterose varietal foram os de maior magnitude. Analisando-se o efeito de \hat{h}_i e \hat{h}_j , os genitores CMSXS238A (0,33), CMSXS156A (0,25), CMSXS7041R (0,49) e CMSXS7042R (0,48) se destacaram para altura em

Sete Lagoas, já em Nova Porteirinha os genitores que se destacaram foram o CMSXS238A (0,28) do grupo I e o CMSXS650R (0,40) do grupo II. Para MMV apenas o genitor CMSXS7041R (17,97) mostrou-se com alta magnitude e significativo em Sete Lagoas, já em Nova Porteirinha nenhum genitor apresentou-se superior. Para MMS e MS%, os genitores que se destacaram foi o CMSXS238A (4,70 e 3,91) do grupo I e o CMSXS7042R (7,58 e 4,45) do grupo II em Sete Lagoas, em Nova Porteirinha estes mesmos genitores se mostraram superiores para MS%, com valores de 3,53 e 5,10. Em Sete Lagoas os genitores não apresentaram valores positivos e significativos de \hat{h}_i e \hat{h}_j para as características ligadas à qualidade da biomassa. Em Nova Porteirinha o genitor CMSXS7032R foi superior para FDA (2,02) e o genitor CMSXS7042R do grupo II mostrou-se superior para FDA (3,28), FDN (4,39), lignina (0,73), celulose (2,66) e hemicelulose (1,18).

A heterose específica é importante na definição das melhores combinações híbridas em programas de melhoramento, por isso, as maiores estimativas são esperadas entre os genitores divergentes e entre genes que mostram efeito de dominância (Pereira et al., 2008). Adotou-se como índice de seleção a heterose em comparação ao progenitor de maior média, ou seja, a Heterobeltiose (Hb).

Pelas estimativas da Heterobeltiose selecionou os híbridos H2, H8, H10, H14, H20 e H28 como sendo os híbridos que apresentaram valores positivos e significativos para a característica altura de plantas nos dois ambientes. Os híbridos H4, H8, H9, H10, H16, H22 e H34 apresentaram estimativas de Heterobeltiose alta e significativa para MMV e MMS nos dois ambientes, podendo-se destacar os híbridos H8 e H10, que apresentaram estimativas altas e significativas para as três características acima citadas.

Tabela 15: Estimativas dos efeitos de heterose média (\bar{h}), varietal (h_i) e Heterobeltiose (Hb), segundo metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada por Miranda Filho e Geraldi (1984), para as nove características avaliadas em doze genitores e 36 combinações híbridas de sorgo biomassa (Sete Lagoas, MG)

| Genótipos | Características | | | | | | | | |
|---|-----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| H. média | 1,88ns | 42,47ns | 15,17ns | 6,03ns | 5,99* | 6,26* | 1,31ns | 3,79* | 0,27ns |
| Heterose varietal (h_i) | | | | | | | | | |
| CMSXS238A | 0,33* | 5,38ns | 4,70* | 3,91* | 0,94ns | 0,92ns | 0,33ns | 0,42ns | -0,01ns |
| CMSXS112A | 0,14ns | 8,38ns | 1,34ns | -0,92ns | -0,98ns | -0,88ns | -0,19ns | -0,27ns | 0,09ns |
| CMSXS156A | 0,25* | 5,22ns | 0,64ns | -0,45ns | 0,09ns | -0,07ns | 0,01ns | -0,28ns | -0,15ns |
| CMSXS157A | -0,12ns | -2,23ns | -1,96ns | -2,08ns | 1,72ns | 1,80ns | 0,01ns | 1,62ns | 0,07ns |
| CMSXS222A | -0,21ns | -14,38* | -3,31ns | 0,65ns | 1,50ns | 1,94ns | 0,53ns | 1,03ns | 0,44ns |
| CMSXS217A | -0,39** | -2,37ns | -1,41ns | -1,10ns | -3,27** | -3,71** | -0,68* | -2,52** | -0,44ns |
| CMSXS7032R | 0,025ns | -1,87ns | -2,50ns | -2,41ns | 0,50ns | 0,07ns | -0,30ns | 0,59ns | -0,44ns |
| CMSXS650R | -0,11ns | 4,47ns | -0,60ns | -0,70ns | 0,33ns | -0,31ns | 0,17ns | -0,22ns | -0,64ns |
| CMSXS7039R | -0,19ns | -4,86ns | 0,48ns | 2,07ns | 0,20ns | 0,53ns | 0,02ns | 0,22ns | 0,33ns |
| CMSXS7041R | 0,49* | 17,97** | 3,98ns | -1,09ns | 0,88ns | 1,57s | 0,36ns | 0,78ns | 0,69ns |
| CMSXS7042R | 0,48* | 10,74ns | 7,58** | 4,45** | 0,91ns | 1,58ns | 0,48ns | 0,50ns | 0,67ns |
| CMSXS7043R | -0,70* | -26,44** | -8,94* | -2,33ns | -2,82* | -3,43* | -0,74* | -1,86* | -0,62ns |
| Heterobeltiose (Hb)9,67 | | | | | | | | | |
| H1 | 0,90** | 21,70ns | 12,27* | 6,18ns | 1,94ns | 0,23ns | -1,29ns | 1,95ns | -1,70ns |
| H2 | 1,00** | 23,55ns | 14,69* | 12,04** | 3,23ns | 3,02ns | 1,19ns | 1,66ns | -0,22ns |
| H3 | 0,03ns | 25,51ns | 13,97* | 7,45* | -1,62ns | -2,13ns | -0,38ns | -2,00ns | -0,52ns |
| H4 | 1,24** | 48,25** | 16,957** | 4,30ns | 0,25ns | 1,05ns | 0,47ns | 0,19ns | 0,80ns |
| H5 | 1,10** | 41,36** | 21,20** | 9,11* | -1,09ns | -0,03ns | 0,00ns | -0,68ns | 1,06ns |
| H6 | -0,01ns | -28,75ns | -3,13ns | 7,31* | 1,08ns | 1,85ns | 0,84ns | 0,19ns | 0,78ns |
| H7 | 0,62* | 20,71ns | 5,84ns | 0,36ns | -2,28ns | -2,35ns | -0,62ns | -1,43ns | -0,06ns |
| H8 | 0,71* | 40,14** | 11,36* | 2,86ns | 1,72ns | 1,14ns | 0,38ns | 1,00ns | -0,57ns |
| H9 | 0,13ns | 39,00* | 15,80** | 3,60ns | -3,60ns | -3,36ns | -1,08ns | -2,15ns | 0,24ns |
| H10 | 1,94** | 66,42** | 18,32** | -0,55ns | -1,18ns | -1,13ns | -0,47ns | -0,20ns | 0,05ns |

Continua...

| | Conclusão... | | | | | | | | |
|-----|--------------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| H11 | 1,43** | 42,35** | 17,33** | 5,04ns | -3,23ns | -3,40ns | -0,69ns | -2,47ns | -0,17ns |
| H12 | -0,16ns | -10,52ns | -3,66ns | -1,01ns | -9,76** | -10,74** | -2,42** | -6,13** | -0,99ns |
| H13 | 0,59ns | 6,22ns | 1,35ns | -0,65ns | -2,62ns | -3,86ns | -1,12ns | -1,98ns | -1,23ns |
| H14 | 0,92** | 37,59* | 10,47ns | 2,21ns | 2,72ns | 1,88ns | 0,40ns | 1,43ns | -0,84ns |
| H15 | -0,24ns | 13,32ns | 4,42ns | 0,07ns | -4,56ns | -5,84ns | -1,55* | -3,78ns | -1,29ns |
| H16 | 1,44** | 59,61** | 16,24** | -0,74ns | -0,91ns | -1,68ns | -0,55ns | -0,85ns | -0,77ns |
| H17 | 0,14ns | 27,47ns | 15,10** | 8,63* | 1,19ns | 2,31ns | 0,20ns | 1,07ns | 1,12ns |
| H18 | 0,78* | 11,49ns | 9,04ns | 6,82ns | -4,28ns | -5,51ns | -0,52ns | -4,44* | -1,23ns |
| H19 | -0,13ns | -11,20ns | -10,32ns | -9,58* | -2,76ns | -4,94ns | -2,20** | -1,13ns | -2,18ns |
| H20 | 0,65* | 45,43** | 14,20* | 4,07ns | 0,99ns | -0,93ns | 0,10ns | -0,22ns | -1,92* |
| H21 | -0,33ns | 19,57ns | 6,21ns | -0,62ns | -2,50ns | -2,70ns | -1,02ns | -1,82ns | -0,20ns |
| H22 | 0,99** | 59,48** | 18,25** | 1,61ns | 1,22ns | 2,24ns | 0,01ns | 1,71ns | 1,02ns |
| H23 | 1,16** | 26,55ns | 12,84* | 5,70* | 2,58ns | 2,90ns | 0,62ns | 1,61ns | 0,32ns |
| H24 | -0,34ns | -14,43ns | 3,18ns | 7,06ns | -3,99ns | -4,94ns | -1,46* | -2,56ns | -0,95ns |
| H25 | 1,01** | -1,82ns | 2,86ns | 3,92ns | 1,72ns | 1,33ns | 0,00ns | 1,22ns | -0,39ns |
| H26 | 0,42ns | 22,01ns | 7,07ns | 2,68ns | 1,10ns | 0,39ns | 0,32ns | 0,26ns | -0,71ns |
| H27 | -0,03ns | 18,19ns | 10,00ns | 4,85ns | -2,32ns | -2,82ns | -0,77ns | -1,65ns | -0,50ns |
| H28 | 1,62** | 51,47** | 15,89** | 1,13ns | 0,20ns | 0,25ns | -0,09ns | -0,04ns | 0,05ns |
| H29 | 1,41** | 29,58* | 14,86** | 7,30* | 0,26ns | 1,48ns | 0,28ns | 0,09ns | 1,22ns |
| H30 | -0,23ns | -29,30* | -8,46ns | -2,08ns | -8,40** | -9,86** | -1,81** | -6,57** | -1,46ns |
| H31 | 0,45ns | 10,78ns | 3,21ns | 0,36ns | -3,87ns | -5,34ns | -1,49* | -3,00ns | -1,47ns |
| H32 | 0,08ns | 21,77ns | 10,20ns | 7,10ns | -0,40ns | -1,30ns | 0,20ns | -0,99ns | -0,90ns |
| H33 | -0,22ns | 30,57* | 9,10ns | -1,39ns | -3,38ns | -3,66ns | -1,05ns | -2,31ns | -0,28ns |
| H34 | 0,72ns | 44,19** | 13,87* | 1,88ns | -3,43ns | -2,84ns | -0,56ns | -2,26ns | 0,60ns |
| H35 | 0,95** | 37,50* | 17,33** | 5,87ns | -3,81ns | -4,19ns | -0,81ns | -3,60ns | -0,38ns |
| H36 | -0,56ns | -24,40ns | -7,14ns | -1,43ns | -5,61* | -6,82* | -1,52* | -4,11ns | -1,21ns |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente ácido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Tabela 16: Estimativas dos efeitos de heterose média (\bar{h}), varietal (h_i) e Heterobeltiose (Hb), segundo metodologia de Gardner e Eberhart (1966) adaptada Miranda Filho e Geraldi (1984), para as nove características avaliadas em doze genitores e 36 combinações híbridas de sorgo biomassa (Nova Porteirinha, MG).

| Genótipos | Características | | | | | | | | |
|---|-----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Alt | MMV | MMS | MS% | FDA(%) | FDN(%) | Lig(%) | Cel(%) | Hem(%) |
| Heterose média | 1,77ns | 38,73ns | 13,65* | 1,82** | 3,81* | 3,48ns | 0,26ns | 3,00* | -0,39ns |
| Heterose varietal (h_i) | | | | | | | | | |
| CMSXS238A | 0,28* | -5,71ns | 1,25ns | 3,53** | -1,01ns | -0,38ns | 0,12ns | -0,90ns | 0,54ns |
| CMSXS112A | 0,04ns | 9,13ns | 1,92ns | -1,83ns | 1,87ns | 1,88ns | 0,31ns | 1,27ns | 0,07ns |
| CMSXS156A | 0,09ns | -0,48ns | -1,26ns | -0,51ns | 0,18ns | -0,17ns | 0,05ns | -0,21ns | -0,29ns |
| CMSXS157A | -0,06ns | 0,84ns | -1,19ns | -1,84ns | 1,26ns | 0,78ns | -0,04ns | 1,17ns | -0,43ns |
| CMSXS222A | -0,19ns | -8,37ns | -2,35ns | 0,72ns | -0,97ns | -1,08ns | -0,30ns | -0,39ns | -0,05ns |
| CMSXS217A | -0,16ns | 4,58ns | 1,64ns | -0,07ns | -1,33ns | -1,04ns | -0,14ns | -0,94ns | 0,15ns |
| CMSXS7032R | 0,07ns | 5,08ns | 3,32ns | 1,97ns | 2,02* | 1,45ns | 0,35ns | 1,06ns | -0,51ns |
| CMSXS650R | 0,40** | 9,18ns | -0,19ns | -2,20* | 1,32ns | 1,22ns | 0,24ns | 0,91ns | -0,04ns |
| CMSXS7039R | -0,18ns | -5,41ns | -0,94ns | 0,14ns | -0,84ns | -0,20ns | -0,25ns | -0,15ns | 0,71ns |
| CMSXS7041R | 0,13ns | 0,18ns | -0,45ns | -2,59* | 1,44ns | 1,98ns | 0,27ns | 1,51* | 0,25ns |
| CMSXS7042R | 0,16ns | -11,14* | 0,48ns | 5,10* | 3,28** | 4,39* | 0,73** | 2,66* | 1,18** |
| CMSXS7043R | -0,59* | 2,11ns | -2,22ns | -2,42* | -7,21* | -8,86* | -1,34* | -5,98* | -1,59* |
| Heterobeltiose (Hb) | | | | | | | | | |
| H1 | 0,47ns | 23,58* | 11,72** | 4,15ns | 1,71ns | 0,22ns | -0,53ns | 1,16ns | -1,49ns |
| H2 | 0,93** | -0,24ns | 3,85ns | 6,99** | 7,66** | 9,58** | 1,68* | 6,32** | 1,92* |
| H3 | 0,60* | 19,273ns | 6,16ns | -2,68ns | 2,22ns | 3,70ns | 0,33ns | 2,38ns | 1,48ns |
| H4 | 0,52ns | 30,27** | 13,15** | 0,66ns | 4,33ns | 5,15ns | 1,40* | 2,41ns | -0,09ns |
| H5 | 0,10ns | 3,07ns | 9,60* | 10,53** | 5,62* | 7,58** | 1,60* | 3,81* | 1,95* |
| H6 | 0,37ns | 14,58ns | 8,73* | 5,59* | -2,95ns | -3,46ns | -0,39ns | -2,71ns | -0,51ns |
| H7 | 0,15ns | 44,29** | 14,34** | -1,13** | 5,63* | 4,22ns | 0,87ns | 3,66* | -1,40ns |
| H8 | 1,17** | 40,05** | 9,78* | -2,24** | 4,80* | 5,88* | 0,67ns | 3,91* | 1,08ns |
| H9 | 0,17ns | 32,57** | 12,00** | -1,44** | 1,32ns | 1,10ns | -0,29ns | 1,29ns | -0,23ns |
| H10 | 0,68* | 63,78** | 18,68** | -8,32** | 2,64ns | 3,16ns | 0,57ns | 1,90ns | 0,53ns |

Continua...

| | Conclusão... | | | | | | | | |
|-----|--------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| H11 | 0,17ns | 1,16ns | 4,73ns | 4,38ns | 5,80* | 7,12** | 0,89ns | 4,39* | 1,32ns |
| H12 | -0,03ns | 38,66** | 10,17* | -0,90ns | -3,76ns | -4,02ns | -0,53ns | -3,27ns | -0,26ns |
| H13 | 0,10ns | 21,08ns | 7,36ns | 0,40ns | 2,73ns | 0,90ns | -0,42ns | 1,60ns | -1,83* |
| H14 | 1,30** | 24,87* | 4,75ns | -2,98ns | 3,78ns | 2,78ns | 0,30ns | 2,94ns | -1,00ns |
| H15 | 0,00ns | 28,22* | 8,57* | -3,51ns | -3,97ns | -3,79ns | -0,91ns | -3,07ns | 0,18ns |
| H16 | 0,35ns | 39,95** | 12,11** | -6,82** | 0,37ns | -0,53ns | -0,65ns | 0,38ns | -0,90ns |
| H17 | 0,30ns | 6,19ns | 3,96ns | 1,44ns | 4,55ns | 5,45* | 0,52ns | 3,98* | 0,90ns |
| H18 | -0,13ns | 22,65* | 3,61ns | -3,26ns | -3,95ns | -4,70ns | -0,71ns | -3,56* | -0,75ns |
| H19 | -0,02ns | 30,95** | 11,56** | 1,37ns | 2,74ns | 1,18ns | -0,17ns | 1,44ns | -1,56ns |
| H20 | 1,23** | 38,14** | 7,44ns | -3,64ns | 3,24ns | 2,14ns | -0,10ns | 2,80ns | -1,10ns |
| H21 | -0,33ns | 25,95* | 9,72* | -0,97ns | 2,01ns | 2,57ns | -0,15ns | 1,95ns | 0,56ns |
| H22 | 0,38ns | 40,28** | 8,1* | -12,49** | -3,66ns | -4,73ns | -1,68* | -2,17ns | -1,07ns |
| H23 | 0,57ns | 8,87ns | 6,63ns | 4,03ns | 2,60ns | 3,57ns | 0,09ns | 2,78ns | 0,97ns |
| H24 | -0,50ns | 23,29* | 5,39ns | -1,58ns | -5,04* | -5,53* | -0,86ns | -4,28* | -0,49ns |
| H25 | 0,18ns | 18,15ns | 7,14ns | 1,23ns | 3,74ns | 3,96ns | 0,31ns | 2,69ns | 0,22ns |
| H26 | 0,83** | 13,64ns | 2,79ns | -1,69ns | 5,92* | 6,24* | 0,67ns | 4,78** | 0,32ns |
| H27 | 0,07ns | 26,85* | 6,49ns | -6,06* | -0,33ns | -1,30ns | -0,42ns | -0,11ns | -0,97ns |
| H28 | 0,58* | 31,10** | 6,59ns | -10,86** | -0,63ns | -0,49ns | -0,74ns | 0,15ns | 0,14ns |
| H29 | 0,50ns | 14,92ns | 13,07** | 8,67** | 1,31ns | 1,73ns | -0,07ns | 1,74ns | 0,42ns |
| H30 | -0,40ns | 16,97ns | 4,44ns | -0,56ns | -4,79* | -4,02ns | -0,48ns | -3,58* | 0,77ns |
| H31 | -0,42ns | 17,28ns | 6,70ns | 1,14ns | 4,86* | 4,01ns | 0,49ns | 3,23ns | -0,85ns |
| H32 | 1,15** | 53,50** | 16,57** | 0,45ns | 0,14ns | 0,54ns | 0,23ns | -0,30ns | 0,40ns |
| H33 | 0,33ns | 36,14** | 11,22** | -4,76ns | 1,11ns | 2,65ns | -0,05ns | 1,78ns | 1,54ns |
| H34 | 0,53ns | 32,57** | 11,24** | -3,53ns | 3,68ns | 4,84ns | 0,98ns | 3,16ns | -0,08ns |
| H35 | 0,07ns | 3,92ns | 6,83ns | 6,19* | 5,53* | 7,64** | 1,18ns | 4,59** | 2,11* |
| H36 | -0,40ns | 23,97* | 6,68ns | -0,42ns | -5,77* | -6,81* | -0,91ns | -4,91** | -1,04ns |

^{ns}, Não significativo. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t-Student.

Alt= altura (m); MMV=massa de matéria verde (t/ha⁻¹); MMS=massa de matéria seca (t/ha⁻¹); MS%= porcentagem de matéria seca; FDA(%)= porcentagem de fibra em detergente acido; FDN(%)=porcentagem de fibra em detergente neutro; Lig(%)= teor de lignina, Cel(%)= teor de celulose; Hem(%)=teor de hemicelulose.

Considerando apenas Nova Porteirinha, os híbridos H2 e H5 apresentaram valores altos e significativos para Heterobeltiose para as características FDA, FDN, Lignina, Celulose e Hemicelulose. Os híbridos H8, H11 e H35 apresentaram estimativas significativas para Heterobeltiose para FDA, FDN e celulose. E os híbridos H7, H17 e H26 para a característica qualitativa teor de celulose, no mesmo local. Em Sete Lagoas, não houve estimativas positivas e significativas além das citadas acima.

Valores positivos e significativos indicam que houve a produção de híbridos com desempenho, tanto produtivo quanto qualitativo, superior ao da média de seus genitores, viabilizando a exploração de híbridos de sorgo biomassa.

A fim de selecionar materiais mais promissores, usou-se como critério de seleção apenas os caracteres MMV, MMS e teor de lignina. Com base nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação, nas médias e na heterose foram selecionados os híbridos H1 (CMSXS238A x CMSXS7032R), H5 (CMSXS238A x CMSXS7042R), H7 (CMSXS112A x CMSXS7032R), H10 (CMSXS112A x CMSXS7041R), H19 (CMSXS157A x CMSXS7032R) e H35 (CMSXS217A x CMSXS7042R), como sendo os híbridos que apresentaram maior produtividade de biomassa e melhor qualidade da mesma em pelo menos um local de avaliação.

4.CONCLUSÕES

- Os genitores CMSXS238A, CMSXS112A, CMSXS156A, CMSXS157A, CMSXS217A, CMSX222A, CMSXS7032R, CMSXS7041R, CMSXS7042R,

CMSXS7043R, CMSXS650R e CMSXS7039R apresentam potencial como genitores no melhoramento do sorgo biomassa visando a cogeração de energia.

- Há predominância de efeito de dominância no controle das características altura de plantas, massa de matéria verde e massa de matéria seca. Já para característica porcentagem de massa seca, teor de fibra em detergente ácido e em detergente neutro, teor de lignina, celulose e hemicelulose há predominância de efeitos de dominância em Sete Lagoas e aditivos em Nova Porteirinha.
- Os híbridos CMSXS238AxCMSXS7032R, CMSXS238AxCMSXS7042R e CMSXS112AxCMSXS7041R apresentaram maior potencial para uso na cogeração de energia.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELOS,C.A. Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e Lignocelulósica do sorgo sacarino [sorghum bicolor (L.) Moench] para a produção de Bioetanol. 2012. 334 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BAI,C.A.G. Comportamento de híbridos F1 de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench], em relação aos seus progenitores. Natal, UFRN - Centro de tecnologia, 57 p. 1982.

BARJA,G.J.A. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 2006. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 (BEN, 2015)** / Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro : EPE, 2014. 292 p.

BRASIL. **Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia**. EMBRAPA Milho e Sorgo. Minas Gerais, Nov. 2014. Disponível em: <www.embrapa.br/noticias>. Acesso em: 28 de Agosto de 2014.

BUSO,W.H.D.; MORGADO,H.S.; BORGES&SILVA,L.; FRANÇA,A.F.S. Use in animal feed forage sorghum. **PUBVET**, Paraná, v. 5, n. 23, ed. 170, Art. 1145, 2011.

BORÉM, A. Endogamia e heterose. In: BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997, p. 163-188.

CERES SEMENTES DO BRASIL. Disponível em: <www.ceres.net>. Acesso em: 15 de março de 2015.

CORDER, L.M. **Sorgo - Conjuntura Mensal**. Companhia Brasileira de Abastecimento Conab, Brasília, Fevereiro. 2015. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=526&t=#this?a=524&t=>>. Acesso em: 05 de Junho de 2015.

CRUZ,C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

CRUZ,C.D.; REGAZZI,A.J.; CARNEIRO,P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa : Ed UFV, 2012, p. 236-378.

CRUZ,C.D.; REGAZZI,A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Ed UFV, 2004. 390 p.

CRUZ,C.D.;REGAZZI,A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa : Ed UFV, 1994. 390 p.

CRUZ,C.D.; VENCOVSKY,R.. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto v. 12, n. 2, p. 425-438.1989

DAMASCENO,C.M.B.; PARRELLA,R.A.C.; SOUZA,V.F.; SIMEONE,M.L.F.; SCHAFFERT,R.E. **Análise Morfoagronômica e Bioquímica de Um Painele de Sorgo Energia para Características Relacionadas à Qualidade da Biomassa**. ISSN 1679-1150 Versão eletrônica. Circular Técnica 190. 2013.

DUARTE,J.O. Mercado e comercialização. In: **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 4^a edição. Set. 2008.

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

FARIAS,J.R.B. **Fotoperíodo**. EMBRAPA – Parque de Estação Biológica, Brasília, 2014. Disponível em <www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 12 de Agosto de 2014.

FERREIRA,J.M.; MOREIRA,R.M.P.; HIDALGO,J.A.F. Capacidade combinatória e heterose em populações de milho crioulo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39 n. 2, p. 332-339. 2009.

HOUSE,L.R. A guide sorghum breeding. **Andhra Pradesh**, Índia. 1985. 206 p.

MACIEL,G.M.; MALUF,W.R.; SILVA,V.F.; GONÇALVES NETO,A.C.; NOGUEIRA,D.W.; GOMES, L.A.A. Heterose e capacidade combinatória de

linhagens de tomateiro ricas em açúcares. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1161-1167. 2010.

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,A.; SILVA,D.D.; SANTOS,F.C. **Cultivo do sorgo biomassa para cogeração de energia elétrica**. Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. ISSN 1518-4277; 152. 2013. 65 p.

MENEZES,B.R.S. **Capacidade combinatória e estimativas de parâmetros de heterose em genótipos de capim-elefante para fins energéticos**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

MURTY,D.S.; TABO,R.; AJAYI,O. **Sorghum hybrid seed production and management**. Andhea Proeoh: ICRISAT, 1994. 67 p.

PARRELLA,R.A.; SCHAFFERT,R.E.; MAY,A.; EMYGDIO,B.; PORTUGAL,A.F.; DAMASCENO,C.M.B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, ISSN 1679-0154; 41. 2011. 19 p.

PARRELLA,R.A.C.; RODRIGUES,J.A.S.; TARDIN,F.D.; DAMASCENO,C.M.B.; SCHAFFERT,R.E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. ISSN 1679-0154; 28. 2010. 23 p.

PARRELLA.R.A.C. **Incorporação do alelo bmr-12 que controla a expressão do fenótipo nervura marrom " brown midrib" em linhagens elites de sorgo.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. 46 p.

PEREIRA.J.A; MORAIS,O.P.; BRESEGHELLO,F. Análise da heterose de cruzamentos entre variedades de arroz-vermelho. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 43 n. 9, p. 1135-1142. 2008.

PIMENTEL GOMES,F. **Curso de estatística experimental.** 14 ed. Piracicaba: Ed Nobel, 2000. 477 p.

PURCINO,A.A.C. **Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos.** In: AGROENERGIA em revista. Ano II, n. 3, Agosto, 2011.

QUINBY,J.R. **Sorghum improvement and the genetics of growth.** College Station, Texas, Texas A&M University Press. 1974. 108 p.

RESENDE,M.D.V.de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2002. 975 p.

RESENDE,M.D.V.; DUARTE,J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBAS,P.M. Importância Econômica. In: **Cultivo do Sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 3. ed. Set. 2007.

RODRIGUES,L.R.; SILVA,P.R.F.; **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul safras 2011/2012 e 2012/2013**. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul – EMATER/RS, Ijuí, 2011.

ROSA,W.J. **Cultura do sorgo**. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER/MG, Belo Horizonte, Agosto, 2012.

ROONEY,W.L.; AYDIN,S. Genetic control of a photoperiod-sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 397-400, 1999.

ROSS,W.M. **Use of population breeding in sorghum – problems and progress**. In: Annual Corn and Sorghum Research Conference, 28, Chicago, ASTA, Proceedings, v. 1, p. 30-43, 1973.

RUSSELL,W.A. & EBERHART,S.A. Hybrid performance of selected maize lines from reciprocal recurrent selection and testcross selection programs. **Crop Science**, v. 15, n. 1, p. 1-4, 1974.

SANTOS,D.S. **Produção de etanol de segunda geração por *Zymomonas mobilis* naturalmente ocorrente e recombinante, empregando biomassa lignocelulósica**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. 218 p.

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

SILVA,V.Q.R. **Dialelo parcial em capim-elefante: capacidade combinatória em caracteres morfoagronômicos e bromatológicos em Campos dos Goytacazes, RJ.**

Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, 2011. 110 p.

SILVA,L.L.da. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão.** Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. 100 p.

SILVA,M.A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Bragantia**, v. 67, n.1, p. 109-117, 2008.

SILVA,M.A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Bragantia**, v. 67, n.1, p. 109-117, 2008.

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

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

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

VAN SOEST,P.J.; WINE,R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. **Journal of the A.O.A.C.**, Beltsville, v. 46, n. 5, 1963.

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.

VIEIRA,R.A.; SOUZA NETO,I.L.; BIGNOTTO,L.S.; CRUZ,C.D.; AMARAL
JÚNIOR,A.T.; SCAPIM,C.A. Heterotic parametrization for economically important
traits in popcorn. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 3, p. 411-419, 2009.