

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E DE ESTABILIDADE E  
ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO**

**JANEO EUSTÁQUIO DE ALMEIDA FILHO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCÝ RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTCAZES-RJ  
FEVEREIRO – 2012**

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E DE ESTABILIDADE E  
ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO

**JANEO EUSTÁQUIO DE ALMEIDA FILHO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Professor Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTCAZES-RJ  
FEVEREIRO – 2012

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E DE ESTABILIDADE E  
ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO

**JANEO EUSTÁQUIO DE ALMEIDA FILHO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 13 de fevereiro de 2012

Comissão examinadora:

---

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc. Genética e Melhoramento) – UENF

---

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc. Produção Vegetal) – UENF

---

Flávio Dessaune Tardin (D.Sc. Produção Vegetal) – Embrapa Milho e Sorgo

---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc. Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

A Deus, o pai amado e misericordioso, e a todos os benfeitores.

A meu pai, Janeo Eustáquio de Almeida, (*In Memoriam*).

A minha mãe por seu carinho.

Ao meu irmão pela sua alegria.

Meus avós.

A minha amada Solange.

A minha família maravilhosa.

A todo ser que busca seu aprimoramento.

Dedico

*Não sei se a vida é curta ou longa para nós, mas sei que nada do que vivemos tem sentido, se não tocarmos o coração das pessoas. Muitas vezes, basta ser: colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta, silêncio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre, olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.*

*E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida. É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais, mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar. Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.*

*Cora Coralina*

## AGRADECIMENTOS

A Deus...

Ao mestre Jesus e a todos os benfeitores...

À minha mãe Narah, a meu irmãozinho Gabriel, às minhas avós Ireny e Ruth, a meus avôs Pedro e Juarez (*In Memoriam*), a meus tios Galeno, Júnior, Marcos, Helder, Hernane e Herman, a meus primos Cinthya, Jaqueline, Michele, Túlio, Felipe, Victor, Pedro e Tatiane, a meu afilhado Paulo Neto e a toda minha família que, sempre, esteve ao meu lado, em todos os momentos da minha vida.

À Solange, por ser uma pessoa muito especial para mim, dedicando-me muito carinho e amor.

Aos amigos Marcos, Artur, Maurício, André (Soncerina), Rafael (Zero Dois), Ramon (BG) e Roberto (TheBeto), pelo grande companheirismo no convívio diário das repúblicas em que eu residi em Campos.

Aos amigos Yaska, Soraia, Elem, Lucas, Fábio, Tatiane, Renato (*In Memoriam*), Thiago, Caillet, Cláudia, Andréia, Cíntia, Cláudia Pombo, Cíntia Bento Marilene, Denílson, Ronaldo, Bianca, Rodrigo, Geovana, Pedro, Guilherme, Tarcísio, às meninas do Pará Helem e Érica, a Romildo, ao Geraldo tec. Agrícola, entre vários outros com os quais, para mim, foi um prazer ter convivido em Campos.

À Escola Jesus Cristo, onde pude ter ótimos momentos de reflexão acerca da vida e aos companheiros da Mocidade M<sup>a</sup> Zenite: Juliana, Saulo, Yuri, Nina, Carita, Matheus e ao professor Celsinho.

A meus amigos Washington, Diego, Renato, Patrício, Roberto, Rômulo, Danilo, Deyner, Maurício, Oscar Júnior, Alfredo, Cláudio, Georg, Mauríl, Murilo e a todos os outros amigos que me apoiam com sua amizade desde antes da UENF ser realidade na minha vida.

A Darcy Ribeiro, pela iniciativa de construir uma universidade com tamanha excelência, como é a UENF.

Ao professor Rogério que me orientou nessa empreitada, ao professor Thiebaut pela amizade e conhecimentos transmitidos, ao professor Messias pela dedicação e por ensinar com qualidade, aos professores Gonçalo, Gravina, Rosana, Telma, Bia, Vanildo e Amaral por ter tido a satisfação de assistir às suas aulas e, também, ao professor Alexandre que me ajudou no aprimoramento tanto do meu projeto quanto da minha dissertação. Também não posso deixar de agradecer a todos os outros professores que, também, são comprometidos com a nossa UENF.

À Embrapa Milho e Sorgo, em especial, à pessoa do meu amigo Flávio Dessaune Tardin, que me apoiou desde antes de eu concluir minha graduação e que teve papel fundamental neste trabalho, com sua co-orientação.

A todos que colaboraram com esse trabalho, em especial à Karla Jorge da Silva, Cássia Moabe de Paula, Milton José Cardoso, Edson Bastos, Vicente de Paulo Campos Godinho, Vinícius da Silva Lopes, Fernando Andrade e João Batista Xavier Neto.

À Faperj e à Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos os cidadãos, que, com sua contribuição de impostos, custearam meus estudos e merecem ter um retorno significativo disso.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Aspectos gerais do sorgo.....	3
2.2 Centros de origem e melhoramento genético do sorgo .....	6
2.3 Produção do sorgo granífero.....	9
2.4 Grãos de sorgo na alimentação .....	13
2.4.1 Fatores nutricionais do sorgo .....	13
2.4.2 Alimentação animal .....	15
2.4.3 Alimentação humana.....	15
2.5. Interação Genótipo x Ambiente.....	16
2.5.1 Identificação de cultivares específicas para cada ambiente.....	18
2.5.2 Estratificação ambiental .....	18
2.5.3 Estabilidade e Adaptabilidade .....	21
3. TRABALHOS .....	30
3.1. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA DE VÁRIAS REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL. ....	30
3.1.1. RESUMO.....	30
3.1.2. ABSTRACT .....	31
3.1.3. INTRODUÇÃO .....	31



3.1.4. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.1.6. CONCLUSÃO .....	47
3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
3.2. ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM CONDIÇÕES DE SAFRINHA.....	49
3.2.1. RESUMO.....	49
3.2.2. ABSTRACT .....	50
3.2.3. INTRODUÇÃO .....	50
3.2.4. MATERIAL E MÉTODOS .....	52
3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.2.6. CONCLUSÃO.....	65
3.2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

## RESUMO

ALMEIDA FILHO, Janeo Eustáquio de; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2012; Avaliação agronômica e de estabilidade e adaptabilidade de híbridos de sorgo granífero; Orientador: Rogério Figueiredo Daher; Conselheiros: Alexandre Pio Viana e Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

A exploração agrícola do sorgo granífero é de grande interesse para o Brasil, uma vez que é uma fonte de matéria prima menos onerosa para rações animais, sem perder em qualidade nutricional, em comparação com o milho que, ainda, é o principal ingrediente para rações. As suas características xerófitas tornam favorável seu cultivo em ambientes sujeitos ao estresse hídrico; com isso, são justificadas as várias iniciativas tanto do setor público quanto privado para o melhoramento dessa cultura. Diante disso, para este trabalho, foram avaliados 25 híbridos simples de sorgo granífero, sendo 22 híbridos experimentais, promissores à recomendação como cultivares, oriundos do programa de melhoramento genético administrado pelo Núcleo de Recursos Genético e Desenvolvimento de Cultivares da Embrapa Milho e Sorgo, e as cultivares comerciais 1G282, BRS 308 e BRS 330. Esses híbridos foram avaliados em 9 diferentes locais produtores dessa cultura, distribuídos no Brasil. Com os dados desses experimentos, foram realizados dois trabalhos, um sobre o desempenho agrônomico, considerando-se as características altura, florescimento e rendimento de grãos, e o outro trabalho sobre a estabilidade e a adaptabilidade

para a característica rendimento de grãos, utilizando-se os métodos de Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), AMMI (Zobel et al, 1988) e Purchase et al. (2000). Pelos resultados, observou-se que a altura foi limitante, apenas, para cultivar 1G282 e o híbrido 0307689, a adoção do cultivo desses híbridos, em ambientes onde é sujeito a ventos fortes, requer cautela, pois o alto porte desses híbridos pode favorecer o acamamento. Apesar do híbrido 0307689 ter apresentado porte elevado, esse genótipo foi considerado precoce ao florescimento, os híbridos 0307671, 0307421 e 0307063, também, foram de florescimento precoce e os híbridos 0307091 e 0307095, juntamente com as cultivares comerciais, foram os mais tardios. Contudo, a necessidade de dias para florescimento de todos os híbridos foi considerada aceitável, sendo a diferença de dias, entre o mais precoce e o mais tardio, pequena em todos os experimentos. As cultivares 1G282 e BRS 308 se destacaram por apresentarem as maiores produtividades de grãos, também podem ser destacadas as médias dos híbridos 0307131, 0307651 e 0307071 em Teresina e do híbrido 0009061 a nível geral. No estudo da estabilidade e da adaptabilidade, os métodos de Wricke (1965) e de Purchase et al. (2000) apresentaram resultados semelhantes, e os métodos de Lin e Binns (1988) e de Eberhart e Russell (1966) foram complementares a esses. O método de Lin e Binns (1988) mostrou ser de fácil aplicação, pois foi o único que dispensa a análise das médias para a seleção de um indivíduo produtivo e estável. Porém, esse método não foi fidedigno para a identificação de adaptabilidade específica. A maior parte dos genótipos estáveis com indicativo de adaptabilidade geral apresentou baixo rendimento de grãos. Em contrapartida, o 0009061 foi estável e de adaptabilidade geral, sendo esse o terceiro mais produtivo, considerando-se a média geral. A análise das médias associada ao modelo AMMI sugeriu interesse da cultivar 1G282 para Guaíra, Sete Lagoas e Vilhena, e os híbridos 0307087 e 0307091 para o sudoeste goiano. Vale ressaltar que florescimento não foi mensurado em Rio Verde e nem em Montividiu; com isso, deve-se ter cautela na indicação para esses locais, uma vez que o híbrido 0307091 se mostrou tardio nos outros ambientes. O modelo de regressão de Eberhart e Russell (1966), associado ao método AMMI, foi interessante para explicação dos híbridos 0307071, 0307131, 0307511 e 0307651, que apresentaram estabilidade associada à adaptabilidade a ambientes favoráveis.

## ABSTRACT

ALMEIDA FILHO, Janeo Eustáquio de; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2012; Agronomic evaluation and stability and adaptability of grain sorghum hybrids; Advisor: Rogério Figueiredo Daher; Co-advisors: Alexandre Pio Viana and Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

The agricultural exploitation of grain sorghum is of great importance to Brazil, once it is one of the least onerous sources of raw material for animal feeding, not losing in nutritional quality to corn, which is still the main ingredient of animal diets. Its xerophytic characteristics make its cultivation favorable in environments of water stress; thus, the many initiatives both from the public and the private sector for the improvement of this culture are justified. In light of this, for this study, 25 simple hybrids of grain sorghum were evaluated - 22 experimental hybrids, promising to recommendation as cultivars, originated from the breeding program administered by Núcleo de Recursos Genético e Desenvolvimento de Cultivares da Embrapa Milho e Sorgo; and commercial cultivars 1G282, BRS 308 and BRS 330. These hybrids were evaluated at 9 different locations where this culture was produced, across Brazil. With the data from these experiments, two studies were carried out: one about agronomic performance, considering characteristics height, flowering and yield of grains; the other study was about the stability and adaptability to the characteristic grain yield, utilizing the methods of Wricke (1965), Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988), AMMI (Zobel et al., 1988) and Purchase et al. (2000). Through the studies, it could be observed that height was only limiting for

cultivar 1G282 and hybrid 0307689; the adoption of the cultivation of these hybrids, in environments of strong wind requires caution, for the big size of these hybrids may favor lodging. Although hybrid 0307689 presented great height, this genotype was considered early to flowering. Hybrids 0307671, 0307421 and 0307063 also presented early flowering, and hybrids 0307091 and 0307095, along with the commercial cultivars, were the latest ones. However, the need for days for flowering of all hybrids was considered acceptable; the difference between the earliest and the latest hybrid, in days, was small in all experiments. Cultivars 1G282 and BRS 308 stood out for presenting the greatest grain productivity; the means of hybrids 0307131, 0307651 and 0307071 in Teresina and hybrid 0009061 overall can also be highlighted. In the stability and adaptability assay, the methods of Wricke (1965) and Purchase et al. (2000) presented similar result, and the methods of Lin & Binns (1988) and Eberhart & Russell (1966) were complementary to them. The method of Lin & Binns (1988) showed to be of easy application, for it was the only one which does not require analysis of the means for selection of a productive and stable individual. However, this method was not reliable for the identification of specific adaptability. The majority of stable genotypes with indications of general adaptability presented low grain yield. In counterpart, 0009061 was stable and of general adaptability - it was also the most productive one, regarding the overall mean. The analysis of means associated to the AMMI model suggested interest of cultivar 1G282 for the cities of Guaira, Sete Lagoas and Vilhena, and hybrids 0307087 and 0307091 for the Southeast of Goias. It is worth remarking that flowering was not measured in Rio Verde or Montividiu; thus, one must be careful at the indication for these locations, once hybrid 0307091 showed tardy in the other environments. The regression model of Eberhart & Russell (1966), associated to the AMMI method, was suitable for the explanation of hybrids 0307071, 0307131, 0307511 and 0307651, which presented stability associated to the adaptability to favorable environments.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção pecuária brasileira é crescente, conforme indicadores do IBGE (2012). Com o aumento desse setor, cresce, também, a demanda por grãos para a confecção de rações, sendo o milho, ainda, o principal componente da ração animal (Sindirações 2010). Entretanto, a substituição pelo sorgo para essa demanda é muito interessante, pois reduz o custo das rações sem perda da qualidade nutricional (Zardo e Lima, 1999; Garcia, et al., 2005; Globesso et al., 2008).

Um fator positivo para a expansão da cultura do sorgo, no Brasil, deve-se à possibilidade de realizar a safra de sucessão (safrinha). Nessa época, as condições de cultivo são arriscadas pela frequência de chuvas serem instáveis e, muitas vezes, insuficientes para uma boa produção. Como o sorgo possui importantes mecanismos morfológicos e bioquímicos que lhe conferem características xerófitas, essa cultura se mostra como uma interessante alternativa para ambientes com restrições hídricas.

Para suprir a demanda por cultivares de sorgo adaptadas a ambientes sujeitos ao estresse hídrico, existem várias iniciativas tanto do setor público quanto privado, os quais administram programas de melhoramento e avaliam, anualmente, vários genótipos que são promissores para o cultivo em várias regiões do Brasil.

Esses ensaios são muito importantes para fornecerem informações do potencial produtivo de cada genótipo para as várias regiões de interesse agrícola,

além de proporcionar informações básicas sobre outras características, que estão associadas ao mérito agrônômico, como altura e época de florescimento.

Uma dificuldade observada, na avaliação dessa rede de experimentos de sorgo nas várias regiões produtivas, são os efeitos da interação entre genótipos com ambientes, que é a resposta diferencial dos genótipos em função das variações entre os locais ou anos. A interação é um dos maiores problemas ao realizar uma recomendação de cultivar, pois, em uma avaliação, um determinado genótipo sobressai a outros, porém, ao se repetir o mesmo experimento em outro local ou ano, esse genótipo apresenta resultado inferior aos genótipos que foram inferiores a ele em outras avaliações.

Na literatura, existem vários trabalhos sobre os percalços da interação de genótipos com ambientes, no entanto a alternativa mais recomendada, para lidar com a interação, é a seleção de materiais estáveis e com ampla adaptabilidade (Ramalho et al., 1993; Cruz e Regazzi, 1997).

O conceito mais bem aceito sobre estabilidade e adaptabilidade foi o proposto por Mariotti et al. (1976); segundo esses autores, a estabilidade está associada à previsibilidade do desempenho fenotípico e à adaptabilidade à capacidade de responder, vantajosamente, às condições ambientais submetidas.

Com objetivo de explorar a estabilidade e a adaptabilidade, vários autores propuseram diferentes metodologias biométricas, sendo algumas alternativas enquanto outras complementares (Cruz e Regazzi, 1997). Várias dessas metodologias são, amplamente, utilizadas, sendo essas, muitas vezes, comparadas em avaliação de diversas espécies (Scapim et al., 2000; Mekbib 2003; Cargnelutti Filho et al., 2007; Silva e Duarte 2006; Mohammadi e Amri, 2008; Silva Filho et al., 2008; Scapim et al., 2010; Vilela et al., 2011)

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi a avaliação agrônômica e a análise da estabilidade e adaptabilidade de 25 híbridos simples de sorgo granífero, avaliados em várias regiões produtoras dessa cultura, distribuídos no Brasil, sendo que vinte e dois desses híbridos estão na fase final do programa de melhoramento administrado pelo Núcleo de Recursos Genéticos e Desenvolvimento de Cultivares da Embrapa Milho e Sorgo; três são cultivares comerciais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos gerais do sorgo

O sorgo é uma planta pertencente ao Reino *Plantae*; Divisão *Magnoliophyta* (Angiospermas); Classe *Liliopsida* (*Monocotiledonea*); Ordem *Poales*; Família: *Poaceae* (Gramíneas); Gênero *Sorghum*; Espécie: *Sorghum bicolor*. Quanto ao número de cromossomos, a espécie *S. bicolor* (L.) Moench é uma espécie diplóide com  $2n = 20$  cromossomos (Santos et al., 2005).

A planta do sorgo é formada pelas seguintes partes: colmo ereto, suportado por um sistema radicular vigoroso com raízes seminais e adventícias; folhas alternadas compostas por bainha e lâmina foliar oriundas de nós individuais, o número de folhas varia de 7 a 30, dependendo do genótipo e do tempo de crescimento, o entrenó superior é chamado de pedúnculo e a última folha de folha bandeira. A inflorescência é denominada panícula, que possui um eixo central ou raquis, por onde se originam as ramificações primárias, secundárias e terciárias; nas ramificações finais, encontram-se os racemos de espiguetas. Essas panículas podem ser compactas ou abertas. Após o surgimento completo da folha bandeira, o crescimento da panícula e o crescimento do pedúnculo forçam este para fora da folha bandeira, o que é conhecido como “emborrachamento”. Os racemos carregam as espiguetas aos pares, sendo uma séssil hermafrodita e uma pedicelada estaminada. Essa



estrutura floral culmina em uma taxa de fecundação cruzada entre 2 a 10% em condições normais (Santos et al., 2005).

Com a variabilidade morfológica observada nessa espécie, existem diferentes propósitos para seu cultivo; nesse âmbito, tem-se o sorgo granífero, silagem, sacarino, pastejo e vassoura. O granífero é o mais cultivado no mundo (Duarte, 2010); nesse caso, a planta deve ser de pequeno porte para a colheita mecanizada e apresentar grande rendimento de grãos. O sorgo para silagem é o segundo mais cultivado (Santos et al., 2005), sendo que as plantas devem ser altas e apresentarem boas qualidades bromatológicas. Algumas cultivares que possuem aptidão para produção de grãos e silagem são consideradas como duplo propósito. O sorgo sacarino, também, deve ser alto, porém este deve possuir caldo dentro do colmo com grande concentração de sacarose, para a fabricação de álcool e o sorgo de pastejo deve possuir crescimento inicial rápido, pois uma de suas características é a rápida formação da pastagem, além de apresentar boas qualidades bromatológicas. Por fim, o sorgo vassoura é explorado, basicamente, pela agricultura familiar, e suas plantas devem possuir panículas com ráquis longas para a confecção de vassouras.

A diferenciação floral ocorre de 30 a 40 dias após a germinação; depois de 10 dias, ocorre o emborrachamento. O florescimento se inicia nas espiguetas sésseis do ápice para a base da panícula durante um período médio de quatro a seis dias. O pólen se mantém viável durante três a cinco horas, e os estigmas ficam receptíveis durante uma semana ou mais.

O sorgo é sensível ao fotoperíodo (planta de dias curtos), ou seja, seu florescimento se consolida com o estímulo da diminuição do fotoperíodo após alcançar o fotoperíodo crítico. O fotoperíodo crítico é a quantidade de período de luz que delimita se a planta vai ser estimulada a florescer ou não, sendo que esta só floresce se o fotoperíodo for inferior ao fotoperíodo crítico (Magalhães e Durães, 2003). Por isso, cultivares de sorgo para silagem são plantadas após as primeiras chuvas do ano; esse plantio cedo tem o propósito de prolongar a fase vegetativa.

Porém, em virtude do melhoramento, as cultivares comerciais de sorgo granífero são insensíveis ao foto período.

A altura da planta de sorgo pode variar de 0,4 a 4 m, sendo essa uma herança governada por quatro genes que atuam de forma independente e aditiva (Magalhães et al., 2003).

De acordo com Magalhães et al. (2010), o desenvolvimento do sorgo é dividido em três estágios de crescimento (EC). O EC1 compreende a fase desde a germinação até a diferenciação da panícula. Nessa fase, é imprescindível que a germinação se estabeleça rapidamente, pois a plântula é muito sensível a estresses abióticos. Vale ressaltar que, como a semente é pequena, a quantidade de carboidratos de reserva na semente fornecida à plântula é pequena. Na etapa subsequente (EC2), compreendida da iniciação da panícula até o florescimento, sendo o fotoperíodo importante para sua transição, uma vez que o sorgo é uma cultura de dias curtos, o rendimento de grãos é sustentado por um bom desenvolvimento da área foliar, eficiente sistema radicular e acúmulo de matéria seca. Por fim, o EC3, que tem início na floração e termina na maturação fisiológica dos grãos, e os fatores associados ao rendimento da cultura, nessa fase, são aqueles relacionados ao enchimento de grãos.

A espécie *Sorghum bicolor* possui ciclo C4, com altas taxas fotossintéticas. Sua tolerância ao estresse hídrico e excesso de água é maior do que a maioria dos outros cereais. Essa espécie apresenta importantes características xerófitas, tornando-se uma boa opção para o cultivo em ambientes com problemas no suprimento hídrico.

O sorgo requer menos água para se desenvolver, quando comparado com outros cereais. Um exemplo da boa conversão de água, em matéria seca do sorgo, pode ser constatado ao comparar com milho e trigo, pois essas espécies necessitam de 370 e 500 kg de água respectivamente para produzir 1 kg de massa seca, enquanto que o sorgo necessita de, apenas, 330 kg de água (Magalhães et al., 2010).

Esses autores ressaltam, ainda, que a tolerância à seca é uma característica complexa, pois envolve, simultaneamente, aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Dentre as adaptações morfológicas do sorgo para ambientes com escassez de água, pode-se considerar a presença de cera natural na junção da bainha com o limbo, o que leva a planta a perder menos água na transpiração e um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. Em comparação com o sistema radicular do milho,

ambas as espécies possuem mesma quantidade de massa de raiz principal, porém a massa da raiz adventícia do sorgo é, no mínimo, o dobro em relação à do milho. Além disso, o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes.

Em condições de estresse hídrico, a planta diminui o metabolismo, murcha (hiberna) e tem um poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido (Magalhães et al., 2010).

Lima et al. (2011) observaram que as fases em que o estresse hídrico acarretou em maior redução da produção de grãos foram na época do florescimento e fase de plântula respectivamente.

## **2.2 Centros de origem e melhoramento genético do sorgo**

O sorgo se originou no Noroeste Africano, sendo nessa região onde se encontra a maior diversidade de materiais silvestres e cultivados. Provavelmente a domesticação dessa espécie foi na Etiópia, pela seleção das espécies silvestres *Sorghum arundinaceum* e/ou *Sorghum verticilliflorum*, há cerca de 7.000 anos. O sorgo foi distribuído por toda a África, pelas rotas de comércio. Do Oriente Médio, o sorgo chegou à Índia, há 3.000 anos; da Índia, ele alcançou a China pela rota da seda, no século III. Na América do Norte, o sorgo chegou em 1857; nos Estados Unidos, pelos escravos e, depois, chegou à América Latina e à Austrália (Santos et al. 2005).

O fato dessa espécie ter se originado na África explica sua tolerância ao estresse hídrico, uma vez que, nesse continente, existem várias áreas com elevadas temperaturas e restrição hídrica; provavelmente ocorreu seleção, favorecendo indivíduos adaptados a essas condições.

Além do uso da introdução de materiais genéticos, o melhoramento do sorgo pode ser obtido com todas as metodologias utilizadas para as plantas autógamas. Geralmente se utilizam as técnicas de melhoramento de autógamas em sorgo a partir de uma população oriunda de um cruzamento biparental, dirigido manualmente (Santos et al., 2005). Para a otimização da condução da população alvo do melhoramento, explorando-se a autofecundação, podem ser utilizadas sacolas de papel para garantir autogamia total, cobrindo-se as panículas na época oportuna.

O melhoramento da cultura do sorgo ocorre, também, com a exploração de recombinação entre os indivíduos, porém, devido à estrutura e aos mecanismos naturais de polinização de sua inflorescência, a realização de um cruzamento controlado entre dois indivíduos é uma tarefa difícil devido à dificuldade da emasculação.

Porém, o sorgo possui uma característica que torna possível a exploração da recombinação entre indivíduos de forma intensa, podendo, assim, explorar a variabilidade gerada em vários métodos de melhoramento de plantas alógamas, que é a esterilidade masculina ou macho esterilidade.

Existem vários mecanismos de macho esterilidade no sorgo, mas dois sistemas apresentam maior destaque. Um é a macho esterilidade genética controlada pelo gene  $ms_3$  da variedade Coes. Esse gene possui dois alelos e a interação entre esses alelos é de dominância completa, a forma homozigota recessiva acarreta em macho esterilidade, enquanto as duas outras formas genotípicas são férteis. O outro sistema é a macho esterilidade genético-citoplasmática, cujo sistema é governado pela interação do gene Kafir e o citoplasma Milo. O citoplasma Milo acarreta em fenótipo macho estérreo, o gene Kafir possui dois alelos com interação entre alelos de dominância completa, a forma homozigota dominante e heterozigota, que impedem que o genótipo com citoplasma Milo seja macho estérreo (Santos et al., 2005).

Com o uso de macho-esterilidade, é realizado melhoramento dessa cultura de duas formas, melhorando uma população e aumentando, gradativamente, a frequência de alelos favoráveis com o uso da macho esterilidade genética, ou com a exploração da heterose com híbridos simples com o uso da macho esterilidade genético-citoplasmática.

O melhoramento de população é obtido com as técnicas de seleção recorrente descritas por Paterniani e Miranda Filho (1987) para cultura do milho, porém, no caso do sorgo, deve-se, sempre, colher as sementes dos indivíduos macho-estéreis; com isso, essa população está sendo articulada a ter metade dos indivíduos macho-estéreis e ter 100% de alogamia.

Para realizar o melhoramento visando à obtenção de híbridos simples em escala comercial, são necessários, pelo menos, três diferentes linhagens para obtenção de um híbrido simples. A primeira é denominada como linhagem A, que possui citoplasma estéril e os alelos restauradores da esterilidade recessivos, ou

seja, é uma linhagem totalmente macho-estéril. A segunda linhagem é a linhagem B, também denominada como mantenedora; essa linhagem possui a mesma constituição genética da linhagem A, porém com o citoplasma fértil, ou seja, linhagem é utilizada para multiplicação da linhagem A. Por fim, a terceira, que é denominada como linhagem R; também conhecida como restauradora, essa linhagem deve ser de um grupo heterótico divergente da linhagem A, pois a heterose é explorada com o cruzamento entre a linhagem A e R. A linhagem R deve ser homocigota dominante para o gene que restaura a fertilidade, pois o híbrido não pode ser estéril.

Para a obtenção de determinadas linhagens A, com as devidas características a serem exploradas, é utilizada a técnica de retrocruzamentos sucessivos com a linhagem de constituição genética de interesse como recorrente, e da linhagem com o citoplasma de interesse como doadora. Nessa etapa, o uso de marcadores moleculares é uma ferramenta importante para otimização da seleção. Já para obtenção das linhagens B e R, é usada a seleção recorrente, utilizando-se o gene *ms<sub>3</sub>*.

A obtenção de novas linhagens, a partir da população em heterocigose, é realizada com autofecundações sucessivas com seleção em cada geração até obter a linha pura. No sorgo, também, é observada perda de vigor devido à endogamia (Scapim et al., 1998); com isso, a seleção recorrente se mostra como uma alternativa interessante, pois os indivíduos, oriundos de uma população melhorada, possuem maior chance de não apresentarem genes favoráveis ligados com genes deletérios. Segundo Paterniani e Miranda Filho (1987), em populações melhoradas, é maior a probabilidade de extração de linhagens superiores com a finalidade de obtenção de híbridos.

A demanda maior de cultivares de sorgo se concentra nos híbridos simples. De acordo com Tardin et al. (2010), os híbridos simples predominam devido à sua elevada produtividade associada a um rendimento estável, tendo como qualidades exploradas, tanto no melhoramento genético como pelos produtores: tolerância a períodos de déficit hídrico principalmente em pós-florescimento; resistência ao acamamento e ao quebramento; ausência de tanino nos grãos (o uso de cultivares com tanino está restrito ao Rio Grande do Sul); porte entre 1,0 m e 1,5 m (para sorgo granífero) com boa produção de massa

residual; ciclo precoce a médio; resistência às doenças predominantes na região de plantio.

Outra característica interessante para uma cultivar de safrinha é a responsividade em ambientes favoráveis, pois, apesar de, na maior parte das ocasiões, os mecanismos de tolerância ao estresse serem exigidos, são observadas, também, situações de clima favorável devido à instabilidade climática nessa época.

### **2.3 Produção do sorgo granífero**

O sorgo foi introduzido no Brasil, no século XX, mas teve certa resistência para consolidação como uma cultura com potencial de cultivo, pois muitos o enxergavam como um competidor do milho (Duarte, 2010). Porém, no decorrer dos anos, é observado um aumento acentuado em área plantada e produção dessa cultura, porém a produtividade dessa cultura não teve grandes aumentos (Conab, 2012, APPS, 2012, IBGE, 2012), conforme a Figura 1.

Segundo Duarte (2010), o aumento da produção de sorgo, no Brasil, pode ser associado a três fatores principais: a) a criação do Grupo Pro-Sorgo, composto por representantes da indústria de sementes, da pesquisa agropecuária, de instituições públicas entre outros, hoje incorporado na Associação Paulista de Produtores de Sementes e Mudas (APPS). Esse grupo teve como meta o fomento da produção de sorgo no Brasil, divulgando as potencialidades da cultura e as tecnologias associadas ao sistema de produção; b) o segundo está associado ao uso do sorgo como alternativa de rotação com a soja e fonte de palhada em sistemas de plantio direto nas regiões Centro-Oeste e Sudeste; c) o terceiro fator está relacionado com a importância crescente da segunda safra (safrinha) na região central do Brasil, pois o sorgo representa menor risco de frustração de safra devido às suas características xerófitas.

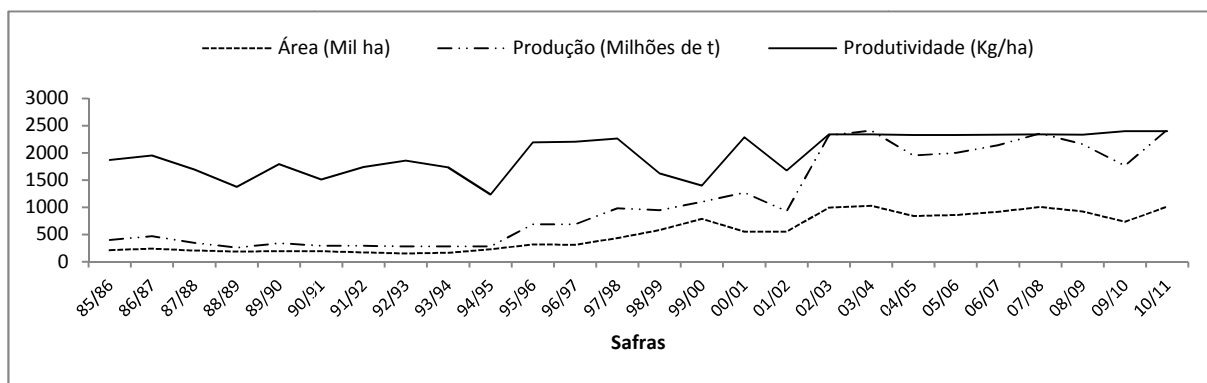


Figura1. Evolução da área plantada, produção e produtividade de sorgo granífero ao longo dos anos, segundo APPS (2012).

De acordo com a APPS (2012), na safra de 2010/2011, mais de 95% do plantio de sorgo granífero, no Brasil, foi realizado na safrinha. Como nessa época existe um maior risco de déficit hídrico, é fundamental que os produtores de grãos tenham à disposição uma espécie com tolerância ao estresse hídrico. Em decorrência disso, muitos agricultores optam pelo plantio do sorgo em vez do milho na safrinha, por esta ser uma cultura mais adaptada a essas condições, proporcionando menos riscos com eventuais faltas de chuvas.

Apesar de, em vários países, grãos de sorgo serem utilizados na alimentação humana, no Brasil, esta cultura é quase totalmente destinada à alimentação animal (Figura 2), e, com o crescente aumento da pecuária brasileira, o sorgo se mostra como uma cultura de potencial a ser explorado, pois a demanda de grãos é crescente. Em consonância com esse cenário, o aumento da cadeia produtiva de sorgo é muito interessante, pois componentes de rações que têm fins mais nobres, no Brasil, como milho, trigo, farelo de arroz etc., seriam, parcialmente, substituídos.

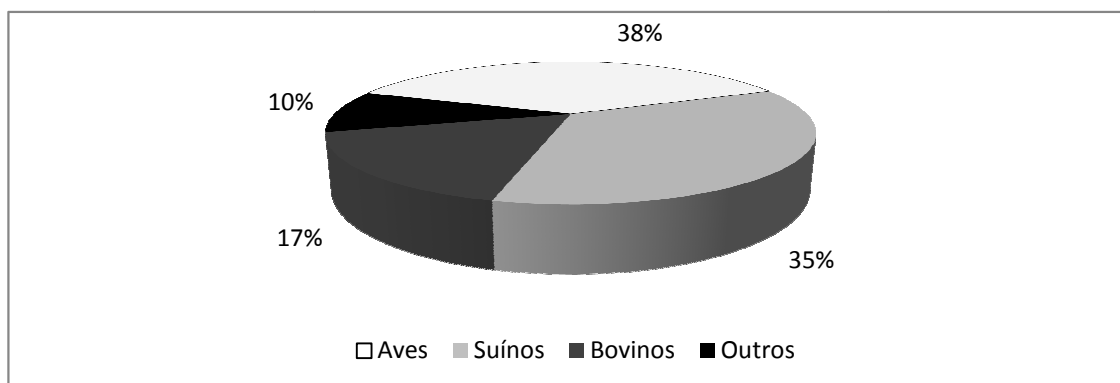


Figura 2. Utilização de grãos de sorgo da safra 2009/2010 no Brasil, segundo Sindirações (2010)

É observado que existe uma demanda de sorgo que é reprimida pela insuficiente oferta (Duarte, 2010). Segundo a Sindirações (2010), que absorve 60 e 40% da produção nacional de milho e farelo de soja respectivamente, esses componentes estão em alta, desde 2006. De acordo com esse sindicato, existe uma necessidade de tornar o sistema de produção animal menos oneroso, e o aumento da implementação do sorgo, nas rações, é uma alternativa interessante.

Devido à necessidade da obtenção de grãos de sorgo, várias empresas lançam contratos de compra futura da matéria prima. Mezzena (2002), em análise da demanda potencial do sorgo no Brasil, constatou que, se houvesse um aumento da oferta do sorgo para níveis de 10% em relação à oferta do milho, essa produção seria toda absorvida, e, com isso, regularizaria a oferta de componentes de ração, reduziria os custos de rações e carnes produzidas e consolidaria o Brasil no cenário internacional de oferta de milho. De acordo com o estudo desse autor, o aumento da oferta de grãos de sorgo é uma média interessante a nível mundial (Tabela 1).

Tabela 1. Razão entre o consumo de milho e o consumo de sorgo no mundo, no ano de 2011, segundo USDA (2012).

País	Consumo de milho t ( x 10 <sup>3</sup> )	Consumo de Sorgo t ( x 10 <sup>3</sup> )	Razão milho:sorgo (%)
EUA	285.000	5.312	1,86
China	176.000	1.800	1,02
México	29.000	9.400	32,41
Índia	18.000	6.700	37,22
Argentina	7.300	2.200	30,14
Brasil	49.500	2.275	4,60
Outros	278.086	36.921	13,28
Total	842.886	64.608	7,67

Ao considerar a necessidade de aumento da oferta de grãos de sorgo, deve-se analisar a produtividade da cultura. De acordo com Tardin et al. (2010), um fator carente de exploração nos sistemas de produção de sorgo é o potencial produtivo dos genótipos. Segundo esses os autores, as cultivares de sorgo têm potencial de expressar uma produtividade de grãos na faixa de 10 e 7 t ha<sup>-1</sup> em condições favoráveis de safra e em plantio de sucessão respectivamente.

Entretanto, o que se observa é um certo receio dos produtores em investir tecnologia em plantios de sucessão. Muitos produtores evitam realizar os tratos



culturais adequadamente, justificando que a época de safrinha possui muitos riscos climáticos, e, com isso, a produtividade brasileira é bem inferior ao potencial da cultura (Figura 1).

A produção brasileira de sorgo predomina na região centro-oeste, tendo, também, as regiões sudeste e nordeste como regiões de destaque (Figura 3). Na região nordeste, a cultura do sorgo tem grande potencial de crescimento devido às características de clima semi-árido da região.

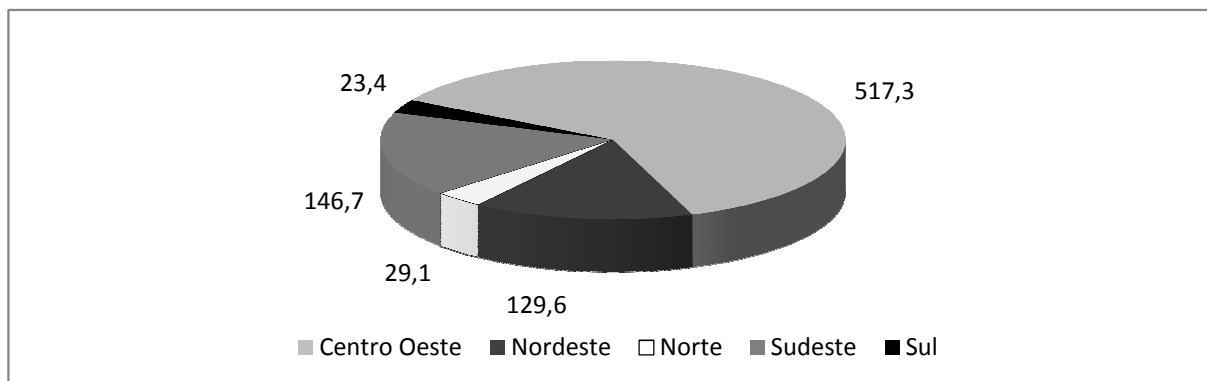


Figura 3. Participação das regiões brasileiras na produção da safra 2010/2011 de sorgo granífero em t x 10<sup>3</sup>, segundo Conab (2012).

Ao analisar o panorama mundial da produção de sorgo, o Brasil participa em, apenas, 4% da produção, sendo que os maiores produtores são Nigéria, EUA e Índia com participação de, aproximadamente, 18, 13 e 10% respectivamente (Figura 4 A). A produção de sorgo, no mundo, pode ser dividida em quatro importantes regiões: países abaixo do Saara; América do Norte; América do Sul e sul da Ásia, essas regiões participam com 44, 24, 11 e 10% da produção mundial respectivamente (Figura 4 B).

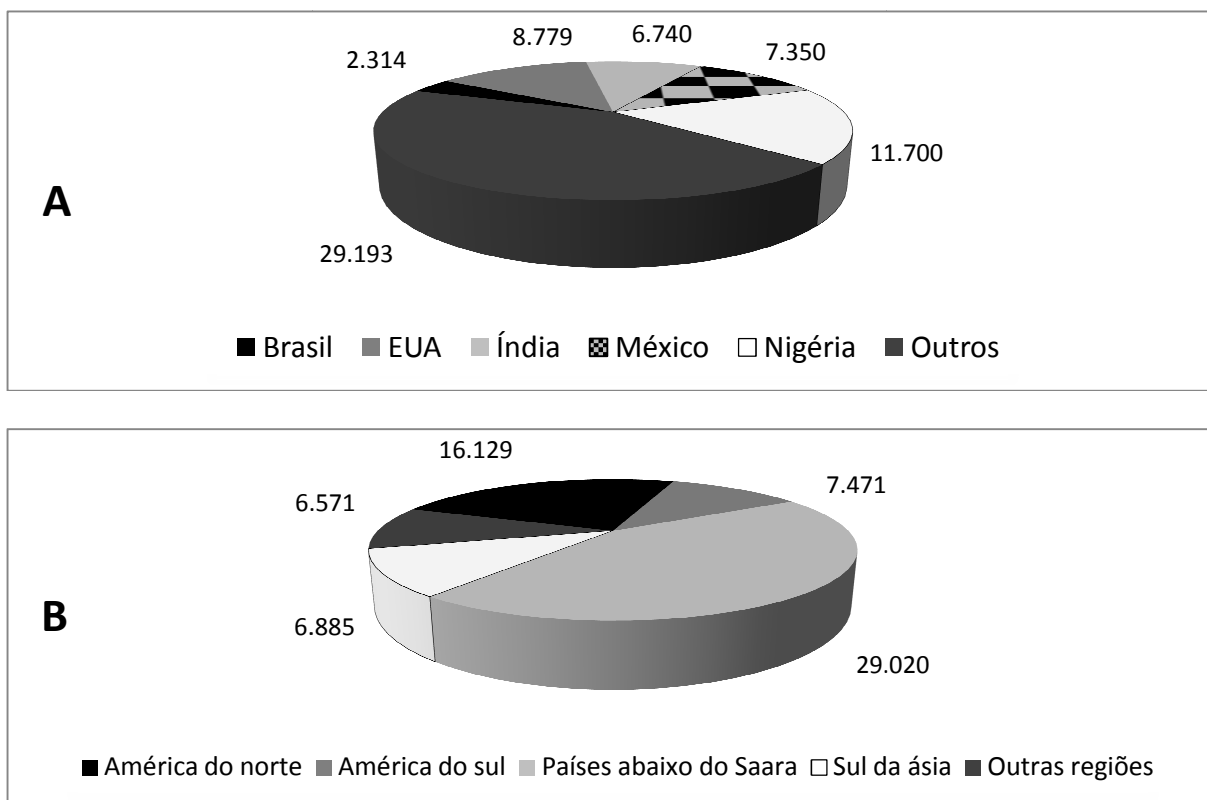


Figura 4. Participação de países produtores de grãos de sorgo na safra 2010/2011 (A) e participação de regiões produtoras de grãos de sorgo na safra 2010/2011 (B), em t x 10<sup>3</sup>, segundo USDA (2012).

## 2.4 Grãos de sorgo na alimentação

### 2.4.1 Fatores nutricionais do sorgo

O valor nutricional do sorgo varia de acordo com as condições ambientais. Segundo Rumkin et al. (1996), os grãos de sorgo possuem qualidades nutricionais muito semelhantes ao do milho e do trigo. De acordo com Dicko et al. (2006), a composição do grão de sorgo é de 65 a 80% de carboidratos; 7 a 15% de proteínas; 1,5 a 6% de gorduras; 1 a 4% de cinzas, considerando que esteja com 8 a 12% de umidade.

Em geral, o sorgo é uma fonte energética, um pouco inferior ao milho. Para suínos, a energia digestível e metabolizável é cerca de 6% menor que a do milho. O percentual de proteína do sorgo varia, em média, de 8 a 9, sendo superior ao do milho. Porém, os níveis maiores de proteínas no sorgo não mantêm a mesma proporção de aminoácidos essenciais para nutrição de aves e

suínos. Essa variação na composição dos grãos é causada, principalmente, por condições edafoclimáticas (Zardo e Lima, 1999).

Existem compostos fenólicos em alguns genótipos de sorgo que, ainda, não foram descobertas suas reais funções na planta. Esses compostos são secundários, pois não participam de nenhuma função essencial da planta (Cabral Filho, 2004).

Como o sorgo não possui proteção para as sementes, como, por exemplo, a palha no caso do milho, as glumas para o trigo e cevada, Magalhães e Durães (2003) afirmam que a planta de sorgo produz esses compostos fenólicos com finalidade de defesa contra pássaros e patógenos.

Segundo esses autores, existem diversos compostos fenólicos presentes no grão de sorgo, sendo que esses podem afetar a cor, a aparência e a qualidade nutricional. Esses compostos podem ser divididos em três grupos básicos: ácidos fenólicos, flavonóides e taninos.

Os ácidos fenólicos são encontrados em todo tipo de sorgo, já flavonóides podem ser detectados em muitos, porém não em todo sorgo. Já o tanino é encontrado em um tecido abaixo do pericarpo, chamado de testa. A presença da testa é fator decisivo para presença de tanino. Os ácidos fenólicos e os flavonóides não causam nenhum efeito adverso na qualidade nutricional. Existem dois grupos de taninos: hidrolisáveis e condensados.

Não existem evidências da presença de tanino hidrolisável no sorgo. Já o tanino condensado (encontrado em alguns genótipos de sorgo) tem como característica seu fator antinutricional por formar complexos com proteínas que diminuem a digestibilidade e palatabilidade, principalmente, em monogástricos.

De acordo com esses autores, a presença do tanino é devido à constituição genética. Pela análise laboratorial, consegue-se verificar a presença ou ausência desse composto, e essa análise é baseada na mensuração do teor de compostos fenólicos no grão, e, se o resultado for inferior a 0,7%, significa que não possui tanino condensado nos grãos, apenas, os compostos fenólicos que não são antinutricionais como ácido fenólico e flavonóides.

### **2.4.2 Alimentação animal**

Vários estudos comprovam que a utilização do sorgo em rações animais é muito benéfica, uma vez que, ao se utilizar o sorgo em detrimento do milho na composição da ração, além de não haver perdas nutricionais, obtém-se o benefício de economicidade, uma vez que o sorgo é mais barato que o milho. No Brasil, o custo do grão de sorgo é de, aproximadamente, 80% do valor pago à mesma quantidade de milho (Conab, 2012).

Zardo e Lima (1999) ressaltam que o milho pode ser substituído pelo sorgo, totalmente, para nutrição de suínos, desde que os teores nutricionais sejam ajustados com outros ingredientes e considerados os fatores antinutricionais.

Vários estudos da substituição do milho por sorgo com baixa quantidade de tanino foram realizados em monogástricos. Nos estudos de Garcia et al. (2005) e de Globesso et al. (2008), foi observado que a substituição do milho por sorgo não afeta o rendimento de aves e equinos, respectivamente. Marques et al. (2007) concluíram que a substituição de 50% do milho por sorgo com baixo tanino não afeta o rendimento de suínos.

Devido à microflora existente no rumem, os ruminantes toleram mais os efeitos antinutricionais do tanino (Selinger et al., 1996). Larraín et al. (2007) demonstraram efeito associativo positivo do uso de diferentes grãos de cereais em bovinos confinados com a substituição de 35% do milho da dieta por sorgo com alto teor de tanino.

Segundo Larraín et al. (2009), a substituição de, até, 50% do milho da dieta por sorgo com alto teor de tanino, em dieta de bovinos confinados, não afeta a ingestão de alimentos, conversão alimentar, ganho médio de peso diário e o peso vivo final.

Cabral Filho (2004) estudou o efeito do tanino do sorgo na alimentação de ovinos e verificou que altas concentrações de tanino no grão podem influenciar, negativamente, a utilização de nitrogênio dietético pelos animais.

### **2.4.3 Alimentação humana**

A utilização de sorgo na alimentação humana tem grande potencial, porém, no Brasil, o sorgo é quase que exclusivamente destinado à alimentação

animal. A Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, já chegou a desenvolver uma linha de pesquisa para obtenção de cultivares destinadas à confecção de farinha. Atualmente a Embrapa Milho e Sorgo exerce um papel na difusão de conhecimento sobre os benefícios do consumo do sorgo como alimento para seres humanos.

O consumo de sorgo, na alimentação humana, no mundo, é estimado em 35% (Awika; Rooney, 2004). De acordo com Mutisya et al. (2009), mais de 500 milhões de pessoas que vivem em países em desenvolvimento utilizam o sorgo como alimento básico, sendo o sorgo responsável por, até, 70% da ingestão calórica.

Os principais produtos alimentícios derivados do sorgo, na Ásia, África e América Central, são pães, tortilhas, cervejas, cuscuz e *snacks*. Alguns programas de melhoramento genético têm buscado obter cultivares de sorgo com melhor qualidade alimentícia para o uso do cereal na alimentação humana. Como o sorgo não contém glúten, tem sido recomendado, ainda, como ingrediente alternativo ao trigo em alimentos destinados a indivíduos que sofrem de doença celíaca (Queiroz et al., 2008).

Moraes et al. (2010) relataram estudos que têm confirmado elevado potencial antioxidante do sorgo em função da presença de compostos fenólicos, sendo que seu consumo pode estar associado à redução do risco de doenças como as cardiovasculares, diabetes, obesidade e câncer.

## **2.5. Interação Genótipo x Ambiente**

A complexidade genética de um indivíduo é explorada a fim de que se obtenham bons fenótipos. Porém, o fenótipo não se expressa, exclusivamente, em função do efeito genotípico, a expressão fenotípica, também, é dependente do efeito do meio, sendo que este possui variações imprevisíveis e previsíveis.

De acordo com Allard e Bradshaw (1964), as variações imprevisíveis são as variações permanentes do ambiente, como ciclo hidrológico, temperatura, comprimento do dia diante das estações do ano, etc. Já as variações previsíveis, são as ocorridas pela manipulação do homem, como o manejo.

As variações previsíveis podem ser analisadas individualmente ou simultaneamente em relação à sua interação com os genótipos. Com isso,

estudos individualizados, como genótipos x épocas de semeadura, genótipos x níveis de adubação etc., ou estudos envolvendo todos esses fatores podem ser realizados por uma interação generalizada de genótipos por ambientes. As variações imprevisíveis, por sua vez, são as que mais contribuem para as interações genótipos x anos e genótipos x locais, bem como para as interações mais complexas como a interação tripla genótipos x locais x anos (Fehr, 1987).

Ao considerar mais de um genótipo analisado em mais de um ambiente, Chaves (2001) expõe três possíveis situações: a) a variação fenotípica desses genótipos nos ambientes são semelhantes; b) a variação fenotípica desses genótipos nos ambientes não são semelhantes, porém não ocorre variação no *ranking* de desempenho fenotípico; c) a variação fenotípica não é semelhante e ocorre variação no *ranking* de desempenho fenotípico. Na primeira condição, o fator genótipo não depende do fator ambiente, pois a interação é nula (Banzato e Kronca, 1992); na segunda condição, a interação entre genótipos e ambientes (GxA) é considerada simples ou quantitativa e, na terceira condição, considera-se que a interação GxA é complexa ou qualitativa.

De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), a quantificação dos componentes de interação é muito importante para uma tomada de decisão coerente. Quando a interação é, principalmente, de natureza simples, o melhorista pode realizar recomendação de cultivares de forma generalizada. Com predominância de interação complexa, o trabalho é dificultado, pois indica presença de materiais adaptados a ambientes específicos; com isso, a recomendação é restrita a esses ambientes.

A estimação da interação GxA pode ser realizada com a análise de variância, desde que seja avaliado mais de um genótipo em mais de um ambiente. Segundo Maranhã (2005), não isolar os efeitos da interação GxA faz com que a variância genética seja inflacionada.

Considerando que a parte simples da interação é oriunda da resposta diferenciada dos genótipos, porém de forma correlacionada e a parte complexa pela resposta não correlacionada, Robertson (1959) desenvolveu uma expressão que é capaz de decompor a interação em parte complexa; posteriormente, baseando-se em estudos de simulação, Cruz e Castoldi (1991) sugeriram uma nova decomposição da interação.

De acordo com Ramalho et al. (1993), existem três maneiras para atenuar os efeitos da interação GxA: a) identificar cultivares específicos para cada ambiente; b) realizar o zoneamento ecológico que, também, é denominado como estratificação ambiental; c) identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica.

### **2.5.1 Identificação de cultivares específicas para cada ambiente**

Segundo Ramalho et al. (1993), a identificação de cultivares específicas para cada ambiente é, teoricamente, possível, porém inviável, pois, nesse caso, teria que avaliar vários genótipos em vários ambientes e realizar a recomendação daqueles mais promissores para cada ambiente específico, o que tornaria o programa muito oneroso, e, também, se o ambiente fosse muito restrito, quaisquer variações imprevisíveis poderiam fazer com que esses genótipos não fossem mais adaptados. Além disso, deveria haver um alto controle das variações previsíveis, para que as condições ambientais desse ambiente fossem as mais semelhantes possíveis de quando esses genótipos foram avaliados.

### **2.5.2 Estratificação ambiental**

A estratificação ambiental consiste em agrupar ambientes heterogêneos em subambientes homogêneos no padrão de resposta dos indivíduos avaliados. Segundo Cruz e Regazzi (1997), quando se dispõe de um conjunto de ambientes para avaliações de genótipos, é fundamental identificar se existem ambientes muito similares em relação às respostas dos genótipos, e, conseqüentemente, analisar o nível de representatividade dos ensaios da faixa de adaptação do genótipo e, com isso, tomar decisões sobre possíveis descartes de ambientes que, por ventura, sejam redundantes.

Ramalho et al. (1993) comentam que a estratificação ambiental atenua os efeitos da interação GxA, porém esse agrupamento só é possível em diferenças macroambientais. Com isso, a estratificação fica vulnerável às variações imprevisíveis que possam ocorrer no ambiente. Além disso, a interação genótipos x ambientes x anos não pode ser controlada por esse método.

De acordo com Comstock (1996), macroambientes são a representação de um ambiente associado a um local com suas práticas culturais intrínsecas. O macroambiente envolve um conjunto de microambientes pertinentes a uma

população de alguns genótipos ou plantas delineados em termos de espaço, tempo e práticas agrícolas. Microambientes, por sua vez, correspondem ao ambiente total de uma planta ou animal. No microambiente, estão incluídas as características físicas e químicas do solo, variáveis climáticas e as interações com organismos biológicos.

Existem vários procedimentos biométricos descritos na literatura para o agrupamento de ambientes, e um dos primeiros trabalhos registrados foi o de Horner e Frey (1957). Esses autores propuseram utilizar a estimativa da interação GxA em pares de ambientes como medida de dissimilaridade para os ambientes que apresentaram interação significativa. Com seus resultados, os autores recomendaram que o estado de Iowa, EUA, deveria ser subdividido em quatro estratos para avaliação de cultivares experimentais de cevada. Liang et al. (1966) realizaram a técnica de agrupamento pelo método vizinho mais próximo sobre as estimativas de variância da interação de pares de ambientes e propuseram que o estado do Kansas, EUA, deveria ser subdividido em quatro regiões para recomendação de cultivares de trigo.

May e Kozub (1995) analisaram os resultados de sete anos de uma rede de experimentos de cevada no Canadá, e o número de locais, por ano, foi de 17 a 20. Os autores verificaram que oito locais poderiam ser eliminados, com base nos resultados de correlação e interação GxA.

Com base em resultados de 28 populações de milho em dez ambientes, Pacheco et al. (2008) agruparam ambientes em três grandes regiões: nordeste; centro-sudeste e sul. Esses autores se orientaram pela correlação linear, pela estimação da parte complexa e simples da interação (Cruz e Castoldi, 1991) e pelo algoritmo de Lin (1982), este pormenorizado por Cruz e Regazzi (1997).

Pereira et al. (2010) realizaram um estudo com objetivo de estratificar 20 ambientes com experimentos de 16 genótipos de feijão conduzidos em dois anos em épocas chuvosas e na entressafra, nos estados do Paraná e Santa Catarina. Esses autores adotaram as seguintes estratégias: metodologia de Lin (1982); quadrado médio da interação de ambientes dois a dois; estimação da parte complexa e simples da interação; correlação de Pearson e a ecovalência proposta por Wricke (1965). Com essas técnicas, os autores concluíram que, no primeiro ano, o ambiente Roncador foi redundante nas duas épocas e, no



segundo ano, o ambiente Laranjeiras do Sul foi redundante, apenas, na época chuvosa.

A estratificação com base nos modelos multiplicativos para interação, como SHMM (Shifted Multiplicative Model), desenvolvido por Seyedsadr & Cornelius (1996) e o AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) proposto, inicialmente, por Mandel (1971), também, têm sido utilizados para agrupar ambientes e genótipos, sendo bastante empregados em estudos de estratificação (Maranha, 2005).

Pacheco (2004) utilizou três procedimentos para estratificação de ambientes com experimentos de soja no estado de Goiás, um deles teve como base o método proposto por Horner & Frey (1957) e os outros dois fundamentados na análise AMMI. Nos métodos baseados no modelo AMMI, um foi com a utilização da distância entre locais para a interação estimada por um modelo AMMI de análise, gerando, assim, uma matriz de distâncias entre os locais, tomados dois a dois, utilizada na construção de dendrogramas, e, conseqüentemente, na identificação dos estratos de locais. O outro método, utilizando o modelo AMMI, foi uma abordagem proposta por Gauch (1992) e Gauch & Zobel (1997), com base nos genótipos mais produtivos. O autor concluiu que, apenas, as metodologias de Gauch (1992) e Gauch e Zobel (1997) se mostraram consistentes, já as duas primeiras não apresentaram aplicabilidade prática.

Maranha (2005) utilizou as duas técnicas fundamentadas na análise AMMI utilizadas por Pacheco (2004) em três safras de algodão, no estado do Mato Grosso. Ambas as técnicas permitiram a formação de dois a três grupos de ambientes ao longo dos anos e foi diagnosticado que é possível reduzir 25% dos ambientes, entretanto os estratos ambientais entre as técnicas não foram concordantes. O autor menciona que as metodologias de Gauch (1992) e Gauch e Zobel (1997) fundamentam-se em critérios estatísticos de fácil entendimento e apresentação gráfica clara.

Felipe et al. (2010) utilizaram as técnicas de Gauch (1992) e Gauch e Zobel (1997) no estudo de cultivares de milho, no estado de Goiás; nessas circunstâncias, foram estabelecidos dois estratos ambientais, que se mostraram consistentes ao longo de três anos agrícolas.

Existem várias metodologias apropriadas para a estratificação ambiental. Maranh (2005) relata várias metodologias e vários trabalhos sobre esse tema, utilizando diversas culturas.

Muitos trabalhos relatam a formação de grupos de ambientes que foram consistentes ao longo dos anos avaliados, porém, como se sabe, esses resultados não são imutáveis, pois existe uma série de variações não previsíveis; com isso, a magnitude da interação genótipo x ambiente x ano pode fazer com que a estratificação não se apresente confiável com o passar dos anos. Entretanto, existe uma série de metodologias para estratificação ambiental com mérito biométrico comprovado; com isso, no âmbito de um conjunto de locais e anos determinados, pode ser realizada seleção com base no desempenho dentro dos estratos ambientais obtidos.

### **2.5.3 Estabilidade e Adaptabilidade**

A obtenção de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade é a alternativa mais empregada para contornar os inconvenientes causados pela interação GxA (Ramalho et al. 1993). Cruz e Carneiro (2006) consideram essa estratégia a mais interessante para lidar com a interação GxA.

Para o estudo de adaptabilidade e estabilidade, deve-se ter em mente a conceituação desses termos. Mariotti et al. (1976) relatam as dificuldades existentes para elucidar o significado desses termos. Entretanto, sugerem que adaptabilidade seria a capacidade dos genótipos responderem, vantajosamente, à melhoria do ambiente, e estabilidade seria a capacidade dos genótipos apresentarem resposta previsível diante das variações ambientais. Cruz e Carneiro (2006) relatam que a definição de Mariotti et al. (1976) é bem aceita por vários autores.

Conforme Becker (1981) existem dois tipos de estabilidade, denominados de estabilidade no sentido biológico e no sentido agrônomico. A estabilidade no sentido biológico refere-se à ausência da variação dos genótipos diante das oscilações ambientais, esta pode ser medida pela variância ou pelo coeficiente de variação, quanto menor o valor maior é a estabilidade. A estabilidade no sentido agrônomico refere-se ao desempenho paralelo do genótipo à variação do

ambiente, ou seja, com a melhoria do ambiente, o genótipo melhora seu desempenho concomitantemente.

Segundo Cruz e Regazzi (1997) existem várias metodologias para análise de adaptabilidade e estabilidade. Essas metodologias têm como base a existência de interações significativas e se distinguem dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. Esses autores consideram que alguns métodos são alternativos enquanto outros são complementares e que a adoção de um método em detrimento de outro deve estar relacionada com o número de ambientes envolvidos, precisão requerida e do tipo de informação desejada.

A análise biométrica da estabilidade no sentido biológico é relatada por Cruz e Regazzi (1997) e esses autores a denominam como método tradicional. O uso dessa técnica não é recomendado, pois, geralmente, genótipos com esse tipo de estabilidade não são bem produtivos (Cruz e Regazzi 1997; Ramalho et al. 1993). Essa afirmação foi ratificada nos trabalhos de: Cargnelutti et al (2007); Miranda et al. (1997). Em sorgo, essa conclusão foi observada, também, por Oliveira et al (2002).

Plaisted e Peterson (1959) propuseram uma metodologia baseada na decomposição da estimativa da interação GxA. Essa metodologia admite que os genótipos que mais contribuem para a interação GxA são aqueles que apresentam adaptações específicas aos ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

Wricke (1962) sugeriu um parâmetro para estudar a estabilidade, chamado de “ecovalência”. A estimação desse parâmetro é baseada na decomposição da soma de quadrados da interação GxA nas partes devidas a genótipos isolados (Cruz e Carneiro 2006). Segundo Borém e Miranda (2009), essa técnica é de fácil aplicação e entendimento; com isso, ela teve grande popularidade entre os melhoristas europeus.

Os genótipos que menos contribuem para interação GxA são os mais estáveis pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962). No estudo dos comportamentos dos genótipos em mais de um ambiente, se a média de um determinado genótipo não variar na mesma magnitude das médias ambientais, esse genótipo será considerável instável por contribuir para o aumento da interação GxA, e, com isso, genótipos que possuem estabilidade no sentido biológico, geralmente, não são estáveis pelos métodos proposto por Plaisted e

Peterson (1959) e Wricke (1962) (Cruz e Regazzi, 1997 e Ramalho et al. 1993). Silva e Duarte (2006) observaram resultados iguais na ordenação de genótipos por essas duas metodologias quanto à estabilidade.

Cruz e Regazzi (1997) afirmam que as metodologias de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) têm como desvantagem a imprecisão no parâmetro de estabilidade, inerente a qualquer componente de variância, à falta de informações a respeito dos ambientes avaliados e do direcionamento da resposta dos genótipos à variação ambiental.

As metodologias baseadas em regressão merecem destaque pela grande popularidade alcançada; dessas, podemos citar os modelos de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russel (1966).

A metodologia de Finlay e Wilkinson (1963) é fundamentada no coeficiente angular ( $\beta$ ) da regressão linear das médias do genótipo em todos os ambientes, transformada na escala logarítmica, para que os desvios de regressão sejam induzidos a um alto grau de linearização. Essas médias transformadas são a variável dependente e um índice ambiental que é a variável independente. Esse índice ambiental é o desvio entre a média do ambiente determinado e a média geral do experimento, ou seja, a soma do índice ambiental de todos os ambientes é nula.

Portanto, para cada genótipo, é realizado o estudo de regressão sendo que o coeficiente angular é o parâmetro de estabilidade dos genótipos. De acordo com Ramalho et al. (1993), se  $\beta$  estiver próximo a 1 associado à alta produtividade, o genótipo é considerado de boa adaptabilidade; se for associado à baixa produtividade, o genótipo é pobremente adaptado; se  $\beta > 1$  significa estabilidade abaixo da média, com isso, o genótipo é adaptado a ambientes específicos de alta produtividade; se  $\beta < 1$  indica estabilidade acima da média, nesse caso, os genótipos possuem adaptabilidade específica a ambientes de baixa produtividade (genótipos não responsivos); por fim  $\beta \approx 0$ , significa estabilidade absoluta, o que seria desejável associado a um máximo de produtividade, esse conceito está de acordo com a estabilidade biológica.

A metodologia de Eberhart e Russell (1966) é semelhante à de Finlay e Wilkinson (1963). A técnica se baseia na análise de regressão, tendo como variável dependente o desempenho fenotípico, porém não é transformada para escala logarítmica e a variável independente, também, é o índice ambiental, com

a não transformação dos dados, implica, teoricamente, maiores desvios de regressão. Esses desvios de regressão são admitidos como um novo parâmetro que é associado à previsibilidade do desempenho fenotípico. Com isso, as mesmas conclusões obtidas com a classificação da adaptabilidade obtida pelo  $\beta$ , na análise de Finlay e Wilkinson (1963), valem para a análise de Eberhart e Russell (1966), porém a estabilidade, nessa última metodologia, é obtida pelos desvios de regressão, sendo que quanto mais próximo de ter o desvio de regressão nulo mais estável é o indivíduo.

Crossa (1990) fez algumas críticas à metodologia de Eberhart e Russell (1966); segundo esse autor, a falta de independência entre a variável dependente e o índice ambiental é um problema considerável, principalmente, quando o número de genótipos é pequeno, pois um indivíduo extremamente instável terá muita influência no índice ambiental.

Uma segunda limitação é a influência de ambientes discrepantes. Se na análise existir algum ambiente muito discrepante, pode mascarar os resultados, pois genótipos instáveis adaptados a esse ambiente podem se favorecer.

Outra limitação, enfatizada por Crossa (1990), é a não ocorrência de um relacionamento linear entre o desempenho do genótipo e a média do ambiente. De acordo com Ramalho et al. (1993), as metodologias de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russell (1966) pressupõem uma relação linear entre o comportamento individual de um material genético e o índice ambiental, que, nem sempre, é verdadeiro, pois, geralmente, os genótipos se ajustam de forma curvilínea.

Para Verma et al. (1978), o genótipo ideal é insensível às condições adversas e é capaz de responder, satisfatoriamente, à melhoria do ambiente, esse ideótipo não pode ser identificado com a utilização de, apenas, uma equação de regressão. Para identificação do genótipo com as características preconizadas por esses autores, pode-se utilizar as técnicas de Finlay e Wilkinson (1963) ou Eberhart e Russell (1966), nos ambientes favoráveis e nos ambientes desfavoráveis, de forma independente.

Com raciocínio semelhante ao de Verma et al. (1978), Silva e Barreto (1985) propuseram uma análise alternativa em que os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade seriam estimados por uma única equação, representada por uma reta bissegmentada.

Com base no modelo de Silva e Barreto (1985), Cruz et al. (1989) propuseram uma metodologia com os mesmos propósitos, com operações mais simples e com propriedades estatísticas mais coerentes ao melhoramento. Vale salientar que, nos casos em que o modelo bissegmentado não for significativo, é utilizado o modelo linear análogo ao de Eberhart e Russell (1966); essa situação pode ser observada em alguns genótipos no trabalho de Ribeiro et al. (2000).

Miranda et al. (1998) compararam os métodos que se baseiam em regressão linear simples e bissegmentada. De acordo com os autores, o método de Cruz et al. (1989) mostrou-se mais adequado que o de Verma et al. (1978). Com exceção do método de Finlay e Wilkinson (1963), os demais permitiram chegar aos mesmos resultados quanto à adaptabilidade e à estabilidade de comportamento de genótipos de feijão.

Uma análise de adaptabilidade e estabilidade, utilizando-se regressão alternativa, é a análise de Toler (1990). Essa técnica estima os parâmetros por regressão não-linear e não utiliza o índice ambiental como nas análises vistas anteriormente, deixando, então, de violar esse pressuposto da regressão. Nessa análise, os genótipos são classificados em diferentes grupos de acordo com o padrão de resposta, e, segundo Rosse e Vencovsky (2000), essa característica é um aprimoramento das análises de regressão linear. Rosse et al. (2002) compararam a metodologia de Toler (1990) com a metodologia de Cruz et al. (1989). Os autores concluíram que o modelo não linear deve ser preferido, pois apresentou maior coerência biológica e vantagens estatísticas.

Annicchiarico (1992) propôs a análise da estabilidade por um índice de confiança de um determinado genótipo apresentar comportamento, relativamente, superior; essa análise pode ser desdobrada em ambientes favoráveis e desfavoráveis (Cruz e Carneiro 2006).

Lin e Binns (1988) desenvolveram uma técnica que estima a estabilidade pelo quadrado médio da distância entre a média do genótipo e a maior média naquele ambiente. Carneiro (1998) propôs algumas técnicas de estimação de estabilidade a partir da metodologia de Lin e Binns (1988); dentre as propostas, existe a preconização de desdobrar em grupos de ambientes (favoráveis e desfavoráveis), ponderar pelo coeficiente de variação e utilizar um índice que sumarie todas variáveis em um único valor.

O estudo da interação GxA pode ser realizado, utilizando-se a técnica de componentes principais com o uso do modelo AMMI (additive main effect and multiplicative interaction). Essa abordagem combina a análise de variância e a análise dos componentes principais em um único modelo (Chaves, 2001). Detalhes dessa técnica e sua implementação são encontrados em Lavoranti et al. (2004) e Duarte e Vencovsky (1999), utilizando-se os softwares R e SAS, respectivamente.

No método AMMI, os genótipos são considerados estáveis se apresentaram baixos escores de componentes principais da matriz de interação, quanto menor forem esses escores, menor será a contribuição do genótipo para interação, considerando-se o número de componentes principais utilizados. Para facilitar a interpretação dessa análise, Purchase et al. (2000) propuseram um índice de estabilidade, considerando-se os dois primeiros componentes principais; nesse índice, é realizada uma ponderação devido o primeiro componente ser mais explicativo que o segundo. Resultados sobre a metodologia de Purchase et al. (2000) podem ser observados em Mohammadi e Amri (2007).

Rocha et al. (2005) propuseram um técnica denominada “Centróide”, cujo princípio é a utilização da técnica de componentes principais e a análise da distância dos determinados genótipos a quatro ideótipos, e os critérios para obtenção desses ideótipos são, respectivamente: máxima adaptabilidade geral, sendo aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I); Ideótipos de máxima adaptabilidade específica, sendo aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II); ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV). Para a utilização desse método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis, utilizando-se o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

Barros et al. (2010) compararam a metodologia Centróide com a modificação do método de Lin e Bins (1988) proposta por Carneiro (1998) e consideraram que ambas são coerentes em amplas condições ambientais, mas divergentes em condições ambientais favoráveis.

De acordo com Nascimento et al. (2009), o método centróide possui pressuposto a existência de genótipos com alto desempenho em determinado ambiente e muito baixo no outro, não considerando a possibilidade de existência de genótipos com desempenhos alto e médio ou baixo e médio, sendo essa uma situação bem comum em variáveis de caráter quantitativo. Com isso, os ideótipos, geralmente, não estão presentes no grupo de genótipos avaliados. Nesse sentido, esses autores propuseram uma alteração nesse método com a inclusão de mais três ideótipos: ideótipo 5 (média adaptabilidade geral), cujos valores, em cada ambiente, são representados pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudados; ideótipo 6 (média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudados; ideótipo 7 (média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis), cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudados. Os autores relatam que a inclusão desses ideótipos confere maior sentido biológico ao método.

Utilizando a modelagem mista, Rezende (2002) preconiza a inferência e seleção, considerando adaptabilidade, estabilidade e rendimento pela técnica da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG). Para uso dessa técnica, o autor faz uso da estimação dos componentes de variância pela máxima verossimilhança restrita (REML) e predição, utilizando o BLUP (Melhor Predição Linear Não Viesada). A eficiência dessa técnica foi relatada por Pinto Júnior et al. (2006), Bastos et al. (2007), Maia et al. (2009), Maia et al. (2009), Gonçalves (2009).

As análises de estratificação ambiental, geralmente, são realizadas de forma independente das análises de adaptabilidade. Diante disso, Murakami e Cruz (2004) propuseram uma análise conjunta de estratificação de ambientes e adaptabilidade. A proposta desses autores se apoia no princípio da similaridade da performance genotípica baseada na técnica multivariada de fatores (Cruz e Carneiro, 2006). A utilização e a comparação dessa análise com outras podem ser encontradas em Oliveira et al. (2005), Garbuglio et al. (2007) e Mendonça et al. (2007), porém esse último autor utilizou essa técnica, apenas, para estratificação ambiental.



Existem vários estudos de adaptabilidade e estabilidade com diversas espécies, onde vários desses estão no âmbito comparativo das análises. Cargnelutti Filho et al (2007) compararam as técnicas Yates e Cochran (1948), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965), Annicchiarico (1992), Eberhart e Russell (1966), Tai (1971) e Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), para verificar as concordâncias e/ou discordâncias entre as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, obtidas pelos diferentes métodos. Segundo os autores, cultivares indicadas pelo método Yates e Cochran estão associadas à maior estabilidade, à menor produtividade e mais indicadas a ambientes desfavoráveis. Cultivares com alta produtividade e associadas à alta instabilidade e adaptada a ambientes favoráveis são as mais indicadas pelos métodos de Lin e Binns, modificado por Carneiro, e Annicchiarico. O método de Eberhart e Russell, por considerar, simultaneamente, a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade a ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis, deve ser a metodologia preferida.

Em experimento com híbridos comerciais de milho, Murakami et al. (2004) concluíram que a metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998), foi mais discriminante do que Eberhart e Russell (1966) e, por isso, mais eficiente e mais indicada para análises de estabilidade e adaptabilidade. A análise multivariada permitiu conhecer melhor a performance dos genótipos, constituindo-se em importante ferramenta complementar na indicação de genótipos de acordo com seu desempenho.

Silva e Duarte (2006) fizeram uma comparação de várias metodologias em estudo de adaptabilidade e estabilidade em soja, em Goiás. Nesse trabalho, concluiu-se que o uso concomitante dos métodos Plaisted e Peterson e Wricke foi contra-indicado. A mesma conclusão é atribuída aos métodos Annicchiarico e Lin & Binns, também fortemente associados, o que implica classificações fenotípicas muito semelhantes, entretanto o uso de um deles é recomendado. Métodos baseados, exclusivamente, em coeficientes de regressão devem ser utilizados em associação com outro, fundamentado na variância da interação GxA, ou em medidas estatísticas como a variância dos desvios da regressão. O uso combinado do método de Eberhart & Russell e AMMI é outra indicação, em razão de suas correlações significativas com a maioria dos outros métodos e uma associação relativamente fraca entre eles. Com base em seus resultados, os

autores relatam que a criação de novos métodos de adaptabilidade e estabilidade não deve ser priorizada pela ciência, e sim o aprofundamento nas metodologias já existentes.

Lavorenti e Matsuoka (2001) analisaram algumas técnicas de estabilidade em cana-de-açúcar e recomendaram a combinação de métodos paramétricos com métodos não paramétricos para mensurar a estabilidade dessa espécie.

A adaptabilidade e estabilidade em sorgo foi verificada em alguns trabalhos. Oliveira et al. (2002) analisaram a estabilidade e adaptabilidade de cultivares comerciais de sorgo forrageiro com as metodologias Wricke (1965), Lin e Binns (1988) e Eberhart & Russel (1966), além do método tradicional; Silva et al. (2005) estudaram o comportamento de cultivares de sorgo forrageiro, duplo propósito e pastejo, utilizando as técnicas de Lin e Binns (1988) e a metodologia dos trapézios ponderados pelo coeficiente de variação proposta por Carneiro (1998). Almeida Filho et al. (2010) estudaram a estabilidade de híbridos simples comerciais e pré-comerciais de sorgo granífero pela análise de Annicchiarico (1992).

Outras comparações entre os métodos de adaptabilidade e estabilidade podem ser encontrados em Miranda et al. (1997); Mauro et al. (2000); Scapim et al. (2000); Mekbib (2003); Mohammadi e Amri (2008); Pelúzio et al (2008); Silva Filho et al. (2008); Oliveira et al. (2010); Scapim et al. (2010); Vilela et al. (2011).

### **3. TRABALHOS**

#### **3.1. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO NA SAFRINHA DE VÁRIAS REGIÕES PRODUTORAS DO BRASIL.**

##### **3.1.1. RESUMO**

Este trabalho se constituiu da avaliação de 25 híbridos simples de sorgo granífero, sendo 22 híbridos pré-comerciais da Embrapa Milho e Sorgo e três cultivares comerciais. Esses híbridos foram analisados em nove locais de regiões produtoras dessa cultura, sob o delineamento de blocos ao acaso, e as características analisadas foram altura, florescimento e rendimento de grãos. Os contrastes de médias foram analisados pela DMS do teste de Tukey. Foi observado que a altura foi limitante para a cultivar 1G282 e para o híbrido 0307689. A quantidade de dias para o florescimento não foi limitante para nenhum genótipo, entretanto vários híbridos pré-comerciais se mostraram mais precoces que as cultivares. As cultivares 1G282 e BRS 308 foram os genótipos que mais se destacaram no rendimento de grãos, contudo os híbridos 0307131, 0307651 e 0307071 se destacaram em Teresina, e o híbrido 0009061, a nível geral. Os resultados sugerem novas avaliações para uma recomendação segura dos híbridos mais adaptados para cada região.

Palavras- chave: *Sorghum bicolor*, desempenho agrônômico, safrinha.

### 3.1.2. ABSTRACT

This study was comprised of the evaluation of 25 simple hybrids of grain sorghum, in which 22 were pre-commercial hybrids of Embrapa Milho e Sorgo and three were commercial cultivars. These hybrids were evaluated in nine locations of regions producing this culture, under a randomized block design. The characteristics evaluated were height, grain yield and flowering. The contrasts of means were analyzed by DMS of Tukey's test. It could be observed that height was limiting for cultivar 1G282 and for hybrid 0307689. The number of days for flowering was not limiting for any genotype; however, several pre-commercial hybrids showed more early than the cultivars. Cultivars 1G282 and BRS 308 were the genotypes that most stood out in grain yield; however, hybrids 0307131, 0307651 and 0307071 stood out in Teresina, and hybrid 0009061, overall. The results suggest new evaluations for a safe recommendation of the most suitable hybrids for each region.

Key words: agronomic performance; off-season production; *Sorghum bicolor*

### 3.1.3. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado pela possibilidade de realizar duas safras por ano em várias regiões; a segunda safra, também chamada de safrinha, ocorre aproveitando as chuvas do final do verão e início do outono, e, com isso, a exploração agrícola, nessa época, requer um sistema de produção bem planejado, com uso de espécies adaptadas a essa condição ambiental, que, geralmente, apresenta distribuição de chuvas instáveis e, muitas vezes, insuficientes.

Com finalidade de buscar maior rentabilidade por área, o cultivo do sorgo é alavancado para a exploração na segunda safra, uma vez que o sorgo possui importantes características xerófitas que tornam propício seu uso, nessa época, pelos agricultores e, também, em ambientes que apresentam altas temperaturas como no norte e nordeste brasileiro.

Considerando a importância da cultura do sorgo, são observadas poucas informações científicas na literatura, tanto no que se refere ao manejo (Albuquerque et al., 2011; Goes et al., 2011), quanto no que se refere à avaliação de genótipos promissores, sendo a maior parte das informações acerca de cultivares levadas ao agricultor pela iniciativa das empresas que comercializam as sementes.

Para o estabelecimento de um sistema de produção, além de se utilizarem práticas culturais adequadas, é fundamental escolher uma cultivar adaptada às condições de cultivo. Para auxiliar nessa escolha, é importante se basear em ensaios de competição de cultivares; trabalhos nesse sentido foram realizados por Albuquerque et al., (2011); Silva et al., (2009); Heckeler (2002) e Mariguele e Silva (2002).

Devido à importância da cultura do sorgo granífero, a Embrapa Milho e Sorgo testa, todos os anos, vários híbridos simples de sorgo, para suprimento da demanda de cultivares e de informações acerca dessa cultura.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de sorgo granífero e de híbridos pré-comerciais do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo nas diferentes condições de ambiente de áreas de produção da cultura, no Brasil e, conseqüentemente, obter informações que possibilitem a recomendação de cultivares.

#### **3.1.4. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados dados de experimentos conduzidos pela Embrapa Milho e Sorgo em vários locais (Tabela 1), esses foram implantados entre o final do mês de fevereiro e início do mês de março de 2011, com exceção do experimento conduzido em Campos dos Goytacazes que foi implantado no dia 15/04/2011. A

época de implantação dos experimentos caracteriza o período da safrinha na maior parte dos locais avaliados, não se encaixam, nesse âmbito, apenas, os locais Teresina e Campos dos Goytacazes. Os dados climáticos disponíveis da época da experimentação podem ser observados na Figura 1.

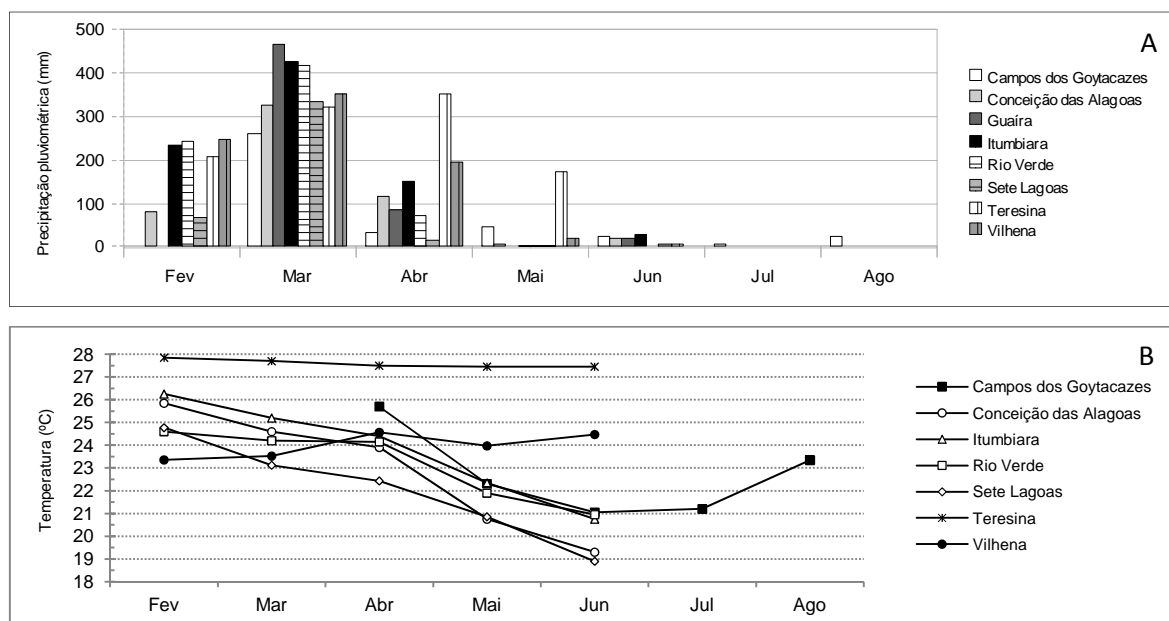
**Tabela 1.** Descrição geográfica dos municípios avaliados e características avaliadas em cada local.

Locais	Altitude (m) <sup>1</sup>	Latitude	Característica <sup>2</sup>	
			FLO <sup>3</sup>	RG
Água Comprida-MG	535	-20° 03'	x	x
Campos dos Goytacazes -RJ	11	-21° 45'	x	
Guaíra -SP	507	-20° 19'	x	x
Itumbiara-GO	500	-18° 24'	x	
Montividiu-GO	833	-17° 26'		x
Rio Verde-GO	754	-17° 47'		x
Sete Lagoas-MG	773	-19° 28'	x	x
Teresina-PI	81	-5° 05'	x	x
Vilhena- RO	577	-12° 44'	x	x

<sup>1</sup>Dados obtidos pelo monitoramento de satélite por meio do *software* Google Earth 6; Em todos os locais, foi mensurada a altura; <sup>3</sup>: FLO e RG: o florescimento e o rendimento de grãos respectivamente.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e 25 híbridos. Desses, 22 são híbridos simples pré-comerciais, oriundos do Núcleo de Recursos Genéticos e Desenvolvimento de Cultivares da Embrapa Milho e Sorgo e as cultivares comerciais: 1G282, BRS 308 e BRS 330.

As parcelas foram constituídas por quatro linhas, o espaçamento entre linhas foi de 0,5 m, conforme preconiza Albuquerque et al. (2011), o espaçamento de 0,1 m entre plantas, totalizando um estande médio de 200.000 plantas ha<sup>-1</sup> igual ao trabalho de Silva et al. (2009), cada uma das linhas da parcela foi de 5 m, sendo utilizadas, apenas, as duas linhas centrais como área útil da parcela, Lopes et al. (2005) recomendam parcelas de 3,2 m<sup>2</sup> para avaliação de rendimento de grãos de sorgo granífero.



**Figura 1.** Dados meteorológicos de precipitação pluviométrica (A) e de temperatura média (B) dos ambientes avaliados. Os dados de precipitação pluviométrica de Vilhena foram obtidos na própria estação de pesquisa, o restante dos dados foram obtidos pelo banco de dados de Agritempo (2011), sendo utilizada a estação do INMET. O município Conceição das Alagoas, com altitude de 510 m, foi utilizado como referência a Água Comprida-MG e Guaira-SP, pela distância de, respectivamente, 32 e 45km; o município Rio Verde foi utilizado como referência a Montividiu, pela distância de 47 km (Google Earth 6).

As características avaliadas foram: a) altura de plantas, medindo o comprimento entre o colo da planta e o ápice da panícula no momento da maturação fisiológica; b) quantidade de dias entre a semeadura e o florescimento, considerando o florescimento na parcela quando, em mais de 50% das plantas, as flores do terço médio da panícula entraram em antese e c) rendimento de grãos; para essa variável, foram colhidos os grãos da parcela e, subsequentemente, mensurada a umidade desses, e, posteriormente, corrigida a umidade para 13%, seguindo a fórmula:  $M_c = M_o(100-u_o)87^{-1}$ ; sendo:  $M_c$  e  $M_o$  massa corrigida e observada, respectivamente;  $u_o$ : umidade observada. Em alguns ambientes, não foram avaliadas todas as características (Tabela 1).

Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado em Rodrigues (2010), a irrigação foi plena em Campos dos Goytacazes e utilizada, apenas, para manutenção do experimento em Sete Lagoas; no restante dos ambientes, não foi realizada irrigação.

Nos experimentos conduzidos em Água Comprida, Rio Verde e Montividiu, foram implantados subsequente a um cultivo comercial de soja; com

isso, é suposto que as condições do solo foram favoráveis no que se refere à estrutura e à disponibilidade de nitrogênio, uma vez que a soja se associa a bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, estas captam nitrogênio da atmosfera e disponibilizam para as plantas.

A avaliação estatística dos resultados foi realizada, inicialmente, com a análise de variância para cada experimento de forma independente, adotado o modelo:  $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$ , sendo  $Y_{ij}$ : valor da determinada característica observada na parcela que recebeu o genótipo  $i$ , alocado no bloco  $j$ ;  $\mu$ : constante geral;  $G_i$ : efeito fixo do  $i$ -ésimo genótipo;  $B_j$ : efeito aleatório do  $j$ -ésimo bloco;  $B_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2_b)$ ;  $\varepsilon_{ij}$ : efeito aleatório do erro experimental observado na parcela  $ij$ ;  $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

Após as análises de variância individuais, foi avaliada a viabilidade de se proceder à análise de variância conjunta de acordo com o raciocínio proposto por Pimentel-Gomes (2009); conforme esse autor, se a relação entre a variância residual entre os experimentos for inferior a sete, pode ser realizada a análise de variância conjunta.

Para análise de variância, considerando-se todos os experimentos, foi adotado o modelo:  $Y_{ijk} = \mu + B_k(A_j) + G_i + A_j + G_iA_j + \varepsilon_{ijk}$ ; sendo:  $B_k(A_j)$ : efeito aleatório do bloco  $k$  no ambiente  $j$ ;  $B_k(A_j) \sim \text{NID}(0, \sigma^2_{B(A)})$ ;  $A_j$ : efeito aleatório do  $j$ -ésimo ambiente;  $A_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2_A)$ ;  $G_iA_j$ : efeito aleatório da interação entre o genótipo  $i$  com o ambiente  $j$ ;  $G_iA_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2_{GA})$ ; o restante dos termos já foi definido anteriormente.

A comparação das médias foi realizada, utilizando-se a diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas, utilizando-se o *software* Sisvar (Ferreira 2008).

### 3.1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os coeficientes de variação, pode-se concluir que, em geral, a qualidade experimental foi satisfatória, pois, segundo a classificação proposta por Pimentel-Gomes (2009), os coeficientes de variação foram classificados como baixos, em todos locais, para as variáveis altura (Tabela 2) e



florescimento (Tabela 3). Para rendimento de grãos, os coeficientes de variação foram maiores que para altura e florescimento, porém todos foram de magnitude aceitável (Tabela 4).

Com os resultados da análise de variância, em cada ambiente, para a variável altura de plantas, apenas no experimento de Água Comprida, o efeito de híbridos foi não significativo, enquanto que, nos demais locais em que foram avaliados, foi observado efeito significativo para híbridos (Tabela 2).

Para a variável dias da sementeira até o florescimento, foi observado que a fonte de variação híbridos apresentou efeito significativo nos locais Água Comprida, Guaíba, Vilhena, Itumbiara e Campos (Tabela 3). O efeito de híbridos foi considerado significativo em Itumbiara com  $p > F = 0,0711$ , porém nenhum contraste entre duas médias foi, estatisticamente, diferente de zero nesse experimento (Tabela 3). Nos ambientes Sete Lagoas e Teresina, o efeito de híbridos foi considerado como não significativo.

Pelos resultados da análise de variância, foi observado que, para rendimento de grãos, o efeito de híbridos foi significativo ( $p < 0,05$ ) nos locais Montevídiu, Teresina, Guaíba, Vilhena e Sete Lagoas, já nos locais Água Comprida e Rio Verde, o efeito de híbridos foi não significativo.

Na análise de variância conjunta para rendimento de grãos, foram considerados todos os locais em que foi analisada essa característica. Por não apresentar variância residual homogênea com os demais locais analisados, não foi utilizado o experimento de Teresina na análise conjunta para florescimento e nem Itumbiara para altura.

Considerando os resultados das análises de variância conjunta, em todas as características, foi observado efeito significativo de híbridos, ambientes e, para interação entre esses fatores, indicando que a resposta dos híbridos, para essas características, foi desigual diante da variação dos locais (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al., (2009), que, também, observaram efeito significativo para híbridos, ambientes e para interação para todas essas características.

É interessante que cultivares de sorgo granífero apresentem altura entre 1 m e 1,5 m (Santos, 2003), uma vez que, para a colheita dessa cultura, é realizada com implementos adaptados de outras culturas, além disso, no melhoramento do

sorgo granífero, procuram-se indivíduos menores que 1,5 m, para evitar problemas de acamamento nas lavouras.

Pela análise das médias (Tabela 2), foi observado porte inferior a um metro, apenas, em Vilhena com os híbridos 0307343 e 0307401, ambos em Vilhena, com altura de 96,97 cm, entretanto essas alturas não se diferiram, estatisticamente, de um metro.

**Tabela 2.** Médias dos híbridos simples de sorgo granífero, resumo da análise de variância e diferenças mínimas significativas (DMS) pelo teste de Tukey a 5% de significância para altura em cm nos locais Água Comprida (AC), Campos (CG) Guaira (GUA), Itumbiara (ITU) Montividiu (MON), Rio Verde (RV), Sete Lagoas (SL), Teresina (TER), e Vilhena (VIL) em 2011.

Híbridos	Locais									Média <sup>+</sup>	Média <sup>++</sup>
	AC <sup>3/</sup>	CG	GUA	ITU	MON	RV	SL	TER	VIL		
0009061	116,67	123,92	127,00	139,33	120,00	133,33	143,67	117,40	108,33	123,79	125,52
0144013	120,00	126,00	128,67	136,67	113,33	125,00	127,67	122,93	113,33	122,12	123,73
0307001	106,67	114,42	<u>120,67</u>	<u>117,33</u>	110,00	116,67	121,67	<u>110,60</u>	100,00	112,59	113,11
0307047	113,33	119,67	125,00	120,33	115,00	120,00	125,33	121,40	110,00	118,72	118,90
0307061	128,33	121,83	123,33	127,67	111,67	123,33	144,67	118,73	111,67	122,95	123,47
0307063	118,33	125,22	122,00	130,00	110,00	118,33	124,33	118,00	101,67	117,24	118,65
0307071	126,67	135,00	128,33	142,00	120,00	126,67	157,00	118,53	115,00	128,40	129,91
0307087	116,67	139,83	<u>120,00</u>	133,33	130,00	125,00	134,67	122,33	113,33	125,23	126,13
0307091	121,67	142,75	130,67	138,33	118,33	130,00	127,33	121,93	108,33	125,13	126,59
0307095	116,67	131,67	126,67	130,33	111,67	120,00	126,00	122,73	106,67	120,26	121,38
0307131	120,00	135,67	125,33	129,67	110,00	116,67	140,33	121,20	101,67	121,36	122,28
0307341	113,33	117,42	129,00	128,67	<u>100,00</u>	115,00	<u>117,00</u>	<u>110,07</u>	100,00	112,73	114,50
0307343	106,67	116,17	<u>119,00</u>	130,67	103,33	113,33	133,00	111,60	<u>96,67</u>	112,47	114,49
0307401	111,67	<u>109,92</u> <sup>5/</sup>	<u>119,00</u>	122,00	126,33	137,33	124,00	<u>107,00</u>	<u>96,67</u>	116,49	117,10
0307421	115,00	113,08	<u>120,67</u>	123,67	103,33	<u>111,67</u>	123,00	<u>108,80</u>	101,67	<u>112,15</u>	113,43
0307509	126,67	150,83	153,67	130,00	131,67	138,33	145,00	134,80	125,00	138,25	137,33
0307511	118,33	137,42	147,33	137,33	123,33	125,00	148,00	125,33	123,33	131,01	131,71
0307541	113,33	114,61	124,00	130,00	106,67	121,67	131,33	118,07	106,67	117,04	118,48
0307561	113,33	120,00	125,67	131,00	108,33	116,67	118,33	114,87	110,00	115,90	117,58
0307651	125,00	135,69	142,67	132,33	126,67	136,67	142,33	128,53	125,00	132,82	132,77
0307671	126,67	136,33	141,67	144,33	126,67	133,33	148,67	138,73	<u>126,67</u>	134,84	135,90
0307689	121,67	136,86	152,67	<u>160,33</u>	<u>140,00</u>	<u>151,67</u>	155,00	143,93	<u>126,67</u>	141,06	143,20
1G282	130,00	<u>154,33</u>	<u>161,67</u>	<u>162,33</u>	131,67	146,67	<u>157,67</u>	<u>171,60</u>	121,67	<u>146,91</u>	148,62
BRS 308	110,00	124,67	<u>121,67</u>	125,33	113,33	116,67	131,67	116,27	108,33	117,83	118,66
BRS 330	120,00	122,17	135,00	131,67	115,00	123,33	129,33	128,80	123,33	124,62	125,40
DMS <sup>1/</sup>	-	19,74	30,88	6,24	20,33	20,68	31,33	27,81	29,64	9,16 <sup>2/</sup>	-
Maior	130,00	154,33	161,67	162,33	140,00	151,67	157,67	171,60	126,67	146,91	148,62
Menor	106,67	109,92	119,00	117,33	100,00	111,67	117,00	107,00	96,67	112,15	113,11
Média <sup>4/</sup>	118,27	128,22	130,85	133,39	117,05	125,69	135,08	122,97	111,27	123,68	124,75
QMG <sup>^</sup>	128,11 <sup>ns</sup>	424,82 <sup>**</sup>	437,78 <sup>**</sup>	336,38 <sup>**</sup>	318,16 <sup>**</sup>	325,50 <sup>**</sup>	451,29 <sup>**</sup>	550,38 <sup>**</sup>	287,69 <sup>**</sup>		
QMe	112,82	38,85	95,07	3,89	41,19	42,64	97,88	77,13	87,61		
CV(%)	8,98	4,86	7,45	1,48	5,48	5,20	7,32	7,14	8,41		

ns, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente; + e ++: médias de todos ambientes, com exceção de Itumbiara e média de todos ambientes sem exceção, respectivamente; <sup>1/</sup>: DMS para avaliação das médias dentro de cada local; <sup>2/</sup>: DMS com base na análise de variância conjunta, para comparação entre médias, considerando todos ambientes, com exceção de Itumbiara; <sup>3/</sup>DMS para comparação da média de híbrido dentro de ambiente é igual a 23,43; <sup>4/</sup>DMS para comparação das médias ambientais é igual a 4,29; <sup>5/</sup>Média com sublinhado tracejado: é a maior média ou uma média que seja, estatisticamente, igual à maior e, estatisticamente, superior a todas as médias que a maior média foi superior; Média com sublinhado contínuo: segue o mesmo raciocínio do sublinhado tracejado, porém com as menores médias; <sup>^</sup> QMG, QMe e CV: Quadrado médio de genótipos, do erro e coeficiente de variação.

**Tabela 3** Médias dos híbridos simples de sorgo granífero, resumo da análise de variância e diferenças mínimas significativas (DMS) pelo teste de Tukey a 5% de significância para florescimento em dias, nos locais Água Comprida (AC), Campos (CG) Guaira (GUA), Itumbiara (ITU), Sete Lagoas (SL), Teresina (TER), e Vilhena (VIL) em 2011.

Híbridos	Locais							Média <sup>+</sup>	Média <sup>++</sup>
	AC <sup>3/</sup>	CG	GUA	ITU	SL	TER	VIL		
0009061	60,33	65,33	59,00	64,33	67,67	56,00	53,67	61,72	60,90
0144013	60,67	67,67	58,67	65,33	67,33	56,67	54,33	62,33	61,52
0307001	61,33	68,33	60,00	66,67	67,33	57,00	56,67	63,39	62,48
0307047	62,00	68,33	59,00	65,00	67,67	56,67	54,00	62,67	61,81
0307061	60,67	68,67	59,33	64,33	67,33	55,00	54,33	62,44	61,38
0307063	60,67	66,33	58,00	64,67	67,33	55,33	53,00	61,67	60,76
0307071	61,00	69,33	60,00	66,67	67,33	59,00	54,00	63,06	62,48
0307087	61,00	66,67	59,00	67,00	68,00	55,00	53,00	62,44	61,38
0307091	63,00	<u>70,33</u>	60,67	69,33	68,33	58,00	56,00	64,61	63,67
0307095	61,67	69,33	62,67	68,33	68,00	58,33	58,67	64,78	63,86
0307131	61,00	68,67	60,00	66,33	67,33	58,33	56,00	63,22	62,52
0307341	62,00	67,33	58,67	65,33	67,67	56,33	53,67	62,44	61,57
0307343	60,33	66,00	59,00	65,67	67,33	57,33	53,33	61,94	61,29
0307401	60,67	67,67	60,00	63,33	66,67	58,67	55,67	62,33	61,81
0307421	60,33	66,33	59,33	63,00	67,33	53,00	53,33	61,61	60,38
0307509	62,33	68,33	59,00	67,00	67,33	55,67	52,67	62,78	61,76
0307511	61,33	69,67	59,67	65,00	68,33	56,33	<u>51,33</u>	62,56	61,67
0307541	60,67	67,67	59,67	64,67	67,00	59,00	53,67	62,22	61,76
0307561	<u>60,00</u> <sup>5/</sup>	66,33	60,00	65,33	67,33	56,00	53,33	62,06	61,19
0307651	61,33	67,67	58,67	67,67	67,33	57,00	53,67	62,72	61,90
0307671	62,00	64,67	<u>56,67</u>	64,33	65,00	66,00	53,33	<u>61,00</u>	61,71
0307689	61,00	<u>64,33</u>	57,33	64,33	67,00	53,67	53,00	61,17	60,10
1G282	61,67	67,00	60,00	67,00	68,67	56,67	56,33	63,44	62,48
BRS 308	61,67	<u>70,33</u>	<u>63,67</u>	69,67	67,67	55,33	56,67	<u>64,94</u>	63,57
BRS 330	<u>63,33</u>	69,00	60,33	66,33	69,67	53,33	<u>59,00</u>	64,61	63,00
DMS <sup>1/</sup>	3,25	3,79	2,87	7,34	-	-	4,45	1,76 <sup>2/</sup>	-
Máximo	63,33	70,33	63,67	69,67	69,67	66,00	59,00	64,94	63,86
Mínimo	60,00	64,33	56,67	63,00	65,00	53,00	51,33	61,00	60,10
Média <sup>4/</sup>	61,28	67,65	59,53	65,87	67,52	56,79	54,51	61,96	61,88
QMG <sup>^</sup>	2,10*	8,01**	6,17**	8,83***	1,97 <sup>ns</sup>	15,57 <sup>ns</sup>	10,64**		
QMe	1,05	1,44	0,82	5,37	1,65	12,67	1,98		
CV(%)	1,68	1,77	1,52	3,52	1,90	6,28	2,58		

ns, \*, \*\* e \*\*\*: não significativo, significativo a 5, 1% e  $p > F = 0,0711$  respectivamente; + e ++: médias de todos os ambientes, com exceção de Teresina e média de todos os ambientes sem exceção, respectivamente; <sup>1/</sup>: DMS para avaliação das médias dentro de cada local; <sup>2/</sup>: DMS com base na análise de variância conjunta, para comparação entre médias, considerando todos os ambientes com exceção de Teresina; <sup>3/</sup>: DMS para comparação da média de híbrido dentro de ambiente é igual a 3,36; <sup>4/</sup>: DMS para comparação das médias ambientais é igual a 0,67; <sup>5/</sup> Média com sublinhado tracejado: é a maior média ou uma média que seja, estatisticamente, igual à maior e, estatisticamente, superior a todas médias que a maior média foi superior; Média com sublinhado contínuo: segue o mesmo raciocínio do sublinhado tracejado, porém com as menores médias; ^ QMG, QMe e CV: Quadrado médio de genótipos, do erro e coeficiente de variação.

**Tabela 4** Médias dos híbridos simples de sorgo granífero, resumo da análise de variância e diferenças mínimas significativas (DMS) pelo teste de Tukey a 5% de significância para rendimento de grãos em Kg ha<sup>-1</sup> nos locais Água Comprida (AC), Guaíra (GUA), Montividiu (MON), Rio Verde (RV), Sete Lagoas (SL), Teresina (TER), e Vilhena (VIL) em 2011.

Híbridos	Local							Média
	AC <sup>3/</sup>	GUA	MON	RV	SL	TER	VIL	
0009061	4014,83	4298,70	3553,13	6207,66	4722,61	6121,16	4367,13	4755,03
0144013	4179,85	3545,29	3808,25	5679,83	4838,23	5846,33	3735,68	4519,06
0307001	3749,66	4793,62	2795,82	5965,37	4499,54	6232,22	2878,93	4416,45
0307047	3871,57	4362,79	3746,48	6403,13	4076,84	6304,68	3460,47	4603,71
0307061	4271,11	4658,15	3036,16	5744,54	4832,06	5863,60	4118,71	4646,33
0307063	4171,95	3882,61	2959,91	5880,17	4407,07	6561,79	3624,58	4498,30
0307071	3734,29	4292,96	3825,44	6307,92	4145,86	<u>7149,56</u>	2520,99	4568,14
0307087	3710,73	3848,66	3982,91	6717,03	3861,10	6637,93	3494,91	4607,61
0307091	3929,81	<u>2658,89</u> <sup>5/</sup>	4070,35	6065,08	<u>3009,38</u>	<u>5183,39</u>	2719,09	3948,00
0307095	3344,87	4079,86	2920,06	5698,54	<u>3204,07</u>	5844,80	<u>2215,48</u>	3901,10
0307131	3689,20	2586,90	2914,65	6014,44	3528,57	<u>7622,18</u>	2508,87	4123,54
0307341	3789,73	4071,33	2905,04	6027,37	3814,80	6689,55	3788,74	4440,94
0307343	4168,51	4439,93	2776,73	6400,75	4163,82	5882,02	4166,22	4571,14
0307401	4023,68	3150,88	2393,94	5633,66	<u>2919,78</u>	6718,42	3477,89	4045,46
0307421	3565,75	4721,50	3157,69	5066,58	4960,38	6170,77	4247,98	4555,81
0307509	3082,68	2902,83	3211,57	5659,61	<u>2864,25</u>	6421,76	2476,36	<u>3802,72</u>
0307511	4104,75	3067,82	2804,19	5919,77	<u>3311,36</u>	6725,22	2645,89	4082,71
0307541	3770,84	4391,56	2579,13	6195,92	4156,58	6049,61	4010,28	4450,56
0307561	3995,67	4469,44	3008,56	6003,95	4139,83	6242,81	4141,80	4571,72
0307651	3406,90	3592,79	3187,22	5943,46	3967,70	<u>7192,40</u>	2899,22	4312,81
0307671	3843,91	3338,97	3786,06	5336,16	4555,23	6514,21	3490,78	4409,33
0307689	3897,82	2982,80	3399,12	5184,41	4216,36	6919,81	3809,56	4344,27
1G282	3880,31	<u>5012,35</u>	3753,74	5600,24	<u>5575,03</u>	6553,11	4384,84	<u>4965,66</u>
BRS 308	4410,34	<u>5112,08</u>	4071,53	5652,82	4242,48	<u>5086,83</u>	<u>4858,74</u>	4776,40
BRS 330	2945,17	3820,46	2960,79	5730,39	4436,20	6349,22	3472,94	4245,02
DMS <sup>1/</sup>	-	1799,59	2095,01	-	2125,58	1879,10	1724,65	721,65 <sup>2/</sup>
Maior	4410,34	5112,08	4071,53	6717,03	5575,03	7622,18	4858,74	4965,66
Menor	2945,17	2586,90	2393,94	5066,58	2864,25	5086,83	2215,48	3802,72
Média <sup>4/</sup>	3822,16	3923,33	3264,34	5881,55	4097,97	6355,33	3500,64	4406,47
QMG <sup>^</sup>	369720,8 <sup>ns</sup>	1635735,8 <sup>**</sup>	732799,11 <sup>*</sup>	441513,96 <sup>ns</sup>	1377557 <sup>**</sup>	1000938,2 <sup>**</sup>	1552148,9 <sup>**</sup>	
QMe	471131,13	322858,63	437555,93	480928,05	450419,00	352017,51	296528,90	
CV(%)	17,96	14,48	20,26	11,79	16,38	9,34	15,56	

ns, \* e \*\*: não significativo. significativo a 6,4 e 1% respectivamente; <sup>1/</sup>: DMS para avaliação das médias dentro de cada local; <sup>2/</sup>: DMS com base na análise de variância conjunta, para comparação entre médias considerando todos ambientes, com exceção de Itumbiara; <sup>3/</sup>: DMS para comparação da média dos ambientes dentro de cada híbrido é igual a 1535,24; <sup>4/</sup>: DMS para comparação das médias ambientais é igual a 307,05; <sup>5/</sup> Média com sublinhado tracejado: é a maior média ou uma média que seja estatisticamente igual a maior e, estatisticamente, superior a todas médias que a maior média foi superior; Média com sublinhado contínuo: segue o mesmo raciocínio do sublinhado tracejado, porém com as menores médias; ^ QMG. QMe e CV: Quadrado médio de genótipos. do erro e coeficiente de variação.

A cultivar comercial 1G282 e o híbrido 0307689 foram os únicos que apresentaram altura, estaticamente, superior a 150 cm; em ambos os casos, foi no local Itumbiara. A cultivar 1G282 e o híbrido 0307689, também, apresentaram porte acima de 150 cm em mais quatro e três ambientes, respectivamente. Outros híbridos que apresentaram altura superior a 150 cm foram 0307509 e 0307071 em dois e um local, respectivamente. Porém, em nenhum outro caso, a altura foi, estatisticamente, superior a 150 cm.

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância conjunta para as características altura, florescimento e rendimento de grãos de experimentos de híbridos de sorgo granífero, avaliados em 2011.

FV	Altura <sup>1</sup>		Florescimento <sup>2</sup>		Rendimento de grãos	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blo(Amb)	16	1,479,25	12	2,86	14	2920365
Gen	24	2121,62**	24	21,17**	24	1766757,31**
Amb	7	4648,77**	5	2054,49**	6	109611882,64**
GxA	168	114,59**	120	3,31**	144	890609,41**
Erro	384	74,15	288	2,05	336	401634,2
CV (%)		6,96		2,28		14,38

\*\* : significativo a 1% pelo teste F; <sup>1</sup>: o local Itumbiara não foi considerado, na análise conjunta, para altura, pois não apresentou variância residual homogênea com os demais locais; <sup>2</sup>: o local Teresina não foi considerado, na análise conjunta, para florescimento, pois não apresentou variância residual homogênea com os demais locais.

Diante da análise das médias, considerando-se todos os locais, com exceção de Itumbiara, que não foi englobado na análise de variância conjunta, foi observado que nenhum híbrido apresentou altura, estatisticamente, inferior a um metro, nem superior a 1,5 m, comprovando-se, então, que o propósito almejado pelos programas de melhoramento, no que se refere à altura do sorgo granífero está sendo atendido. Porém, deve-se ter cautela na adoção da cultivar 1G282 ou do híbrido 0307689 em ambientes onde é passível de incidência de ventos fortes, pois o alto porte desses híbridos pode favorecer o acamamento.

A incidência de plantas daninhas, na fase inicial do experimento, em Montividiu, provavelmente, contribuiu para a redução da altura dos híbridos nesse local. Em Vilhena, foi observada a menor média geral para altura; o estresse hídrico, no final da fase vegetativa, provavelmente, contribuiu para esse resultado.

Em Teresina, foram observadas temperaturas elevadas, porém a altura, o porte dos híbridos, foi de magnitude intermediária quando comparado com os outros experimentos. Esse resultado, provavelmente, foi favorecido pelas condições hídricas favoráveis.

Em Itumbiara e Sete Lagoas, foram observadas as maiores alturas, sendo que, em Itumbiara, ocorreu um regime pluviométrico intenso, o que favoreceu esse resultado. Em Sete Lagoas, as plantas, também, receberam adequado suprimento hídrico na fase vegetativa; fato similar ocorreu em Guaíra, entretanto a média ambiental desse local não diferiu, significativamente, da média de Campos dos Goytacazes que foi, estatisticamente, inferior à média de Sete Lagoas.

Em trabalhos de avaliação de cultivares de sorgo granífero, Silva et al. (2009) observaram cultivares com altura entre um metro e 1,2 m na época de safrinha, em Montividiu, em Rio Verde e Santa Helena. Nessa mesma época, todas as cultivares apresentaram altura inferior a um metro. Esses autores atribuíram as maiores alturas observadas em Montividiu à maior incidência de chuvas.

Outras comparações desses resultados podem ser realizadas com Mariguele e Silva (2002), que observaram altura de híbridos de sorgo granífero no intervalo de 134 a 173 cm. Heckler (2002) observou cultivares com altura variando de 95 a 166 cm.

Os resultados das análises das médias de florescimento mostraram que a quantidade de dias da semeadura até o florescimento de todos híbridos estão dentro do aceitável, uma vez que o maior número médio de dias que foi gasto da semeadura até o florescimento foi de 70,33 dias, com o híbrido pré-comercial 0307091 e, também, com a cultivar comercial BRS 308, ambos no local Campos dos Goytacazes (Tabela 3).

O sorgo é uma cultura de dias curtos (Fornasieri e Fornasieri 2009); com isso, em locais de baixa latitude, como Teresina e Vilhena, os genótipos tendem a ser mais precoces quando avaliados nessa época do ano, porém vale ressaltar que, no melhoramento do sorgo granífero, propõe-se obter genótipos menos sensíveis ao fotoperíodo para o florescimento (Magalhães e Durães, 2003). Outro fator que favorece o florescimento de várias espécies é o estresse na fase vegetativa.

Em Sete Lagoas e Campos dos Goytacazes, os híbridos, em geral, mostraram-se mais tardios; em ambos os casos, os híbridos não passaram por estresse hídrico durante a fase vegetativa; outro fator que pode ter influenciado foi que a temperatura, na época de condução do experimento, nesses locais, foi baixa, quando comparada com os outros locais que avaliaram essa característica. Magalhães e Durães (2003) relatam que altas temperaturas antecipam a antese do sorgo.

É importante que os agricultores tenham à disposição cultivares de sorgo granífero com diferentes necessidades de dias para o florescimento, pois, utilizando cultivares com diferentes ciclos no mesmo sistema produtivo, o produtor pode escalonar a operação de colheita, otimizando o maquinário agrícola disponível para essa demanda (Silva et al., 2009). Entretanto, para produtores com elevado investimento em maquinários, isso não se mostra como fator limitante.

A disponibilidade de cultivares com diferentes épocas para florescimento, também, é uma medida estratégica interessante, pois, se um produtor for realizar um plantio mais cedo, ele pode optar por uma cultivar de abertura de safra que tem ciclo mais tardio, pois esta tende a ser mais produtiva por ter a fase vegetativa mais longa.

Sobretudo, a busca por genótipos precoces é bastante válida, pois, em uma cultura sujeita a um ambiente onde o suprimento hídrico não é pleno, seja pelo insuficiente regime pluviométrico, ou pela distribuição irregular das precipitações pluviométricas, como é o caso do ambiente de safrinha, a utilização de materiais precoces é uma estratégia interessante, pois é uma forma da cultura ficar menos tempo passível a uma eventual condição adversa. Silva et al. (2009) recomendam cultivares precoces, pois esses autores enfatizam que a colheita antecipada, na época de cultivo da safrinha, permite que o produtor tenha flexibilidade para as negociações dos grãos e, conseqüentemente, consiga maior rentabilidade com sua produção.

O híbrido 0307671 se destacou por ser o único híbrido com média, estatisticamente, menor que todas as cultivares em Guaíra, para dias para florescimento; esse híbrido, também, foi o mais precoce em Sete Lagoas, e outros híbridos foram, estatisticamente, iguais a ele, porém esses não apresentaram diferença mínima significativa de híbridos mais tardios que esse genótipo.



O híbrido 0307511 foi o único, estatisticamente, mais precoce que todas as cultivares em Vilhena. O híbrido 0307561 foi o mais precoce em Água Comprida e o 0307689 em Campos dos Goytacazes; os híbridos que foram, estatisticamente, iguais a esses não apresentaram diferença significativa de híbridos mais tardios nesses respectivos ambientes.

Considerando a média de todos ambientes, com exceção de Teresina, que não foi incluso na análise conjunta, o híbrido pré-comercial 0307671 se destacou por ser o mais precoce; os híbridos que foram, estatisticamente, iguais a esse genótipo não se diferiram de híbridos mais tardios que o 0307671. Os híbridos 0307689, 0307421 e 0307063 também se destacaram por apresentarem média, estatisticamente, inferior a todas as cultivares comerciais. Os híbridos pré-comerciais 0307091 e 0307095, juntamente com as cultivares BRS 330 e BRS 308, apresentaram média, estatisticamente, superior à média geral.

Resultados semelhantes a esse trabalho quanto ao florescimento foi observado por Heckler (2002). Silva et al. (2009) observaram maiores médias para o número de dias entre a semeadura e a floração em todos os locais avaliados por esses autores, quando comparado com os resultados dessa pesquisa. Já no trabalho de Mariguele e Silva (2002), as cultivares avaliadas foram mais precoces quando comparadas com os resultados desse trabalho.

Como os híbridos utilizados no experimento estão em fase de pré-lançamento, ou seja, já foram testados com centenas de outros híbridos ao longo dos anos e, conseqüentemente, passado por várias seleções, é natural que esses não se difiram, estatisticamente, em alguns locais para características importantes como rendimento de grãos, como foi no caso de Rio Verde e Água Comprida. Em Montividiu, o efeito de híbridos foi significativo com  $p > F = 0,064$ , porém nenhum contraste entre duas médias foi, estatisticamente, diferente de zero (Tabela 4).

No local Guaíra, a média foi de 3923,33 Kg ha<sup>-1</sup>; nesse ambiente, as cultivares BRS 308 e 1G282, com produtividade de grãos média de, respectivamente, 5112,08 e 5012,35 Kg ha<sup>-1</sup>, apresentaram as maiores médias, porém não se diferiram, estatisticamente, da maioria dos híbridos avaliados. O híbrido pré-comercial mais produtivo, nesse local, foi o 0307001; este não se diferiu, estatisticamente, das cultivares mais produtivas e nem de híbridos menos produtivos que essas cultivares.

No experimento conduzido em Sete Lagoas, a cultivar comercial 1G282 apresentou a maior média, com produtividade de 5575,03 Kg ha<sup>-1</sup>, porém esta não se diferiu, estatisticamente, de vários outros híbridos. A segunda maior média foi de 4960,38 Kg ha<sup>-1</sup> com o híbrido pré-comercial 0307421, porém esse genótipo não apresentou diferença mínima significativa de indivíduos menos produtivos que essa cultivar.

Em Teresina, os híbridos pré-comerciais 0307131, 0307651 e 0307071, com produtividade média de grãos igual a 7622,18; 7192,40 e 7149,56 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, apresentaram as maiores médias. Os híbridos que não apresentaram diferença significativa desses híbridos também foram, estatisticamente, iguais a genótipos com médias inferiores aos mais produtivos.

O experimento conduzido em Vilhena teve média geral de 3500,64 Kg ha<sup>-1</sup>. Nesse experimento, destacaram-se os híbridos BRS 308; 1G282 e 0009061, com produtividade média de 4858,74; 4384,84 e 4367,13 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Esses híbridos não diferiram, estatisticamente, entre si, nem de vários outros híbridos, porém a cultivar 1G282 não diferiu de híbridos que foram, estatisticamente, inferiores a BRS 308 e o híbrido 0009061 foi, estatisticamente, igual a genótipos menos produtivos que a cultivar 1G282.

Ao avaliar o desempenho dos híbridos, considerando-se a média de todos os ambientes, a cultivar 1G282 se destacou por apresentar a maior produtividade de grãos. A cultivar comercial BRS 308 apresentou a segunda maior média não diferindo, estatisticamente, da cultivar 1G282, porém a cultivar BRS 308, também, foi, estatisticamente, igual a híbridos que diferiram, significativamente, da cultivar 1G282. O híbrido pré-comercial mais produtivo foi o 0009061, que apresentou média, estatisticamente, igual à das cultivares mais produtivas.

Ao analisar o resultado dos híbridos em todos ambientes, a cultivar comercial BRS 308 se destacou por ser o híbrido mais produtivo na maioria dos locais, sendo esses, Água Comprida, Montividiu, Guaíra e Vilhena. Porém, no experimento em Teresina, esse híbrido apresentou o pior desempenho de todos os híbridos, sendo, estatisticamente, inferior à média dos híbridos mais produtivos. Vale ressaltar que essa foi a única observação que um híbrido pré-comercial apresentou, média, estatisticamente, superior a uma cultivar comercial. Em Sete Lagoas, esse híbrido foi, estatisticamente, igual aos híbridos mais produtivos e, também, a híbridos de desempenho inferior aos mais produtivos.

As elevadas temperaturas observadas em Teresina não foram um fator limitante para a produção de grãos, uma vez que a média desse ambiente foi, estatisticamente, superior à dos demais ambientes. Esse resultado se justifica pela quantidade e distribuição adequada de chuvas durante a época do experimento.

Em Rio Verde, apresentou-se a segunda maior média ambiental para rendimento de grãos. Em Montividiu, que está localizado a uma distância pequena de Rio Verde, o que, teoricamente, confere certa similaridade às condições edafoclimáticas, apresentou-se média ambiental baixa, esse resultado pode ser justificado pela alta incidência de plantas daninhas na área experimental.

Vale ressaltar que as condições climáticas, em Rio Verde, foram satisfatórias no início do ciclo da cultura e, após o florescimento, foi observada redução no regime pluviométrico, o que acarreta perdas de produtividade, caracterizando as condições de safrinha da região. De acordo com o trabalho de Lima et al. (2011), o estresse hídrico, na fase de florescimento do sorgo granífero, foi o que mais acarretou perda de produtividade de grãos. O regime pluviométrico de Vilhena, também, foi semelhante ao observado em Rio Verde.

Água Comprida, Guaira e Sete Lagoas apresentaram médias ambientais, estaticamente, iguais, porém a resposta dos híbridos foi bem diferenciada, considerando-se a variação desses ambientes, resultado esse que caracteriza a interação entre genótipo e ambiente.

A maioria dos híbridos apresentou produtividade média de grãos acima da média brasileira que gira em torno de 2400 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE 2012). Albuquerque et al. (2011), em um estudo de algumas cultivares de sorgo granífero, nas condições semiáridas do norte de Minas Gerais, observaram produtividade média de grãos com valores entre 5500 e 7000 kg ha<sup>-1</sup> em um ano chuvoso e em um ano com baixa disponibilidade pluviométrica valores inferiores a 3000 kg ha<sup>-1</sup>.

Mariguele e Silva (2002) observaram média geral para rendimento de grãos de 7960 kg ha<sup>-1</sup>; nesse trabalho, o efeito de híbridos foi não significativo para essa característica. Heckeler (2002) observou grande variação na produtividade de grãos entre as cultivares avaliadas; esse autor observou valores, variando de 4736 e 9865 kg ha<sup>-1</sup>.

Silva et al. (2009) observaram a média geral de 2810 kg ha<sup>-1</sup> das cultivares em Montividiu; nesse local, não foi observada diferença significativa

para as cultivares; em Rio Verde, as médias das cultivares variaram de 640 a 1696 kg ha<sup>-1</sup> e, em Santa Helena, as médias variaram de 773 a 2060 kg ha<sup>-1</sup>, nos experimentos de Rio Verde e Santa Helena foram observados efeitos significativos para cultivares.

### **3.1.6. CONCLUSÃO**

A altura foi um fator limitante, apenas, para a cultivar 1G282 e o híbrido 0307689, a adoção do cultivo desses, em ambientes onde é passível de ventos fortes, requer cautela, pois o alto porte desses híbridos pode favorecer o acamamento.

A quantidade de dias para o florescimento de todos os híbridos está dentro do aceitável. A diferença de dias para o florescimento entre o mais precoce e o mais tardio foi pequena em todos os ambientes, entretanto, no geral, os híbridos 0307671, 0307689, 0307421 e 0307063 se mostraram mais precoces e os híbridos 0307091 e 0307095, juntamente com as cultivares comerciais, se mostraram mais tardias.

Para o rendimento de grãos, as cultivares BRS 308 e 1G282 foram as que mais se destacaram, entretanto, também, pode ser destacado o resultado dos híbridos 0307131, 0307651 e 0307071 em Teresina e o híbrido 0009061 a nível geral.

Os resultados apontam que existem híbridos pré-comerciais promissores, indicando serem necessárias mais avaliações, para identificar híbridos adaptados a cada região.

### **3.1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agritempo. [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br) em 10/12/2011.

- Albuquerque, C.J.B., Von Pinho, R.G., Rodrigues, J.A.S., Brant, R.S., Mendes, M.C. (2011) Espaçamento e densidade de sementeira para cultivares de sorgo granífero no semiárido. *Bragantia*, São Paulo, 70:278-285.
- Ferreira, D.F. (2008) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, 6:36-41.
- Fornasieri Filho, D., Fornasieri, J.L. (2009) *Manual da Cultura do Sorgo*. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 202p.
- Goes, R.J., Rodrigues, R.A.F., Arf, O., Arruda, O.G., Vilela, R.G. (2011) Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no sorgo granífero na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10:121-129.
- Google (2006) Programa Google Earth.
- Heckler, J.C. (2002) Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 32(3):517-520.
- Lima, N.R.C.B., Santos, P.M., Mendonça, F.C., Araújo, L.C. (2011) Critical periods of sorghum and palisadegrass in intercropped cultivation for climatic risk zoning. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 40:1452-1457.
- Lopes, S.J., Storck, L., Lúcio, A.D., Lorentz, L.H., Lovato, C., Dias, V.O. (2005) Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 40(6):525-530.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M. (2003) Ecofisiologia da Produção de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 87, 2p.
- Mariguete, K.H., Silva, P.S.L. (2002) Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. *Caatinga*, Mossoró, 15(1/2):13-18.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.
- Rodrigues, J.A.S. (2010) Sistema de produção: Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. 6 ed. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm) em 10/02/2011.
- Santos, F.G. (2003) Cultivares de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 77, 3p.
- Silva, A.G., Barros, A.S., Silva, L.H.C.P., Morães, E.B., Pires, R., Teixeira, I.R. (2009) Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39:168-174.

## **3.2. ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE SORGO GRANÍFERO EM CONDIÇÕES DE SAFRINHA.**

### **3.2.1. RESUMO**

Esse trabalho teve como objetivo o estudo de alguns métodos de estabilidade e adaptabilidade para a produtividade de grãos de híbridos simples de sorgo granífero. Foram analisados dados de experimentos em sete locais de cultivo dessa cultura no Brasil, em todos os experimentos foram analisados 25 híbridos de sorgo granífero, sendo 22 pré-comerciais e três cultivares. Os métodos de Wricke (1965) e Purchase et al., (2000) foram bastante concordantes entre si para identificar indivíduos com alta contribuição para interação GxA. O método de Lin e Binns (1988) se mostrou de fácil aplicação e interpretação, porém não foi eficiente em detectar indivíduos com adaptabilidade específica. O modelo AMMI (Zobel et al, 1988) indicou interesse da cultivar 1G282 para os locais Guaíra, Sete Lagoas e Vilhena, e dos híbridos 0307087 e 0307091 para o sudoeste goiano. A associação do método de Eberhart e Russell (1966) e AMMI indicou que os híbridos 0307071, 0307131, 0307511 e 0307651 apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis.

Palavras-chave: *Sorghun bicolor*; Interação Genótipo x Ambiente; Melhoramento Genético.

### 3.2.2. ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate a few methods of stability and adaptability for the productivity of grains from simple hybrids of grain sorghum. Data from experiments conducted in seven locations of cultivation of this culture in Brazil were analyzed. In all the experiments, 25 hybrids of grain sorghum were evaluated: 22 pre-commercial ones and three cultivars. The methods of Wricke (1965) and Purchase et al., (2000) were accordant enough to identify individuals with high contribution to the G X A interaction. The method of Lin & Binns (1988) showed to be of easy application and interpretation, but it was not efficient to detect individuals with specific adaptability. Model AMMI (Zobel et al, 1988) indicated interest of cultivar 1G282 for the cities of Guaíra, Sete Lagoas and Vilhena, and of hybrids 0307087 and 0307091 for the Southeast of Goiás. The association of the method of Eberhart & Russell (1966) and AMMI indicated that hybrids 0307071, 0307131, 0307511 and 0307651 presented adaptability to favorable environments.

Key words: breeding; Genotype x Environment interaction; Sorghun bicolor.

### 3.2.3. INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo granífero é uma importante alternativa de cultivo para a segunda safra, essa também conhecida como safrinha. Levando-se em consideração essa importância, são justificáveis as iniciativas públicas e privadas para a administração de programas de melhoramento dessa cultura, sendo esses responsáveis por testar, todos os anos, vários genótipos promissores em vários ambientes de seu cultivo.

Os ambientes de cultivo do sorgo granífero apresentam condições edafoclimáticas bastante diversificadas, e, ao se avaliarem os materiais promissores para a recomendação, um dos problemas observados é que alguns genótipos apresentam bons resultados em um local ou ano, porém essa

superioridade não se mantém ao longo das variações ambientais, acarretando grandes dificuldades para a recomendação de cultivares.

Essa resposta diferenciada dos genótipos diante da variação ambiental é conhecida como interação de genótipos com ambientes (GxA). Dentre as alternativas viáveis para contornar os percalços da interação GxA, a mais aceita é a identificação de genótipos estáveis e adaptados às condições de cultivo (Ramalho et al., 1993; Cruz e Regazzi 1997).

Segundo Mariotti et al. (1976), a estabilidade está associada à previsibilidade do desempenho dos genótipo diante da variação ambiental, e a adaptabilidade à capacidade potencial de genótipos para assimilarem, vantajosamente, o estímulo ambiental.

De acordo com Cruz e Regazzi (1997), existem várias metodologias propostas para estudo da estabilidade e adaptabilidade. Essas metodologias têm como base a existência de interações significativas e se distinguem dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados, sendo alguns métodos alternativos, enquanto outros são complementares.

O estudo da estabilidade pode ser realizado com a análise da contribuição de cada genótipo para interação, conforme propõe a metodologia de Wricke (1965) e Plaisted e Peterson (1959). Entretanto, o uso concomitante desses métodos é redundante, uma vez que seus resultados, geralmente, são equivalentes (Silva e Duarte, 2006; Cargnelutti Filho et al., 2007). Nesse sentido, o método de Wricke (1965) leva vantagem pela facilidade de estimar o parâmetro de estabilidade.

Outro método empregado para mensurar a contribuição dos genótipos para interação GxA é a abordagem AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*) (Zobel et al., 1988). Esse método integra a análise de variância com a técnica de componentes principais, sendo que, segundo Silva e Duarte (2006), esse método apresenta princípios semelhantes aos métodos de Wricke (1965) e Plaisted e Peterson (1959), porém o método AMMI apresenta vantagens estatísticas. Para melhor interpretar os resultados do método AMMI, Purchase et al. (2000) propuseram um índice de estabilidade, considerando os dois primeiros componentes principais do modelo.

Uma alternativa bastante empregada para estudo da estabilidade e adaptabilidade é o uso da regressão, uma metodologia com grande notoriedade



que utiliza esse princípio é a de Eberhart e Russell (1966). Silva e Duarte (2006) e Cargnelutti Filho et al. (2007) relatam que essa metodologia apresentou resultados favoráveis com soja e milho, respectivamente. Porém, esse método é criticado por utilizar, como variável independente, um índice ambiental obtido a partir das médias, comprometendo a independência entre as variáveis do modelo (Becker e León, 1988; Crossa, 1990).

Para estudo da estabilidade e da adaptabilidade, os métodos não paramétricos, também, merecem destaque; segundo Huehn (1990), esses apresentam vantagens de prescindir pressuposições acerca da distribuição dos dados, serem de fácil interpretação e serem pouco influenciados pela adição ou retirada de alguns genótipos. Dentre os métodos não paramétricos, o método proposto por Lin e Binns (1988) se destaca pela facilidade, uma vez que esse método considera a estabilidade e adaptabilidade em um só índice. Vários trabalhos relatam a eficiência desse método (Helgadottir e Thordis, 1991; Farias et al., 1997; Scapim et al., 2010; Vilela et al., 2011).

No estudo da estabilidade e da adaptabilidade, é importante uma análise simultânea dos métodos, e, com isso, captar a informação proporcionada por esses de forma integrada. Com esse propósito, este trabalho teve como objetivo o estudo da estabilidade e da adaptabilidade em híbridos simples de sorgo granífero, avaliados em vários ambientes brasileiros produtores dessa cultura.

### 3.2.4. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizando os mesmos dados de rendimento de grãos do trabalho anterior, foram avaliadas as metodologias de estabilidade e adaptabilidade, pelos métodos de Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), AMMI (Zobel et al., 1988) e Purchase et al. (2000).

O método de Wricke (1965) estima o parâmetro  $\omega$ , também conhecido como ecovalência, que mede a estabilidade pela contribuição do genótipo para soma dos quadrados dos desvios devido à interação GxA. O estimador desse parâmetro é dado por:  $\hat{\omega}_i = r \sum_j (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$ ; onde:  $r$  é o número de repetições,  $\bar{Y}_{ij}$ ,  $\bar{Y}_i$ ,  $\bar{Y}_j$  e  $\bar{Y}_{..}$  são média da parcela que recebeu o genótipo  $i$  no

ambiente  $j$ ; média geral do genótipo  $i$ , média do ambiente  $j$  e média geral, respectivamente.

O método de Eberhart e Russell (1966) analisa os genótipos pelo seguinte modelo de regressão linear:  $Y_{ij} = \bar{Y}_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$ ; em que:  $\beta_i$  é coeficiente angular do modelo de regressão;  $I_j$  é a variável independente, essa variável é um índice ambiental obtido por:  $I_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}_..$ ;  $\delta_{ij}$  desvio do modelo do genótipo  $i$  no ambiente  $j$  e  $\bar{\epsilon}_{ij}$  erro experimental médio.

Esse método indica a adaptabilidade pelo coeficiente angular do modelo de regressão, que pode ser menor, maior ou, estatisticamente, igual à unidade, o que indica adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, favoráveis ou adaptabilidade geral respectivamente. A estabilidade desse método é mensurada pelo ajuste ao modelo, que pode ser medida pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ou pela variância do desvio do modelo, ou seja, o indivíduo estável deve apresentar alto valor de  $R^2$  e, conseqüentemente, baixa variância de desvio.

A metodologia de Lin e Binns (1988) propõe a utilização de um índice de superioridade que considera a estabilidade e a adaptabilidade simultaneamente. Esse índice é obtido por:  $P_i = \sum_j (\bar{Y}_{ij} - \bar{M}_j) / (2n)$ ; em que:  $\bar{M}_j$  é a maior média observada no ambiente  $j$  e  $n$  é número de ambientes. Esse índice pode, ainda, ser desdobrado em:  $P_i = [n(\bar{Y}_{ij} - \bar{M}_j)^2 + \sum_j (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{M}_j + \bar{M}_j)^2] / (2n)$ ; onde o primeiro termo se refere ao desvio genético ( $P_{Gi}$ ) e o segundo ao desvio devido à interação ( $P_{Gai}$ ). De acordo com esses autores, a primeira parte não implica alterações na classificação dos materiais, entretanto a segunda pode se alterar. Com isso, o ideal é um genótipo com baixo valor de  $P_i$ , e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético (Farias et al., 1997).

A análise AMMI combina a análise de variância com a análise de componentes principais; nessa abordagem, o componente de interação do modelo de análise de variância conjunta é analisado por termos multiplicativos obtidos pela decomposição de valores singulares.

Nessa análise, o componente de interação será desdobrado em  $(\sum_k \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk}) + \rho_{ij}$ ; em que  $\lambda_k$  é o  $k$ -ésimo valor singular da matriz original de interações ( $G \times A$ ),  $\gamma_{ik}$  valor associado ao  $i$ -ésimo genótipo no vetor  $k$ -ésimo vetor singular coluna da matriz  $G \times A$ ;  $\alpha_{jk}$  valor associado ao  $j$ -ésimo ambiente do vetor singular linha da matriz  $G \times A$ ;  $\rho_{ij}$  ruído associado ao termo  $(g_a)_{ij}$ , sendo  $\rho_{ij} =$

$(\sum_{k=n+1}^p \lambda_k Y_{ik} \alpha_{jk})$ , em que:  $p$  é o posto da matriz de interações. Os termos da matriz de interações podem ser obtidas por  $(\widehat{g\alpha})_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$ . Detalhes dessa técnica podem ser encontrados em Duarte e Vencovsky (1999).

A análise AMMI mensura a contribuição dos genótipos para interação, geralmente essa análise é realizada por um gráfico denominado como *biplot*. Quanto menores os escores, considerando o número de componentes principais utilizados, menor é a contribuição para interação GxA, segundo esse método.

A metodologia de Purchase et al. (2000) propõe um índice denominado ASV (*AMMI Stability Value*), que é baseado na distância Euclidiana dos escores dos eixos de componentes principais 1 e 2 da matriz de interação (IPCA1 e IPCA2, respectivamente) obtidas pelo modelo AMMI2 com a origem, entretanto, com uma ponderação devido o primeiro componente apresentar maior explicação da soma de quadrados da interação GxA, esse índice é obtido da seguinte forma:  $ASV_i = \sqrt{[(SQ(IPCA1)/SQ(IPCA2)(IPCA1_i \text{ score}))]^2 + (IPCA2_i \text{ score})^2}$ ; em que: SQIPCA1 e SQIPCA2 são soma dos quadrados dos componentes principais 1 e 2 respectivamente.

Para a comparação entre os métodos, foi realizada a correlação classificatória de Spearman (Steel e Torrie, 1960); para essa análise, todas as estatísticas classificadas de acordo com a ordem decrescente.

### 3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado no trabalho anterior, na análise de variância conjunta para rendimento de grãos, foi observado efeito significativo para híbridos, ambientes e para interação entre esses dois fatores, evidenciando-se a resposta diferenciada dos híbridos diante da variação ambiental, justificando-se, assim, um estudo com o objetivo de identificar materiais estáveis e produtivos.

Pelo método de Wricke (1965), foi observado que os híbridos pré-comerciais 0307063, 0307047 e 0307341 foram os que menos contribuíram para a interação GxA, desses o que mais se destacou em rendimento de grãos foi o híbrido 0307047. Em Rio Verde, esse híbrido foi o segundo mais produtivo; nos

outros locais, o rendimento desse híbrido foi pequeno se comparado com os híbridos mais produtivos. Os híbridos 0307063 e 0307341 não mostraram resultados interessantes para produtividade (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas de estabilidade e adaptabilidade da produtividade de grãos de 25 híbridos simples de sorgo granífero avaliados em sete ambientes

Híbridos	Lin e Bins ( $\times 10^{-5}$ )			$\omega(\%)^{1/}$	$\beta$	$R^2$ (%)	ASV
	P	$P_G$	$P_{GA}$				
0009061	3,26	2,64	0,63	1,67	0,82ns	93,21	28,01
0144013	6,15	4,63	1,52	3,23	0,729*	86,36	18,61
0307001	6,96	5,67	1,29	3,63	1,055ns	86,48	16,90
0307047	4,99	3,85	1,15	1,01	0,991ns	95,23	7,72
0307061	4,60	3,48	1,11	3,68	0,737*	83,13	45,43
0307063	5,37	4,83	0,54	0,73	1,041ns	96,97	5,99
0307071	6,49	4,17	2,32	4,80	1,26*	90,53	37,67
0307087	5,61	3,81	1,80	2,54	1,13ns	92,28	27,24
0307091	16,99	11,75	5,24	9,34	0,847ns	62,43	43,49
0307095	14,52	12,48	2,04	3,11	1,088ns	89,18	12,08
0307131	13,17	9,21	3,96	10,05	1,554**	92,98	77,11
0307341	6,01	5,41	0,60	1,03	1,12ns	97,22	6,36
0307343	5,56	4,14	1,42	3,22	0,923ns	84,95	28,22
0307401	12,68	10,30	2,38	4,83	1,225ns	89,05	28,64
0307421	5,20	4,28	0,92	5,99	0,701*	70,83	53,75
0307509	16,40	14,08	2,32	3,89	1,239ns	92,05	45,91
0307511	12,39	9,78	2,61	4,16	1,293*	93,46	45,85
0307541	6,17	5,31	0,86	2,65	0,997ns	88,50	25,65
0307561	4,79	4,13	0,65	1,50	0,92ns	92,67	23,05
0307651	8,07	6,82	1,25	3,06	1,319**	97,34	38,36
0307671	6,85	5,74	1,11	2,68	0,891ns	86,98	5,31
0307689	7,88	6,46	1,42	4,20	1,001ns	83,04	16,92
1G282	2,15	1,33	0,82	5,43	0,726*	73,53	47,69
BRS 308	6,67	2,48	4,19	11,65	0,324**	48,57	75,21
BRS 330	7,76	7,64	0,12	1,94	1,068ns	92,70	13,44

ns, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5 e 1% respectivamente, pelo teste t de Student, sob  $H_0: \beta = 1$ ; <sup>1/</sup> Porcentagem da explicação da soma dos quadrados devido à interação GA.

O híbrido pré-comercial 0009061 se destacou ao apresentar a maior média entre os híbridos pré-comerciais, considerando todos ambientes, além de ser um dos que menos contribuíram para a interação GxA pelo método de Wricke, (1965). Esse híbrido foi o terceiro mais produtivo em Vilhena; em Rio Verde e em Sete Lagoas, foi o quinto mais produtivo, com exceção de Teresina, cuja média desse genótipo foi superior à média ambiental.

A cultivar 1G282 apresentou alta contribuição para a interação pela metodologia de Wricke, (1965), e, quanto ao rendimento de grãos, esse genótipo se destacou nos locais Sete Lagoas, Vilhena e Guairá; esse híbrido, também,

apresentou a maior média, considerando-se todos os experimentos. As altas médias observadas em alguns locais, juntamente com a alta contribuição para interação, indicam que essa cultivar apresentou alta adaptabilidade específica.

Os resultados do método de Wricke, (1965), também, indicaram alta adaptabilidade específica para cultivar BRS 308, que foi a que mais contribuiu para a interação. Esse genótipo apresentou resultados bastante peculiares, uma vez que esse foi o mais produtivo em Água Comprida, Guaíra, Montividiu e Vilhena. Em Sete Lagoas, apesar de essa cultivar ter apresentado rendimento de grãos acima da média desse experimento, esse valor foi modesto, e, nos outros locais, esse genótipo produziu abaixo da média ambiental, com destaque para Teresina, pois, nesse ambiente, essa cultivar apresentou a menor produtividade e esse foi o ambiente com a maior média ambiental.

Ao analisar resultados do método de Wricke (1965) com a média, observou-se correlação, estatisticamente, nula (Tabela 2), o que indica haver indivíduos produtivos com alta contribuição para interação, sugerindo uma possível adaptabilidade específica e, também, haver indivíduos produtivos com adaptabilidade geral. A correlação nula desse parâmetro com a média, também, foi observada por Mekbib (2003), Cargnelutti Filho et al., (2007), Mohammadi e Amri (2008), Silva Filho et al., (2008), e Scapim et al., (2010).

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação de Sperman, entre as estatísticas de estabilidade e de adaptabilidade e a média.

	ASV	$\omega$	$\beta$	$R^2$	P	$P_{GA}$
Média	0,08 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,61 <sup>**</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>**</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>
ASV		0,78 <sup>**</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,35 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>**</sup>
$\omega$			-0,09 <sup>ns</sup>	-0,66 <sup>**</sup>	0,40 <sup>*</sup>	0,70 <sup>**</sup>
$\beta$				0,66 <sup>**</sup>	0,57 <sup>**</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
$R^2$					0,01 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>
P						0,65 <sup>**</sup>

ns, \* e \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t de Student, sob  $H_0: r_s = 0$ .

Pela análise do modelo de regressão proposto por Eberhart e Russell (1966), foi observado que as cultivares 1G282 e BRS 308 se mostraram pouco estáveis, uma vez que o modelo foi ineficiente para a explicação da soma dos quadrados devido ao efeito desses genótipos (Cruz e Regazzi, 1997), sendo o  $R^2$  observado para essas cultivares 73,54 e 48,57 % respectivamente. Pelo

coeficiente angular menor que a unidade e as altas médias, os resultados indicam que essas cultivares apresentaram adaptabilidade específica em ambientes desfavoráveis.

Os híbridos pré-comerciais mais produtivos 0009061 e 0307061 apresentaram valores de  $R^2$  igual a 93,21 e 83,13 % respectivamente; o híbrido 0009061, além de ser um dos mais estáveis, apresentou adaptabilidade geral, pois o coeficiente angular do modelo foi, estatisticamente, igual à unidade. Já o híbrido 0307061 apresentou indicativo de adaptabilidade específica em ambientes desfavoráveis.

No geral, ocorreu uma tendência dos híbridos mais produtivos terem indicativo de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, uma vez que foi observada correlação igual a -0,61 entre a média e o coeficiente angular do modelo de regressão. Entretanto, como essa correlação foi, relativamente, fraca a seleção não deve ser efetuada, utilizando-se, apenas, o coeficiente de regressão; resultados similares foram observados por Mohammadi e Amri (2008).

A tendência dos híbridos com menor coeficiente de regressão serem os mais produtivos contrariam os trabalhos de Mekbib (2003), Silva Filho et al. (2008) e Scapim et al. (2010); esses autores observaram uma tendência dos genótipos mais produtivos serem os mais responsivos à melhoria ambiental, uma vez que a correlação entre a média e o coeficiente de regressão do modelo de Eberhart e Russell (1966) foi significativa e positiva. Cargnelutti Filho et al. (2007), também, observaram esse mesmo resultado na maioria dos experimentos, porém, nos ensaios de apenas um ano, esses autores observaram correlação nula entre a média e o coeficiente de regressão.

Pelo método de Eberhart e Russell (1966), a maioria dos híbridos apresentou indicativo de adaptabilidade geral; o grupo dos híbridos que apresentou adaptabilidade específica a ambientes favoráveis foi o menor desses; todos se mostraram muito produtivos em Teresina, que foi o local com a maior média ambiental.

Em Rio Verde, que foi o local com a segunda maior média ambiental, todos os híbridos com  $\beta > 1$  apresentaram média superior à média desse ambiente, porém, apenas, o híbrido 0307071 apresentou produtividade alta nesse local, ao se comparar com os híbridos mais produtivos nesse ambiente.

Quanto à estabilidade, os híbridos que mais se destacaram pelo método de Eberhart e Russell (1966) foram 0307651, 0307341, 0307063 e 0307047, todos esses com  $R^2$  acima de 95%. Vale ressaltar que a estabilidade desse método é medida pelo ajuste ao modelo; com isso, os híbridos com alto  $R^2$ , que não apresentarem adaptabilidade geral, como é o caso do híbrido 0307651, que apresentou adaptabilidade específica a ambientes favoráveis serão considerados como instáveis pelas metodologias que se baseiam na contribuição para a interação GxA.

O parâmetro  $R^2$  apresentou baixa correlação negativa com a média ( $r_s = 0,19$ ), entretanto essa correlação foi, estatisticamente, nula (Tabela 2). Em outros trabalhos, foi observada correlação baixa e positiva entre esses parâmetros, sendo essa correlação, estatisticamente, nula (Silva Filho et al., 2008; Cargnelutti Filho et al., 2007; Mekbib 2003).

Foi observada uma tendência dos híbridos, com melhor ajuste ao modelo de regressão e, conseqüentemente, mais estáveis, serem os que apresentaram indicativo de adaptabilidade em ambientes favoráveis, pois a correlação entre  $R^2$  e  $\beta$  foi de 0,66. Resultados esses que foram concordantes com Silva Filho et al., (2008). Cargnelutti Filho et al. (2007) observaram correlações baixas e positivas, sendo, estatisticamente, nulas.

Scapim et al. (2010) mensuraram a estabilidade com a variância do desvio do modelo Eberhart e Russell (1966) e, também, observaram que a estabilidade mensurada por esse método não se correlacionou com a média. Porém, diferente deste trabalho, esses autores observaram correlação, estatisticamente, nula entre os parâmetros de regressão que indicam adaptabilidade e estabilidade.

Ao se comparar os resultados do método de Eberhart e Russell (1966) com a metodologia de Wricke (1965), foi observada uma tendência dos híbridos que mais se ajustaram ao modelo de regressão serem os que menos contribuíram para a interação pelo método de Wricke (1965), uma vez que a correlação dos parâmetros  $R^2$  e  $\omega$  foi de -0,66. Esses resultados foram concordantes com Mekbib (2003), entretanto outros autores observaram que essa tendência foi mais pronunciada (Scapim et al., 2010; Silva Filho et al., 2008; Cargnelutti Filho et al., 2007).



Não foi observada nenhuma associação entre o indicativo da adaptabilidade pelo modelo de regressão, com a contribuição para a interação GxA, considerando-se o método de Wricke (1965), uma vez que a correlação entre o coeficiente angular ( $\beta$ ) e o parâmetro  $\omega$  foi, estatisticamente, nula. Esses resultados estão de acordo com Mekbib (2003); Cargnelutti Filho et al., (2007) e Scapim et al., (2010). Porém, esses resultados contrariam os de Silva e Duarte (2006), que, ao compararem esses dois parâmetros, observaram uma tendência dos genótipos mais estáveis serem adaptados a ambientes favoráveis.

Pelo método de Lin e Bins (1988), foi observado que os três híbridos que mais se destacaram foram 1G282, 0009061 e 0307061. A cultivar BRS 308 também se destacou, apresentando o segundo menor desvio genético, porém associado a alto desvio devido à interação, indicando adaptabilidade específica. Vale ressaltar que o índice de superioridade da cultivar BRS 308 foi modesto, uma vez que esse método mensura a estabilidade e adaptabilidade em uma única estatística.

Esse método apresentou alta correlação negativa com a média ( $r_s = -0,9$ ), o que torna a interpretação facilitada, pois, para a seleção de indivíduos estáveis com adaptabilidade geral, é necessário analisar, apenas, esse índice, enquanto que os outros métodos estudados necessitam da análise simultânea da média. Essa alta associação entre P e a média é, frequentemente, observada na literatura, e, na maioria dos casos, essa correlação é mais pronunciada que a observada neste trabalho (Cargnelutti Filho et al., 2007; Silva Filho et al., 2008 e Scapim et al., 2010).

Com o desdobramento do índice de Lin e Bins (1988), foi observada uma tendência dos híbridos superiores por esse método serem estáveis, uma vez que a correlação entre o índice P com o desvio devido à interação foi de 0,65.

O índice P, também, apresentou correlação fraca e positiva com a estatística que mede a contribuição para a interação de Wricke (1965) ( $r_s = 0,40$ ), o que indica uma tendência dos indivíduos superiores pelo método de Lin e Bins (1988) serem considerados estáveis pelo método de Wricke (1965). Esse resultado é incomum na literatura, uma vez que, geralmente, são observadas correlações menores e, estatisticamente, nulas (Silva e Duarte 2006; Cargnelutti Filho et al., 2007; Silva Filho et al., 2008; Scapim et al., 2010; Vilela et al. (2011).

O desvio devido à interação, obtido pelo desdobramento do índice de Lin e Binns (1988), classificou os genótipos quanto à estabilidade de forma semelhante ao método de Wricke (1965), uma vez que a correlação entre esses dois índices foi, relativamente, alta ( $r_s = 0,70$ ).

Ao comparar os resultados do método de Lin e Binns (1988) com o coeficiente angular do modelo de Eberhart e Russell (1966), verifica-se uma fraca tendência dos indivíduos que foram superiores nos ambientes com média ambiental inferior; destacaram-se no método de Lin e Binns (1988), uma vez que a correlação entre o índice P com o parâmetro  $\beta$  foi 0,57, sendo, estatisticamente, diferente de zero ( $p < 0,05$ ). Em outros trabalhos, foram observados resultados que contrariam esses, uma vez que os genótipos superiores pelo método de Lin e Binns (1988) foram classificados como adaptados a ambientes favoráveis (Farias et al., 1997; Cargnelutti Filho et al., 2007; Silva Filho et al., 2008; Scapim et al., 2010).

O desvio devido à interação obtido pelo método de Lin e Binns (1988) apresentou correlação, estatisticamente, igual a zero com o parâmetro  $R^2$ ; essa ausência de correlação entre essas duas estatísticas que mensuram a estabilidade é devido à divergência no princípio de cada técnica.

Para o desdobramento da interação GxA, seguindo o modelo AMMI, foram utilizados os dois primeiros componentes principais. O modelo, considerando os dois componentes, apresentou explicação de 65,98 % da soma dos quadrados devido à interação GxA, sendo 47,70% explicados por AMMI1 (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo do desdobramento da soma de quadrados da interação seguindo o modelo AMMI.

FV	GL	SQ	QM	F	p > F	Explicação (%) <sup>1/</sup>
GxA	144	128247754,98	890609,41			
IPCA1	29	61177618,23	2109573,04	5,25	<0,01	47,70
Resíduo (IPCA1)	115	67070136,75	583218,58	1,45	<0,01	
IPCA2	27	23437914,24	868070,90	2,16	<0,01	18,28
Resíduo (IPCA2)	88	43632222,51	495820,71	1,23	0,097	
Erro	336	134949078,62	401634,16			

<sup>1/</sup>: Percentual da soma dos quadrados devido à interação explicada.

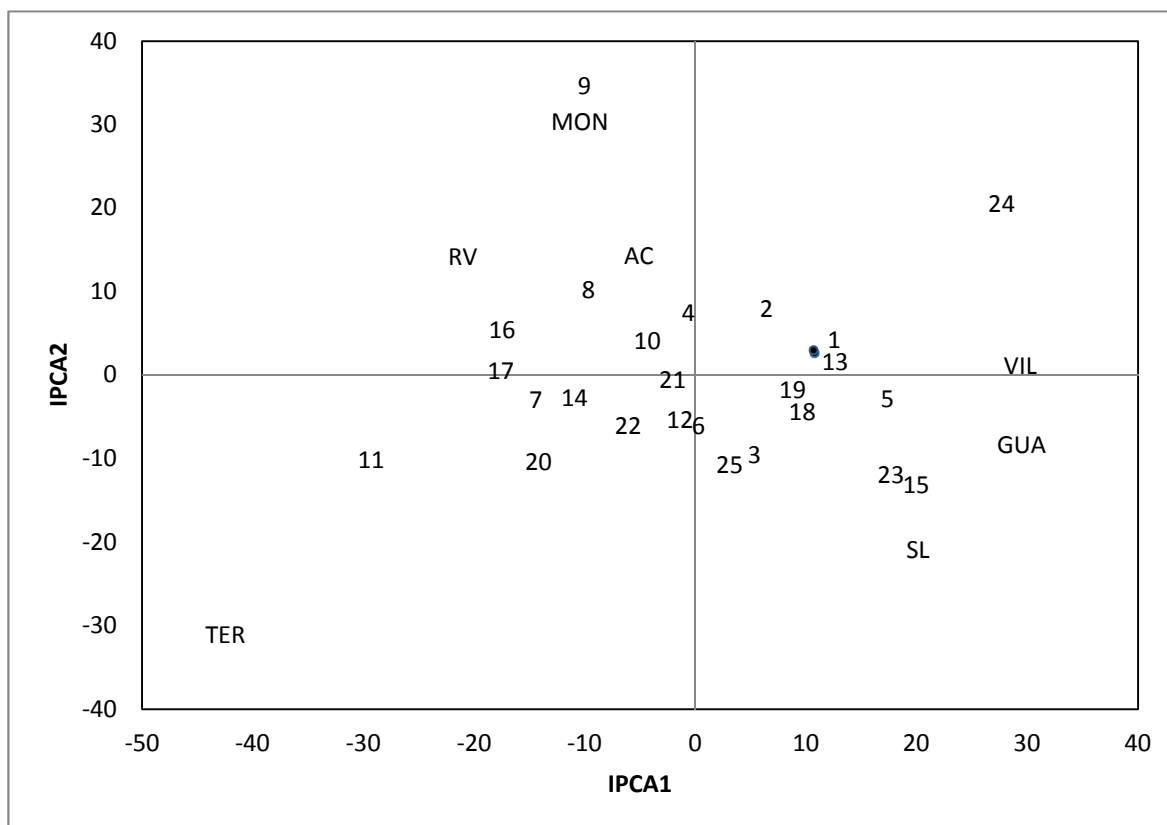
Pela análise do índice AVS, observou-se que os híbridos 0307671, 0307063, 0307341 e 0307047 foram os que mais se aproximaram da origem,

indicando que o desempenho desses materiais foi estável, uma vez que esses contribuíram pouco para a interação GxA. Esses resultados foram similares ao método de Wricke (1965) na identificação dos indivíduos mais estáveis. Em geral, esses dois métodos obtiveram uma correlação relativamente alta. Mohammadi e Amri (2008), também, observaram alta correlação entre esses dois métodos, e Silva e Duarte (2006) observaram correlação alta entre os postos do método de Wricke (1965) e IPCA1.

A alta associação entre o modelo AMMI e o método de Wricke (1965) é natural, pois ambos os métodos mensuram a estabilidade pela contribuição do indivíduo para soma dos quadrados devido à interação GxA. Entretanto, a análise AMMI representa um avanço metodológico, pois permite descartar ruídos na interação GxA (Silva e Duarte 2006).

Pela análise da média, considerando todos os ambientes, esses híbridos indicados por AVS como mais estáveis, também se destacaram por apresentar média superior à média geral, porém essa superioridade foi modesta ao se comparar com outros híbridos. Juntamente com os parâmetros que mensuram a estabilidade, o índice AVS, também, não apresentou correlação com a média. Essa correlação, estatisticamente, nula, também, foi observada por Mohammadi e Amri (2008), o que indica indivíduos estáveis com médias altas e baixas.

Os resultados do modelo AMMI (Figura 1) indicaram que o padrão de resposta, nos ambientes em Água Comprida, Montividiu e Rio Verde, foi semelhante, sendo bastante divergente dos demais ambientes. Os ambientes Guaíra, Sete Lagoas e Vilhena, também, apresentaram padrão de resposta similar, e o ambiente de Teresina foi muito divergente de todos os locais avaliados. O padrão de resposta similar entre Rio Verde e Montividiu é previsível, uma vez que a distância desses locais é muito curta e esses estão, teoricamente, sujeitos a condições edafoclimáticas similares. Porém, os locais Água Comprida e Guaíra que, também, são próximos, apresentaram o padrão de resposta muito divergente.



**Figura 1.** Biplot AMMI2 para produtividade de grãos com 25 híbridos de sorgo granífero em sete ambientes. As codificações dos híbridos e dos ambientes estão de acordo com a tabela 1; no caso dos híbridos, segue-se a ordem crescente.

O padrão de resposta similar entre Rio Verde, Montividiu e Água Comprida pode estar associado ao fato de que os experimentos, conduzidos nesses locais, foram implantados subsequentemente a um cultivo comercial com soja, enquanto que os outros experimentos foram implantados em áreas que estavam em repouso.

Em Teresina, as condições climáticas foram bem divergentes das demais, uma vez que, nesse ambiente, foram observadas condições pluviométricas muito favoráveis, além da alta temperatura observada, fatores esses que podem ter contribuído com a divergência desse local em relação aos demais.

Os híbridos 0307087 e 0307091 foram os que menos se distanciaram, pela análise gráfica (Figura 1), dos ambientes Água Comprida, Montividiu e Rio Verde. O híbrido 0307087 apresentou a primeira e terceira maior média nos ambientes Rio Verde e Montividiu respectivamente, e o híbrido 0307091 a sétima e a segunda maior média, respectivamente, nesses ambientes; por esses resultados, pode-se indicar interesse em novas avaliações desses híbridos na região do

sudoeste de Goiás. Em Água Comprida, apenas, o híbrido 0307091 apresentou média superior à média geral, porém não foi muito produtivo.

Os híbridos 0307061, 0307421 e a cultivar 1G282 se localizaram perto dos ambientes Guaíra, Sete Lagoas e Vilhena; pela análise do *biplot*, esses três genótipos apresentaram médias bem acima de cada um desses ambientes, com destaque para a cultivar 1G282 que foi a mais produtiva em Sete Lagoas e a segunda mais produtiva em Guaíra e Vilhena.

Em Teresina, os híbridos 0307131 e 0307651 foram o primeiro e segundo mais produtivo respectivamente, podendo-se considerar que esses híbridos mostraram adaptabilidade específica em Teresina, uma vez que eles apresentaram baixa produtividade em todos os outros ambientes, além de terem contribuído muito para a interação GxA, uma vez que se distanciaram da origem do *biplot* (Figura 1).

A associação entre o método AMMI e o de Eberhart e Russell (1966) foi bastante interessante para explicar o desempenho de híbridos com adaptabilidade a ambientes favoráveis. Os híbridos 0307071, 0307131, 0307511 e 0307651 apresentaram coeficiente de regressão, estatisticamente, maior que a unidade e ótimo ajuste ao modelo, e, pela análise do *biplot*, esses híbridos se localizaram a uma distância relativamente próxima aos ambientes Teresina e Rio Verde que são os únicos locais que apresentaram índice ambiental positivo.

Essa indicação de ambientes com padrão de resposta similar, juntamente com os genótipos que apresentam adaptabilidade específica a esses ambientes, é uma importante vantagem do método AMMI em relação às outras metodologias utilizadas (Silva Filho et al., 2008).

A cultivar comercial BRS 308 foi a que mais se distanciou da origem, indicando ser o genótipo que mais contribuiu para a interação GxA e, conseqüentemente, atestando a instabilidade dessa cultivar. Esse resultado está de acordo com todos os outros métodos estudados.

Ao analisar as indicações de adaptabilidade específica pelos métodos, observou-se que os resultados do método de Lin e Binns (1988) contrariaram os demais métodos, pois alguns indivíduos com indicativo de adaptabilidade específica pelos outros métodos foram classificados com adaptabilidade geral pelo método de Lin e Binns (1988), como foi o caso da cultivar 1G282, ou foram classificados como não adaptados nessa situação, podem ser citados os híbridos

com sugestão de adaptabilidade aos ambientes favoráveis e ao sudoeste de Goiás.

Uma possível limitação do método de Lin e Binns (1988) é que a estabilidade é mensurada por um ideótipo que apresenta as maiores médias em cada ambiente; caso se analise o padrão dos resultados desse ideótipo nos vários ambientes, este pode não ser coerente com a variação das médias dos genótipos e das médias ambientais; em outras palavras, se esse ideótipo fosse um genótipo avaliado juntamente com os outros genótipos, esse poderia apresentar alta contribuição para a interação GxA. Contudo, o desvio devido à interação obtido pelo método de Lin e Binns (1988) se correlacionou, positivamente, com os métodos que mensuram a contribuição para a interação, assegurando credibilidade nos resultados do método de Lin e Binns (1988) para esses dados.

Ao se comparar os resultados do método ASV com o índice de superioridade do método de Lin e Binns (1988), foi observada correlação, estatisticamente, nula, o que indica que, entre os híbridos superiores pelo método de Lin e Binns (1988), existem híbridos que apresentam alta e baixa contribuição para a interação pelo índice ASV.

O parâmetro  $R^2$  apresentou baixa correlação negativa com o AVS ( $r_s = -0,37$ ), sugerindo uma fraca tendência dos indivíduos que apresentaram menor contribuição para a interação de acordo com o método de Purchase et al. (2000) e se ajustaram bem ao modelo de regressão de Eberhart e Russell (1966). A classificação de qual tipo de adaptabilidade que o indivíduo apresentou, seguindo o modelo de regressão, foi independente da classificação da contribuição para a interação proposta pelo método de Purchase et al. (2000), pois a correlação entre  $\beta$  e ASV foi nula.

### 3.2.6. CONCLUSÃO

Os métodos de Wricke (1965) e de Purchase et al. (2000) foram bem concordantes, porém o último apresenta vantagens estatísticas, e os métodos de Lin e Binns (1988) e de Eberhart e Russell (1966) foram complementares a esses.

O método de Lin e Binns (1988) foi o único que, teoricamente, prescinde da análise das médias para selecionar um indivíduo produtivo e estável, mostrando-se uma ferramenta de fácil aplicação. Porém, esse método não foi eficiente para identificação de adaptabilidade específica.

A maioria dos híbridos estabilidade e indicativo de adaptabilidade geral foi pouco produtiva, porém o híbrido 0009061 se destacou por se mostrar estável e de adaptabilidade geral, além de ter apresentado a terceira maior média geral.

O modelo AMMI associado à avaliação das médias indicou interesse da cultivar 1G282 para os locais Guaíra, Sete Lagoas e Vilhena, e dos híbridos 0307087 e 0307091 para o sudoeste goiano.

O uso concomitante dos métodos Eberhart e Russell (1966) e AMMI foi interessante para a explicação da estabilidade, associada à adaptabilidade a ambientes favoráveis dos híbridos 0307071, 0307131, 0307511 e 0307651.

### 3.2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becker, H.C. (1981) Correlation among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*. 30(3):835-884.
- Cargnelutti Filho, A., Perecin, D., Malheiros, E.B., Guadagnin, J.P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, São Paulo, 66:571-578.
- Crossa, J. (1990) Statistical analysis of multilocations trials. *Advances in Agronomy*, 44:55-85.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., (1997) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. 2. ed. Viçosa: Editora Viçosa, 480p.
- Helgadóttir, A., Kristjánisdóttir, T.A. (1991) Simple approach to the analysis of G x E interactions in a multilocational spaced plant trial with timothy. *Euphytica*, Wageningen, 54:65-73.
- Huehn M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: theory. *Euphytica*, 47:189-194.
- Lin, C.S., Binns, M.R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68:193-198.

- Mariotti, J.A., Oyarzabal, E.S., Osa, J.M., Bulacio, A.N.R., Almada, G.H. (1976) Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, Tucuman, 13(1/4):105-127.
- Mekbib, F. (2003) Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica*, 130:147-153.
- Mohammadi R., Amri, A. (2008) Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, 159:419-432.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.
- Plaisted, R.L., Peterson, L.C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *Amer. Potato Jour.*, 36:381-385.
- Purchase, J.L., Hatting, H., Van Deventer, C.S. (2000) Genotype x environment interaction of winter wheat in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, 17(3):101–107.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J.O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 271p.
- Scapim, C.A., Oliveira, V.R., Braccini, A.L., Cruz, C.D., Andrade, C.A.B., Vidigal, M.C.G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, 23(2):387-393.
- Scapim, C.A., Pacheco, C.A.P., Amaral Júnior, A.T., Vieira, R.A., Pinto, R.J.B., Conrado, T.V. (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica*, Wageningen, 174:209-218.
- Silva Filho, J.L., Morello, C.L., Farias, F.J.C., Lamas, F.M., Pedrosa, M.B., Ribeiro, F.L. (2008) Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:349-355.
- Silva, W.C.J., Duarte, J.B. (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(1):23-30.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. (1960) *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw -Hill, 481p.
- Vilela, F.O., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Barbé, T.C., Gravina, G.A. (2011) Stability of F7:8 snap bean progenies in the Northern and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. *Horticultura Brasileira*, 29:84-90.



- Wricke, G., (1965) Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, Berlin, 52(1)127-138.
- Zobel, R.W., Wright, M.J., Gauch Júnior, H.G. (1988) Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80:388-393.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

A cultura do sorgo granífero desperta interesse sob o ponto de vista do agronegócio, por ser uma fonte alternativa ao milho para confecção de rações. O uso do sorgo em detrimento ao milho, que, atualmente, é a fonte energética mais utilizada para esse fim, torna o custo da ração mais rentável e não acarreta perdas nutricionais. Do ponto de vista do produtor agrícola, o sorgo é uma importante alternativa para o cultivo da safrinha. A safrinha é o cultivo que é conduzido imediatamente após a colheita da safra de verão, portanto a exploração da safrinha é uma forma de otimização do uso da área. Como na safrinha é aproveitado o final do ciclo pluviométrico, este ambiente é marcado por apresentar frequência de chuvas irregular e, muitas vezes, insuficiente. Uma cultivar destinada a um sistema de produção de safrinha deve ser tolerante ao estresse hídrico e responsiva ao suprimento de água e, nesse cenário, a exploração do sorgo é promissora, pois o sorgo é dotado de importantes mecanismos morfológicos e bioquímicos que lhe conferem características xerófitas, o que o torna mais adaptado do que várias espécies ao ambiente de safrinha. Apesar da importância da cultura do sorgo granífero, ainda existem poucas informações acerca do manejo da cultura e, também, sobre ensaios de competição de cultivares ou materiais promissores a serem recomendados como cultivares; com isso, justificam-se os esforços das entidades de pesquisa para geração de informações e novas cultivares. Com esse intuito, o Núcleo de Recursos Genéticos e Desenvolvimento de Cultivares da Embrapa Milho e Sorgo

em parceria com Universidades, empresas publicas e privadas, desenvolveu um programa de melhoramento genético do sorgo granífero, com objetivo de suprir a demanda de cultivares e informações acerca dessa cultura. Essa parceria é responsável por testar, todos os anos, vários materiais promissores a serem recomendados como cultivar, em várias regiões propícias à produção de sorgo granífero, em época de safrinha, no Brasil e, também, em condições sujeitas ao estresse hídrico. Para esse estudo, foram utilizados dados de 9 experimentos, conduzidos em diferentes regiões produtoras dessa cultura distribuída no Brasil. Em todos os experimentos, foram avaliados 25 híbridos simples de sorgo granífero; 22 dos híbridos avaliados são materiais promissores do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo e os outros três são as cultivares comerciais 1G282, BRS 308 e BRS 330. Os experimentos seguiram o delineamento de blocos completos ao acaso, utilizando-se três repetições; cada parcela foi composta por quatro linhas de cinco metros, porém, apenas, as duas linhas centrais foram utilizadas como área útil e as linhas da extremidade foram utilizadas como bordadura. A partir dos dados desses experimentos, foram realizados dois trabalhos, o primeiro trabalho foi sobre a avaliação agrônômica desses híbridos e o outro foi sobre a estabilidade e adaptabilidade para a característica rendimento de grãos. No primeiro trabalho, foram avaliadas as características altura de plantas, quantidade de dias entre a semeadura e o florescimento e rendimento de grãos. Pelos resultados, observou-se que a altura foi limitante, apenas, para a cultivar 1G282 e o híbrido 0307689; devido ao porte elevado desses genótipos, deve-se ter cautela no cultivo desses híbridos em locais com alta incidência de ventos fortes. Nenhum outro híbrido apresentou altura, estatisticamente, superior a 150 cm que é o limite máximo preconizado para uma cultivar de sorgo granífero. Para a avaliação da quantidade de dias entre a semeadura e o florescimento, o ideal é que o híbrido seja precoce; com isso, os híbridos 0307671, 0307421, 0307063 e 0307689 se destacaram por apresentar florescimento precoce; vale ressaltar que o 0307689 se mostrou precoce mesmo apresentando elevado porte. Os híbridos 0307091 e 0307095, juntamente com as cultivares comerciais, foram tardios ao florescimento. Entretanto, a quantidade requerida para o florescimento foi aceitável para todos os híbridos, sendo considerada pequena a diferença entre o mais precoce e o mais tardio em todos os ensaios. Quanto ao rendimento de grãos, as cultivares

1G282 e BRS 308 se destacaram, todavia, também, pode ser destacado o rendimento dos híbridos 0307131, 0307651 e 0307071 em Teresina e do híbrido 0009061 a nível geral. No trabalho sobre estabilidade e adaptabilidade, foram avaliados os métodos Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988), AMMI (Zobel et al, 1988) e Purchase et al. (2000) como alternativas para contornar a dificuldade para a seleção causada com a interação entre genótipo e ambiente. Nesse trabalho, foi analisado o resultado obtido com cada método e a comparação entre os resultados. O método de Wricke (1965) e Purchase et al. (2000) apresentaram resultados semelhantes, ambos se baseiam no desdobramento da soma dos quadrados da interação, porém o último apresenta vantagens estatísticas. Os outros métodos foram complementares aos métodos de Wricke (1965) e Purchase et al. (2000). O método proposto por Lin e Binns (1988) apresentou resultados de fácil interpretação, pois, por meio de um único índice, é possível selecionar indivíduos promissores, sem ter que avaliar a média simultaneamente, como é o caso dos outros métodos, porém esse método não foi eficaz para identificar indivíduos com adaptabilidade específica. Em geral, os híbridos estáveis, com indicativo de adaptabilidade geral, apresentaram médias baixas para a produção de grãos. Porém, o híbrido 0009061 apresentou médias elevadas, sendo o terceiro mais produtivo e, também, mostrou-se estável com indicativo de adaptabilidade geral. Com o método AMMI associado à análise das médias de rendimento de grãos, indicou-se que a cultivar 1G282 apresentou resultados interessantes para Guaiá, Sete Lagoas e Vilhena, e os híbridos 0307087 e 0307091 para a região sudoeste de Goiás, porém, como nos experimentos conduzidos, nessa região, não foi mensurada a média de florescimento, a indicação do híbrido 0307091, para essa região, deve ser cautelosa, uma vez que esse genótipo apresentou florescimento tardio nos outros experimentos. Com o modelo de regressão de Eberhart e Russell (1966), observou-se uma tendência de os híbridos mais produtivos serem adaptados aos ambientes desfavoráveis. Esse método, também, apresentou resultados interessantes, quando associado ao método AMMI, para a explicação dos híbridos 0307071, 0307131, 0307511 e 0307651, que foram estáveis com indicativo de adaptabilidade em ambientes favoráveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agritempo. [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br) em 10/12/2011.
- Albuquerque, C.J.B., Von Pinho, R.G., Rodrigues, J.A.S., Brant, R.S., Mendes, M.C. (2011) Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. *Bragantia*, São Paulo, 70:278-285.
- Allard, R.W., Bradshaw, A.D. (1964) Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, 4(2):503-507.
- Almeida Filho, J.E., Tardin, F.D., Souza, S.A., Godinho, V.P.C., Cardoso, M.J. (2010) Desempenho agronômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 9:51-64.
- Associação Paulista dos Plantadores de Sementes e Mudanças (APPS) - Evolução da área e produção de sorgo no Brasil: <http://www.apps.agr.br> em 13/01/2012.
- Awika, J.M., Rooney, L.W. (2004) Sorghum phytochemical and their potencial impacto in human health. *Phytochemistry*, 65:1199-1221.
- Barnes, R.D., Burley, J., Gibson, G.L., Leon, J.P.G. (1984) Genotype – environment interaction in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. *Silvae Genetica*, 33(6):186-198.
- Barros, H.B., Sedyjama, T., Teixeira, R.C., Fidelis, R.R., Cruz, C.D., Reis, M.S. (2010) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. *Revista Ceres*, 57:359-366.
- Bastos, I.T., Barbosa, M.H.P., Resende, M.D.V., Peternelli, L.A., Silveira, L.C.I., Donda, L.R., Fortunato, A.A., Costa, P.M.A, Figueiredo, I.C.R. (2007) Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37(4):195-203.

- Becker, H.C. (1981) Correlation among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*. 30(3):835-884.
- Baker, R.J. (1986) *Selection indices in plant breeding*. Boca Raton: CRC Press, 218p.
- Borém, A., Miranda, G.V. (2009) *Melhoramento de Plantas*. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 529p.
- Cabral Filho, S.L.S. (2004) *Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutritivos de ovinos*. Tese (Doutorado em Ciências) - Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo – USP, 88p.
- Carvalho, S.P. (1994) *Métodos Alternativos de Estimação de Coeficientes de Trilha e Índices de Seleção, Sob Multicolinearidade*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 163p.
- Carvalho, S.P., Cruz, C.D. (1996) Diagnosis of multicollinearity: assessment of the condition of correlation matrices used in genetic studies. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 19(3):479-484.
- Cargnelutti Filho, A., Perecin, D., Malheiros, E.B., Guadagnin, J.P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, São Paulo, 66:571-578.
- Chaves, L.J. (2001) Interação de genótipos com ambientes. In: Nass, L.L., Valois, A.C.C, Melo, I.S., Valadares-Inglis, M.C. (org). *Recursos Genéticos e Melhoramento - Plantas*. Rondonópolis: Fundação MT, p. 673-713.
- Coelho, I.L., Lopes, M.J.S., Neves, H.K.B., Lobato, A.K.S., Oliveira Neto, C.F., Costa, R.C.L. (2008) Acúmulo de biomassa em plantas de sorgo submetidas à deficiência hídrica. *Anais da 60ª Reunião Anual da SBPC UNICAMP*, Campinas: UNICAMP. <http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos/R1259-1.html> em 27/10/2008.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) - Conjuntura mensal: Sorgo em julho de 2010. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=526&t=2> em 23/11/2012.
- Comstock, R.E. (1996) *Quantitative genetics with special reference to plant and animal breeding*. Ames: Iowa State University Press, 421p.
- Crossa, J. (1990) Statistical analysis of multilocations trials. *Advances in Agronomy*, 44:55-85.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S. (2006) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. Viçosa: Editora UFV, 585p.
- Cruz, C.D., Castoldil, F.L. (1991) Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, 38(219): 422-430.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., (1997) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. 2. ed. Viçosa: Editora Viçosa, 480p.

- Dicko, M.H., Gruppen, H., Traoré, A.S., Voragen, A.J., Berkel, W. (2006) Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, 5(5):384-395.
- Duarte, J.B., Vencovsky, R. (1999) *Interação Genótipos x Ambientes: uma introdução à análise AMMI*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 60p.
- Duarte, J.O. (2010) Cultivo do sorgo: Mercado e comercialização. In: Sistemas de produção 2. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/mercado.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/mercado.htm) em 13/09/2010.
- Durães, F.O.M., Gama, E.E.G., Santos, F.G., Guimarães, C.M., Ribeiro Junior, W.Q., Trindade, M.G., Gomide, R.L., Albuquerque, P.E.P. (2004) *Fenotipagem para tolerância a seca: protocolos e características específicas visando o melhoramento genético de cereais*. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Circular técnica nº 54. 16p.
- Durães, F.O.M., Santos, M.X., Gama, E.E.G., Magalhães, P.C., Albuquerque, P.E.P., Guimarães, C.T. (2004) *Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores*. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Circular técnica nº 39. 18p.
- Elston, R.C. (1963) A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics*, Tucson, 19:85-97.
- Embrapa Milho e Sorgo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (2010) Sistemas de produção 2. 6. ed. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm) em 24/01/2011.
- Fehr, W.R. (1987) *Principles of cultivar development*. New York: Macmillan, 525p.
- Felipe, C.R.P., Duarte, J.B., Camarano, L.F. (2010) Estratificação ambiental para avaliação e recomendação de variedades de milho no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40:186-199.
- Ferreira, D.F. (2008) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, 6:36-41.
- Fornasieri Filho, D., Fornasieri, J.L. (2009) *Manual da Cultura do Sorgo*. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 202p.
- Garcia, A.A.F. (1998) *Índice para a seleção de cultivares*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - ESALQ, 112p.
- Garcia, A.A.F., Souza Junior, C.L. (1999) Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia*, Campinas, 58(2):253-267.

- Garcia, R.G., Mendes, A.A., Costa, C., Paz, I.C.L.A., Takahashi, S.E., Pelícia, K.P., Komiyama, C.M., Quinteiro R.R. (2005) Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 57:634-643.
- Garbuglio, D.D., Gerage, A.C., Araújo, P.M., Fonseca Junior, N.Si., Shioga, P.S. (2007) Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:183-191.
- Gauch Júnior, H.G. (1992) Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. *Elsevier Science Publishers*, New York, 278p.
- Gauch Júnior, H.G., Zobel, R.W. (1997) Identifying Mega-Environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37:311-326.
- Gobesso, A.A.O., D'auria, E., Prezotto, L.D., Renno, F.P. (2008) Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para eqüinos. *R. Bras. Zootec.* 37(11):2011-2016.
- Goes, R.J., Rodrigues, R.A.F., Arf, O., Arruda, O.G., Vilela, R.G. (2011) Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no sorgo granífero na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10:121-129.
- Google (2006) Programa Google Earth.
- Gonçalves, G.M. (2009) *Adaptabilidade e estabilidade em cana-de-açúcar por algoritmos de regressão, estatística pi e modelagem mista*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 74p.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Baltimore, 28:476-490.
- Heckler, J.C. (2002) Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 32(3):517-520.
- Helgadóttir, A., Kristjánisdóttir, T.A. (1991) Simple approach to the analysis of G x E interactions in a multilocational spaced plant trial with timothy. *Euphytica*, Wageningen, 54:65-73.
- Hoerl, A.E., Kennard, R.W. (1970a) Ridge regression: biased estimation for nonorthogonal problems. *Technometrics*, 12:55-67.
- Hoerl, A.E., Kennard, R.W. (1970b) Ridge regression: applications to nonorthogonal problems. *Technometrics*, 12:69-82.
- Horner, T.W., Frey, K.J. (1957) Methods for determining natural area for oat varietal recommendations. *Agronomy Journal*, 49(1)313-315.
- Huehn M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: theory. *Euphytica*, 47:189-194.



- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Levantamento sistemático da produção agrícola. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm> em 13/02/2012.
- Larraín, R.E., Schaefer, D.M., ARP, S.C., Claus, J.R., Reed, J.D. (2009) Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: Feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. *J. Anim. Sci.*, 87:2089-2095.
- Larraín, R.E., Richards, M.P, Schaefer, D.M. (2007) Growth performance and muscle oxidation in rats fed increasing amounts of high tannin sorghum. *J. Anim. Sci.*, 85:3276-3284.
- Lavorenti, N.A., Matsouka, S. (2001) Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36(4):653-658.
- Lavoranti, O.J. (2003) *Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem "bootstrap" no modelo AMMI*. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo - ESALQ, 166p.
- Lavoranti, O.J., Lins, A.C., Silva, H.D., Ferreira, C.A. (2004) Modelagem AMMI para estudos de interação em modelos estatísticos de efeitos fixos. Colombo: Embrapa Florestas, Comunicado Técnico nº 124,7p.
- Lima, N.R.C.B. (2009) *Disponibilidade de água e desenvolvimento de plantas de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench.) e braquiária (Brachiaria brizantha (A. Rich) Stapf cv. Marandu) consorciadas*. Tese (Mestrado em agronomia) – Piracicaba – SP, Universidade de São Paulo - USP, 52p.
- Liang, G.H., Heyne, E.G., Walter, T.L. (1966) Estimates of variety x environment interactions in yield testes of three small grains and their significance on the breeding program. *Crop Science*, 6(1):135-139.
- Lima, N.R.C.B., Santos, P.M., Mendonça, F.C., Araújo, L.C. (2011) Critical periods of sorghum and palisadegrass in intercropped cultivation for climatic risk zoning. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 40:1452-1457.
- Lin, C.S. (1982) Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean-square. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, 62:277-280.
- Lin, C.S., Binns, M.R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68:193-198.
- Lopes, M.J.S., Neves, H.K.B., Luz, L.M., Lobato, A.K.S., Oliveira Neto, C.F., Costa, R.C.L. (2008) Produção de grãos em plantas de sorgo submetidas à deficiência hídrica. *Anais da 60ª Reunião Anual da SBPC UNICAMP*, Campinas: UNICAMP. <http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos.html> em 27/10/2008.

- Lopes, S.J., Storck, L., Lúcio, A.D., Lorentz, L.H., Lovato, C., Dias, V.O. (2005) Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 40(6):525-530.
- Mandel, J. (1971) A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics*, Alexandria, 13:1-18.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M. (2003) Tanino no grão de sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 88, 2p.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M. (2003) Ecofisiologia da Produção de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 87, 2p.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M., Rodrigues, J.A.S. (2003) Fisiologia da Planta de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 86, 4p.
- Magalhães, P.C., Durães, F.O.M., Rodrigues, J.A.S. (2009) Cultivo do sorgo: ecofisiologia. In *Sistemas de produção 2*. 5. ed. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm) em 13/09/2010.
- Maia, M.C.C., Resende, M.D.V., Paiva, J.R., Cavalcanti, J.J.V., Barros, L.M. (2009) Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(1):43-50.
- Maranha, F.G.C.B. (2005) *Estratificação ambiental para avaliação de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – ESALQ, 63p.
- Mariguete, K.H., Silva, P.S.L. (2002) Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. *Caatinga*, Mossoró, 15(1/2):13-18.
- Mariotti, J.A., Oyarzabal, E.S., Osa, J.M., Bulacio, A.N.R., Almada, G.H. (1976) Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, Tucuman, 13(1/4):105-127.
- Mauro, A.O.D., Curcioli, V.B., Nóbrega, J.C.M., Banzato, D.A., Sedyama, T. (2000) Correlação entre medidas paramétricas e não-paramétricas de estabilidade em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35:687-696.
- Mekbib, F. (2003) Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica*, 130:147-153.
- Mendonça, O., Pípolo, V.C., Garbuglio, D.D., Fonseca Júnior, N.S. (2007) Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1567-1575.

- Mezzena, A.L. (2002) O papel estratégico do sorgo no abastecimento do mercado de grãos. Palestra apresentada no XXIV Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo, Florianópolis, set. 2002.
- Miranda, G.V., Vieira, C., Cruz, C.D., Araújo, G.A.A. (1997) Comparação de quatro métodos de avaliação da estabilidade fenotípica de cultivares de feijão. *Revista Ceres*, 44(256):627-638.
- Miranda, G.V., Vieira, C., Cruz, C.D., Araújo, G.A.A. (1998) Comparação de Métodos de Avaliação da Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Feijoeiro. *Acta Scientiarum*, Maringá, 20:249-255.
- Moraes, E.A., Queiroz, V.A.V., Martino, H.S.D (2010) Caracterização química e efeitos funcionais do sorgo. Palestra proferida no XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, CD-ROM ABMS Goiânia, GO, Brasil.
- Mohammadi R., Amri, A. (2008) Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, 159:419-432.
- Mulamba, N.N., Mock, J.J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco aize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, Alexandria, 7:40-51.
- Murakami, D.M., Cardoso, A.A., Cruz, C.D., Bizão, N. (2004) Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34:71-78.
- Murakami, D.M., Cruz, C.D. (2004) Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, 4:7-11.
- Mutisya, J., Sun, C., Rosenquist, S., Baguma, Y., Jansson, C. (2009) Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, 166:428-434.
- Nascimento, M., Cruz, C.D., Campana, A.C.M., Tomaz, R.S., Salgado, C.C., Ferreira, R.P. (2009) Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:263-269.
- Oliveira, A.B., Duarte, J.B., Pinheiro, J.B. (2003) Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3):357-364.
- Oliveira, A.B., Gomes Filho, E. (2009) Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(3):48-56.
- Oliveira, G.V., Carneiro, P.C.S., Dias, L.A.S., Carneiro, J.E.S., Cruz, C.D. (2005) Factor analysis in the environment stratification for the evaluation of common bean. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, 5:166-173.
- Oliveira, J.S., Ferreira, R.P., Cruz, C.D., Pereira, A.V., Botrel, M.A., Von Pinho, R.G., Rodrigues, J.A.S., Lopes, F.C.F., Miranda, J.E.C. (2002) Adaptabilidade e

- estabilidade em cultivares de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 31(2):883-889.
- Oliveira, R.L., Von Pinho, R.G., Balestre, M., Ferreira, D.V. (2010) Evaluation of maize hybrids and environmental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 10:247-253.
- Pacheco, R.M. (2004) *Estratificação de ambientes em cerrados do Brasil Central para fins de seleção e recomendação de cultivares de soja*. Goiânia. Tese (Doutorado) – Goiânia – GO, Universidade Federal de Goiás – UFG, 170p.
- Paterniani, E., Miranda Filho, J.B. (1987) Melhoramento de Populações. In: Paterniani, E., Viégas, G.P. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas: Fundação Cargill, p. 0215-0274.
- Peluzio, J.M., Fidelis, R.R., Giongo, P.R., Cardoso, J., Capellar, D., Barros, H.B. (2008). Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. *Scientia Agraria*, 9:455-462.
- Pereira, H.S., Pereira, H.S., Melo, L.C., Faria, L.C., Diaz, J.L.C., Del Peloso, M.J., Wendland, A. (2010). Environmental stratification in Parana and Santa Catarina to evaluate common bean genotypes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 10:132-139.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.
- Plaisted, R.L., Peterson, L.C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *Amer. Potato Jour.*, 36:381-385.
- Purchase, J.L., Hatting, H., Van Deventer, C.S. (2000) Genotype x environment interaction of winter wheat in south Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, 17(3):101–107.
- Queiroz, V.A.V., Vizzotto, M., Carvalho, C.W.P., Martino, H.S.D. (2009) O Sorgo na Alimentação Humana. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Circular técnica nº 133, 19p.
- Queiroz, V.A.V., Carneiro, H.L., Vasconcellos, J.H., Rodrigues, J.A.S. (2008) Análise sensorial de um protótipo de barra de cereais elaborada com pipoca de sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 164, 8p.
- Ramalho, M.A.P., Ferreira, D.F., Oliveira, A.C. (2005) *Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 322p.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J.O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: UFG, 271p.
- Resende, M.D.V. (2002) *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p.

- Resende, M.D.V. (2004) Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. Colombo: Embrapa Florestas, Documento 100, 57p.
- Ribeiro, P.H.E., Ramalho, M.A.P., Ferreira, D.F. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35:2213-2222.
- Rocha, R.B., Abad, J.I.M., Araújo, E.F., Cruz, C.D. (2005) Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 15(3):255-266.
- Roberson, A. (1959) *Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations. Biometrical genetics*. New York: Pergamon Press, 186p.
- Rodrigues, J.A.S. (2010) Sistema de produção: Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. 6 ed. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/index.htm) em 10/02/2011.
- Rosse, L.N., Vencovsky, R., Ferreira, D.F. (2002) Comparação de métodos de regressão para avaliar a estabilidade fenotípica em cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37(1):25-32.
- Rosse, L.N., Vencovsky, R. (2000) Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no estado do Paraná. *Bragantia*, São Paulo, 59(1)99-107.
- Santos, F.G. (2003) Cultivares de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado técnico nº 77, 3p.
- Santos, F.G., Casela, C.R., Waquil, J.M. (2005) Melhoramento de Sorgo. In: Borém, A.(org) *Melhoramento de Espécies Cultivadas*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, p. 429-466.
- Santos, V.S. (2005) *Seleção de pré - cultivares de soja baseada em índices*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – ESALQ, 104p.
- Scapim, C.A., Rodrigues, J.A.S., Cruz, C.D., Gomes, J.A., Braccini, A.L. (1998) Efeitos gênicos, heterose e depressão endogâmica em caracteres de sorgo granífero. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 33(11):1847-1857.
- Scapim, C.A., Oliveira, V.R., Braccini, A.L., Cruz, C.D., Andrade, C.A.B., Vidigal, M.C.G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, 23(2):387-393.
- Scapim, C.A., Pacheco, C.A.P., Amaral Júnior, A.T., Vieira, R.A., Pinto, R.J.B., Conrado, T.V. (2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica*, Wageningen, 174:209-218.
- Scott, A.J, Knott, M. (1974) A cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Washington, 30:507-512.

- Selinger, L.B., Fosberg, C.W., Cheng, K.J. (1996) The rúmen: a unique source of enzymes for enhancing livestock production. *Anaerobe*, 2:263-284.
- Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES). Boletim Informativo do Setor. [http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=72&Itemid=80](http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=80) em 13/09/2010.
- Silva, A.G., Rocha, V.S., Cruz, C.D., Sedyama, T., Pinto, G.H.F. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, 4(1):112-125.
- Silva, A.G., Barros, A.S., Silva, L.H.C.P., Morães, E.B., Pires, R., Teixeira, I.R. (2009) Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39:168-174.
- Silva Filho, J.L., Morello, C.L., Farias, F.J.C., Lamas, F.M., Pedrosa, M.B., Ribeiro, F.L. (2008) Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:349-355.
- Silva, W.C.J., Duarte, J.B. (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(1):23-30.
- Smith, H.F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, London, 7:240-250.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. (1960) *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw -Hill, 481p.
- Tardin, F.D., Rodrigues, J.A.S., Coelho, R.R. (2010) Cultivo do sorgo: Cultivares. In: Sistemas de produção 2. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/cultivares.htm) em 13/09/2010.
- Toler, J.E. (1990) *Patterns of genotypic performance over enviromental arrays*. Clemson. Thesis (PhD.) – Clemson University. 154 p.
- Torres, S.B. (1997) Qualidade fisiológica de sementes de sorgo através o teste de estresse hídrico. *Ciência Rural*, 27(1):31-35.
- United States Department of Agriculture (USDA). Production, Supply and Distribution Online. <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> em 13/09/2010.
- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: SBG. 496p.
- Vilela, F.O., Amaral Júnior, A.T., Gonçalves, L.S.A., Barbé, T.C., Gravina, G.A. (2011) Stability of F7:8 snap bean progenies in the Northern and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. *Horticultura Brasileira*, 29:84-90.
- Wricke, G., Weber, W.E. (1986) *Quantitative genetics and selection in plant breeding*. New York: Walter de Gruyter, 406p.

- Wricke, G., (1965) Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, Berlin, 52(1)127-138.
- Wright, S. (1921) Correlation and causation. *Journal of Agriculture Research*, Washington, 20:557-585.
- Wright, S. (1923) The Theory of Path Coefficients: A reply to Nilés' criticism. *Genetics*, Austin, 8:239-255.
- Yates, F., Cochran, W.G. (1938) The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Scienc*, 28:556- 580.
- Zardo, A.O., Lima, G.J.M.M. (1999) Alimentos para suínos. Boletim informativo BIPERS, 60p
- Silva, A.G., Barros, A.S., Silva, L.H.C.P., Morães, E.B., Pires, R., Teixeira, I.R. (2009) Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39:168-174.
- Zobel, R.W., Wright, M.J., Gauch Júnior, H.G. (1988) Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80:388-393.