

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE  
CULTIVARES DE SORGO SACARINO**

**VANDER FILLIPE DE SOUZA**

**2011**

**VANDER FILLIPE DE SOUZA**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO  
SACARINO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**Orientadora**  
**Prof<sup>ª</sup> Dra. Márcia Regina Costa**

**JANAÚBA**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2011**

S729a

Souza, Vander Fillipe de.

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino [manuscrito] / Vander Fillipe de Souza. – 2011. 53 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2011.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Márcia Regina Costa.

1. Genótipos. 2. Melhoramento de plantas. 3. Sorgo sacarino. I. Costa, Márcia Regina. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

**VANDER FILLIPE DE SOUZA**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SORGO  
SACARINO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**Aprovada em 16 de agosto de 2011.**

**Prof. Dra. Márcia Regina Costa**  
**UNIMONTES**  
**(Orientadora)**

**Dr. Rafael Augusto da Costa Parrella**  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
**(Coorientador)**

**Dr. Cícero Beserra de Menezes**  
**Embrapa Milho e Sorgo**

**Prof. Dr. Ignacio Aspiazú**  
**UNIMONTES**

**JANAÚBA**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2011**

A todos que incentivaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

**DEDICO**

“Jamais se poderá expressar em frias  
letras a ternura de um filho ao  
compreender os sacrifícios de seus pais.”

Raumsol

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, luz e inspiração.

À Universidade Estadual de Montes Claros, pela oportunidade.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao projeto Sweet Fuel e à Fapemig, pelo apoio financeiro.

À Embrapa Milho e Sorgo, pela parceria para a realização deste trabalho.

Ao Pesquisador Rafael Parrela, pela orientação prática.

À Profa. Márcia Costa, pelo apoio e pela resolução dos entraves.

Ao Pesquisador Flávio Tardin, pelos ensinamentos em estatística.

Aos membros da banca, Cícero e Ignácio, pelas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Aos pesquisadores Robert Schaffert, José Avelino e Lauro José, pelas contribuições.

A toda grande equipe do Melhoramento Genético de Sorgo e Milho da Embrapa, funcionários e estagiários, pelo aprendizado e pela convivência.

A todos os familiares, pelo estímulo e apoio, principalmente a Maria Augusta.

A Carla de Fátima, pelo carinho e pela atenção em todos os momentos.

Aos colegas do mestrado, pelas experiências compartilhadas.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1 A Cultura do Sorgo.....	3
2.2 O Sorgo Sacarino.....	5
2.3 Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino.....	7
2.4 Interação Genótipo x Ambiente.....	9
2.5 Adaptabilidade e Estabilidade.....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1 Ambientes e Condução dos Experimentos.....	17
3.2 Genótipos.....	17
3.3 Delineamento Experimental e Características Avaliadas.....	18
3.4 Análises Estatísticas.....	18
3.4.1 Análises de Variância.....	19
3.4.2 Análises de Adaptabilidade e Estabilidade.....	19
3.4.2.1 Metodologia de Wricke e Weber.....	20
3.4.2.2 Metodologia de Eberhart e Russel.....	20
3.4.2.3 Metodologia de Annicchiarico.....	21
3.4.2.4 Metodologia de Lin e Binns.....	22
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
4.1 Análises de Variância Individuais.....	24
4.2 Análises de Variância Conjunta.....	26
4.3 Análises de Adaptabilidade e Estabilidade.....	30
4.3.1 Metodologia de Wricke e Weber.....	31
4.3.2 Metodologia de Eberhart e Russel.....	34
4.3.3 Metodologia de Annicchiarico.....	37
4.3.4 Metodologia de Lin e Binns.....	40
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>

## RESUMO

SOUZA, Vander Fillipe de. **Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Sorgo Sacarino**. 2011. 53p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG<sup>1</sup>.

O estudo da adaptabilidade e da estabilidade dos genótipos é imprescindível na fase final do programa de melhoramento de plantas, para corretas indicações dos genótipos apropriados para as regiões de cultivo. O presente trabalho objetivou analisar a adaptabilidade e a estabilidade de 25 cultivares de sorgo sacarino, sendo 24 variedades e 1 híbrido. Os experimentos foram conduzidos em seis ambientes, três no estado de Minas Gerais, nas cidades de Sete Lagoas, Nova Porteirinha e Jaíba; e os demais nas cidades de Sinop – MT, Pelotas – RS e Goiânia – GO, no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram compostas de quatro linhas de 5 m com espaçamento de 0,70 m, com população de 125.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Apenas as duas linhas centrais foram avaliadas. As características avaliadas foram produção de massa verde (PMV) da parcela, transformada para toneladas por hectare, e teor de sólidos solúveis totais (SST) no caldo, efetuado por refratômetro digital com leitura em graus Brix. Foram realizadas análises individuais e conjuntas. Como a interação genótipos x ambientes foi significativa, procedeu-se às análises de adaptabilidade e estabilidade, utilizando-se os métodos de Wricke e Weber (1986), Eberhart e Russel (1966), Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988). Na determinação da adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares de sorgo sacarino, os métodos de Eberhart e Russel (1966); Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988) evidenciam, no presente estudo, resultados concordantes entre si, mas diferentes daqueles obtidos com a metodologia proposta por Wricke e Weber (1986), que prioriza genótipos com alta estabilidade, porém com baixa adaptação, o que é indesejável. Foi possível identificar genótipos de sorgo sacarinos mais adaptados e estáveis para as características avaliadas. Os genótipos CMSXS634 e CMSXS646 apresentam-se como os mais adaptados e estáveis para PMV e Brix concomitantemente, sendo o primeiro mais adaptado a ambientes favoráveis e o segundo a ambientes desfavoráveis.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Márcia Regina Costa – UNIMONTES (Orientadora), Rafael Augusto da Costa Parrella – EMBRAPA - Milho e Sorgo (Coorientador).

## ABSTRACT

SOUZA, Vander Fillipe de. **Stability and Adaptability of Sweet Sorghum Cultivars**. 2011. 53p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semiarid) -Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>1</sup>.

The study of adaptability and stability of genotypes is essential in the final program of plant breeding for correct indications of genotypes suitable for growing regions. This study aimed to analyze the adaptability and stability of 25 cultivars of sweet sorghum, 24 varieties and one hybrid. The experiments were carried out in six environments, three in the state of Minas Gerais, in Sete Lagoas, Nova Porteirinha and Jaíba, and in the cities of Sinop - MT, Pelotas - RS and Goiânia - GO, in a randomized block designed with three replications. The plots consisted of four rows of 5 m spacing of 0.70 m, with a population of 125.000 plants ha<sup>-1</sup>. Only the two central lines were evaluated. We evaluated the production of green mass (GMP) of the plot, converted to tons per hectare, and total soluble solids (TSS) in the pulp by a digital refractometer with reading in degrees Brix. Analyses were performed individually and as a group. As the genotype x environment interaction was significant, we proceeded to the analyses of adaptability and stability, using the methods of Wricke e Weber (1986), Eberhart and Russell (1966), Annicchiarico (1992) and Lin and Binns (1988). In determining the adaptability and yield stability of sweet sorghum cultivars, the methods of Eberhart and Russell (1966); Annicchiarico (1992) and Lin and Binns (1988) show in this study that results are similar but are different from those obtained with the methodology proposed by Wricke e Weber (1986), which prioritizes genotypes with high stability, but low adaptation, which is undesirable. It was possible to identify stable and more adapted genotypes of sorghum to the characteristics evaluated. Genotypes CMSXS634 and CMSXS646 and presented themselves as the most adapted and stable to PMV and Brix, at the same time. The first one is more adapted to favorable environments and the second one to unfavorable environments.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Márcia Regina Costa – UNIMONTES (Advisor), Rafael Augusto Parrella – EMBRAPA - Milho e Sorgo (Co-advisor).

## **1 INTRODUÇÃO**

Referência internacional na geração e na utilização de fontes renováveis de energia, o Brasil reencontra-se em uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social, por meio dos agrocombustíveis. A abundante biodiversidade e as grandes extensões de terras agricultáveis com clima propício proporcionam condições ideais para produção dos chamados biocombustíveis, tecnologia mais aplicável na substituição direta dos combustíveis derivados de petróleo. O Brasil reúne vantagens comparativas em relação a outros países e poderá se tornar um relevante exportador de biocombustíveis. No entanto, ainda apresenta problemas para suprimento de sua demanda interna, cuja proposta para solução desse impasse, dentre outras, é a pesquisa e o desenvolvimento de novas matérias primas, para diversificação e ampliação da matriz energética renovável.

Para produção de etanol, a cana-de-açúcar é considerada nacionalmente como a principal cultura, porém outras espécies também se apresentam viáveis nesse processo. Entre essas se destaca o sorgo sacarino, que assim como a cana-de-açúcar possui colmo suculento com presença de açúcares diretamente fermentáveis. O sorgo sacarino é uma cultura eficiente em produção de massa verde em um rápido ciclo de cultivo, aproximadamente quatro meses. É tolerante a estresse hídrico, o que amplia o zoneamento agroenergético e possibilita sua utilização em áreas sem aptidão para cultivo da cana-de-açúcar, e é tolerante à baixa fertilidade e à acidez no solo, o que também favorece o balanço energético positivo da produção.

O processo agroindustrial de produção de etanol do sorgo sacarino pode estar associado ao setor sucroalcooleiro nos períodos de entressafra da cana-de-açúcar ou na renovação de canaviais, pois utiliza os mesmos equipamentos, da moagem à destilação, cobrindo a ociosidade destas e ampliando o período de

moagem das usinas na entressafra. A agroindustrialização do sorgo também pode ser um processo empregado em micro e minidestilarias produtoras de etanol ou aguardente baseados, por exemplo, no cooperativismo ou associativismo de agricultores.

Outras características importantes do sorgo sacarino são seus coprodutos. A produção de grãos e o próprio bagaço, de qualidades interessantes para alimentação animal, podem viabilizar projetos de produção diversificada. Os grãos também podem ser utilizados para a produção de etanol, por via enzimática, e a biomassa excedente pode ser empregada tanto na cogeração de energia, como na denominada segunda geração de combustíveis.

Um dos pilares para o sucesso do sistema de produção de etanol de sorgo sacarino consiste no desenvolvimento de matéria prima de qualidade. A produção de genótipos que atendam às características tecnológicas demandadas pelo mercado é o papel de um programa de melhoramento genético, no caso, cultivares com boa produtividade e qualidade do caldo para a produção de etanol. Além de produtivas, as cultivares também precisam ser estáveis quanto às variações ambientais e responsivas às melhorias no ambiente.

No estágio final de um programa de melhoramento, torna-se fundamental a avaliação do comportamento das cultivares obtidas em vários locais e anos, para testar a adaptabilidade e estabilidade da cultivar, o que possibilita maior segurança para as recomendações nas regiões de plantio. O objetivo deste trabalho foi estudar a adaptabilidade e a estabilidade de cultivares elites de sorgo sacarino, desenvolvidas pela Embrapa Milho e Sorgo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do Sorgo

Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma gramínea que apresenta ampla versatilidade de uso, e cultivares apropriadas para diferentes produtos. Basicamente pode ser dividido em: sorgo granífero, cujo produto principal são os grãos, utilizados na fabricação de rações; sorgo forrageiro, cuja biomassa é utilizada na produção de silagem; sorgo-vassoura, para confecção de vassouras e artesanatos; sorgo-pastejo, cruzamento entre *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (SAWAZAKI, 1998); sorgo sacarino e sorgo lignocelulose, para produção de etanol de primeira e segunda geração, respectivamente (IEA, 2010).

O sorgo originou-se no quadrante Noroeste da África onde se encontra, atualmente, sua maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas. Possivelmente o sorgo foi domesticado na Etiópia há 7.000 anos, pela seleção de espécies silvestres (*Sorghum arundinaceum* ou *Sorghum verticilliflorum*) e distribuído por rotas de comércio por toda a África, e do Oriente Médio à Índia há cerca de 3000 anos. Da Índia, o sorgo alcançou a China pela rota da seda no século III d.C. (SANTOS *et al.*, 2005). Nas Américas, as primeiras introduções ocorreram no Caribe, pelos comerciantes de escravos africanos, e alcançou os EUA por volta da metade do século XIX. No Brasil, o sorgo foi recentemente introduzido, sendo considerado significativamente comercial a partir da década de 1970 (RIBAS, 2003).

Em termos globais, o sorgo é o quinto cereal mais importante do mundo, base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países. Os grãos são amplamente utilizados na alimentação humana em países da África e Ásia, sendo no Ocidente utilizado na alimentação animal e na elaboração de xarope, álcool e açúcar. No caso do sorgo granífero, sua área total cultivada já

alcança os aproximadamente 40 milhões de hectare. As maiores produtividades estão nos EUA, na Índia e no México, que produzem juntos 41% da produção mundial. O Brasil é o oitavo no ranking e é o maior produtor na América do Sul (FAO, 2009).

No Brasil, o sorgo é destinado, principalmente, à produção de ração animal, e seu cultivo cresce tanto em área plantada quanto em produtividade. Na safra 2010/2011, foram 2,019 milhões de toneladas de grãos em 782,4 mil ha de área plantada, com produtividade de 2,58 t/ha. É cultivado, principalmente, na região Centro-Oeste, que detém 61,3% da colheita nacional, ou seja, 1,238 milhão de toneladas. Em seguida, ficam as regiões Sudeste (22,9%), Nordeste (11,5%), Sul (2,5%) e Norte (1,8%). Enquanto o Centro Oeste é a principal região produtora de sorgo granífero, o Sul e o Sudeste se destacam no cultivo de sorgos forrageiros (CONAB, 2011).

Para Bahia Filho *et al.* (2008), o crescimento da produção de sorgo ocorreu, principalmente, nos últimos 10 anos, com a concentração da área plantada nas regiões Sudeste e Centro Oeste, na época da safrinha, ou 2ª safra. Geralmente, plantadas após a época ideal para o milho, as lavouras de sorgo são conduzidas em condições mais adversas do que as normalmente verificadas para essa época de plantio. Essa situação tem desestimulado a utilização de tecnologias que conduzam ao aumento da produtividade e estimulado a adoção de sistemas de produção com foco na redução de custos, o que subestima seu potencial produtivo.

No entanto, a cultura do sorgo deve sofrer grande expansão devido aos avanços na utilização do sorgo sacarino como matéria prima para a produção de etanol. Esse segmento pode se concretizar, em pouco tempo, como um importante fornecedor no mercado de energia renovável. Outros países também veem no sorgo sacarino uma alternativa real para o domínio completo da

produção e uso do etanol. China, Índia, UE, EUA, e vários países da África são exemplos (MARCOCCIA, 2007).

## 2.2 O Sorgo Sacarino

Sorgo sacarino é a denominação dada às plantas da espécie *Sorghum bicolor* que apresentam elevada produção de massa verde, porte alto e colmos suculentos com elevados teores de açúcares fermentáveis no caldo. Conforme Nan *et al.* (1994), genótipos de sorgo que apresentam alto teor de umidade no colmo na maturidade e apresentam acima de 8 °Brix no caldo são chamados de sorgo sacarino.

Por ser uma planta C4 com alta eficiência fotossintética, o sorgo é um dos maiores produtores de energia acumulada, com taxas de fotossíntese das folhas que vão de 30 a 100 mg dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>, dependendo do material genético, da intensidade de luz e da idade das folhas. Além disso, o sorgo possui eficientes mecanismos morfológicos e bioquímicos de tolerância à seca. Dessa forma, o sorgo requer menos água para se desenvolver quando comparado a outros cereais, necessita de 330 kg de água para produzir 1kg de matéria seca. O milho e o trigo, por exemplo, necessitam de 370 kg e 500 kg de água por kg de matéria seca, respectivamente (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

Devido às características de eficiência no uso de água e tolerância a estresses bióticos, o sorgo sacarino apresenta-se como interessante alternativa na geração da agroenergia, e particularmente em locais onde as condições edafoclimáticas limitam a exploração de uma cultura energética, como nas regiões áridas e semiáridas. Pode-se, dessa forma, fornecer a chave de um processo racional de produção de energia sob bases renováveis nessas regiões (SCHAFFERT e GOURLEY, 1981).

Inicialmente introduzido nos Estados Unidos, em 1857, o sorgo foi utilizado extensivamente na produção de xarope, o que ilustra seu potencial glicídico. No Brasil, o potencial do sorgo com colmo suculento para produção de etanol foi amplamente estudado nas décadas de 70 e 80, estimulado pelo Programa Nacional do Álcool – Decreto nº 76.593/75 (EMBRAPA, 1982).

No final da década de 70, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) lançou cinco variedades de sorgo sacarino BR500, BR501, BR502, BR503 e BR504 derivadas das variedades Rio, Brandes, Roma, Theis e Dale, respectivamente, oriundas da USDA – Sugar Crops Field Station – Mississippi, todas com porte alto e teor de sólidos solúveis médios entre 17 e 18 °Brix. A cultivar Wray foi introduzida como BR505, denominada inicialmente como CMSXS616 nas avaliações do CNPMS (BORGONOV *et al.*, 1979).

Posteriormente, as variedades BRS506 e BRS507 e o híbrido BRS601 foram desenvolvidos. Todavia, com o insatisfatório êxito do Proálcool, o foco das pesquisas e dos produtos foi redirecionado para a produção de cultivares forrageiras, provocando um intervalo no estado da arte do sorgo sacarino. Como as cultivares lançadas apresentavam boa produção e qualidade de matéria verde, estes produtos se mantiveram no mercado, comercializados como forrageiras. Atualmente apresentam-se como cultivares de dupla aptidão, sacarinas e forrageiras (EMBRAPA, 1982).

A retomada de pesquisa e desenvolvimento de novas variedades e híbridos, associada à variabilidade genética existente no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa, possibilitou a produção de novas cultivares potencialmente superiores, perfazendo uma nova linha de lançamento para atender à crescente demanda por formas renováveis na matriz energética brasileira (BRASIL, 2006). Ensaios realizados na Embrapa Milho e Sorgo, na unidade experimental em Janaúba – MG, com cultivares potenciais para lançamento e cultivares comerciais do programa de melhoramento de CNPMS,

demonstraram uma ampla variabilidade para as características produção de massa verde (25,81 t ha<sup>-1</sup> a 71,05 t ha<sup>-1</sup>) e teor de sólidos solúveis (8,7 °Brix a 21,7 °Brix) (SOUZA *et al.*, 2011).

A produtividade média brasileira de biomassa verde de cana-de-açúcar é de 76,06 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011). Em regiões produtoras, maiores níveis de produtividade são alcançados, porém esses níveis tendem a cair gradativamente a partir do primeiro corte até o quinto ou sexto corte, com ciclo de cultivo de um ano ou um ano e meio. Como o ciclo do sorgo sacarino gira em torno de 120 dias, o que possibilita o cultivo de mais de uma safra por ano, e considerando uma produtividade média por ciclo de 50 t ha<sup>-1</sup>, pode-se concluir que o sorgo sacarino é uma cultura bastante eficiente na produção de biomassa para produção de etanol (PARRELLA *et al.*, 2010).

Quanto ao teor de sólidos solúveis, medida indireta para aferição do teor de açúcar, verifica-se que os valores do sorgo sacarino são equivalentes aos encontrados na cana-de-açúcar. A produção de etanol a partir do caldo extraído do sorgo sacarino foi estudada por diversos autores (RATNAVATHI *et al.*, 2010; LIU *et al.*, 2008; CHANNAPPAGOUDAR *et al.*, 2007; REDDI, 2006; GARCIA, 1984). Além disso, os teores de açúcares, segundo Teixeira *et al.* (1998), se elevam até a planta atingir a maturidade fisiológica, época ideal para o corte, o que possibilita perfeitamente a conciliação da colheita dos colmos e dos grãos.

### **2.3 Melhoramento Genético do Sorgo Sacarino**

O *Sorghum bicolor* é uma espécie autógama, e mostra pequena depressão por endogamia quando se utilizam métodos de melhoramento para obtenção de linhas puras, e apresenta pequena taxa de cruzamento natural, que varia conforme o genótipo e o ambiente de 2 a 10%. A exploração da

variabilidade genética é a ferramenta mais importante no melhoramento de plantas. Devido sua ampla diversidade genética, o sorgo pode ser melhorado para suas diferentes finalidades (ROONEY, 2004).

A variabilidade genética em programas de melhoramento de sorgo pode ser ampliada pelo uso da coleção mundial, da aquisição de sementes de outros programas de melhoramento e de cruzamento entre linhagens selecionadas. A introdução de genótipos oriundos do Icrisat (Índia), e de coleções da Ciat (Colômbia), e de instituições públicas dos Estados Unidos (USDA, Purdue University) teve importante contribuição para os programas de melhoramento do Brasil (SANTOS *et al.*, 2005).

Nan *et al.* (1994), com o intuito de estudar o controle genético da presença de caldo no colmo e o conteúdo de açúcar no caldo, realizaram hibridações entre cultivares de sorgo granífero de colmo seco e baixo teor de açúcar com a cultivar Roma de sorgo sacarino. As plantas F1 apresentaram colmo seco, e a segregação observada na F2 foram 3 plantas com colmo seco para 1 com caldo (231:69), seguindo o padrão de herança monogênica com dominância do alelo que condiciona ausência de caldo no colmo. As 69 plantas F2 que apresentaram caldo no colmo foram fenotipadas para o conteúdo de açúcar. Observou-se uma segregação contínua do teor de açúcar, com Brix variando de 6° a 18,5°, indicando que esta característica é controlada por muitos genes, seguindo o padrão de herança quantitativa.

Sankarapandian *et al.* (1994) destacam o papel preponderante de genes não aditivos de ação para a altura da planta, colmo, sólidos solúveis totais e rendimento de caldo, o que indica a importância de utilização de heterose para melhoria dessas características. A magnitude substancial de heterose padrão para todos os caracteres relacionados à produção de etanol apresentados pelo autor é: até 46,9% para altura da planta, até 5,3% para colmo, até 7,4% para sólidos solúveis totais (%), e até 122,6% para rendimento de caldo.

O tipo de cultivar demandado e sua finalidade determinam os objetivos do melhoramento. No caso do sorgo sacarino devem ser considerados, além da produtividade de colmos, presença de caldo nos colmos e presença de açúcar no caldo; a resistência aos principais fatores limitantes da produção. Esses fatores incluem estresses bióticos, como doenças e pragas, e abióticos, principalmente seca, acamamento, toxidez de alumínio e baixo fósforo no solo. Constituindo fatores de grande importância para expansão da cultura (SANTOS *et al.*, 2005).

Com base nos objetivos e nos recursos disponíveis, o melhorista deve selecionar o germoplasma-elite para o desenvolvimento da variedade e, provavelmente, outro germoplasma suplementar para ser utilizado como fonte de variabilidade adicional. A decisão de lançar uma nova variedade não é fácil, a situação mais comum é aquela em que o melhorista tem confiança na superioridade da linhagem em diversos aspectos, porém tem dúvidas em relação a outros (BORÉM, 2009).

#### **2.4 Interação Genótipo x Ambiente**

A avaliação da interação genótipo e ambiente é de grande importância no melhoramento de plantas, pois existe a possibilidade de um genótipo ser o melhor em um ambiente e não o ser em outro, fato que dificulta a recomendação de cultivares para ambientes diversos. As causas da interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo cultivado. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a maturação, há geralmente um comportamento diferenciado destes em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ *et al.*, 2004).

Para Chaves (2001), a interação de genótipos e ambientes deve ser encarada como um fenômeno biológico em suas aplicações no melhoramento de

plantas e não como um simples efeito estatístico. Não deve ser assumida como um problema ou um fator indesejável, cujos efeitos devem ser minimizados em um programa de melhoramento. Ao contrário, como um fenômeno biológico natural, cumpre conhecê-la bem, para melhor aproveitá-la no processo de seleção.

Robertson (1959) classifica a interação genótipo x ambiente em dois tipos: simples e complexa. A primeira é proporcionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, de forma que a posição relativa dos genótipos não é alterada. Esse tipo de interação não acarreta problemas ao melhorista, uma vez que os melhores genótipos em um ambiente também o são em outros. A segunda ocorre pela falta de correlação entre os desempenhos dos genótipos, de modo que estes apresentam diferentes respostas às variações ambientais, causando alteração na sua classificação, considerando os diversos ambientes.

Allard e Bradshaw (1964) definiram a resposta relativa dos genótipos em relação à variação dos ambientes em dois tipos: previsível e imprevisível. A primeira categoria inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como as características gerais do clima e do tipo de solo, e também as características do ambiente que variam de uma maneira sistemática, como o comprimento do dia. Inclui ainda os aspectos do ambiente que são determinados pelo homem, como data de plantio, densidade, métodos de preparo do solo e colheita, entre outros. A segunda categoria inclui as flutuações variáveis do ambiente, como quantidade e distribuição de chuvas, variações na temperatura etc.

Existem três modos de atenuar a interação genótipos x ambientes: 1º) identificar uma cultivar específica para cada ambiente; 2º) realizar o zoneamento ecológico ou estratificação ambiental e 3º) identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica (RAMALHO *et al.*, 1993).

A primeira opção é praticamente inexecutável, pois além de ser dispendiosa às instituições de pesquisa, quaisquer variações imprevistas no ambiente específico pode fazer com que o material genético não se mostre mais adaptado. A segunda opção visa atenuar o efeito da interação genótipo x ambiente com o agrupamento de ambientes ecologicamente semelhantes. No entanto, a interação genótipo x ambiente não pode ser controlada pelo método, além de basear-se apenas nas diferenças macroambientais. A terceira opção visa identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica e tem sido a mais utilizada, pois apresenta uma série de procedimentos e pode ser aplicada em variadas situações.

Ezzat *et al.* (2010) estudaram a interação genótipo x ambiente de 10 linhagens parentais e 25 híbridos de sorgo granífero em dois locais, em duas épocas de semeadura e em dois anos. Os efeitos da interação do genótipo x ambientes x épocas foram altamente significativos para todas as características estudadas. A interação genótipo x ano foi significativa para florescimento, altura da planta, e produtividade de grãos; e a interação genótipo x ano x época foi significativa para a altura da planta, peso de 1000 grãos e rendimento de grãos. Todavia, a interação genótipo x ambiente x época x ano foi significativa apenas para altura de planta e rendimento de grãos.

## **2.5 Adaptabilidade e Estabilidade**

Como o estudo da interação genótipos x ambientes por si não proporciona informações pormenorizadas sobre o comportamento individual dos genótipos frente às variações ambientais, faz-se necessária a análise da adaptabilidade e da estabilidade. Dessa forma, é possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas e amplas (CRUZ *et al.*, 2004).

Mariotti *et al.* (1976) relatam as dificuldades encontradas para esclarecer o significado desses termos, tendo em vista suas diversas definições, dadas por diferentes autores. No entanto, sugerem que a adaptabilidade seria a capacidade de os genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais. Alguns autores (CRUZ *et al.*, 2004; RAMALHO *et al.*, 1993) consideram essas definições as mais apropriadas.

Existem vários métodos de análise da adaptabilidade e da estabilidade, Tradicional; Plaisted e Peterson (1959); Finlay e Wilkinson (1963); Eberhart e Russell (1966); Perkins e Jinks (1968); Tai (1971); Wricke e Weber (1985); Silva e Barreto (1986); Lin e Binns (1988); Cruz *et al.* (1989) e Annicchiarico (1992), cada qual com seu conceito de estabilidade, adaptabilidade e princípio estatístico empregado. A escolha do método de análise depende dos dados experimentais, principalmente em relação ao número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. Dessa maneira, um importante fator é o conceito adotado de estabilidade.

Lin *et al.* (1986) sugeriram três conceitos de estabilidade: a) estabilidade do tipo 1, a cultivar será considerada estável se sua variância entre ambientes for pequena; b) tipo 2, em que a cultivar será estável se sua resposta aos ambientes for paralela ao desempenho médio de todas cultivares avaliadas e c) tipo 3, será estável a cultivar que apresentar o quadrado médio do desvio da regressão baixo, próximo a zero, ou seja, alta confiabilidade na resposta estimada. Os três conceitos apresentados por Lin *et al.* (1986) não levam em consideração as variações imprevisíveis do ambiente. Nesse sentido, Lin e Binns (1988) sugeriram o tipo 4, no qual a cultivar com maior estabilidade será aquela que apresentar menor quadrado médio da interação genótipos x anos, ou seja, indivíduos estáveis frente às variações imprevisíveis (RAMALHO *et al.* 1993).

A estabilidade do tipo 1, denominada por Becker (1981) “estabilidade no sentido biológico”, corresponde à cultivar que apresenta um desempenho constante com a variação do ambiente. Esse tipo de estabilidade não é agronomicamente desejável porque o genótipo não responde à melhoria do ambiente e, normalmente, está associada a uma menor produtividade. Cruz e Regazzi (1994) relatam que as metodologias baseadas no conceito tipo 1, proposto por Lin *et al.* (1986), não têm sido muito utilizadas, pois os genótipos que apresentam mínima variância entre ambientes são, em geral, pouco produtivos.

A estabilidade do tipo 2, também denominada “estabilidade no sentido agrônomico” por Becker (1981), acompanha o desempenho médio obtido nos ambientes. Essa estabilidade tem sido a preferida, pois permite identificar cultivares estáveis e com potencial de se manterem entre as melhores em todos os ambientes. Existem na literatura vários métodos que podem ser utilizados para avaliação da estabilidade no sentido agrônomico, um deles é o apresentado por Wricke e Weber (1986) que estima a denominada “ecovalência” ( $W_i^2$ ), pelo qual o material genético mais estável é aquele com menor estimativa para ecovalência, ou seja, o genótipo com menor contribuição para a interação genótipo x ambiente.

Na estabilidade do tipo 3, o genótipo é considerado estável quando o quadrado médio do desvio da regressão é pequeno. A regressão é o processo mais utilizado no estudo de estabilidade. Ela foi inicialmente proposta por Yates e Cochran (1938), porém, recebeu mais notoriedade por meio dos trabalhos de Eberhart e Russel (1966) e Finlay e Wilkinson (1963).

Eberhart e Russel (1966) consideram como genótipo ideal aquele que apresenta alta produção média, coeficiente de regressão ( $b_i$ ) igual à unidade e desvio da regressão ( $\sigma_{di}^2$ ) não significativo. No conceito usualmente utilizado para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade por esse método, os genótipos com

adaptabilidade específica a ambientes favoráveis são aqueles que apresentam  $b_i$  maior que 1 e os genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis apresentam  $b_i$  menor que 1. Os genótipos com estabilidade ou previsibilidade alta possuem  $\sigma^2_{di}$  igual a 0 e  $R^2$  próximo de 1, já os genótipos com estabilidade ou previsibilidade baixa possuem  $\sigma^2_{di}$  maior que 0 e  $R^2$  pequeno.

Conforme Crossa (1990), a principal limitação de uso do coeficiente de regressão linear como metodologia para estimar a estabilidade fenotípica de cultivares está na dependência que existe entre a variável que mede o índice ambiental e a produtividade média da cultivar. Esse fato viola um princípio da análise de regressão que é a independência entre variáveis dependentes e independentes. Assim, para um modelo de predição, as variáveis independentes deveriam ser quantificadas antes do experimento.

Segundo Huehn (1990), o uso de medidas não paramétricas para estudo da performance genotípica apresenta algumas vantagens em relação à paramétrica, dentre as quais podem-se citar: a) a tendência causada por pontos completamente fora da equação de regressão ajustada é reduzida ou eliminada; b) não é necessário assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos; c) as medidas estimadas com base nas classificações são de fácil uso e interpretação; d) a adição ou retirada de um ou poucos genótipos não causaria grandes variações nas estimativas, como poderia ocorrer nos procedimentos paramétricos; e) apresenta posição relativa ou classificação dos genótipos.

O método de Annicchiarico (1992) é baseado na análise de variância e as estimativas do parâmetro de estabilidade são expressas em componentes quadráticos, quadrados médios ou componentes de variância, e se destaca por ter fácil aplicação. Esta metodologia baseia-se na estimação de um índice de risco. A proposta consiste em considerar um coeficiente de confiança e que as médias genotípicas sejam expressas em termos da porcentagem dos valores médios dos

ambientes. Estima-se com os dados dessa forma padronizados, a média e o desvio-padrão de cada genótipo em relação aos ambientes. Adotando a distribuição normal como modelo, os índices de riscos são estimados, os quais representam uma probabilidade de confiança, da proporção mínima de um genótipo superar a média dos ambientes estudados (ABREU *et al.*, 2004).

Lin e Bins (1988) apresentaram um método baseado na análise não paramétrica para estimação da adaptabilidade e da estabilidade que resumidamente consiste no quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. Para que a recomendação atendesse aos grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, foi sugerida a decomposição do estimador ( $P_i$ ) proposto pelos autores. O parâmetro  $P_i$  foi denominado MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), e a classificação dos ambientes é feita nos índices ambientais, definidos como a diferença entre a média das cultivares avaliadas em cada local e a média geral.

Existe carência de literatura sobre a adaptabilidade e a estabilidade de sorgo sacarino. Alguns autores realizaram trabalhos do tipo com sorgo granífero e com sorgo forrageiro. Oliveira *et al.* (2002) avaliaram a adaptabilidade e a estabilidade da matéria seca de sete cultivares de sorgo forrageiro, entre estas a variedade BR 501 e o híbrido BR 601, em duas regiões de Minas Gerais, e em dois anos agrícolas consecutivos. Os autores utilizando as metodologias propostas por Wricke, Lin e Binns, e Eberhart e Russel, além do método tradicional, e recomendaram a cultivar AG2002 como o genótipo de melhor desempenho em produção de matéria seca.

Silva *et al.* (2005) avaliaram a adaptabilidade e a estabilidade de dez cultivares de sorgo forrageiro, entre elas as variedades BR501 e BR506, e o híbrido BR601, em um conjunto de oito ensaios, utilizando o método de Lin e Binns, a partir do parâmetro MAEC, e o método dos trapézios quadráticos

ponderados pelo coeficiente de variação. Os resultados obtidos permitiram verificar que as cultivares BR506 e AG2002 destacaram-se no rendimento de matéria verde, na previsibilidade de comportamento e na adaptação aos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Almeida Filho *et al.* (2010) estudaram o desempenho agrônomico e a estabilidade fenotípica de sorgo granífero, testando 25 híbridos em cinco ambientes, a partir do método de Annicchiarico. Os autores concluíram que o rendimento de grãos foi extremamente dependente do ambiente, e apenas o genótipo 0307167 teve desempenho superior em mais de um ambiente. Entretanto, para estabilidade de rendimento de grãos, um total de quinze genótipos superariam o rendimento médio nos ambientes avaliados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Ambientes de Condução dos Experimentos

Os experimentos foram realizados em seis localidades. Três nos Estado de Minas Gerais, conduzidos na cidade de Sete Lagoas, localizada na região central, e nas cidades de Nova Porteirinha e de Jaíba localizadas no Norte de Minas, região do semiárido mineiro. Os demais foram conduzidos em Goiânia, Centro de Goiás; Sinop, no Norte mato-grossense e em Pelotas, no Sudeste do Rio Grande do Sul (TABELA 1).

**TABELA 1.** Descrição geográfica dos municípios onde foram implantados os experimentos.

Ambientes	Latitude	Longitude	Altitude
Sete Lagoas – MG	19° 27' 57" S	44° 14' 49" O	767 m
Nova Porteirinha - MG	15° 47' 00" S	43° 18' 00" O	533 m
Jaíba – MG	15° 20' 16" S	43° 40' 26" O	470 m
Goiânia – GO	16° 40' 00" S	49° 15' 00" O	749 m
Sinop – MT	11° 50' 53" S	55° 38' 57" O	384 m
Pelotas – RS	31° 46' 19" S	52° 20' 34" O	7 m

#### 3.2 Genótipos

Foi avaliado um total de 25 cultivares de sorgo sacarino pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, sendo 24 variedades e um híbrido (BRS601).

### **3.3 Delineamento Experimental e Características Avaliadas**

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas por 0,70 m (exceto em Sinop onde se utilizou 0,90 m), em delineamento em blocos ao acaso com três repetições. A população adotada foi de 125.000 plantas ha<sup>-1</sup> e adubação de plantio de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16, mais 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura. Os ensaios foram implantados na safra 2009/2010, que coincide com o período chuvoso na região Sudeste e safrinha na região Centro-Oeste. As sementeiras ocorreram nas seguintes datas: dia 29 de outubro em Sete Lagoas, 17 de novembro em Jaíba, 03 de dezembro em Nova Porteirinha, 17 de dezembro em Pelotas, 26 de janeiro em Goiânia e 09 de fevereiro em Sinop.

Procedeu-se irrigação suplementar nos ensaios de Sete Lagoas, Nova Porteirinha e Jaíba durante períodos de veranicos, e os ensaios em Goiânia, Sinop e Pelotas foram realizados em condições de sequeiro, e os demais tratamentos culturais foram normalmente utilizados para a cultura.

As avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais de cada parcela. Para determinação da Adaptabilidade e da Estabilidade, os caracteres avaliados foram Produção de Massa Verde (PMV) e Sólidos Solúveis Totais (SST). A determinação do PMV foi realizada a partir da pesagem de todas as plantas de cada parcela, colhidas na época de maturidade fisiológica dos grãos, e o peso em kg por parcela foi convertido para t ha<sup>-1</sup>. O teor de Sólidos Solúveis Totais foi determinado com o uso de refratômetro digital de leitura automática em °Brix. O teor de sólidos solúveis totais não foi avaliado em Goiânia, devido ausência do equipamento.

### 3.4 Análises Estatísticas

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Genes (CRUZ, 2009).

#### 3.4.1 Análises de Variância

Primeiramente, a análise de variância dos caracteres foi realizada por local. Atendidas as pressuposições de homogeneidade das variâncias residuais, por meio do teste F máximo de Hartley, foram realizadas análises de variância conjunta de todos os locais. Para agrupamento de médias foi utilizado o teste Scoot-Knott a 5% de probabilidade. Constatada a presença da interação GxA (teste F significativo) procedeu-se às análises de adaptabilidade e estabilidade.

O modelo estatístico adotado para a análise de variância conjunta foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + e_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$ : observação do genótipo  $i$  no ambiente  $j$  e no bloco  $k$ ;

$\mu$ : média geral;

$G_i$ : efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, 25$ );

$A_j$ : efeito do  $j$ -ésimo ambiente ( $j = 1, 2, \dots, 6$ );

$GA_{ij}$ : efeito da interação  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente;

$B/A_{jk}$ : efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro do  $j$ -ésimo ambiente  
( $k = 1, 2$  e  $3$ );

$e_{ij(k)}$ : erro aleatório.

A natureza do modelo considerou genótipos e ambientes com efeito fixo.

### 3.4.2 Análises de Adaptabilidade e Estabilidade

Foram utilizadas para o estudo da adaptabilidade e da estabilidade quatro metodologias: Wricke e Weber (1986), Eberhart e Russel (1966), Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988).

#### 3.4.2.1 Metodologia de Wricke e Weber

O parâmetro de estabilidade proposto por Wricke e Weber, denominado “Ecovalência” ( $\omega_i$ ), é estimado decompondo-se a soma de quadrados da interação genótipo x ambiente nas partes devidas a cada genótipo isoladamente. A partição é feita usando-se a estatística dada por:

$$\omega_i = r \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = média do genótipo i no ambiente j;

$\bar{Y}_i$  = média do genótipo i em todos os ambientes;

$\bar{Y}_j$  = média do ambiente j para todos os genótipos;

$\bar{Y}_{..}$  = média geral de todos os genótipos.

A porcentagem da interação G x E devido a cada genótipo ( $\omega_i \%$ ) é dada pela equação:

$$\omega_i \% = (\omega_i / \sum \omega_i) \times 100$$

Sendo que o  $\sum \omega_i$  igual a soma dos quadrados da interação genótipo por ambiente.

### 3.4.2.2 Metodologia de Eberhart e Russel

Esse método é baseado na análise de regressão linear e tem como parâmetro de adaptabilidade a produtividade média de cada genótipo; o coeficiente de regressão linear ( $b_i$ ) utilizado como padrão de resposta do genótipo aos diferentes ambientes; e a estabilidade é avaliada pela variância dos desvios de regressão ( $s^2d$ ) e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Seu modelo segue:

$$Y_{ij} = m_i + b_i I_j + \delta_{ij} + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : produtividade média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$m_i$ : média do genótipo  $i$  em todos os ambientes;

$b_i$ : coeficiente de regressão linear do genótipo  $i$ ;

$I_j$ : índice ambiental, calculado pela diferença entre a média do ambiente e a média geral;

$\delta_{ij}$ : desvio de regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$e_{ij}$ : erro experimental médio associado à observação  $Y_{ij}$ , considerado independente e normalmente distribuído, com média zero e variância constante.

### 3.4.2.3 Metodologia de Annicchiarico

Por esta metodologia estima-se o índice de confiança ( $W_i$ ) de um determinado genótipo por apresentar desempenho superior da média do ambiente. É considerada ideal a progênie que apresentar o menor risco de ser adotada, isto é, deve apresentar o maior índice de confiança. Para isso os genótipos precisam apresentar maior média percentual e menor desvio.

O modelo é o seguinte:

$$W_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_i$$

em que:

$W_i$ : índice de confiança (%);

$Y_i$ : média do genótipo  $i$  em percentagem;

$Z$ : percentil  $(1 - \alpha)$  da função de distribuição normal acumulada, com  $\alpha=0,25$ ;

$S_i$ : desvio padrão dos valores percentuais.

O índice de recomendação pode ser relativizado aos ambientes favoráveis ou desfavoráveis, considerando as médias e desvios respectivos a cada tipo de ambiente. Dessa forma:

$$W_{i(f)} = \bar{Y}_{i(f)} - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_{i(f)}$$

Índice de confiança [ $W_{i(f)}$ ], média do genótipo  $i$  em percentagem [ $Y_{i(f)}$ ], e desvio-padrão dos valores percentuais [ $S_{i(f)}$ ], considerando apenas os ambientes favoráveis.

$$W_{i(d)} = \bar{Y}_{i(d)} - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_{i(d)}$$

Índice de confiança [ $W_{i(d)}$ ], média do genótipo  $i$  em percentagem [ $Y_{i(d)}$ ], e desvio-padrão dos valores percentuais [ $S_{i(d)}$ ], considerando apenas os ambientes desfavoráveis.

#### 3.4.2.4 Metodologia de Lin e Binns

Neste método os autores definiram como medida para estimar a estabilidade e a adaptabilidade de cultivares o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. O modelo para estimação dos parâmetros é:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

em que:

$P_i$ : índice de estabilidade do genótipo  $i$ ;

$Y_{ij}$ : produtividade do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$M_j$ : produtividade do genótipo com resposta máxima dentre todos no ambiente  $j$ ;

$n$ : número de ambientes.

Para os ambientes favoráveis, com índices positivos incluindo o valor zero, o parâmetro MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento) foi estimado da seguinte forma:

$$P_{i_f} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$$

em que:

$f$ : número de ambientes favoráveis;

$Y_{ij}$  e  $M_j$ : como definidos anteriormente, referentes aos ambientes favoráveis.

Da mesma forma para os ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, tem-se:

$$Pi_d = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

em que:

d: número de ambientes desfavoráveis;

$Y_{ij}$  e  $M_j$ : como definidos anteriormente, referentes aos ambientes desfavoráveis.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análises de Variância Individuais

A análise de variância das 25 cultivares em cada um dos seis locais de avaliação foi realizada para o caráter produção de massa verde (PMV). Para o teor de sólidos solúveis totais (SST), a análise engloba apenas cinco locais, com ausência de dados do ambiente Goiânia. Os dados são apresentados nas tabelas 2 e 3, para PMV e SST, respectivamente.

A média geral da produção de massa verde por ambiente variou de 27,31 t ha<sup>-1</sup> em Pelotas - RS a 55,06 t ha<sup>-1</sup> em Goiânia-GO. O valor da PMV pode ser considerado subestimado para o ambiente Pelotas, devido a um prolongado veranico associado à ausência de irrigação suplementar, o que gerou uma série de implicações. Uma destas foi o fato de Pelotas não ter apresentado diferença significativa para Fonte de Variação (F.V.) Genótipos, além disso, seu Coeficiente de Variação (C.V.) 26,90% foi acima dos demais ambientes, que variaram de 9,36% a 16,59%.

Para sólidos solúveis totais, os genótipos apresentaram diferença significativa em todos os ambientes, com média geral variando entre 15,4 °Brix em Nova Porteirinha e 18,6 °Brix em Jaíba. O coeficiente de variação apresentou boa precisão experimental, com C.V. variando entre 6,92% em Sete Lagoas - MG e 16,09% em Sinop-MT.

A razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo obtido nos diferentes ambientes foi inferior a 7 (3,54 para PMV e 5,05 para SST), o que possibilitou a realização da análise de variância conjunta (BANZATO e KRONCA, 1992).

**TABELA 2.** Análise de variância para produção de massa verde (PMV) em t ha<sup>-1</sup> de 25 genótipos de sorgo sacarino, em 6 ambientes, na safra agrícola de 2009/2010.

F.V	G.L.	Q.M.					
		Sete Lagoas	Nova Porteirinha	Jaíba	Pelotas	Sinop	Goiânia
Genótipos	24	121,31 **	109,18 *	119,10 **	74,85 ns	148,20 **	260,56 **
Blocos	2	127,16 *	12,66 ns	27,36 ns	399,93 **	210,84 **	234,43 *
Resíduo	48	34,59	55,75	43,74	53,99	19,23	68,03
C.V.(%)		11,54	14,46	16,59	26,90	9,36	14,98
Média Geral		50,97	51,62	39,86	27,31	46,87	55,06

\*\* , \* e ns: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

**TABELA 3.** Análise de variância para teor de sólidos solúveis totais (SST) de 25 genótipos de sorgo sacarino, em 5 ambientes, na safra agrícola de 2009/2010.

F.V	G.L.	Q.M				
		Sete Lagoas	Nova Porteirinha	Jaíba	Pelotas	Sinop
Genótipos	24	11,82 **	11,57 **	5,27 **	11,13 **	23,71 **
Blocos	2	19,22 **	3,08 ns	35,52 **	4,18 ns	2,72 ns
Resíduo	48	1,62	2,14	2,06	2,01	8,20
C.V.(%)		6,92	9,48	7,73	8,84	16,09
Média Geral		18,4	15,4	18,6	16,0	17,8

\*\* , \* e ns: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

## 4.2 Análises de Variância Conjunta

As análises de variância conjunta relativas à PMV e SST encontram-se nas tabelas 4 e 5, respectivamente. Estas análises mostraram efeitos significativos ( $P < 0,01$ ), pelo teste F, para os caracteres PMV e SST em genótipos, ambientes e na interação entre genótipos e ambientes (GxA), indicando haver mudança de desempenho das cultivares de sorgo sacarino nos diferentes ambientes avaliados.

**TABELA 4.** Análise de variância conjunta para Produção de Massa Verde (PMV) em  $t \cdot ha^{-1}$  de 25 genótipos de sorgo sacarino, nas safras agrícolas de 2009/2010.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Genótipos (G)	24	6668,61	277,86 **
Ambientes (A)	5	39208,16	7841,63 **
G x A	120	13328,10	111,07 **
Blocos/Ambientes	12	2024,79	168,73
Resíduo	288	13216,13	45,89
C.V.(%)			14,96

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

**TABELA 5.** Análise de variância conjunta para teor de Sólidos Solúveis Totais (Brix) em °Brix de 25 genótipos de sorgo sacarino, nas safras agrícolas de 2009/2010.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Genótipos (G)	24	948,09	39,50 **
Ambientes (A)	4	609,48	152,37 **
G x A	96	575,96	6,00 **
Blocos/Ambientes	10	129,45	12,95
Resíduo	240	769,41	3,21
C.V.(%)			10,38

\*\* , \* e <sup>ns</sup>: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

Como a interação genótipo e ambiente (GxA) foi significativa, foi necessário o desdobramento do efeito de genótipos dentro de ambientes e do efeito de ambientes dentro de genótipos. O teste de agrupamento de médias Scott- Knott foi utilizado para classificação das médias, apresentado nas tabelas 6 e 7, para PMV e SST, respectivamente.

Pelo teste de Scott Knott, os genótipos foram classificados em três grupos para PMV e em quatro grupos para SST; 10 genótipos (CMSXS630, CMSXS634, CMSXS635, BRS506, CMSXS643, CMSXS644, CMSXS646, CMSXS647, CMSXS648 e BRS601) apresentaram PMV acima da média dos ambientes, dos quais o CMSXS634 e CMSXS646 também foram classificados no grupo de maior SST. Os demais genótipos, apesar de interessante produção de massa verde, apresentaram Brix baixo.

O estudo dos métodos de obtenção das estimativas de adaptabilidade e estabilidade das cultivares foi justificado pela interação genótipo e ambiente significativa, além de esta ser uma premissa básica para sua aplicação.

**TABELA 6.** Médias de produção de massa verde (PMV) e t ha<sup>-1</sup>, para 6 ambientes, na safra 2009/2010.

Genótipos	Sete Lagoas	Nova Porteirinha	Jaíba	Pelotas	Sinop	Goiânia
CMSXS629	48.48 b A	53.90 a A	35.76 b B	27.57 B	51.33 a A	54.29 b A
CMSXS630	57.24 a B	46.52 b C	46.71 a C	26.48 D	48.10 b C	76.05 a A
CMSXS631	46.00 b A	50.14 b A	39.38 b B	32.33 B	45.52 b A	54.19 b A
CMSXS632	46.19 b A	43.38 b A	36.81 b B	26.14 B	45.05 b A	51.86 c A
CMSXS633	49.05 b A	53.81 a A	42.29 a B	22.00 C	40.19 b B	57.95 b A
CMSXS634	53.81 a A	55.95 a A	32.57 b B	37.29 B	57.62 a A	62.57 b A
CMSXS635	49.81 b B	49.52 b B	35.29 b C	32.76 C	49.24 a B	61.81 b A
CMSXS636	40.48 b A	45.29 b A	30.90 b A	15.90 B	44.48 b A	39.33 c A
CMSXS637	53.43 a A	48.05 b A	28.90 b B	25.67 B	43.33 b A	55.00 b A
CMSXS638	50.29 b A	54.19 a A	37.90 b B	28.05 B	37.14 b B	56.71 b A
CMSXS639	47.24 b B	46.90 b B	39.76 b B	23.19 C	47.33 b B	64.33 b A
BRS506	49.05 b A	59.62 a A	43.05 a B	30.05 C	55.62 a A	55.24 b A
CMSXS642	48.57 b A	43.48 b A	31.62 b B	28.62 B	54.48 a A	55.38 b A
CMSXS643	65.14 a A	49.62 b B	41.57 a B	21.14 C	43.90 b B	73.14 a A
CMSXS644	63.90 a A	63.14 a A	43.22 a B	35.24 B	45.62 b B	57.52 b A
BR507	48.19 b A	52.29 b A	44.48 a A	25.14 B	44.48 b A	57.62 b A
CMSXS646	60.19 a A	48.67 b B	44.29 a B	26.62 C	42.86 b B	60.33 b A
CMSXS647	58.19 a A	60.43 a A	48.43 a A	28.43 B	61.33 a A	57.71 b A
CMSXS648	47.43 b A	61.29 a A	40.71 a B	31.43 B	52.86 a A	58.71 b A
BR 500	44.19 b A	45.86 b A	30.95 b B	26.81 B	52.19 a A	49.95 c A
BR501	48.00 b B	57.14 a A	54.29 a A	18.33 C	41.81 b B	47.43 c B
BR503	52.95 a A	49.76 b A	47.52 a A	23.91 B	27.05 b B	35.91 c B
BR505	56.29 a A	46.90 b A	37.48 b B	30.86 B	49.90 a A	43.10 c A
BR504	40.48 b A	44.38 b A	37.33 b A	26.62 B	46.86 b A	43.29 c A
BRS601	49.71 b B	60.19 a A	45.33 a B	32.29 C	43.33 b B	47.00 c B

\*médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e mesma letra maiúscula não diferem na coluna e na linha, respectivamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

**TABELA 7.** Médias de sólidos solúveis totais (SST) e t ha<sup>-1</sup>, para 5 ambientes, na safra 2009/2010.

Genótipos	Sete Lagoas	N Porteirinha	Jaíba	Pelotas	Sinop
CMSXS629	18.5 a A	16.6 a A	18.7 a A	15.9 a A	16.9 c A
CMSXS630	18.4 a A	14.6 b B	18.9 a A	16.9 a A	18.2 b A
CMSXS631	19.0 a A	16.4 a A	18.5 a A	18.6 a A	21.0 a A
CMSXS632	18.7 a A	15.1 b B	18.5 a A	15.1 b B	18.2 b A
CMSXS633	20.1 a A	18.4 a A	19.4 a A	18.6 a A	22.1 a A
CMSXS634	19.7 a A	16.8 a B	21.5 a A	17.8 a B	21.4 a A
CMSXS635	13.2 c B	15.1 b B	20.2 a A	13.2 b B	13.4 d B
CMSXS636	19.2 a A	14.8 b B	19.3 a A	11.7 b C	16.6 c A
CMSXS637	21.4 a A	17.5 a B	18.8 a B	18.2 a B	20.9 a A
CMSXS638	18.6 a A	12.4 c B	18.4 a A	16.5 a A	17.1 c A
CMSXS639	19.4 a A	17.2 a B	19.6 a A	16.8 a B	16.1 c B
BRS506	20.3 a A	15.5 b B	18.5 a A	16.1 a B	20.1 a A
CMSXS642	20.4 a A	17.4 a B	19.6 a A	18.0 a B	21.7 a A
CMSXS643	18.7 a A	14.6 b A	16.8 a A	16.7 a A	17.6 c A
CMSXS644	16.8 b A	15.3 b A	16.7 a A	13.7 b A	16.5 c A
BR507	19.7 a A	17.8 a B	19.9 a A	17.6 a B	21.2 a A
CMSXS646	19.9 a A	18.8 a A	20.0 a A	17.9 a A	18.4 b A
CMSXS647	16.3 b A	14.1 b B	17.9 a A	14.3 b B	16.4 c A
CMSXS648	20.1 a A	13.0 c C	16.6 a B	15.3 b C	17.2 c B
BR 500	19.0 a A	11.7 c B	18.3 a A	16.8 a A	18.4 b A
BR501	16.7 b A	15.6 b A	18.0 a A	16.7 a A	15.3 c A
BR503	16.6 b A	11.7 c B	17.5 a A	13.9 b B	11.7 d B
BR505	17.3 b A	17.0 a A	19.5 a A	17.3 a A	17.8 b A
BR504	18.7 a A	14.4 b B	17.0 a A	13.3 b B	18.5 b A
BRS601	13.7 c A	14.3 b A	15.8 a A	13.9 b A	12.2 d A

\*médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas e mesma letra maiúscula não diferem na coluna e na linha, respectivamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### 4.3 Análises de Adaptabilidade e Estabilidade

O primeiro procedimento para o estudo da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares de sorgo sacarino foi a estimativa dos índices ambientais ( $I_j$ ), para PMV e SST, apresentados nas tabelas 8 e 9, respectivamente. O índice ambiental é a diferença entre a média geral do ambiente e a média geral de todos os ambientes, e classifica o ambiente como favorável quando o índice é positivo e desfavorável quando o índice é negativo.

**TABELA 8.** Médias de produção de massa verde (PMV) em  $t.ha^{-1}$ , Índices Ambientais ( $I_j$ ) e Classificação dos 6 ambientes, na safra agrícola 2009/2010.

Ambiente	Média	Índice	Classe
Sete Lagoas - MG	50,97	5,69	Favorável
Nova Porteirinha - MG	51,62	6,34	Favorável
Jaíba - MG	39,86	-5,42	Desfavorável
Pelotas - RS	27,31	-17,97	Desfavorável
Sinop - MT	46,87	1,58	Favorável
Goiânia - GO	55,06	9,78	Favorável

**TABELA 9.** Médias do teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, Índices Ambientais ( $I_j$ ) e Classificação dos 5 ambientes, na safra agrícola 2009/2010.

Ambiente	Média	Índice	Classe
Sete Lagoas - MG	18,4	1,16	Favorável
Nova Porteirinha - MG	15,4	-1,80	Desfavorável
Jaíba - MG	18,6	1,31	Favorável
Pelotas - RS	16,0	-1,22	Desfavorável
Sinop - MT	17,8	0,55	Favorável

Cabe ressaltar que no ambiente Pelotas, além do experimento ter sido conduzido em condição de sequeiro, ocorreu um prolongado veranico na região, o que comprometeu severamente as médias produtivas nesse ambiente. Não foi possível diagnosticar quais fatores mais contribuíram para o desfavorecimento dos ambientes Jaíba–MG para PMV e Nova Porteirinha para SST.

#### 4.3.1 Metodologia de Wricke e Weber

De acordo com o método proposto por Wricke e Weber (1986), o genótipo mais estável é aquele que apresenta a menor contribuição para interação genótipo x ambiente, isto é, menor ecovalência ( $\omega_i$ ). Os dados são apresentados nas tabelas 10 e 11.

**TABELA 10.** Estimativa da Ecovalência ( $\omega_i$ ) de 25 genótipos de sorgo sacarino, quanto à produtividade de massa verde (PMV), segundo o método descrito por Wricke e Weber (1986).

Genótipos	Ecovalência	$\omega_i$ (%)	PMV*
CMSXS632	97,06	0,73	41,57 c
BR507	139,22	1,04	45,37 b
CMSXS629	146,64	1,10	45,22 b
CMSXS631	156,13	1,17	44,60 b
CMSXS633	266,17	2,00	44,21 b
BRS506	266,98	2,00	48,77 a
CMSXS638	298,80	2,24	44,05 b
CMSXS635	300,01	2,25	46,40 a
CMSXS648	303,79	2,28	48,74 a
CMSXS636	311,39	2,34	36,06 c
CMSXS637	312,35	2,34	42,40 b
CMSXS647	344,85	2,59	52,42 a
BR504	388,11	2,91	39,83 c
BR500	403,44	3,03	41,66 c
CMSXS646	409,49	3,07	47,16 a
CMSXS639	414,00	3,11	44,79 b
CMSXS644	462,37	3,47	51,44 a
CMSXS642	553,60	4,15	43,69 b
BRS601	602,32	4,52	46,31 a
BR505	637,43	4,78	44,09 b
CMSXS634	659,23	4,95	49,97 a
BR501	1224,44	9,19	44,50 b
CMSXS630	1232,53	9,25	50,18 a
CMSXS643	1484,31	11,14	49,09 a
BR503	1913,41	14,36	39,52 c
Total	13328,10	100,00	

\*médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

**TABELA 11.** Estimativa da Ecovalência ( $\omega_i$ ) de 25 genótipos de sorgo sacarino, quanto o teor de sólidos solúveis totais (SST), segundo o método descrito por Wricke e Weber (1986).

Genótipos	Ecovalência	$\omega_i$ (%)	SST
CMSXS632	3.31	0.57	17.1 c
CMSXS647	3.56	0.62	15.8 c
CMSXS630	4.70	0.82	17.4 c
CMSXS629	6.44	1.12	17.3 c
CMSXS644	8.18	1.42	15.8 c
BR507	9.82	1.70	19.2 a
CMSXS643	10.63	1.85	16.9 c
CMSXS646	11.57	2.01	19.0 a
CMSXS634	12.53	2.18	19.4 a
CMSXS642	13.04	2.26	19.4 a
BR505	13.92	2.42	17.8 b
BRS506	16.03	2.78	18.1 b
CMSXS637	16.20	2.81	19.4 a
BR501	19.91	3.46	16.4 c
CMSXS633	20.73	3.60	19.7 a
CMSXS639	21.23	3.69	17.8 b
BR504	22.43	3.89	16.4 c
CMSXS638	23.37	4.06	16.6 c
CMSXS631	23.59	4.10	18.7 a
CMSXS648	30.98	5.38	16.4 c
BRS601	40.29	7.00	14.0 d
BR500	42.42	7.36	16.8 c
BR503	48.90	8.49	14.3 d
CMSXS636	53.31	9.26	16.3 c
CMSXS635	98.90	17.17	15.0 d
Total	575.96	100.00	

\*médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Os genótipos CMSXS632, BR507 e CMSXS629 apresentaram menor ecovalência tanto para variável PMV como para SST, classificados dessa forma como os mais estáveis para as duas características. Os genótipos CMSXS631 e CMSXS633 apresentam baixos valores de  $\omega_i$  para PMV, e os genótipos CMSXS630, CMSXS644 e CMSXS647 baixos valores de  $\omega_i$  para SST. No entanto, estes genótipos se apresentam no grupo dos menos produtivos. Dentre o

grupo de média dos mais produtivos pelo teste de média Scott-Knott a 5%, BRS506, CMSXS635 e CMSXS648 apresentaram menor ecovalência para PMV; e BRS507, CMSXS646, CMSXS634 e CMSXS642, para Brix.

#### 4.3.2 Metodologia de Eberhart e Russel

Para cada genótipo foi feita uma análise de regressão, utilizando-se o índice ambiental como variável independente e o caráter PMV e SST como variável dependente. Assim, como proposto por Eberhart e Russel (1966), o efeito do ambiente pode ser decomposto em dois componentes, um linear e outro não linear. O coeficiente de regressão ( $\beta_1$ ) está associado ao componente linear, indicando a adaptabilidade do genótipo, ou seja, sua capacidade de responder à melhoria do ambiente. Os desvios da regressão ( $\sigma^2_{di}$ ) estão associados ao componente não linear, associados ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e indicam a estabilidade fenotípica de cada genótipo.

Para PMV, o genótipo CMSXS647 apresentou maior média produtiva ( $52,42 \text{ t.ha}^{-1}$ ), adaptado a ambientes favoráveis ( $\beta_1 = 1,15$ ) e estável ( $\sigma^2_{di} = 10,43^{NS}$  e  $R^2 = 87,08$ ). Este genótipo também apresentou resultado interessante para Brix ( $\beta_1 = 1,06$ ;  $\sigma^2_{di} = -0,68^{NS}$ ;  $R^2 = 88,81$ ), porém com média relativamente baixa (15,8). O genótipo CMSXS646 apresentou boa média produtiva ( $47,16 \text{ t.ha}^{-1}$ ), adaptado a ambientes favoráveis ( $\beta_1 = 1,13$ ), e estável ( $\sigma^2_{di} = 16,65^{NS}$  e  $R^2 = 83,91$ ). Contudo, para SST este genótipo se apresentou mais adaptado a ambientes desfavoráveis ( $\beta_1 = 0,48$ ), estável ( $\sigma^2_{di} = 0,52^{NS}$ ) e com boa média produtiva (19 °Brix).

Por este método, o genótipo CMSXS634 apresenta adaptação geral, por apresentar coeficiente de regressão próximo da unidade ( $\beta_1 = 0,99$ ) e instável, pela diferença significativa do desvio da regressão ( $\sigma^2_{di} = 39,62^{**}$  e  $R^2 = 69,97$ ) para PMV; entretanto, para variável SST o mesmo genótipo apresenta-se adaptado a ambientes favoráveis ( $\beta_1 = 1,34$ ) e extremamente estável ( $\sigma^2_{di} =$

0,01<sup>ns</sup> e R<sup>2</sup> = 81,73). Nas tabelas 12 e 13, são apresentadas as médias (m), os coeficientes de regressão ( $\beta_1$ ), os desvios ( $\sigma^2_{di}$ ) e os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), para PMV e SST, respectivamente.

**TABELA 12.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 25 genótipos de sorgo sacarino, para produção de massa verde (PMV) em t.ha<sup>-1</sup>, com base na metodologia de Eberhart e Russel (1966).

Genótipo	Média	$\beta_1$	$\sigma^2_{di}$	R <sup>2</sup> (%)
CMSXS647	52,42	1,15	10,43 <sup>NS</sup>	87,08
CMSXS644	51,44	1,02	23,2 <sup>*</sup>	77,79
CMSXS630	50,18	1,36	70,43 <sup>**</sup>	73,84
CMSXS634	49,97	0,99	39,62 <sup>**</sup>	69,97
CMSXS643	49,09	1,65	52,55 <sup>**</sup>	84,04
BRS506	48,77	0,98	6,89 <sup>NS</sup>	84,95
CMSXS648	48,74	1,01	9,99 <sup>NS</sup>	84,19
CMSXS646	47,16	1,13	16,65 <sup>NS</sup>	83,91
CMSXS635	46,4	0,96	9,45 <sup>NS</sup>	82,83
BRS601	46,31	0,7	23,24 <sup>*</sup>	62,52
BR507	45,37	1,05	-3,96 <sup>NS</sup>	92,65
CMSXS629	45,22	1,03	-3,22 <sup>NS</sup>	92,04
CMSXS639	44,79	1,22	12,88 <sup>NS</sup>	87,34
CMSXS631	44,6	0,74	-11,1 <sup>NS</sup>	94,47
BR501	44,5	1,04	86,57 <sup>**</sup>	57,92
CMSXS633	44,21	1,2	1,81 <sup>NS</sup>	91,63
BR505	44,09	0,69	25,2 <sup>*</sup>	60,52
CMSXS638	44,05	1,02	9,55 <sup>NS</sup>	84,56
CMSXS642	43,69	0,94	30,44 <sup>*</sup>	71,84
CMSXS637	42,4	1,14	8,1 <sup>NS</sup>	87,93
BR 500	41,66	0,89	16,65 <sup>NS</sup>	76,29
CMSXS632	41,57	0,85	-9,97 <sup>NS</sup>	94,71
BR504	39,83	0,63	-1,04 <sup>NS</sup>	78,33
BR503	39,52	0,62	125,2 <sup>**</sup>	26,26
CMSXS636	36,06	0,99	10,65 <sup>NS</sup>	83,24

**TABELA 13.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 25 genótipos de sorgo sacarino, para teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, com base na metodologia de Eberhart e Russel (1966).

Genótipo	Média	$\beta_1$	$\sigma^2_{di}$		R <sup>2</sup> (%)
CMSXS633	19,7	0,61	0,82	NS	34,73
CMSXS634	19,4	1,34	0,01	NS	81,73
CMSXS637	19,4	0,89	0,7	NS	54,71
CMSXS642	19,4	0,99	0,38	NS	64,49
BR507	19,2	0,88	-0,02	NS	66,44
CMSXS646	19	0,48	-0,52	NS	53,04
CMSXS631	18,7	0,68	1,28	NS	35,02
BRS506	18,1	1,4	0,29	NS	79,61
CMSXS639	17,8	0,69	1,03	NS	38,17
BR505	17,8	0,47	-0,3	NS	43,16
CMSXS630	17,4	1,13	-0,59	NS	87,92
CMSXS629	17,3	0,74	-0,54	NS	73,60
CMSXS632	17,1	1,26	-0,88	NS	95,75
CMSXS643	16,9	0,84	0,04	NS	63,14
BR 500	16,8	1,79	1,94	*	74,36
CMSXS638	16,6	1,57	0,66	NS	79,38
CMSXS648	16,4	1,55	1,56	NS	71,23
BR501	16,4	0,37	0,07	NS	24,6
BR504	16,4	1,47	0,84	NS	75,33
CMSXS636	16,3	1,96	2,36	*	75,23
CMSXS644	15,8	0,76	-0,32	NS	67,47
CMSXS647	15,8	1,06	-0,68	NS	88,81
CMSXS635	15	0,71	9,7	**	11,37
BR503	14,3	1,3	4,11	**	47,07
BRS601	14	0,08	1,13	NS	0,84

#### 4.3.3 Metodologia de Annicchiarico

Foi calculado índice de confiança geral ( $W_i$ ) para os ambientes favoráveis [ $W_{i(f)}$ ] e para os ambientes desfavoráveis [ $W_{i(d)}$ ]. Os valores destes índices são obtidos pelos genótipos que apresentaram maior média e menor

desvio. O valor na distribuição normal estandardizada  $Z(1-\alpha)$  foi igual a 0,2734. Os dados são apresentados nas tabelas 14 e 15.

**TABELA 14.** Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino, para produção de massa verde (PMV) em  $t.ha^{-1}$ , com base na metodologia de Annicchiarico (1992).

Geral		Ambientes Favoráveis		Ambientes Desfavoráveis	
Genótipo	Wi	Genótipo	Wi <sub>(f)</sub>	Genótipo	Wi <sub>(d)</sub>
CMSXS647	112,63	CMSXS647	113,79	BRS601	115,10
CMSXS644	110,99	CMSXS634	110,55	CMSXS644	114,74
CMSXS634	106,43	CMSXS644	108,66	CMSXS647	109,42
BRS506	105,76	CMSXS643	106,99	BRS506	108,61
CMSXS648	105,48	CMSXS630	105,23	CMSXS648	106,10
CMSXS630	104,87	CMSXS648	104,79	CMSXS631	104,80
CMSXS646	100,73	BRS506	104,66	CMSXS630	103,14
BRS601	100,16	CMSXS635	100,71	CMSXS646	101,64
CMSXS635	100,09	CMSXS629	100,18	BR505	99,83
CMSXS643	99,54	CMSXS646	99,89	CMSXS634	98,52
CMSXS629	97,82	BR507	97,49	CMSXS635	98,16
BR507	97,81	CMSXS639	97,11	BR507	98,04
CMSXS631	97,42	CMSXS637	95,96	CMSXS638	97,42
BR505	95,17	CMSXS642	95,45	BR503	97,24
CMSXS638	94,68	CMSXS633	95,40	BR504	94,82
CMSXS639	94,64	CMSXS631	94,72	CMSXS632	93,38
CMSXS633	93,36	BRS601	94,34	CMSXS629	93,16
CMSXS642	93,03	CMSXS638	93,26	CMSXS639	89,46
CMSXS632	90,94	BR505	92,47	CMSXS633	88,38
BR501	90,78	BR501	92,07	BR501	88,30
CMSXS637	89,78	BR 500	91,28	CMSXS642	87,13
BR 500	89,10	CMSXS632	89,79	CMSXS643	85,65
BR504	86,67	BR504	83,29	BR 500	83,94
BR503	81,93	CMSXS636	80,59	CMSXS637	79,09
CMSXS636	74,71	BR503	74,59	CMSXS636	64,15

**TABELA 15.** Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo sacarino, para teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, com base na metodologia de Annicchiarico (1992).

Geral		Ambientes Favoráveis		Ambientes Desfavoráveis	
Genótipo	Wi	Genótipo	Wi <sub>(f)</sub>	Genótipo	Wi <sub>(d)</sub>
CMSXS633	112,44	CMSXS634	112,48	CMSXS633	117,07
CMSXS642	111,06	CMSXS642	110,51	CMSXS646	114,71
CMSXS634	111,04	CMSXS633	109,71	CMSXS637	113,61
CMSXS637	110,75	CMSXS637	109,29	CMSXS642	112,42
BR507	110,26	BR507	109,25	BR507	111,57
CMSXS646	108,76	CMSXS646	105,88	CMSXS634	109,42
CMSXS631	106,43	BRS506	105,70	CMSXS631	109,29
BRS506	102,95	CMSXS631	104,26	BR505	108,54
BR505	101,66	CMSXS630	101,09	CMSXS639	106,76
CMSXS639	101,43	BR 500	100,98	BR501	101,78
CMSXS630	99,81	CMSXS632	100,66	CMSXS629	101,68
CMSXS629	99,24	CMSXS636	98,76	BRS506	100,25
CMSXS632	98,20	BR505	98,23	CMSXS630	98,04
CMSXS643	96,44	CMSXS638	98,17	CMSXS643	97,44
BR 500	93,83	CMSXS639	98,16	CMSXS632	95,38
BR501	93,69	CMSXS629	97,71	CMSXS647	89,79
CMSXS638	93,52	BR504	97,15	CMSXS644	89,65
CMSXS648	92,40	CMSXS648	95,77	BRS601	88,46
BR504	92,39	CMSXS643	95,45	CMSXS648	87,49
CMSXS647	90,74	CMSXS647	91,42	CMSXS638	87,33
CMSXS636	90,48	CMSXS644	90,86	CMSXS635	87,01
CMSXS644	90,31	BR501	89,74	BR504	86,28
CMSXS635	82,80	CMSXS635	79,53	BR 500	84,76
BR503	79,26	BR503	79,04	CMSXS636	79,80
BRS601	78,79	BRS601	73,74	BR503	79,04

Os genótipos CMSXS647, CMSXS644, CMSXS634, BRS506, CMSXS648, CMSXS630, CMSXS646, CMSXS635 e BRS601 apresentaram, com 75% de confiança, os menores riscos de possuírem comportamento abaixo da média geral para PMV. Para a variável SST, os genótipos CMSXS633, CMSXS642, CMSXS634, CMSXS637, BR507, CMSXS646, CMSXS631, BRS506, BR505 e CMSXS639 foram os que apresentaram, com 75% de

confiança, os menores riscos de possuírem comportamento abaixo da média geral.

Alguns genótipos, como o CMSXS647, nos ambientes favoráveis, e o BRS601, nos ambientes desfavoráveis, apresentam elevado Wi para PMV com, no caso, desempenho 13,79% e 15,10% superior à média. Porém, para variável Brix, na pior das hipóteses, ficariam com 8,58 e 11,54 abaixo da média, respectivamente. O inverso também ocorreu, genótipos como o CMSXS642, nos ambientes favoráveis, e o CMSXS633, nos ambientes desfavoráveis, apresentaram desempenho 10,51% e 17,07% superior à média. No entanto, para PMV apresentam desempenho 4,55% e 11,62% abaixo da média, respectivamente.

O destaque nos ambientes favoráveis (Sete Lagoas, Nova Porteirinha, Sinop e Goiânia) são os genótipos CMSXS634, CMSXS630 e BRS506 por apresentarem concomitantemente índices de confiança acima da média tanto para PMV, com desempenho 10,55%; 5,23% e 4,66% superior à média ambiental; e para SST, desempenho 12,48%; 1,09% e 5,70% superior à média ambiental, com 75% de confiança.

Do mesmo modo, o destaque nos ambientes desfavoráveis (Jaíba e Pelotas) são os genótipos CMSXS631, BRS506 e CMSXS646 por apresentarem concomitantemente índices de confiança acima da média tanto para PMV, com desempenho 4,8%; 8,61% e 1,64% superior à média ambiental; como para SST, com desempenho 9,29%; 0,25% e 14,71% superior à média ambiental, também com 75% de probabilidade.

Os genótipos CMSXS634, BRS506 e CMSXS646 apresentam-se como os melhores na análise geral associando as características PMV e SST. Sendo que o CMSXS634 apresenta-se mais responsivo às melhorias do ambiente.

#### 4.3.4 Metodologia de Lin e Binns

A metodologia de Lin e Binns considera o desvio sempre em relação à produtividade máxima. Nas tabelas 16 e 17 estão apresentados os valores de  $P_i$  para todos ambientes;  $P_{i(+)}$  para os ambientes favoráveis; e  $P_{i(-)}$  para os ambientes desfavoráveis dos 25 genótipos de sorgo sacarino.

**TABELA 16.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 25 genótipos de sorgo sacarino, para produção de massa verde (PMV) em t.ha<sup>-1</sup>, com base na metodologia de Lin e Binns (1988).

Geral		Ambientes Favoráveis		Ambientes Desfavoráveis	
Genótipo	$P_i$	Genótipo	$P_{i(+)}$	Genótipo	$P_{i(-)}$
CMSXS647	42,05	CMSXS634	46,94	BRS601	26,29
CMSXS630	57,34	CMSXS647	48,98	CMSXS647	28,19
CMSXS644	59,86	CMSXS643	61,88	CMSXS644	31,67
CMSXS634	70,59	CMSXS630	64,24	CMSXS630	43,55
CMSXS648	75,67	CMSXS644	73,95	BRS506	44,67
BRS506	76,32	CMSXS648	86,19	CMSXS646	53,44
CMSXS643	76,44	BRS506	92,15	CMSXS648	54,62
CMSXS646	86,35	CMSXS635	96,20	BR503	56,19
CMSXS635	95,92	CMSXS646	102,80	BR507	60,92
BR507	106,06	CMSXS639	114,69	CMSXS631	61,67
CMSXS639	110,59	CMSXS629	117,09	BR505	80,97
CMSXS629	114,52	BR507	128,63	CMSXS638	88,42
CMSXS633	124,86	CMSXS633	140,08	BR501	89,80
CMSXS631	125,82	CMSXS637	141,51	CMSXS633	94,42
BRS601	126,64	CMSXS642	141,94	CMSXS635	95,37
CMSXS638	134,46	CMSXS638	157,48	BR504	100,29
CMSXS642	143,70	CMSXS631	157,89	CMSXS639	102,40
BR505	156,87	BRS601	176,82	CMSXS643	105,56
BR501	157,44	BR 500	187,79	CMSXS632	107,40
CMSXS637	159,28	BR501	191,27	CMSXS629	109,38
CMSXS632	169,14	BR505	194,83	CMSXS634	117,88
BR 500	179,71	CMSXS632	200,02	CMSXS642	147,23
BR504	220,38	BR504	280,42	BR 500	163,55
BR503	278,28	CMSXS636	319,93	CMSXS637	194,80
CMSXS636	296,94	BR503	389,33	CMSXS636	250,96

**TABELA 17.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 25 genótipos de sorgo sacarino, para teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix, com base na metodologia de Lin e Binns (1988).

Geral		Ambientes Favoráveis		Ambientes Desfavoráveis	
Genótipo	Pi geral	Genótipo	Pi (+)	Genótipo	Pi (-)
CMSXS633	0,64	CMSXS634	0,58	CMSXS633	0,03
CMSXS642	0,70	CMSXS642	0,79	CMSXS646	0,13
CMSXS634	0,81	BR507	1,04	CMSXS637	0,42
BR507	0,83	CMSXS633	1,05	BR507	0,50
CMSXS637	1,03	CMSXS637	1,43	CMSXS642	0,57
CMSXS646	1,81	BRS506	2,35	CMSXS634	1,15
CMSXS631	2,18	CMSXS631	2,69	BR505	1,25
BRS506	3,14	CMSXS646	2,93	CMSXS631	1,40
BR505	4,40	BR 500	4,97	CMSXS639	1,46
CMSXS639	4,91	CMSXS630	5,10	CMSXS629	3,08
CMSXS630	5,07	CMSXS632	5,30	BR501	3,53
CMSXS629	5,60	BR505	6,50	BRS506	4,33
CMSXS632	5,75	CMSXS636	6,66	CMSXS630	5,02
CMSXS643	7,07	BR504	6,81	CMSXS643	5,31
BR 500	8,28	CMSXS638	6,99	CMSXS632	6,42
CMSXS638	8,67	CMSXS639	7,20	CMSXS644	9,09
BR504	8,80	CMSXS629	7,28	CMSXS647	10,13
CMSXS648	9,39	CMSXS648	8,19	BRS601	10,66
BR501	9,44	CMSXS643	8,25	CMSXS635	10,77
CMSXS636	10,45	CMSXS647	11,81	CMSXS648	11,19
CMSXS647	11,14	CMSXS644	12,64	CMSXS638	11,20
CMSXS644	11,22	BR501	13,38	BR504	11,79
CMSXS635	18,88	CMSXS635	24,29	BR 500	13,24
BR503	22,03	BR503	24,64	CMSXS636	16,13
BRS601	23,23	BRS601	31,61	BR503	18,13

Verificou-se que os genótipos CMSXS647, CMSXS630, CMSXS644, CMSXS634, CMSXS648, BRS506 e CMSXS643 apresentaram as maiores médias de PMV e maior estabilidade geral, ou seja, menores valores de Pi geral. Os genótipos CMSXS634, CMSXS647, CMSXS643, CMSXS630 e CMSXS644 foram os melhores genótipos para PMV em ambientes favoráveis, isto é, apresentaram menor valor do Pi favorável. Para os ambientes desfavoráveis, os

melhores genótipos para PMV foram BRS601, CMSXS647, CMSXS644, CMSXS630 e BRS506. Para SST, os genótipos CMSXS633, CMSXS642, CMSXS634, BR507 e CMSXS637 apresentaram as maiores médias e a maior estabilidade geral, por possuírem menores valores de  $P_i$  geral. Os genótipos CMSXS634, CMSXS642, BR507, CMSXS633 e CMSXS637 foram os melhores nos ambientes favoráveis. Os genótipos CMSXS633, CMSXS646, CMSXS637, BR507 e CMSXS642 foram os melhores nos ambientes desfavoráveis.

O genótipo CMSXS634 apresentou-se entre os mais estáveis na avaliação geral ( $P_i$  geral), e o mais estável em ambientes favoráveis, com menor valor de  $PI_{(+)}$  tanto para PMV como para SST. Entretanto, este genótipo não apresentou comportamento semelhante nos ambientes desfavoráveis. O genótipo que mais se aproximou de uma resposta satisfatória para as duas características avaliadas, PMV e SST, foi o CMSXS646.

## 5 DISCUSSÃO

Pelo método de Wricke e Weber, os genótipos CMSXS632, BRS507 e CMSXS629 apresentaram-se como os mais estáveis, tanto para produção de massa verde como para o teor de sólidos solúveis totais. No entanto, apresentaram média produtiva regular, e sem resposta ao padrão de adaptabilidade, sendo estas grandes desvantagens desse método. Os métodos de Eberhart e Russel, de Annicchiarico e de Lin e Binns são interessantes por utilizarem a média como um dos parâmetros mais participativos para estimativa da adaptabilidade e da estabilidade.

O método de Eberhart e Russel possui uma série de parâmetros que precisam ser avaliados junto a média produtiva, o que dificulta sua interpretação. Além disso, o uso de métodos baseados no desvio da regressão é subjugado por alguns autores como Lin *et al.* (1986) devido ao desvio da regressão servir apenas para indicar se os dados se ajustam ou não à equação obtida. No entanto, os genótipos que menos contribuíram para interação genótipo e ambiente, pelo método da ecovalência, foram os que mais se ajustaram à regressão, com maiores coeficientes de determinação, como o genótipo CMSXS632 que apresentou  $R^2 = 95,75$  para SST e  $R^2 = 94,71$  para PMV. Isso apoia a contribuição da metodologia de Eberhart e Russel para estudo da adaptabilidade e estabilidade.

Os métodos de Annicchiarico e Lin e Binns apresentaram resultados equivalentes neste trabalho, além de possibilitarem uma interpretação mais fácil, baseada na análise de apenas um parâmetro, o que também possibilita o ranqueamento dos genótipos mais adaptados e estáveis. Barros (2007) e Oliveira (2002) apresentaram dados semelhantes ao utilizar estas metodologias. Dessa forma, estes métodos apresentam resposta mais fácil e apropriada para as

recomendações, e os métodos de Wricke e Weber e Eberhart e Russel serviram como informações complementares sobre o comportamento dos genótipos.

Dentre os genótipos bem classificados segundo estes métodos, ao levar em consideração as duas características avaliadas simultaneamente, o genótipo CMSXS634 apresentou melhor classificação em ambientes favoráveis e o genótipo CMSXS646, em ambientes desfavoráveis, além de apresentarem adaptabilidade e estabilidade geral. Como essas metodologias apresentam respostas similares, a adoção de apenas um método seria suficiente; contudo, serviram para corroboração dos dados.

Silva *et al.* (2005), em estudo, apontaram, dentre as cultivares avaliadas, a BRS506 como melhor nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, além de apresentar o maior rendimento médio de matéria verde. No presente trabalho, a BRS506 apresentou performance interessante principalmente pelo método de Annicchiarico. No aspecto geral, os genótipos recentemente desenvolvidos superaram os genótipos comerciais em desempenho.

O período de utilização industrial (PUI) do sorgo sacarino pode variar entre os genótipos, devido o efeito da curva de acumulação dos açúcares, o que poderia mascarar genótipos potenciais quanto ao teor de sólidos solúveis. Apesar desse fato ocorrer, as análises foram realizadas na maturação fisiológica, e supostamente essa variação ocorreu dentro da janela que corresponde ao PUI dos genótipos de sorgo sacarino. Schaffert (1986), analisando o PUI de sorgo sacarino, observou que esse período é em média de 21 dias, podendo chegar, no caso da cultivar BR505, até a 56 dias. Rodrigues (2010) avaliou a curva de maturação da cultivar BRS506 no Norte de Minas Gerais e concluiu que esta apresentou PUI de 25 dias.

## 6 CONCLUSÃO

Na determinação da adaptabilidade e da estabilidade de produção de cultivares de sorgo sacarino, os métodos de Eberhart e Russel (1966); Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988) evidenciam, no presente estudo, resultados concordantes entre si, mas diferentes daqueles obtidos com a metodologia proposta por Wricke e Weber (1986), que prioriza genótipos com alta estabilidade, porém com baixa adaptação, o que é indesejável.

Foi possível identificar genótipos de sorgo sacarino adaptados e estáveis para as características avaliadas. Os genótipos CMSXS634 e CMSXS646 apresentam-se como os mais adaptados e estáveis para PMV e SST concomitantemente, sendo o primeiro mais adaptado a ambientes favoráveis e o segundo a ambientes desfavoráveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. C. A. *et al.* Extensão bivariada do índice de confiabilidade univariado para avaliação da estabilidade fenotípica. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1047-1052, set./out. 2004.
- ALBINO, L. F. *Tet al.* **Substituição do milho pelo sorgo sacarino em rações de frangos de corte**. Concórdia:EMBRAPA–CNPSA, Jun./1982. p. 2. (Comunicado Técnico 37)
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison. v. 4, n. 5, p. 503-507, 1964.
- ALMEIDA FILHO, J. E. *et al.* Desempenho Agronômico e Estabilidade Fenotípica de Híbridos de Sorgo Granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n.1, p. 51-64, 2010.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Jersey, v. 46, p. 269-278, 1992.
- BAHIA FILHO, A. F. C. *et al.* Impulsionando a produção e a produtividade de milho e sorgo, no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. cap. 2, p. 125.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: UNESP, 1992. 247 p.
- BARROS, H. B. **Adaptabilidade e Estabilidade de Soja por Métodos Paramétricos e Não-paramétricos**. 2007. 82 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

BASTOS, I. T. *et al.* Avaliação da Interação Genótipo x Ambiente em Cana-de-açúcar Via Modelos Mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia – GO, v. 37, n. 4, p. 195-203, dez. 2007..

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. 5. ed. Viçosa-MG: UFV, 2009. 453 p.

BORGONOV, R. A. *et al.* Cultivares de Sorgo Granífero, Forrageiro e Sacarino Lançadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. In: REUNIAO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 12, Goiania, 1978. Anais. Brasília, EMBRAPA/DID, 1979.

BRASIL. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

CANCI, P. C.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. Implementação da seleção recorrente no melhoramento de plantas autógamas através da macho-esterilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 505-512, 1997.

CHANNAPPAGOUDAR, B. B. *et al.* Assessment of sweet sorghum genotypes for cane yield, juice characters and sugar levels. **Karmataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 20, n. 2, p.294-296, 2007.

CHAVES, L. J. Interação de Genótipos com Ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. 2001. cap. 22. p.1183.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, agosto de 2011**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 01 jul. 2011, 16:05:00.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, maio de 2011**. Brasília:

Conab, 2011. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 01 jul. 2011, 16:20:00.

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

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, p. 55-85, 1990.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** - aplicativo computacional em genética e

estatística, Viçosa, MG: UFV, 2009. Disponível em:  
<<http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>>.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 38, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D., TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo. **Recomendações para o Cultivo do Sorgo**. Sete Lagoas-MG, 1982. 62 p. (Circular Técnica N° 01)

EMBRAPA. **Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa de milho e sorgo 1979-1980**. Sete Lagoas, MG:, EMBRAPA/CNPMS, 1981. 207 p.

EZZAT, E. M.; ALI, M. A.; MAHMOUD, A. M. Agronomic Performance, Genotype X Environment Interactions and Stability Analysis of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Asian Journal of Crop Science**, v. 2, n. 4, p. 250-260, 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT/Production/Crops-2009**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>> . Acesso em: 25 ago. 2011, 21:11:00.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding program. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, v. 14, n. 6, p. 742-754, jan. 1963.

GARCIA, J. C. Avaliação Econômica da Produção de Álcool em Microdestilarias a Partir de Sorgo Sacarino e Cana-de-açúcar. In: GORGATI NETTO, A. e CRUZ, E. R. **Experiência Brasileira de Pesquisa Econômica em Energia para o Setor Rural**. Brasília, DF: EMBRAPA-PNPE/DEP, 1984. p.45-54.

HUENH, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, v. 47, p. 189-194, 1990.

IEA. International Energy Agency. **Sustainable Production of Second-generation Biofuels**. Paris: OECD/IEA, 2010. 221 p.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 76, p. 425-430, 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-900, Sept./Oct. 1986.

LIU, R; LI, J. E.; SHEN, F. Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. **Renewable Energy**, Brighton, v. 33, p. 1130-1135, 2008.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado) EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MARIOTTI, J. A. *et al.* Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar, I, Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, Tucuman, v.13, n. 1-4, p.105-127, 1976.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da Produção de Sorgo**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Comunicado Técnico 87).

MULLER, L. D. ET Variations in lignin and other structural components of brown midrib mutants of maize. **Crop Science**, Madison, v.11, p. 413-415, 1971.

NAN, L.; BEST, G.; CARVALHO NETO, C. C. **Integrated energy systems in China** - The cold Northeastern region experience. Rome: FAO, 1994, 475 p.

NEUMANN, M. *et al.* Resposta econômica da terminação de novilhos em confinamento, alimentados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 123-133, 2002.

OLIVEIRA J. S. *et al.* Adaptabilidade e Estabilidade em Cultivares de Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 883-889, 2002. (Suplemento)

PARRELA, R. A. C. *et al.* Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino em Diferentes Ambientes Visando a Produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010. Goiânia, set. 2010. CD-ROM.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v. 36, n. 2, p. 381-385, 1959.

PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. Multiple lines and crosses. **Heredity**, Sheffield, v. 23, n. 3, p. 339-356, 1968.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 303 p.

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

RATNAVATHI, C. V. *et al.* Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 34, p. 947-952, 2010.

REDDI, S. G. **Studies on Production Potential of Sweet Sorghum [Sorghum Bicolor (L.) Moench] Genotypes for Grain and Ethanol Production as Influenced by Management Practices**. 2006. 197 p. Tese (Doutorado). University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2006.

RIBAS, P. M. **Sorgo**: Introdução e Importância Econômica. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA, 2003. 16 p. (Documento 23).

RIBEIRO FILHO, N. M. *et al.* Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations** – Biometrical genetics. New York: Pergamon Press, 1959. 186 p.

RODRIGUES, H. F. F. **Densidades e épocas de corte das plantas de sorgo sacarino para produção de forragem e de etanol**. 2010. 43 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG, 2010.

ROONEY, W. L. Sorghum Improvement - Integrating Traditional and

New Technology to Produce Improved Genotypes. **Advances in Agronomy**, San Diego, CA, v. 83, p. 37-109, 2004.

SANKARAPANDIAN, R. *et al.* Heterosis and combining ability studies for juice yield related characteristics in sweet sorghum. **Annals of Agricultural Research**. New Jersey, v. 15, n. 2, p. 199–204, 1994.

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. Melhoramento de sorgo. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 605-658.

SAWAZAKI, E. Sorgo forrageiro ou misto, sorgo granífero, sorgo vassoura Sorghum bicolor L. Moench. In: FALH, J. L. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6. ed. Campinas: IAC, 1998. p. 44-49.

SCHAFFERT, R. E. **Determinação do período útil de industrialização para o sorgo sacarino**. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1980-1984. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 1986. p. 155-157.

SCHAFFERT, R. E.; GOURLEY, L. M. Sorghum as energy source. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SORGHUM, 8., 1981, Patancheru, India. **Proceedings...** Patancheru, India: ICRISAT, Nov. 1981. p. 605-623.

SILVA, A. G. *et al.* Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Sorgo Forrageiro Semeados em Diferentes Épocas do Ano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 112-125, 2005.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometrics**, Arlington, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.

SOUZA, V. F. de. *et al.* Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino em Duas Épocas de Plantio no Norte de Minas Gerais Visando a Produção de Etanol. In: CONGRESSO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011. Búzios. **Anais...** Búzios: SBMP, 2011. CD-ROM

TAI, G. C. C. Genotypic stability analyses and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1971.

TEIXEIRA, C. G. *et al.* Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1601-1606, set. 1999.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 1, p. 89-91, Jan. 1978.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

XIMENES, P. A.; FREIRE, A. C. JÚNIOR, W. N. M. Avaliação do potencial agrônomo de algumas espécies de sorgo sacarino *Sorghum bicolor*. **Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v.18, n. 1, p. 109-115, jan./dez. 1988.

YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of groups of experiments. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 28, n. 4, p. 556-580, 1938.