

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

HÉRCULES ARCE

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL**

2014

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

HÉRCULES ARCE
Engenheiro Agrônomo

ORIENTAÇÃO: PROF. DR. MANOEL CARLOS GONÇALVES

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em nível de Doutorado da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

H539a Arce, Hércules.

Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na região central do Brasil. / Hércules Arce – Dourados, MS : UFGD, 2014.

58 f.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

Milho. 2. Análise AMMI. 3. Interação genótipos x ambientes. I.
Título.

CDD – 633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

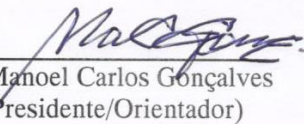
**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA REGIÃO
CENTRAL DO BRASIL**

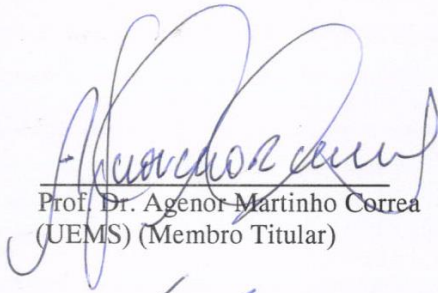
Por


Hércules Arce

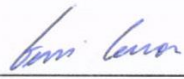
Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

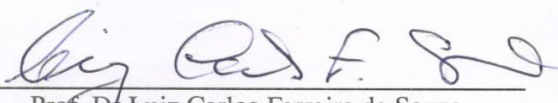
Aprovada em 18/02/2014:


Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves
(UFGD) (Presidente/Orientador)


Prof. Dr. Agenor Martinho Correa
(UEMS) (Membro Titular)


Prof. Dr. Francisco de Assis Rolim Pereira
(UNIDERP/ANHAGUERA)(Membro Titular)


Prof. Dr. Gessi Ceccon
(EMBRAPA/CPAO) (Membro Titular)


Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
(UFGD)(Membro Titular)

OFEREÇO

A Deus, pelo dom da vida.

A meus pais Vergílio Arce e Alcinda Costa Arce (in memorian), pelo exemplo de vida.

A meus irmãos Hélio, Hélia e Helena pelo convívio e amizade.

DEDICO

Á minha companheira Lina de Fátima
e meus Filhos Alessandra, Adriana,
Augusto César, Andressa e Aline
(in memorian)

AGRADECIMENTOS

À Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul – AGRAER e Governo do Estado, pela permissão concedida para participação no curso de doutorado.

À Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, pela oportunidade oferecida e pelo apoio concedido para participação por meio do convênio parceria UFGD/AGRAER.

Ao Professor Dr. Manoel Carlos Gonçalves pela amizade, orientação, apoio, auxílio e ensinamentos transmitidos.

Aos parceiros de campo: Eng. Agr. MSc. Doutorando Rogério Guerino Franchini e Técnico Agrícola Luis Carlos Dainesi, pelo auxílio e apoio na implantação, condução e avaliação de cada experimento no campo.

Às entidades públicas e privadas parceiras produtoras de sementes, ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA Sete Lagoas – MG; Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI/DSMM/AL – Mandurí – SP, pelo fornecimento de material genético.

À FUNDECT – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Dr. Lauro José Moreira Guimarães Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo e todos os parceiros do Ensaio Variedades Centro, pelo fornecimento dos dados regionais.

ORAÇÃO DO MILHO

Senhor nada valho,
Sou a planta humilde dos quintais pequenos
E das lavouras pobres.
Meu grão, perdido por acaso,
Nasce e cresce na terra descuidada.
Ponho folhas e hastes, e se ajudares, Senhor,
Mesmo planta de acaso, solitária,
Dou espigas e devolvo em muitos grãos
O grão perdido inicial, salvo por milagre,
Que a terra fecundou.
Sou a planta primária da lavoura.
Não me pertence a hierarquia tradicional do trigo,
De mim não se faz o alvo pão universal.
O Justo não me consagrou Pão da Vida,
Nem lugar me foi dado nos altares.
Sou apenas o alimento forte dos que trabalham a terra,
Donde não vinga o trigo nobre.
Sou de origem obscura e de ascendência pobre, alimento de
rústico e animais de jugo.
Quando os deuses da Hélade corriam pelos bosques,
Coroados de rosas e de espigas,
E os hebreus iam em longas caravanas
Buscar na terra do Egito o trigo dos faraós,
Quando Rute respigava cantando nas searas de Booz
E Jesus abençoava os trigais maduros,
Eu era a bró nativa das tabas ameríndias.
Fui o anjo pesado e constante do escravo na exaustão do eito.
Sou a broa grosseira e modesta do pequeno sitiante.
Sou a farinha econômica do proletário, sou
A polenta do imigrante e a miga dos que começam
A vida em terra estranha.
Alimento de porcos e da triste mu de carga.
O que me planta não levanta comércio,
Nem vantagem dinheiro.
Sou apenas a fartura generosa e despreocupada dos paióis.
Sou o cocho abastecido donde ruma o gado.
Sou o canto festivo dos galos na glória do dia que amanhece.
Sou o cacarejo alegre das poedeiras à volta dos ninhos.
Sou a pobreza vegetal agradecida a Vós, Senhor,
Que me fizeste necessário e humilde. Sou o milho

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ajuste de regressão do genótipo Y1 BRS 2020	33
Figura 2 – Ajuste de regressão do genótipo Y2 AL Piratininga	33
Figura 3 – Ajuste de regressão do genótipo Y3 BRS Caimbé	34
Figura 4 – Ajuste de regressão do genótipo Y4 Eldorado	34
Figura 5 – Ajuste de regressão do genótipo Y10 Sol da manhã	35
Figura 6 – Biplot da análise AMMI de 11 genótipos em 10 ambientes 2007/09	38
Figura 7 – Ajuste de regressão do genótipo Y1 BRS 1055	46
Figura 8 – Ajuste de regressão do genótipo Y13 AL Avaré	47
Figura 9 – Ajuste de regressão do genótipo Y17 BR 106	47
Figura 10 – Ajuste de regressão do genótipo Y19 BRS Caimbé	48
Figura 11 – Ajuste de regressão do genótipo Y20 BRS 4103	48
Figura 12 – Ajuste de regressão do genótipo Y24 Eldorado	49
Figura 13 – Biplot da análise AMMI de 24 genótipos em 27 ambientes 2010/13	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área, produtividade e produção de milho no MS, no Centro-Oeste e Brasil 2011/13	18
Tabela 2 - Características dos genótipos utilizados nos ensaios de 2007/08 e 2008/09	27
Tabela 3 - Caracterização dos ambientes nos anos correspondentes 2007/08 e 2008/09	28
Tabela 4 - Resumo da análise de variância conjunta dos 11 genótipos em 10 ambientes 2007/09	28
Tabela 5 - Resultados do método de Eberhart e Russel dos ensaios 2007/09	31
Tabela 6 - Médias dos ambientes e índices ambientais dos experimentos 2007/09	32
Tabela 7 - Resumo da análise de variância AMMI dos ensaios 2007/09	35
Tabela 8 - Médias e escores dos componentes principais (IPCA 1 e IPCA 2) ensaios 2007/09	36
Tabela 9 - Características dos genótipos utilizados nos ensaios 2010/13	39
Tabela 10 - Caracterização dos ambientes experimentais nos anos correspondentes 2010/13	40
Tabela 11 - Análise de variância conjunta dos ensaios 2010/13.	41
Tabela 12 - Resultados do método de Eberhart e Russel dos ensaios 2010/13	43
Tabela 13 - Médias dos ambientes e índices ambientais dos experimentos 2010/13	45
Tabela 14 - Resumo da análise de variância AMMI dos ensaios 2010/13	49
Tabela 15 - Médias e escores dos componentes principais (IPCA 1 e IPCA 2) ensaios 2010/13	51

Índice

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUÇÃO	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO - PARTE I	27
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO ANOS AGRÍCOLA 2007/08 E 2008/09	27
CONCLUSÕES	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO - PARTE II.....	39
ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NOS ANOS AGRÍCOLAS 2010/11, 2011/12 E 2012/13.	39
CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL

Hercules Arce

Orientador: Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo, a adaptabilidade e a estabilidade de variedades de milho, originadas dos Ensaio de Variedades da região Centro. A Parte I refere-se ao período 2007/09, no qual foram avaliadas quatro variedades comerciais, seis variedades experimentais e um híbrido duplo como testemunha em dez ambientes. A Parte II refere-se ao período 2010/13, no qual cinco variedades comerciais, dezessete variedades experimentais, um híbrido simples e um híbrido intervarietal, foram avaliados em vinte e sete ambientes. Utilizou-se o delineamento experimental látice simples. O caráter avaliado foi produtividade de grãos. Realizou-se a análise de variância conjunta e verificada a significância da interação genótipos x ambientes, procedeu-se à análise de adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russel e análise AMMI (Efeitos principais aditivos e interação multiplicativa). Concluiu-se que no período 2007/09 A variedade VSL FB 33 mostrou ampla adaptabilidade e estabilidade. As variedades AL Piratininga, BRS Caimbé e Sint. 1X, mostraram adaptabilidade e estabilidade específica para os ambientes: Sete Lagoas B, Sete Lagoas A e Campo Grande, respectivamente. A variedade Eldorado mostrou-se responsiva a melhoria de ambiente favorável, mas de comportamento imprevisível. Para o período 2010/13 concluiu-se que As variedades AL Avaré e Sint. 10707 são produtivas e mostraram ampla adaptabilidade e estabilidade. As variedades, com produtividade de grãos superiores à média, que mostraram adaptabilidade e estabilidade específica para os ambientes, foram: Sint. 10717 para Londrina, Sint. 10731 para Janaúba, Sint. 10699 para Paragominas e Sint. 10697 para Manduri e Goiânia. As variedades Sint. 10771 e 11934, também com produtividade de grãos superiores, mostraram-se responsivas à melhoria ambiental, mas de comportamento imprevisível. A metodologia utilizada permite identificar variedades produtivas e estáveis.

Palavras-chave: *Zea mays*, análise AMMI, interação genótipos x ambientes.

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

Hercules Arce

Adviser: Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive performance, the adaptability and stability of maize varieties originated from the Varieties Center National Trials. In the Part I, 2007/2009 period, Four commercial varieties, six experimental varieties and one double-cross were evaluated in 10 environments. In the Part II, 2010/13 period, five commercial varieties, 17 experimental varieties, One single-cross, and one inter-cross varieties were evaluated in 27 environments. A simple lattice experimental design was used. Grain yield was the evaluated character. Joint analysis of variance were performed and, in case of the presence of genotype x environment interaction the analysis of adaptability and stability was proceeded by applying the Eberhart e Russel and AMMI analysis (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) method. It was concluded that for the period 2007/09 the variety VSL FB 33 showed wide adaptability and stability. The varieties AL Piratininga, BRS Caimbé and Sint. 1 X, showed adaptability and specific stability to the environments: Sete Lagoas B, Sete Lagoas A and Campo Grande , respectively. The variety Eldorado was shown to be responsive to improvement of enabling environment, but of unpredictable behavior. For the period 2010/13 concluded that varieties AL Avaré and Sint. 10707 are productive and showed wide adaptability and stability. The varieties with higher than average grain yields, which had shown adaptability and specific stability to the environments, were: Sint. 10717 to Londrina, Sint. 10731 to Janaúba, Sint. 10699 to Paragominas and Sint. 10697 for Manduri and Goiânia. The varieties Sint. 10771 and 11934, also with superior grain productivity, were responsive to environmental improvement, but of unpredictable behavior. The methodology enables you to identify productive and stable varieties.

Keywords: *Zea mays*, AMMI analysis, genotypes and environments interaction.

INTRODUÇÃO

O milho vem alcançando expressiva expansão de área cultivada na Região Central do Brasil. No entanto, a produtividade média de grãos não tem evoluído apesar da utilização de recursos genéticos de última geração e de tecnologia adequada. A limitação é consequência da semeadura extemporânea, caracterizada como segunda safra, na sequência ao cultivo de primavera-verão de soja. Esta constatação abre uma perspectiva para uso de variedades melhoradas de milho, em razão da maior variabilidade genética destes recursos genéticos, que podem permitir bom desempenho produtivo em condições adversas de cultivo, conforme resultados obtidos pela pesquisa.

Os programas de melhoramento de milho desenvolvidos no Brasil que tiveram início na década de 1930 permitiram que fossem alcançados sucessos substanciais com a obtenção de variedades melhoradas e híbridos superiores às cultivares existentes comercializadas no País (PATERNIANI E MIRANDA FILHO, 1978).

Com a evolução da agricultura e a necessidade de atender as peculiaridades das diferentes regiões produtoras, os melhoristas empenharam-se em trabalhar com populações que por seleção pudessem fornecer cultivares com tipos de plantas de menor porte, maior precocidade, maior eficiência reprodutiva e maior produtividade de grãos. Atualmente, a contribuição de germoplasma de milho tropical, com ou sem introgressão de genes de milhos de região temperada, tem sido notória para o aumento da área cultivada, bem como para incrementar a utilização de cultivares de ciclos precoces ou semiprecoces (GAMA et al.,2000). A importância de germoplasma de base ampla no melhoramento de milho é enfatizada por Sprague (1955), Lonquist (1967) e Hallauer e Miranda Filho (1981).

Na atualidade a Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, MG, Brasil, com seus parceiros de diversas empresas públicas e privadas, anualmente, coordena e conduz, por meio de experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), o Ensaio de Variedades Centro com a finalidade de registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de novas variedades com alto potencial produtivo e boas características agrônomicas. O Ensaio também é útil para verificação de adaptabilidade

e estabilidade de novas variedades, juntamente com as comerciais já disponíveis aos agricultores.

A possibilidade de comparação entre genótipos avaliados em diferentes regiões e níveis tecnológicos permite inferir sobre o potencial produtivo e a adequação de cada cultivar para as condições do agricultor. Desta forma, a divulgação de resultados de testes de produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade é ferramenta importante para subsidiar a escolha de cultivares por parte dos produtores rurais, profissionais que atuam na assistência técnica e na extensão rural.

Nos programas de melhoramento, na fase de seleção e, principalmente, na fase de recomendação, o conhecimento do componente de interação genótipos x ambientes é de grande importância. Porém, somente este componente, não fornece informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada cultivar diante das variações ambientais (CRUZ et al., 2004). Assim as análises de adaptabilidade e de estabilidade tornam-se necessárias para a identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes.

A alteração no desempenho relativo dos genótipos em virtude de diferenças de ambiente denomina-se interação genótipo x ambiente (G x E). Neste conceito entende-se que o ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas e que não são de origem genética (BORÉM E MIRANDA, 2009). No que diz respeito à genética, os genes se expressam em maior ou menor intensidade, ou de formas diferentes, ou seja, os genes que controlam os caracteres de interesse dos pesquisadores e melhoristas tem expressão diferenciada diante das variações ambientais (ALLARD E BRADSHAW, 1964). Portanto, em razão da existência de interação genótipos x ambientes, são necessárias avaliações contínuas, em redes de ensaios, a fim de determinar o comportamento agrônomico dos genótipos e sua adaptação às diferentes condições locais (ARIAS, 1996; SILVA FILHO et al., 2008; VERARDI et al., 2009).

A análise de adaptabilidade e estabilidade se constitui numa das etapas finais de um programa de melhoramento de plantas que visa a indicação de cultivares para ambientes gerais e específicos de cultivo, para isso existem várias metodologias (CARGNELUTTI FILHO, 2007). As diferenças entre os diversos métodos para avaliar

o desempenho genotípico, encontram-se nos parâmetros adotados na avaliação, nos procedimentos biométricos empregados para avaliá-lo, ou na informação ou detalhamento de sua análise (CRUZ et al. 2004), uma vez que todos são fundamentados na presença da interação G x E.

Eberhart e Russel (1966) propuseram um modelo de regressão linear única para se quantificar os níveis de adaptabilidade e estabilidade de determinado conjunto de genótipos, e consideram como ideais genótipos que apresentam alta produtividade média, coeficiente de regressão linear (β_1) igual a 1,0, e desvios da regressão (S^2d), tão pequenos quanto possível. Genótipos com β_1 igual a 1 são de adaptabilidade geral ou ampla, $\beta_1 > 1$ são responsivos a ambientes específicos favoráveis e $\beta_1 < 1$ a ambientes específicos desfavoráveis.

A análise AMMI é uma combinação de métodos univariados (análise de variância) com métodos multivariados (análise de componentes principais e decomposição de valores singulares). A análise combina em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais de genótipos e de ambientes, e componentes multiplicativos para os efeitos da interação (ZOBEL et al., 1988; GAUCH e ZOBEL, 1988; GONÇALVES E FRITSCHÉ-NETO, 2012). O estudo da interação realizado pela Análise de Componentes Principais (ACP), consiste na decomposição da soma de quadrados da interação $SQ(G \times A)$ em eixos ou componentes principais da interação (IPCA's).

Pereira et al. (2009) recomendam a utilização conjunta entre os métodos de Eberhart e Russel e análise AMMI. Silva e Duarte (2006), pois observaram correlação de baixa magnitude entre esses métodos, visto que eles podem se complementar, já que o método de Eberhart e Russel informa o comportamento de cada genótipo de acordo com a melhoria ambiental e a análise AMMI informa sobre a contribuição dos genótipos para a interação genótipos x ambientes.

Na Região Centro-Oeste, por ser cultivado no final e após o verão, o milho 2ª safra normalmente é afetado pelo regime de chuvas, por limitações de radiação solar e de temperatura na fase final do ciclo. Estas condições de cultivo extemporâneo redundam em limitadas médias de produtividade de grão, como consta na série histórica de 2ª safra da CONAB (2013) no período de 2008/09 a 2012/13: A mais alta

produtividade média da região foi de 5.583 kg ha⁻¹, na safra 2011/12, e a mais baixa de 4.002 kg ha⁻¹, na safra 2010/11. Para Mato Grosso do Sul, especificamente, a mais alta produtividade média de grãos foi de 5.100 kg ha⁻¹, na safra 2011/12, e a mais baixa 2.120 kg ha⁻¹, na safra 2008/09.

Segundo Céleres (2013), no Brasil, na safra 2011/12 foram cultivados 10,7 milhões de hectares com híbridos transgênicos, 62,28% da área total. Na safra 2012/13 a área de adoção dessa tecnologia alcançou 12,4 milhões de hectares, 78,13% do total. Ainda segundo o autor, estima-se para a safra 2013/14, considerando a área total a ser cultivada, que a adoção de biotecnologia para o cereal totalizará 81,4% ou 12,9 milhões de hectares. Especificamente para Mato Grosso do Sul, Céleres (2013), prevê para a 2ª safra 2013/14 o cultivo de 1,29 milhões de hectares com híbridos transgênicos, ou seja, 89,58% da área total. Para a Região Centro-Oeste estima-se 90,82% de adoção da tecnologia com área semeada de 5,34 milhões de hectares, fato que evidencia a utilização de genótipos de última geração para o cultivo na 2ª safra na Região Central do País.

Richetti (2012) estudou a viabilidade econômica da cultura do milho 2ª safra 2013, em Mato Grosso do Sul, considerando quatro sistemas de produção, conforme as especificações: I- Milho 2ª safra convencional em cultivo solteiro; II- Milho 2ª safra convencional consorciado com braquiária; III- Milho 2ª safra transgênico (Bt) consorciado com braquiária e IV- Milho 2ª safra transgênico (Bt+RR) em cultivo solteiro. Nos custos dos insumos utilizados no processo produtivo o custo da semente convencional representou 18,7% e o custo dos inseticidas, 4,5% do total. Quando se considerou a semente transgênica, esta apresentou o maior impacto na planilha de custo, correspondendo a 26,3% do total e os inseticidas apenas 1,3%.

Considerando que as cultivares de milho variedades, além de terem menor custo, possuem também, de acordo com Fidelis et al. (2007), rusticidade, resistência às doenças, tolerância às pragas, boa qualidade fisiológica de sementes, estabilidade produtiva e eficiência no uso de nutrientes, devido a ampla base genética. Postula-se a hipótese de que as variedades melhoradas comerciais disponíveis e experimentais em vias de lançamento são viáveis, nas condições de 2ª safra, técnica e economicamente, para uso dos agricultores na Região Central do País. É o que se pretende demonstrar,

com a avaliação de resultados de pesquisa, dos Ensaio Variedades Centro, nos períodos 2007/2009 e 2010/2013.

O objetivo deste trabalho foi avaliar com o método de Eberhart e Russel e análise AMMI o desempenho produtivo, adaptabilidade e estabilidade de 11 genótipos em 10 ambientes, nos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09 e de 24 genótipos em 27 ambientes, nos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13, todos dos Ensaio de Variedades Centro.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção brasileira de milho (*Zea mays* L.) tem participação destacada no agronegócio mundial, tornando o País o terceiro maior produtor global. Recentemente obteve recordes apreciáveis, tais como: recorde na produção total, superando 80 milhões de toneladas; recorde na produção de milho 2ª safra, superando 45 milhões de toneladas, ultrapassando pelo segundo ano consecutivo, a produção de primavera-verão, 1ª safra (Tabela 1); Recorde na exportação ao atingir 19,8 milhões de toneladas, tornando o País o segundo maior exportador mundial (CONAB, 2013).

TABELA 1- Área, produtividade e produção de milho, no Mato Grosso do Sul, Região Centro-Oeste e Brasil, nas duas safras dos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13.

Especificação	Área (Mil ha)	2011/12	1ª Safra	Área (Mil ha)	2012/13	Produção (1.000 t)
		Produt. (Kg ha ⁻¹)	Produção (1.000 t)		Produt. (Kg ha ⁻¹)	
1ª Safra						
Brasil	7.558,5	4.481	33.867,1	6.902,7	5.087	35.111,9
Centro-Oeste	743,6	7.697	5.723,2	565,8	7.663	4.335,8
MS	68,2	6.729	458,9	48,0	7.700	369,6
2ª Safra						
Brasil	7.619,0	5.133	39.112,7	8.963,7	5.036	45.141,4
Centro-Oeste	4.548,2	5.583	25.393,1	5.576,3	5.344	29.801,9
MS	1.199,5	5.100	6.117,5	1.431,0	4.600	6.582,0
Total						
Brasil	17.178	4.808	72.979,5	15.866	5.058	80.253,4
Centro-Oeste	5.291,8	5.880	31.116,3	6.142,1	5.558	34.137,6
MS	1.267,7	5.188	6.576,4	1.479,0	4.701	6.952,2

Fonte: CONAB, levantamento agosto 2013.

Na Região Central do País, o milho é cultivado no período denominado 2ª safra, que corresponde ao final do verão, outono e início do inverno em quase sua totalidade de área. As produtividades médias obtidas correspondem a 60% das equivalentes dos cultivos normais de 1ª safra, dependendo das condições climáticas de cada ano. Nestas condições adversas, os genótipos que possuem maior variabilidade genética podem expressar capacidade mais ampla de adaptabilidade e estabilidade. Neste particular, as variedades de milho tornam-se alternativas viáveis, técnica e economicamente para os agricultores dessa Região.

O Ensaio de Variedades Centro é coordenado pela Embrapa Milho e Sorgo, conduzido anualmente por ela e parceiros para fins de registro de novas variedades com alto potencial produtivo e características agronômicas desejáveis. O Ensaio de Variedades avalia, também, adaptabilidade e estabilidade dos novos genótipos, juntamente com as cultivares comerciais já disponíveis aos agricultores.

Na fase de seleção e, principalmente, na fase de recomendação de cultivares, o conhecimento do componente de interação genótipo x ambiente é de grande importância. Por isto as análises de adaptabilidade e de estabilidade tornam-se necessárias para a identificação e recomendação de genótipos superiores em diferentes ambientes.

A alteração no desempenho relativo dos genótipos em virtude de diferenças de ambiente denomina-se interação genótipo x ambiente (G x E). Neste conceito entende-se que o ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas e que não são de origem genética (BORÉM E MIRANDA, 2009). No que diz respeito à genética, os genes se expressam em maior ou menor intensidade, ou de formas diferentes, ou seja, os genes que controlam os caracteres de interesse tem expressão diferenciada diante das variações ambientais (ALLARD E BRADSHAW, 1964).

Existem duas situações que caracterizam os tipos de interação G x E: Ausência de interação, quando a mudança de ambiente afeta igualmente o desempenho dos genótipos, sendo mantida constante a distância entre eles; A interação simples (quantitativa) quando a posição relativa dos genótipos não é alterada com a mudança de ambiente e a Interação complexa (qualitativa) quando a falta de correlação entre o

desempenho dos genótipos causa alteração na classificação destes, nos vários ambientes (ALLARD E BRADSHAW, 1964).

Considera-se a interação G x E, antes um benefício que um problema para o melhoramento de plantas e conservação de recursos genéticos, pois sem ela a diversidade genética seria drasticamente reduzida e a segurança alimentar ficaria extremamente vulnerável à ocorrência de estresses bióticos e abióticos.

A obtenção de informações por meio da pesquisa tem sido decisiva para dar suporte tecnológico ao desenvolvimento das culturas alimentares, garantindo melhores produtividades de grãos e retornos econômicos competitivos. Entre as várias tecnologias desenvolvidas para um cultivo, a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção. Diante da existência de interação G x E, são necessárias avaliações contínuas, em redes de ensaios, a fim de determinar o comportamento agrônomo dos genótipos e sua adaptação às diferentes condições locais (ARIAS, 1996; SILVA FILHO et al., 2008; VERARDI et al. 2009).

Atualmente, a avaliação e seleção de variedades de milho de várias empresas e instituições públicas, estão sendo realizadas por meio da Rede Nacional de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Milho, Coordenada pela EMBRAPA Milho e Sorgo e conduzida por instituições públicas e privadas. Os ensaios têm sido instalados em diferentes locais das regiões Centro – Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul do País.

A seleção de genótipos de milho nos ensaios da rede é normalmente, fundamentada nas médias gerais de produtividade de grãos obtidas nos diferentes ambientes (locais e anos) de teste. Entretanto, a consideração de médias em ambientes favoráveis e desfavoráveis pode evidenciar os genótipos com adaptação específica a cada tipo de ambiente, ou a ambos. Esse fato pode ser verificado, também, em outros estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos (RAMALHO, 1993; CRUZ E REGAZZI, 1994; ARIAS, 1996; LOPES et al., 2001; GRUNVALD et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2010).

Com a evolução da agricultura e o direcionamento para atender também as peculiaridades das diferentes regiões produtoras de milho, os melhoristas se veem empenhados em trabalhar com populações que por seleção possam fornecer cultivares com tipos de plantas de menor porte, maior precocidade, maior eficiência reprodutiva e

maior produtividade de grãos. Atualmente, a contribuição de germoplasma de milho tropical, com ou sem introgressão de genes de milhos de região temperada, tem sido notória para o aumento da área plantada, bem como para incrementar a aceitação dessas cultivares de ciclo precoce ou semi-precozes, para cultivo no País (GAMA et al. 2000). A importância de germoplasma de base ampla no melhoramento de milho é enfatizada por Sprague (1955), Lonquist (1967) e Hallauer e Miranda Filho (1981).

A análise de adaptabilidade e estabilidade se constitui numa das etapas finais de um programa de melhoramento de plantas que tem por objetivo a indicação de cultivares para ambientes gerais e específicos de cultivo, para isso existem várias metodologias (CARGNELUTTI FILHO, 2007). As diferenças entre os diversos métodos para se avaliar o desempenho genotípico encontram-se nos parâmetros adotados na avaliação, nos procedimentos biométricos empregados para avaliá-lo, ou na informação ou detalhamento de sua análise (CRUZ et al. 2004), uma vez que todos são fundamentados na existência da interação G x E.

Mariotti et al., (1976) definiram adaptabilidade como a capacidade de os genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, e estabilidade refere-se a capacidade de os genótipos apresentarem comportamento previsível de acordo com variações ambientais. Este último conceito é definido por Moraes (1980) como estabilidade de comportamento e não fenotípica, e é o que interessa ao melhorista, uma vez que está associado ao conceito de adaptabilidade, ou seja, a estabilidade de um dado genótipo determina, também, a confiabilidade nos parâmetros estimados de adaptabilidade.

Eberhart e Russel (1966) propuseram um modelo de regressão linear única para se quantificar os níveis de adaptabilidade e estabilidade de determinado conjunto de genótipos, e consideram como ideais genótipos que apresentam alta produtividade média, coeficiente de regressão linear (β_1) igual a 1,0, e desvios da regressão (S^2d), tão pequenos quanto possível. Genótipos com β_1 igual a 1 são de adaptabilidade geral ou ampla, $\beta_1 > 1$ são responsivos a ambientes específicos favoráveis e $\beta_1 < 1$ a ambientes específicos desfavoráveis.

Outros modelos, fundamentados em metodologias de regressão bissegmentada não linear (TOLER, 1990) e linear (SILVA E BARRETO, 1985; CRUZ

et al. 1989), vem sendo amplamente utilizados tanto para milho, como para soja (PRADO et al., 2001; CARVALHO et al., 2002; HAMAWAKI E SANTOS, 2003; OLIVEIRA et al., 2004; SILVA E DUARTE, 2006; GARBUGLIO et al., 2007). Nesses modelos, a técnica consiste na formação de subgrupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, onde os índices ambientais (I_j) que os definem apresentam valores positivos ou negativos, respectivamente (CRUZ et al., 2004).

A análise AMMI é uma combinação de métodos univariados (análise de variância) com métodos multivariados (análise de componentes principais e decomposição de valores singulares). A análise combina em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais de genótipos e de ambientes, e componentes multiplicativos para os efeitos da interação (ZOBEL et al., 1988; GAUCH E ZOBEL, 1988; GONÇALVES E FRITSCHÉ-NETO, 2012). O estudo da interação realizado pela Análise de Componentes Principais (ACP), consiste na decomposição da soma de quadrados da interação SQ ($G \times A$) em eixos ou componentes principais da interação (IPCA's).

Pereira et al. (2009) recomendam a utilização conjunta entre os métodos de Eberhart e Russel, Cruz et al. e o modelo AMMI. Silva e Duarte (2006) pois observaram correlação de baixa magnitude entre esses métodos, visto que eles podem se complementar, já que o método de Eberhart e Russel informa o comportamento de cada genótipo de acordo com a melhoria ambiental e o método AMMI informa sobre a contribuição dos genótipos para a interação genótipos x ambientes.

Apesar da importância de estudos de adaptabilidade e estabilidade, o critério de recomendação de genótipos pode basear-se apenas na produtividade média de grãos obtida nos ambientes testados. Essa estratégia tem sido utilizada intensamente nos programas de melhoramento no Mato Grosso do Sul. Contudo a indicação generalizada, sem considerar a existência de ambientes favoráveis e desfavoráveis pode beneficiar ou prejudicar os genótipos com adaptação específica a esses ambientes (CARNEIRO, 1998).

Pereira et al. (2009) indicam a utilização do método de Eberhart e Russel em conjunto com Lin e Binns (1988) e Lin e Binns modificado por Carneiro (1998), visto que não há correlação entre eles. O método de Lin e Binns modificado é indicado

para utilização isolada, pois é de uso simples, permite a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis com a indicação dos genótipos mais estáveis e adaptados entre os mais produtivos.

Nascimento Filho et al. (2009) concluíram que o método não paramétrico de Lin e Binns modificado por Carneiro, apresenta resultados satisfatórios e maior facilidade de interpretação, além de discriminar melhor os materiais genéticos quanto ao desempenho, tanto em ambientes favoráveis, quanto em desfavoráveis.

Os modelos multiplicativos (ou lineares-bilineares) AMMI (Modelo de Efeitos Principais Aditivos e Interação Multiplicativa) e SREG (Sites Regression) são comumente utilizados para analisar experimentos multiambientais e interpretar a interação genótipo x ambiente. O biplot GE é a representação num único gráfico dos efeitos da interação de cada genótipo e cada ambiente a partir do modelo AMMI. O biplot GGE refere-se ao efeito principal do genótipo (G) mais a interação genótipo com ambiente (GE), que são as duas fontes de variação do modelo SREG (GONÇALVES E FRITSCHÉ-NETO, 2012).

Yan et al. (2007) compararam análises AMMI e GGE Biplot. Eles concluíram que ambas as análises GGE Biplot e AMMI funcionam melhor combinadas ao invés de separadas na análise de mega-ambientes e na avaliação de genótipos. O Biplot GGE foi superior ao gráfico AMMI em análise de mega-ambiente e avaliação de genótipos, pois explicou $G + G \times E$ eficazmente mantendo a propriedade de produto interno do biplot. O poder de discriminação versus a visualização da representatividade do Biplot GGE, foi mais eficaz na avaliação dos ambientes de teste, o que não foi possível com a análise AMMI.

Gauch Júnior et al. (2008) revisaram as análises AMMI e GGE, concluindo que o mega-ambiente do gráfico AMMI incorporou mais do efeito principal do genótipo e captou mais da interação $G \times E$ do que o gráfico do GGE Biplot e, assim, mostrou "quem-venceu-onde", com maior precisão para um conjunto de dados complexos. Quando a interação $G \times E$ é bem captada por um componente principal, o gráfico AMMI descreve melhor os genótipos vencedores, com seus rendimentos nominais, assim como as respostas de adaptabilidade de forma mais simples e clara do que o Biplot GGE.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho realizado foi organizado em duas partes: Na parte I, relata-se os resultados dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2007/08 (ano 1) e 2008/09 (ano 2), em cinco localidades, cuja combinação respectiva de anos e locais geraram 10 ambientes, onde foram avaliados 11 genótipos cultivados em 7 ambientes de 1ª safra e 3 de 2ª safra.

Na parte II, relata-se os resultados dos ensaios conduzidos nos anos agrícolas 2010/11 (ano 1), 2011/12 (ano 2) e 2012/13 (ano 3), em nove localidades, cuja combinação respectiva de anos e locais geraram 27 ambientes, onde foram avaliados 24 genótipos cultivados em 21 ambientes de 1ª safra e 6 de 2ª safra.

Nos Ensaios de Variedades utilizou-se o delineamento experimental em látice com duas repetições, sendo as parcelas formadas por duas linhas de 4 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m. Os resultados dos experimentos expressaram as diferentes condições de clima, solo e manejo cultural, em ambientes de 1ª e 2ª safra dos anos agrícolas avaliados.

Para o caráter produtividade de grãos a 13% de umidade, foi realizada análise de variância conjunta e o modelo estatístico adotado foi o fatorial simples envolvendo genótipos x ambientes, considerando-se os efeitos de genótipo como fixos e as interações com ambientes como aleatórios.

$$\text{Modelo : } Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} : observação do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente no k -ésimo bloco;

μ : média geral;

G_i : efeito fixo do genótipo do i -ésimo genótipo;

A_j : efeito aleatório do j -ésimo ambiente;

B/A_{jk} : efeito aleatório do m -ésimo bloco dentro de cada ambiente;

GA_{ij} : efeito aleatório da interação entre o i -ésimo genótipo e o j -ésimo ambiente;

E_{ijk} : erro aleatório experimental médio associado à observação Y_{ijk}

Antes da realização da análise conjunta, foram feitas as análises de variâncias individuais, para testar a homogeneidade das variâncias residuais entre ambientes. Aplicou-se o teste conforme Pimentel-Gomes (1990) e constatou-se que as razões entre os maiores e os menores quadrados médios estiveram abaixo de 7, comprovando a homogeneidade.

Para discriminar as médias de produtividade dos genótipos, foi aplicado o teste de agrupamento de média proposto por Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Uma vez constatada a interação genótipo x ambientes pelo teste F significativo, procedeu-se a análise de adaptabilidade e estabilidade, pela metodologia de Eberhart e Russel (1966), na qual as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade foram calculadas de acordo com o Modelo $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 I_j + d_{ij} + E_{ij}$. Em seguida pela metodologia AMMI (ZOBEL et al., 1988) que considera os efeitos de genótipos e ambientes como aditivos e a interação GxE como multiplicativa, por meio da análise dos componentes principais (ACP), com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \lambda_{ik} \alpha_{jk} + r_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} é a produtividade média do genótipo i , no ambiente j ; μ é a produtividade média geral; g_i é o efeito do genótipo i ; a_j é o efeito do ambiente j ; λ_k é o k -ésimo autovalor do eixo da ACP; λ_{ik} é o autovetor do i -ésimo genótipo, no eixo k da ACP; α_{jk} é o autovetor do j -ésimo ambiente, no eixo k da ACP; r_{ij} é o desvio da interação não explicada pelos componentes principais, retidos (porção ruído); n é o número de eixos principais retidos para descrever o padrão da interação G x E; e ε_{ij} é o erro experimental médio associado à observação. Para a definição do número de eixos testados, adotou-se o critério de Gauch e Zobel (1988), qual seja, a soma dos quadrados da interação ($SQ_{G \times E}$) até o n -ésimo eixo.

As análises de variância conjunta e da metodologia Eberhart e Russel foram feitas usando o programa GENES (CRUZ, 2006) e a análise de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia AMMI foi feita usando o Programa SAS System Log 9.0 (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - PARTE I

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO ANOS AGRÍCOLA 2007/08 E 2008/09

TABELA 2 - Características dos genótipos utilizados nos ensaios de 2007/08 e 2008/09.

Nº Trat	Genótipos	Tipo	Estágio	Ciclo	Instituição
01	BRS 2020	HD	Comercial	Precoce	Embrapa MS
02	Al Piratininga	V	Comercial	Precoce	DSMM/CATI
03	BRS Caimbé	V	Comercial	Precoce	Embrapa MS
04	Eldorado	V	Comercial	Precoce	Embrapa CRD
05	VSL FB 33	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
06	Sint. 1X	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
07	MC 20	V	Experimental	Precoce	Embrapa CRD
08	Sint. 256 L	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
09	UFV 8	V	Experimental	Precoce	UFV
10	Sol da manhã	V	Comercial	Precoce	Embrapa MS
11	Sint. RxS Spod	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS

Significados siglas: Trat=tratamento; HD=Híbrido duplo; V=Variedade; sint.=sintética; MS= Milho e sorgo; CRD=Cerrados; UFV=Universidade Federal de Viçosa; DSMM= Departamento de sementes e mudas; CATI=Coordenação de assistência técnica integral.

Os resultados dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2007/08 (ano 1) e 2008/09 (ano 2), em cinco localidades, geraram por combinação respectiva de anos e locais 10 ambientes, que estão descritos com as respectivas coordenadas geográficas na Tabela 3.

TABELA 3 – Caracterização dos ambientes experimentais nos anos correspondentes 2007/08 e 2008/09.

Ambientes (Nº)	Anos (Nº) respectivos	Locais (Nº)	Latitude	Longitude	Época cultivo
1 e 6	1 e 2	Sete Lagoas A, MG – 1	19°28'S	44°14'W	1ª safra
2 e 7	1 e 2	Sete Lagoas B, MG – 2	19°28'S	44°14'W	1ª safra
3 e 8	1 e 2	Planaltina, DF – 3	15°37'S	47°40'W	1ª safra
4 e 9	1 e 2	Campo Grande, MS – 4	20°26'S	54°38'W	2ª safra
5	1	Dourados, MS - 5	22°13'S	54°48'W	1ª safra
10	2	Dourados, MS - 5	22°13'S	54°48'W	2ª safra

Significado siglas: Sete Lagoas A = Alta adubação; Sete Lagoas B = Baixa adubação.

Na análise de variância conjunta univariada foram detectadas diferenças significativas para as fontes de variação genótipos, ambientes e para a interação genótipos x ambientes (Tabela 4). A significância observada deveu-se, para o caso dos genótipos, à divergência genética em razão das linhagens e métodos de seleção de cada instituição detentora. Quanto a ambientes e a interação GxE deveu-se a diversidade de condições edafoclimáticas, de manejo cultural e épocas de plantio nos 10 ambientes.

TABELA 4- Resumo da análise de variância conjunta (Fatorial simples) dos 11 genótipos nos 10 ambientes dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Genótipos	10	81307659,51	8130765,95	6,5507	0,0
Ambientes	9	857000382,88	9522264,76	129,785	0,0
Gen x Amb.	90	111708443,63	1241204,93	2,24907	0,00005
Resíduo	100	55187586,68	551875,87		
Total	209	1112540996,16			
Média		5.089,96			
CV (%)		14,59			

Segundo Allard e Bradshaw (1964) o conceito de adaptabilidade deve ser entendido como a capacidade do genótipo responder à melhoria das condições ambientais e a estabilidade pode ser conceituada como previsibilidade de comportamento do genótipo.

Na análise de regressão feita para cada genótipo, na metodologia de Eberhart e Russel (1966), adaptabilidade e estabilidade são interpretadas com base nas magnitudes das estimativas do coeficiente de regressão β_1 e do desvio de regressão S^2d , onde: $\beta_1 > 0$ genótipo responde à melhoria do ambiente; $\beta_1 < 1$ o genótipo é responsivo à melhoria em ambientes desfavoráveis; $\beta_1 > 1$ o genótipo é responsivo à melhoria em ambientes favoráveis; $\beta_1 = 1$ o genótipo demonstra ampla adaptabilidade; $\beta_1 = 0$ genótipo não responde à melhoria do ambiente; S^2d alta e significativa, genótipo de comportamento imprevisível; $S^2d = 0$ (ns), genótipo de comportamento previsível.

Da Tabela 5, destacam-se cinco variedades que tiveram produtividades de grãos superiores à média de 5.089,96 kg ha⁻¹: AL Piratininga (Y2) que mostra adaptabilidade à ambientes favoráveis com $\beta_1 = 1,2960$; BRS Caimbé (Y3) que mostra capacidade da ampla adaptação com $\beta_1 = 1,0609$; Eldorado (Y4) que demonstra adaptação à ambientes favoráveis com $\beta_1 = 1,3227$; VSL FB 33 (Y5) que demonstra potencial de ampla adaptação com $\beta_1 = 0,9426$; Sint. 1X (Y6) que mostra capacidade de adaptação à ambientes específicos desfavoráveis, as quais juntamente com a testemunha BRS 2020 (Y1) que mostra ampla capacidade de adaptação com $\beta_1 = 0,9790$. Destes genótipos somente o Eldorado (Y4) devido a alta e significativa variância do desvio de regressão mostrou-se de comportamento imprevisível quanto a estabilidade de produção. As demais variedades mostraram que, devido a baixa e não significativa variância do desvio de regressão, são de comportamento previsível quanto a estabilidade de produção.

Segundo a CATI (2010), a variedade AL Piratininga vem de uma terceira geração de cultivares de milho variedade, com vantagens consideráveis: maior produtividade de grãos, menor índice de acamamento e ampla adaptabilidade, produzindo na safra normal 7.011 kg ha⁻¹, média de 15 ensaios de milho realizados em 3 anos agrícolas (2007/08, 2008/09 e 2009/10) nos municípios de Manduri, Águas de Santa Bárbara e Votuporanga. Na safrinha produziu 4.800 kg ha⁻¹, média de 10 ensaios

de milho realizados em 3 anos agrícolas (2007/08, 2008/09 e 2009/10) nos municípios de Manduri e Águas de Santa Bárbara. Observa-se que a ampla adaptabilidade da variedade AL Piratininga não se confirmou na presente análise.

Das cinco variedades que apresentaram produtividades de grãos abaixo da média geral, apenas a Sol da manhã (Y10) é comercial, tendo demonstrado ser adaptada à ambientes específicos desfavoráveis e de comportamento previsível. As variedades MC 20 (Y7) e Sint.256 L (Y8), mostraram se de ampla adaptação e devido a baixa e não significativa variância do desvio de regressão são de comportamento previsível quanto a estabilidade de produção. As variedades UFV8 (Y9) adaptada à ambientes específicos desfavoráveis e Sint. RxS Spod (Y11) possivelmente de adaptação ampla mostraram-se de comportamento imprevisível.

Observa-se na Tabela 5 que todos genótipos apresentaram R^2 superior a 80%. Neste nível, o coeficiente de determinação representa a baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões. Esses valores devem ser utilizados como referenciais para que a regressão explique satisfatoriamente o comportamento de um genótipo em função de um ambiente (CRUZ et al., 2004).

A técnica de definição dos índices ambientais consiste na formação de subgrupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, onde os índices ambientais (I_j), que os definem, apresentam valores positivos ou negativos, respectivamente, obtidos pela fórmula ($I_j = \bar{Y}_j - X$), onde (\bar{Y}_j) é a média do ambiente (j) e (X) a média geral (CRUZ et al., 2004).

TABELA 5 – Média de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) estimados dos: coeficiente de regressão (β_1), variância do desvio de regressão (S^2d) e coeficiente de determinação (R^2 %), de 11 genótipos, no período dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09, de acordo com o método de Eberhart e Russel (1966).

Trat.	Genótipos	Média(β_0)		β_1	S^2d	R^2 %
1	BRS 2020	6.060,50	a	0,9790	215154,3923 ^{ns}	90,48
2	AL Piratininga	5.627,45	b	1,2960	-19430,7941 ^{ns}	96,9588
3	BRS Caimbé	5.352,20	b	1,0609	54963,9643 ^{ns}	94,3059
4	Eldorado	5.315,50	b	1,3227	720858,9908 ^{**}	89,5245
5	VSL FB 33	5.245,55	b	0,9426	50793,9273 ^{ns}	92,9874
6	Sint. 1X	5.362,35	b	0,7699	12024,4207 ^{ns}	90,9284
7	MC 20	5.007,80	c	1,0878	67600,034 ^{ns}	94,3728
8	Sint. 256 L	4.943,67	c	1,1134	-123995,1247 ^{ns}	97,5446
9	UFV 8	4.912,64	c	0,7586	365463,356 [*]	81,3737
10	Sol da manhã	3.570,71	e	0,6770	-3897,3136 ^{ns}	89,1345
11	Sint.RxSSpod	4.591,17	d	0,9922	487213,5648 ^{**}	86,2657

Variância $V(\beta_0)$: 27593,7933; Variância $V(\beta_1)$:0,0071; Correlação $r(\beta_0,\beta_1)$:0,5033.

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** Significativo pelo teste F a 1% de Probabilidade, ^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A qualificação em função dos índices (Tabela 6) permite o destaque de sete ambientes favoráveis, onde os locais 6 (Sete Lagoas A 2º ano) e 1 (Sete Lagoas A 1º ano), sobressaem como mega ambiente e ambiente extremamente favorável, em razão das respectivas produtividades médias de 9.097,73 e 6.581,64 kg ha^{-1} . Os locais 2 (Sete Lagoas B), 3 (Planaltina) e 5 (Dourados 1º ano); 7 (sete Lagoas B) e 8 (Planaltina 2º ano), são considerados ambientes favoráveis em razão das médias de produtividades de grãos situarem-se acima de 5.000 kg ha^{-1} .

Três ambientes são considerados desfavoráveis, sobressaindo como extremos os locais: 4 (Campo Grande 1º ano) e 10 (Dourados 2º ano), com as respectivas produtividades de grãos de 2.063,46 e 2.005,42 kg ha^{-1} , caracterizando que

o cultivo ocorreu no período de 2ª safra em condições climáticas desfavoráveis extremas. Ainda no período desfavorável de 2ª safra o local 9 (Campo Grande 2º ano) com produtividade de grãos de 4.033,92 kg ha⁻¹.

TABELA 6 – Médias dos ambientes, índices ambientais relativos à variável produtividade de grãos dos ensaios avaliação de 11 genótipos, variedades de milho, em 10 ambientes no período dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

Ambientes	Locais	Médias (kg ha ⁻¹)	(Ij) Índice ambiental	Qualificação ambiental
1	Sete Lagoas A	6.581,64	1491,6806	Favorável
6	Sete Lagoas A	9.097,73	4007,7683	Favorável
2	Sete Lagoas B	5.204,37	114,4095	Favorável
7	Sete Lagoas B	5.818,55	728,5955	Favorável
3	Planaltina	5.620,48	530,5208	Favorável
8	Planaltina	5.305,20	215,2363	Favorável
4	Campo Grande	2.063,46	- 3026,4978	Desfavorável
9	Campo Grande	4.033,92	- 1056,0405	Desfavorável
5	Dourados	5.168,83	78,8684	Favorável
10	Dourados	2.005,42	- 3084,5412	Desfavorável
Média geral		5.089,96		

As Figuras de 1 a 5 apresentam os ajustes de regressão relativos à testemunha (Y1) BRS 2020 e as variedades comerciais: (Y2) AL Piratininga, (Y3) BRS Caimbé, (Y4) Eldorado e (Y10) Sol da manhã. Os coeficientes de determinação (R²) elevados permitem inferir baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões. Esses valores explicam satisfatoriamente o comportamento dos genótipos em função dos ambientes.

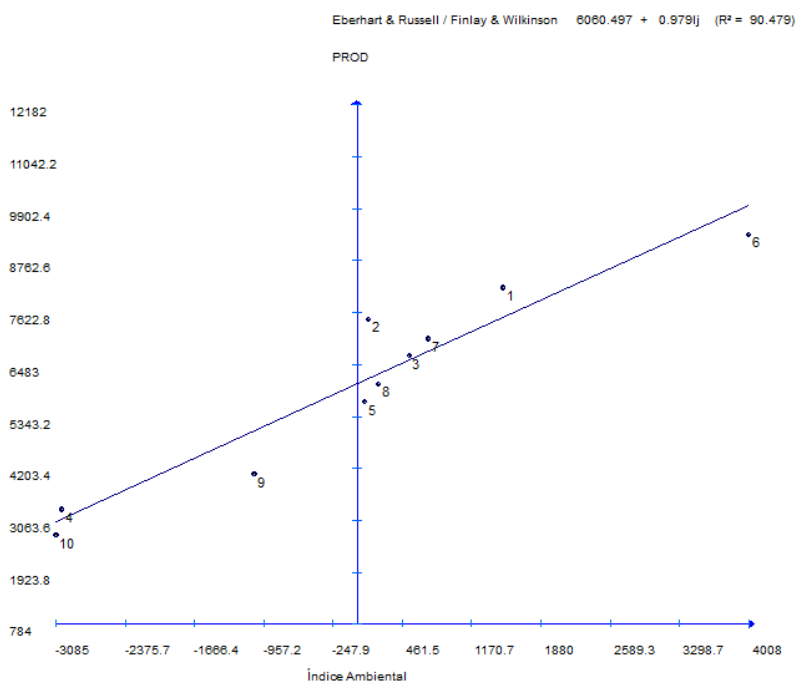


FIGURA 1 – Ajuste de regressão do genótipo Y1 BRS 2020

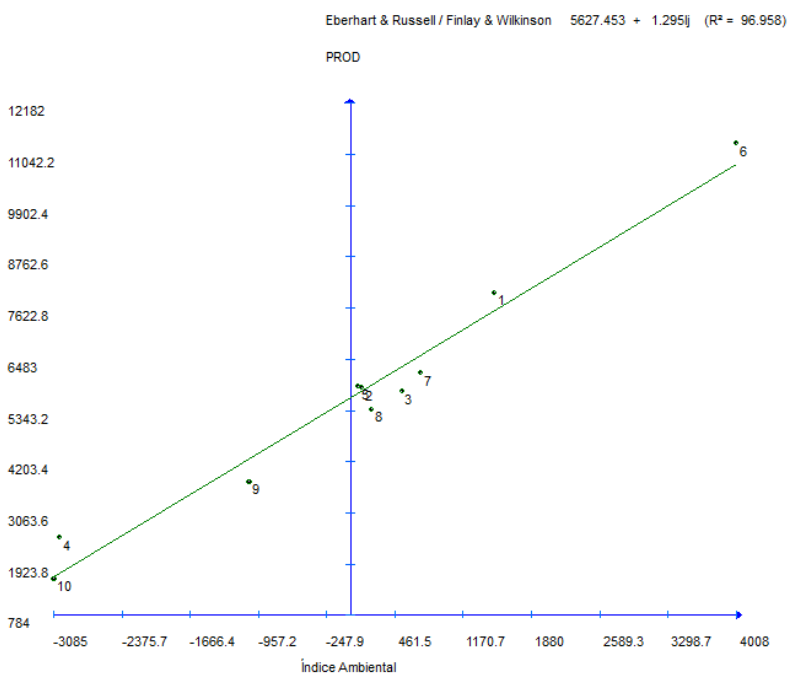


FIGURA 2 – Ajuste de regressão do genótipo Y2 AL Piratininga

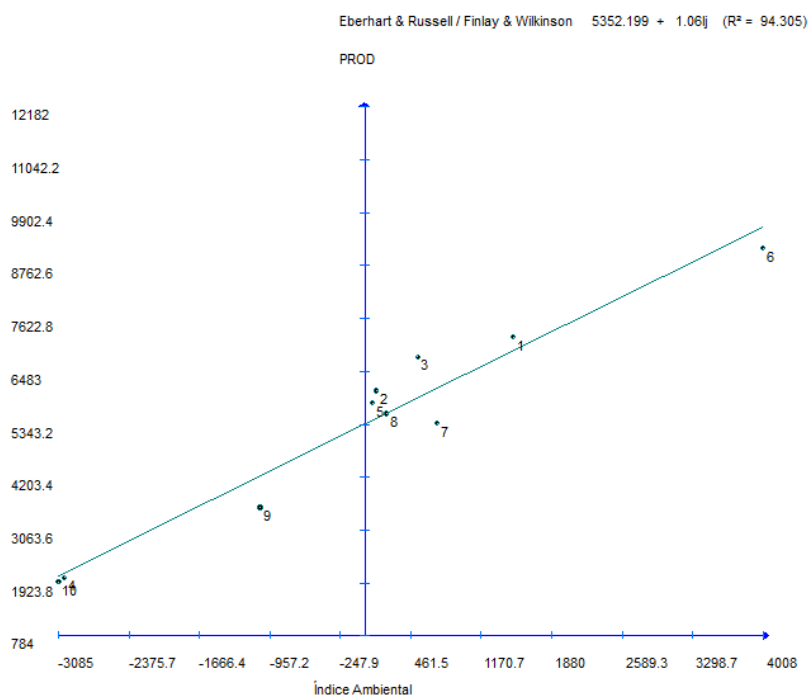


FIGURA 3 – Ajuste de regressão do genótipo Y3 BRS Caimbé

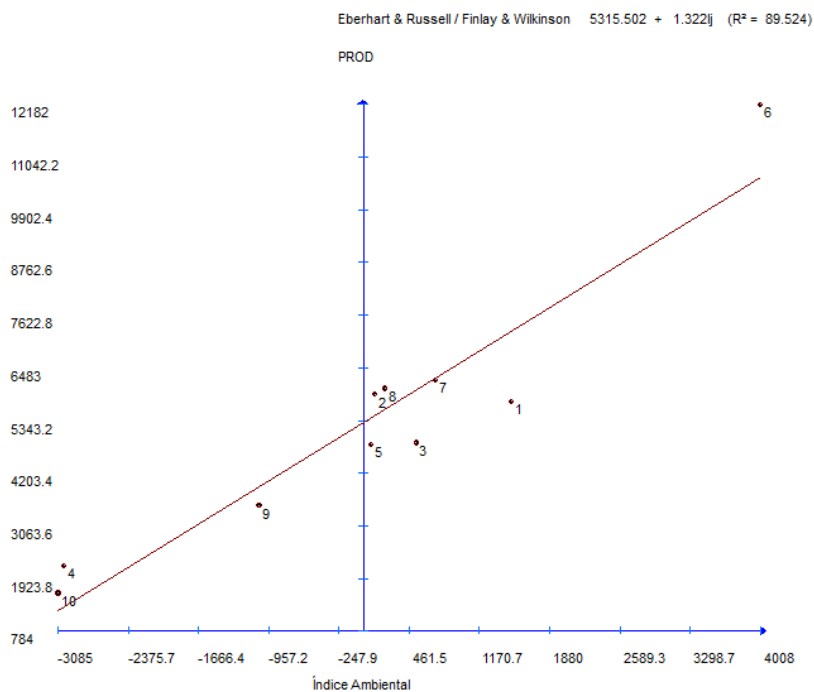


FIGURA 4 – Ajuste de regressão do genótipo Y4 Eldorado

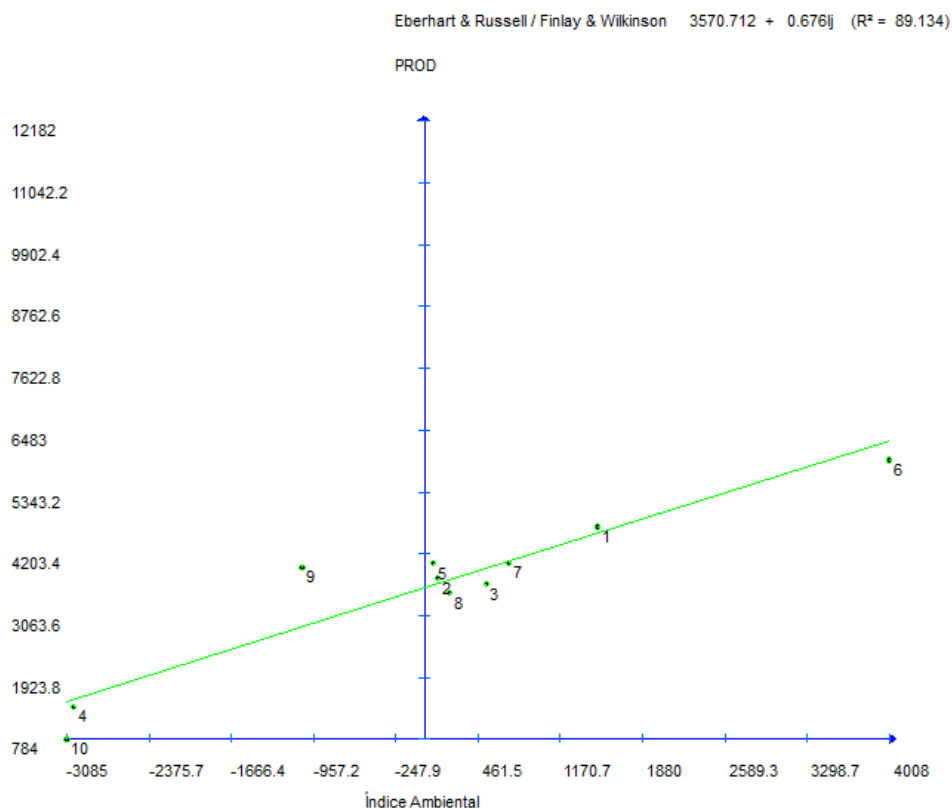


FIGURA 5 – Ajuste de regressão do genótipo Y10 Sol da manhã

Na análise de variância AMMI (Tabela 7), foram detectadas diferenças significativas pelo teste F, para as fontes de variação genótipos, ambientes e para a interação genótipos x ambientes.

TABELA 7- Resumo da análise de variância AMMI quanto ao caráter produtividade de grãos dos ensaios de avaliação de 11 genótipos, variedades de milho, em 10 ambientes no período dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.
Genótipos	10	81307659,51	8130765,95	14,733	$8,8818^{-16}$
Ambientes	9	857000352,88	95222264,76	172,543	0
Gen.XAmb.	90	111708443,63	1241204,93	2,249	0,00045615

No modelo selecionado pelo método AMMI, os primeiros três componentes principais da interação com significância expressa pelo teste F, exploraram 81.10% da interação genótipos x ambientes com 53.33 % dos graus de liberdade da interação.

TABELA 8- Médias e escores do primeiro componente (IPCA 1) e segundo componente principal (IPCA 2) quanto ao caráter produtividade de grãos dos ensaios de avaliação de 11 genótipos, variedades de milho, em 10 ambientes no período dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

Genótipos	Produtividade (kg ha ⁻¹)		IPCA 1	IPCA 2
BRS 2020 (Y1)	6.060,50	a	-1,9071	30,2572
AL Piratininga (Y2)	5.627,45	b	27,7209	6,7825
Sint. 1X (Y6)	5.362,35	b	-17,0703	22,7793
BRS Caimbé (Y3)	5.352,20	b	0,6870	17,4164
Eldorado (Y4)	5.315,50	b	44,6417	-7,4244
VSL FB 33 (Y5)	5.245,55	b	-7,1536	-5,0292
MC 20 (Y7)	5.007,80	c	7,8099	-9,5132
Sint. 256 L (Y8)	4.943,67	c	11,1366	-5,1635
UFV 8 (Y9)	4.912,64	c	-33,5690	-15,8287
Sint. RxS Spod (Y11)	4.591,17	d	-4,9105	-35,4258
Sol da manhã (Y10)	3.570,71	e	-27,3857	1,1494
Média geral	5.089,96		CV (%)	14,59

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na interpretação de um biplot AMMI (Figura 6) quanto à interação G x E observa-se a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o eixo da interação. Logo, os pontos situados em torno do centro do eixo, em relação ao IPCA1, correspondem aos genótipos mais estáveis, ou seja, aqueles que menos contribuíram para a interação com os ambientes (CARBONELL et al., 2004). Entre estes estão às variedades: (Y5) VSL FB 33, (Y7) MC 20 e (Y8) Sint. 256 L. Esses genótipos mostraram-se estáveis nos ambientes testados; entretanto, para fins de recomendação de cultivares, genótipos estáveis também devem apresentar alta produtividade de grãos.

Neste particular somente a variedade (Y5) VSL FB 33 está entre as mais produtivas com produtividade de grãos superior à média (Tabela 7), podendo ser recomendada amplamente. As variedades (Y7) MC 20 e (Y8) Sint. 256 L, apesar da estabilidade demonstrada, apresentam produtividades de grãos inferiores à média geral.

Considerando os genótipos que mais contribuíram para interação, ou seja, expressaram adaptabilidade específica, e que tiveram desempenho produtivo acima da média, destacaram-se: (Y2) AL Piratininga que demonstrou interação específica positiva com ambiente 2 (Sete Lagoas B 1º ano), (Y3) BRS Caimbé que demonstrou interação específica positiva com ambiente 1 (Sete Lagoas A 1º ano) e (Y6) Sint. 1X que demonstrou interação específica positiva com ambiente 4 (Campo Grande 1º ano).

Considerando, ainda, os que mais contribuíram para interação, mas que tiveram produtividade de grãos abaixo da média: (Y10) Sol da manhã com ambiente 3 (Planaltina 1º ano), (Y9) UFV 8 com ambiente 10 (Dourados 2º ano), (Y11) Sint. RxS Spod 7 (Sete Lagoas 2º ano) e (Y7) MC 20 com ambiente 8 (Planaltina 2º ano).

Buscando atender os interesses de Mato Grosso do Sul, região de Campo Grande e de Dourados, tendo em vista a prática do cultivo na 2ª safra, Observa-se que estes locais apresentaram ambientes desfavoráveis (4, 9 e 10) com produtividades médias de grãos de 2.063,46, 4.033,92 e 2.005,42 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, expressaram adaptabilidade específica para estes ambientes: O genótipo (Y6) Sint. 1X (5.362,35 kg ha⁻¹) para ambiente 4 e genótipo (Y9) UFV 8 (4.912,64 kg ha⁻¹) para o ambiente 10.

Guimarães (2010) relata em comunicado técnico o resultado de avaliação de 25 cultivares variedades de milho em 27 ambientes no ano agrícola 2008/09, onde em ambientes desfavoráveis de , realça as médias de Campo Grande, MS 5.415 kg ha⁻¹; Ponta Porã, MS 4.973 kg ha⁻¹; Manduri, SP 5.341 kg ha⁻¹ e uma média geral de 5 ambientes em 2ª safra de 4.600 kg ha⁻¹ .

Miranda et al. (2009) avaliando nove genótipos de milho pipoca, sete variedades e dois híbridos, concluíram que a análise AMMI é relativamente simples, permitindo conclusões sobre a estabilidade fenotípica, genotípica e comportamento das cultivares, bem como o grau de divergência genética entre as cultivares e os ambientes que otimizam o desempenho. Concluíram, também, que o método é adequado para

explicar a interação genótipo x ambiente, fornecendo resultados que são consistentes com o método clássico de regressão de Eberhart e Russell.

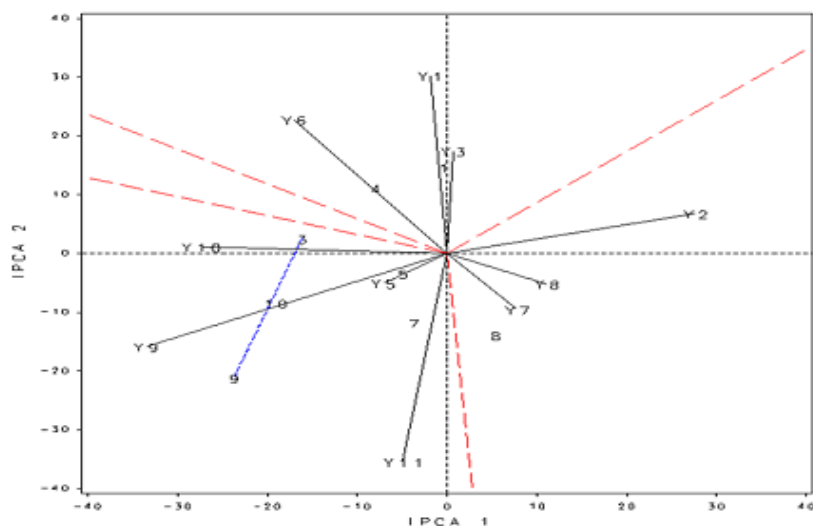


FIGURA 6 – Biplot da análise AMMI de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) Genótipos em 10 ambientes dos ensaios de variedades no período dos anos agrícolas 2007/08 e 2008/09.

CONCLUSÕES

A variedade VSL FB 33 mostrou ampla adaptabilidade e estabilidade.

As variedades AL Piratinga, BRS Caimbé e Sint. 1X, mostraram adaptabilidade e estabilidade específica para os ambientes: Sete Lagoas B, Sete Lagoas A e Campo Grande, respectivamente.

A variedade Eldorado mostrou-se responsiva a melhoria de ambiente favorável, mas de comportamento imprevisível.

A metodologia utilizada permite identificar variedades produtivas e estáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - PARTE II

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE MILHO NOS ANOSAGRÍCOLAS 2010/11, 2011/12 E 2012/13.

TABELA 9 - Características dos genótipos utilizados nos ensaios de 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

Nº Trat	Nome cultivar	Tipo	Estágio	Ciclo	Instituição
01	BRS 1055	HS	Comercial	Precoce	Embrapa MS
02	Bio 4	HI	Experimental	Normal	UFLA
03	Sint. 10697	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
04	Sint. 10771	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
05	Sint. Mult.TL	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
06	Sint. 10699	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
07	Sint. 10707	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
08	VSLBS42C60	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
09	Sint. 10723	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
10	Sint. 1X	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
11	Sint. 10717	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
12	Sint. 256 L	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
13	AL Avaré	V	Comercial	Normal	DSMM/CATI
14	Sin10731	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
15	Sint.RxS Spod	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
16	Sint. ProVit A	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
17	BR 106	V	Comercial	Precoce	Embrapa MS
18	MC 20	V	Experimental	Precoce	Embrapa CRD
19	BRS Caimbé	V	Comercial	Precoce	Embrapa MS
20	BRS 4103	V	Comercial	Precoce	Embrapa MS
21	Sint. 10805	V	Experimental	Precoce	Embrapa MS
22	1I934	Hnc	Experimental	Precoce	Embrapa MS
23	CMSEAO2008	V	Experimental	Normal	Embrapa AO
24	Eldorado	V	Comercial	Precoce	Embrapa CRD

Significados siglas: Trat=tratamento; HS=Híbrido simples; HI=híbrido intervarietal; V=Variedade; sint.=sintética; Hnc= Hib não conv.; MS= Milho e sorgo; CRD=Cerrados; AO=Amazônia Oriental; UFLA=Universidade Federal de Lavras; DSMM= Departamento de sementes e mudas; CATI=Coordenação de assistência técnica integral.

Os resultados dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2010/11 (ano 1), 2011/12 (ano 2) e 2012/13 (ano 3), em 9 localidades, geraram por combinação respectiva de anos e locais 27 ambientes, que estão descritos com as respectivas coordenadas geográficas na Tabela 10.

TABELA 10 – Caracterização dos ambientes experimentais nos anos correspondentes 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

Ambientes (Nº)	Anos (Nº) respectivos	Locais (Nº)	Latitude	Longitude	Época Cultivo
1 – 10 e 19	1 – 2 e 3	Sete Lagoas, MG – 1	19°28'S	44°14'W	1ª safra
2 e 11	1 e 2	Londrina, PR – 2	23°17'S	51°10'W	1ª safra
20	3	Londrina, PR – 2	23°17'S	51°10'W	2ª safra
3 e 21	1 e 3	Goiânia, GO – 3	16°40'S	49°15'W	1ª safra
12	2	Goiânia, GO – 3	16°40'S	49°15'W	2ª safra
4 – 13 e 22	1 – 2 e 3	Janaúba MG – 4	15°48'S	43°19'W	1ª safra
5 – 14 e 23	1 – 2 e 3	Planaltina, DF – 5	15°37'S	47°40'W	1ª safra
6 – 15 e 24	1 – 2 e 3	Paragominas,PA – 6	2°55'S	47°27'W	1ª safra
7	1	Altamira, PA– 7	3°12' S	52°12' W	1ª safra
16	2	Altamira, PA– 7	3°12' S	52°12' W	2ª safra
25	3	Altamira, PA– 7	3°12' S	52°12' W	2ª safra
8 e 17	1 e 2	Campo Grande,MS – 8	20°26'S	54°38'W	1ª safra
26	3	Campo Grande,MS – 8	20°26'S	54°38'W	2ª safra
9 e 18	1 e 2	Manduri, SP – 9	23° 0'S	49°19'W	1ª safra
27	3	Manduri, SP – 9	23° 0'S	49°19'W	2ª safra

Na análise de variância conjunta univariada, foram detectadas diferenças significativas, para as fontes de variação genótipos, ambientes e para a interação

genótipos x ambientes (Tabela 11). A significância observada deveu-se para o caso dos genótipos, à divergência genética em razão das linhagens e métodos de seleção de cada instituição detentora. Quanto a ambientes e a interação GxE deveu-se a diversidade de condições edafoclimáticas, de manejo cultural e épocas de cultivo nos 27 ambientes.

TABELA 11- - Resumo da análise de variância conjunta (Fatorial simples) dos 24 genótipos nos 27 ambientes dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidade
Genótipos	23	738458353,77	3210688,95	17,86412	0,0
Ambientes	26	2900903754,32	111573221,32	51,63363	0,0
GenxAmb.	598	1074775140,76	1797282,84	1,70534	0,0
Resíduo	621	654479594,16	1053912,39		
Total	1268	5368616841,01			
Média		6.899,20			
CV (%)		14,88			

FV- Fator de Variância; GL - Grau de Liberdade;SQ- Soma de Quadrados; QM- Quadrados Médios.

Segundo Allard e Bradshaw (1964) o conceito de adaptabilidade deve ser entendido como a capacidade do genótipo responder à melhoria das condições ambientais e a estabilidade pode ser conceituada como previsibilidade de comportamento do genótipo.

Na análise de regressão feita para cada genótipo, na metodologia de Eberhart e Russel (1966), adaptabilidade e estabilidade são interpretadas com base nas magnitudes das estimativas do coeficiente de regressão β_1 e do desvio de regressão S^2d , onde: $\beta_1 > 0$ genótipo responde à melhoria do ambiente; $\beta_1 < 1$ o genótipo é responsivo à melhoria em ambientes desfavoráveis; $\beta_1 > 1$ o genótipo é responsivo à melhoria em ambientes favoráveis; $\beta_1 = 1$ o genótipo demonstra ampla adaptabilidade; $\beta_1 = 0$

genótipo não responde à melhoria do ambiente; S^2d alta e significativa, genótipo de comportamento imprevisível; $S^2d = 0$ (ns), genótipo de comportamento previsível.

Da Tabela 12 podem-se destacar oito variedades que tiveram produtividades de grãos superiores à média $6.899,20 \text{ kg ha}^{-1}$: As variedades Sint. 10717 (Y11) com $\beta_1 = 1,0106$, Sint. 10731 (Y14) com $\beta_1 = 0,9452$ e II 934 (Y22) com $\beta_1 = 1,0195$ que mostraram ampla adaptabilidade, mas devido a alta e significativa variância do desvio de regressão são imprevisíveis quanto a estabilidade de produção. As variedades Sint. 10697 (Y3) com $\beta_1 = 1,0337$ e Sint. 10699 (Y6) com $\beta_1 = 1,0406$ mostraram potencialidade de ampla adaptação e devido a baixa e não significativa variância do desvio de regressão são de comportamento previsível quanto a estabilidade de produção. As variedades Sint. 10707 (Y7) com $\beta_1 = 1,1315$ e AL Avaré (Y13) com $\beta_1 = 1,2857$ mostraram adaptabilidade a ambientes favoráveis e de comportamento previsível quanto a estabilidade de produção. A variedade Sint. 10771 (Y4) com $\beta_1 = 1,1529$ mostrou capacidade de adaptação a ambientes favoráveis, mas de comportamento imprevisível quanto a estabilidade de produção. A testemunha BRS 1055 (Y1) com $\beta_1 = 1,0883$ mostrou-se de ampla adaptabilidade e de comportamento imprevisível quanto a estabilidade de produção.

A testemunha híbrido intervarietal Bio 4 (Y2) e Quatorze variedades apresentaram produtividades de grãos abaixo da média geral, dentre elas as quatro comerciais: BRS Caimbé (Y19) que mostrou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, BR 106 (Y17) que mostrou ampla adaptabilidade, Eldorado (Y24) que demonstrou adaptabilidade a ambientes favoráveis e BRS 4103 (Y20) que mostrou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, todas devido a baixa e não significativa variância do desvio de regressão são, também, de comportamento previsível quanto a estabilidade de produção.

Gama et al. (2000), avaliando 30 genótipos de milho abrangendo cinco híbridos comerciais e 25 populações de polinização livre em diferentes regiões do Brasil, onde Campo Grande e Sidrolândia representaram o MS, citam em suas conclusões que as populações CMS 50 e BR 106 foram as mais responsivas e mais adequadas para cultivos em ambientes favoráveis, resultado diferente do obtido nesta análise quanto a adaptabilidade de BR 106.

TABELA 12 – Média de produtividade de grãos (kg ha⁻¹), coeficiente de regressão (β_1), variância do desvio de regressão (S^2d) e coeficiente de determinação (R^2 %) de 24 genótipos, variedades de milho, em 27 ambientes no período dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13, de acordo com o método de Eberhart e Russel (1966).

Trat.	Genótipos	Média(β_0)		β_1	S^2d	R^2 %
1	BRS 1055	9.842,18	a	1,0883	1227702,23**	62,0048
2	Bio 4	6.719,99	d	1,0762	1708348,04**	55,6085
3	Sint. 10697	7.408,22	b	1,0337	238801,92 ^{ns}	77,1335
4	Sint. 10771	7.699,23	b	1,1529	615744,34**	73,7652
5	Sint. Mult.TL	6.616,22	d	0,9251	184007,40 ^{ns}	74,4253
6	Sint. 10699	6.972,84	c	1,0406	59823,36 ^{ns}	81,6987
7	Sint. 10707	7.126,44	c	1,1305	-113807,19 ^{ns}	88,2052
8	VSLBS42C 60	6.753,20	d	0,8104	54713,50 ^{ns}	73,1847
9	Sint. 10723	6.704,05	d	0,9639	-136445,15 ^{ns}	85,1883
10	Sint. 1X	6.706,80	d	0,8303	359738,10*	65,2744
11	Sint. 10717	7.038,13	c	1,0106	816376,34**	64,7637
12	Sint. 256 L	6.615,44	d	0,8144	174326,85 ^{ns}	69,5724
13	AL Avaré	6.984,56	c	1,2857	146546,53 ^{ns}	85,5777
14	Sin10731	7.103,06	c	0,9452	348811,01*	71,1490
15	SintRxS Spod	6.681,19	d	0,8396	-117757,95 ^{ns}	80,6355
16	Sint.ProVit A	6.335,87	e	0,9514	-254211,10 ^{ns}	88,9166
17	BR 106	6.290,23	e	1,0356	-19494,27 ^{ns}	83,6310
18	MC 20	6.615,93	d	1,1315	36669,89 ^{ns}	84,5954
19	BRS Caimbé	6.631,27	d	0,9087	220090,33 ^{NS}	72,7672
20	BRS 4103	6.096,14	e	0,8466	26655,46 ^{ns}	75,7841
21	Sint. 10805	6.851,09	d	1,0840	638606,29**	70,9051
22	II934	7.708,54	b	1,0195	1298131,18**	57,9252
23	CMEAO2008	5.909,05	e	0,9249	369086,47*	69,7705
24	Eldorado	6.171,09	e	1,1502	91364,05 ^{ns}	83,7984

Variância $V(\beta_0)$:19516.8961; Variância $V(\beta_1)$:0.0087; Correlação $r(\beta_0,\beta_1)$:0.3157.
 *Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** Significativo pelo teste F a 1% de Probabilidade, ^{NS} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Destaca-se, ainda, da Tabela 12 que: dois genótipos apresentaram R^2 inferior a 60%, cinco genótipos entre 60 e 70%, oito entre 70 e 80% e nove acima de 80% . Sendo que, o coeficiente de determinação deve representar a baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões. Esses valores devem ser utilizados como referenciais para que a regressão explique satisfatoriamente o comportamento de um genótipo em função de um ambiente (CRUZ et al., 2004).

A técnica de definição dos índices ambientais consiste na formação de subgrupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis, onde os índices ambientais (I_j), que os definem, apresentam valores positivos ou negativos, respectivamente, obtidos pela fórmula ($I_j = \bar{Y}_j - X$), onde (\bar{Y}_j) é a média do ambiente (j) e (X) a média geral (CRUZ et al., 2004).

A qualificação ambiental em função dos índices (Tabela 13) permite o destaque de quinze ambientes favoráveis, onde os locais 13 (Janaúba) e 17 (Campo Grande 2º ano) sobressaem como mega ambientes, em razão das respectivas produtividades médias de grãos de 9.956,92 e 9.110,57 kg ha⁻¹. Os locais 2 (Londrina) e 9 (Manduri 1º ano), 10 (Sete Lagoas) e 15 (Paragominas 2º ano), podem ser considerados ambientes muito favoráveis em razão das produtividades médias de grãos situarem-se acima de 8.000 kg ha⁻¹. As demais localidades, que em função de produtividade acima da média, ofereceram ambientes favoráveis foram: 1 (Sete Lagoas), 3 (Goiânia) e 8 (Campo Grande 1º ano); 14 (Planaltina), 11 (Londrina) e 18 (Manduri 2º ano); 19 (Sete Lagoas), 23 (Planaltina) e 24 (Paragominas 3º ano).

Doze ambientes são considerados desfavoráveis, sobressaindo como extremos os locais: 20 (Londrina), 25 (Altamira) e 26 (Campo Grande 3º ano), com os respectivos rendimentos de 3.997,32, 3.741,94 e 4.425,54 kg ha⁻¹, caracterizando que o cultivo ocorreu no período de 2ª safra. Ainda no período desfavorável de 2ª safra, os locais: 12 (Goiânia) e 16 (Altamira 2º ano); 27 (Manduri 3º ano) com as seguintes produtividades médias respectivas 5.504,88, 5.079,72 e 5.501,81 kg ha⁻¹. Os demais locais caracterizados como ambientes desfavoráveis obtiveram produtividade acima de 6.000 kg ha⁻¹, no cultivo de 1ª safra: 4 (Janaúba), 5 (Planaltina), 6 (Paragominas) e 7 (Altamira 1º ano); 21 (Goiânia) e 22 (Janaúba 3º ano).

TABELA 13– Médias dos ambientes, índices ambientais relativos à variável produtividade de grãos dos ensaios avaliação de 24 genótipos, variedades de milho, em 27 ambientes no período dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

Ambientes	Locais	Médias (kg há ⁻¹)	(Ij) Índice ambiental	Qualificação ambiental
1	Sete Lagoas	8.170,01	1.270,8125	Favorável
10	Sete Lagoas	8.352,43	1.453,2349	Favorável
19	Sete Lagoas	7.651,32	752,1219	Favorável
2	Londrina	8.526,57	1.627,3738	Favorável
11	Londrina	7.334,78	435,5848	Favorável
20	Londrina	3.997,32	- 2.901,8805	Desfavorável
3	Goiânia	7.776,38	877,1788	Favorável
12	Goiânia	5.504,88	- 1.394,3157	Desfavorável
21	Goiânia	5.961,81	-937,3892	Desfavorável
4	Janaúba	6.736,27	- 162,9306	Desfavorável
13	Janaúba	9.956,92	3.057,7202	Favorável
22	Janaúba	6.279,65	- 619,5469	Desfavorável
5	Planaltina	6.327,76	- 571,4385	Desfavorável
14	Planaltina	7.412,06	512,8604	Favorável
23	Planaltina	7.502,13	602,9267	Favorável
6	Paragominas	6.324,51	- 574,6885	Desfavorável
15	Paragominas	8.215,81	1.316,6152	Favorável
24	Paragominas	7.792,04	892,8414	Favorável
7	Altamira	6.511,08	-388,1158	Desfavorável
16	Altamira	5.079,92	- 1.819,2786	Desfavorável
25	Altamira	3.741,94	-3.157,26	Desfavorável
8	Campo Grande	7.050,23	151,0347	Favorável
17	Campo Grande	9.110,57	2.211,369	Favorável
26	Campo Grande	4.425,54	- 2.473,659	Desfavorável
9	Manduri	8.037,01	1.137,81	Favorável
18	Manduri	6.997,61	98,414	Favorável
27	Manduri	5.501,81	- 1.397,3924	Desfavorável
	Média geral	6.899,20		

As Figuras de 7 a 12 apresentam os ajustes de regressão relativos à testemunha (Y1) BRS 1055 e as variedades comerciais: (Y13) AL Avaré, (Y17) BR 106, (Y19) BRS Caimbé, (Y20) BRS 4103, (Y24) Eldorado. Com exceção de R^2 do genótipo AL Avaré que apresenta maior dispersão dos dados, os demais coeficientes de determinação representam baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões. Esses valores explicam satisfatoriamente o comportamento dos genótipos em função dos ambientes.

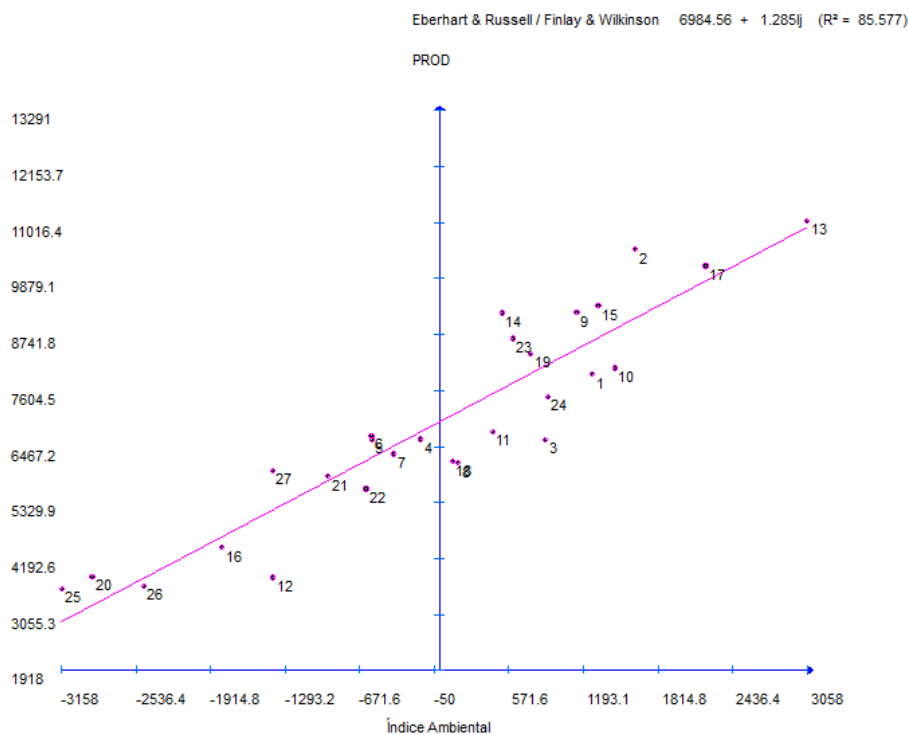


FIGURA 7 – Ajuste de regressão do genótipo Y1 BRS 1055

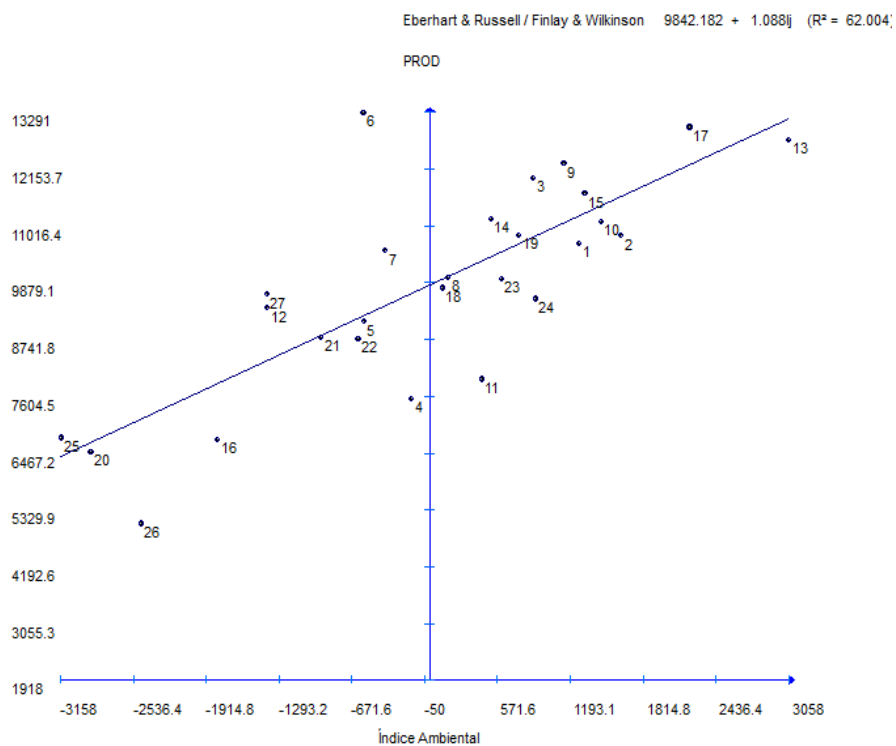


FIGURA 8 – Ajuste de regressão do genótipo Y13 AL Avaré

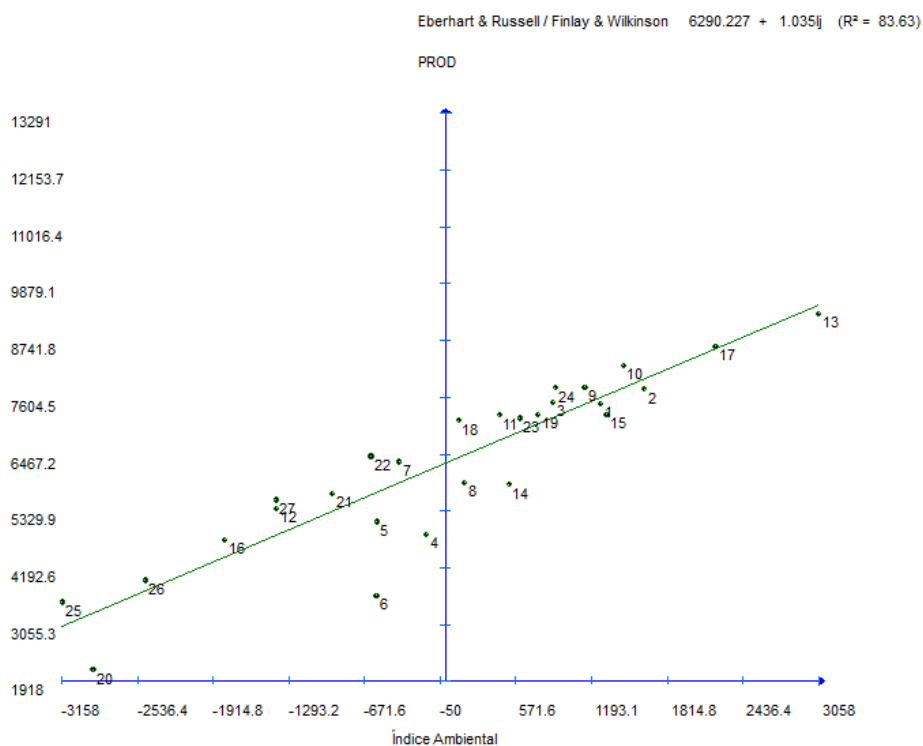


FIGURA 9 – Ajuste de regressão do genótipo Y17 BR 106

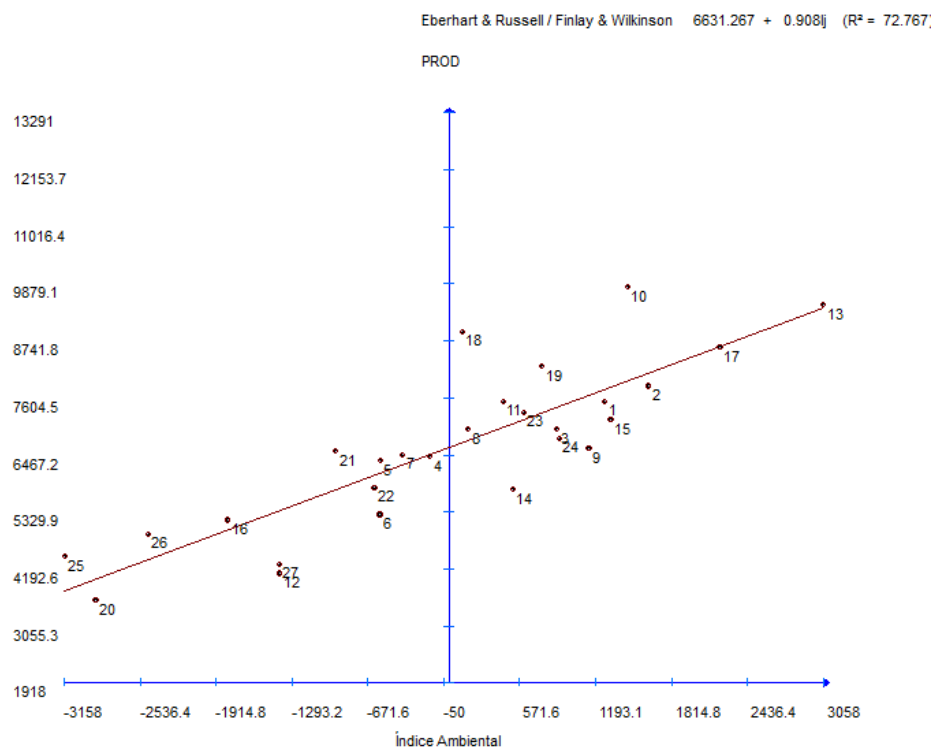


FIGURA 10 – Ajuste de regressão do genótipo Y19 BRS Caimbé

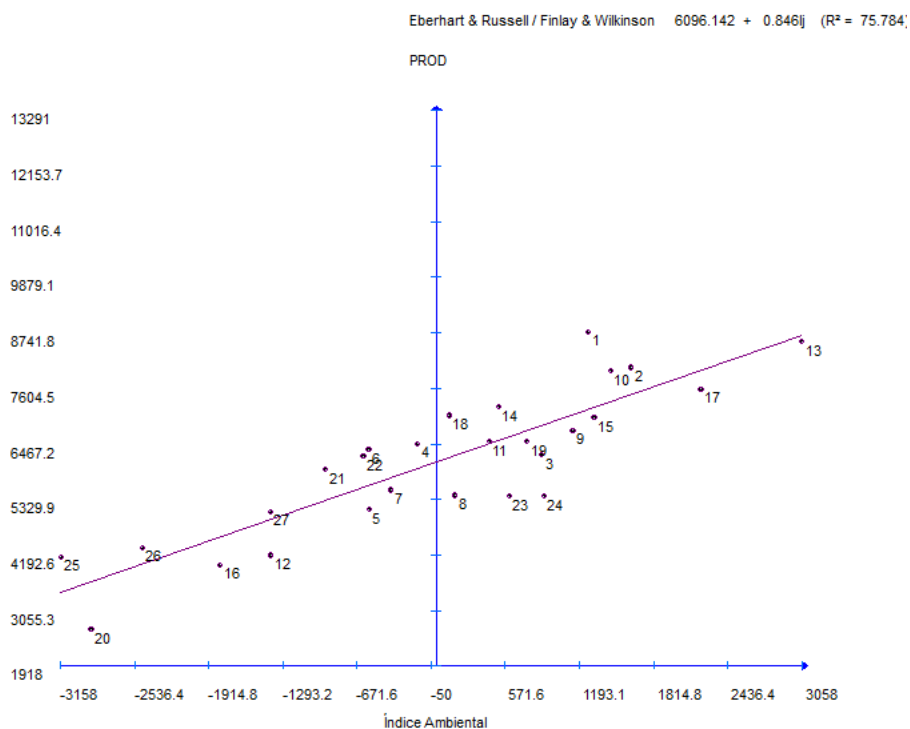


FIGURA 11 – Ajuste de regressão do genótipo Y20 BRS 4103

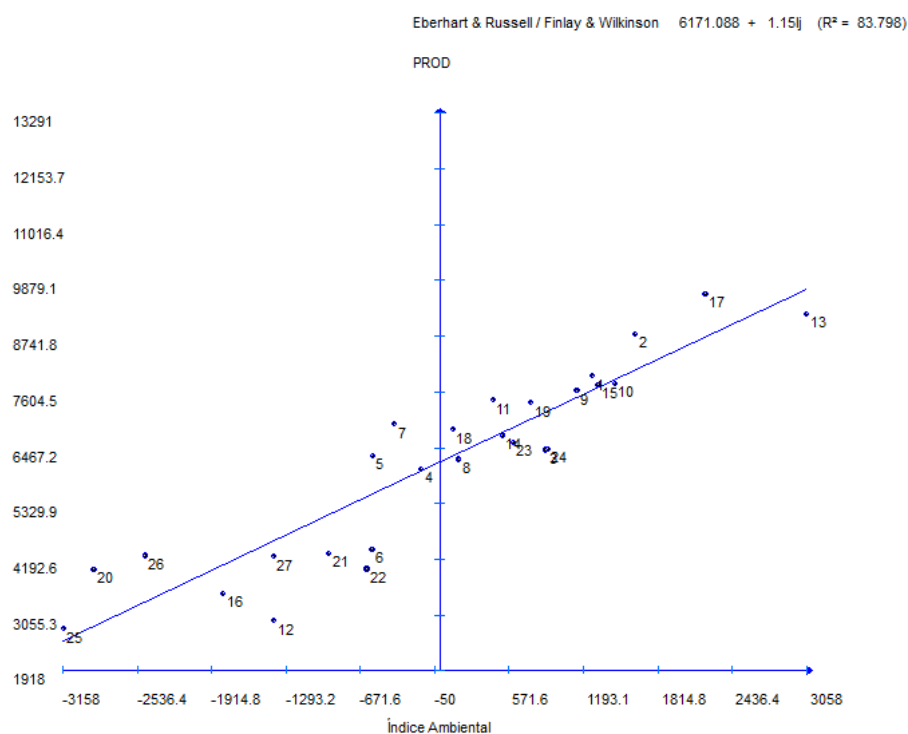


FIGURA 12 – Ajuste de regressão do genótipo Y24 Eldorado

Na análise de variância AMMI (Tabela 14), foram detectadas diferenças significativas pelo teste F, para as fontes de variação genótipos, ambientes e para a interação genótipos x ambientes.

TABELA 14 - Resumo da análise de variância AMMI quanto ao caráter produtividade de grãos dos ensaios de avaliação de 24 genótipos, variedades de milho, em 27 ambientes no período dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.
Genótipos	23	738458353,77	32106884,95	30,464	0,0
Ambientes	26	2900903754,32	111573221,32	105,866	0,0
Gen.XAmb.	598	1074775140,76	1797282,84	1,705	2,72953 ⁻¹¹

No modelo selecionado pelo método AMMI, o estudo da interação realizado pela Análise de Componentes Principais (ACP), no desdobramento da Soma de Quadrados (SQ) de G X E evidenciou que os primeiros três componentes principais da interação com significância expressa pelo teste F, exploraram 51,71% da interação

genótipos x ambientes com 21,32 % dos graus de liberdade da interação. Este fato deveu-se a variabilidade dos dados originais em função do expressivo número de genótipos e ambientes.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é a transformação de um conjunto original de variáveis em outro conjunto, os componentes principais, de dimensões equivalentes, porém com capacidade de reterem variâncias decrescentes. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais.

Na interpretação de um biplot AMMI (Figura 13) quanto à interação G x E observa-se a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o eixo da interação. Logo, os pontos situados em torno do centro do eixo, em relação ao IPCA1, correspondem aos genótipos mais estáveis, ou seja, aqueles que menos contribuíram para a interação com os ambientes (CARBONELL et al., 2004). Entre estes estão as variedades: (Y7) Sint. 10707, (Y13) AL Avaré, (Y15) Sint. RxS Spod, (Y16) Sint. Pro Vit A, (Y17) BR 106 e (Y20) BRS Caimbé. Esses genótipos mostraram-se estáveis nos ambientes testados; entretanto, para fins de recomendação de cultivares, genótipos estáveis também devem apresentar alta produtividade de grãos. Neste particular as variedades (Y7) Sint. 10707, (Y13) AL Avaré estão entre as mais produtivas com produtividades de grãos superiores à média (Tabela 14). As variedades (Y15) Sint. RxS Spod, (Y20) BRS Caimbé, (Y16) Sint. Pro Vit A e (Y17) BR 106, apesar da estabilidade demonstrada, apresentam produtividades de grãos inferiores à média geral.

Segundo a CATI (2010), a variedade AL Avaré vem de uma terceira geração de cultivares de milho variedades, com as seguintes características principais: baixa inserção de espigas, estabilidade produtiva e potencial de produção de grãos superior, tendo produzido 7.150 kg ha^{-1} na média de 15 ensaios de milho, safra normal, realizados em três anos agrícolas (2007/08, 2008/09 e 2009/10) nos municípios de Manduri, Águas de Santa Bárbara e Votuporanga. Produziu 4.701 kg ha^{-1} na média de 10 ensaios de milho 2ª safra, realizados em três anos agrícolas (2007/08, 2008/09 e 2009/10) nos municípios de Manduri e Águas de Santa Bárbara.

TABELA 15- Médias e escores do primeiro componente (IPCA 1) e segundo componente principal (IPCA 2) quanto ao caráter produtividade dos ensaios de avaliação de 24 genótipos, variedades de milho, em 27 ambientes no período dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

Genótipos	Produtividade (kg ha ⁻¹)		IPCA 1	IPCA 2
BRS 1055 (Y1)	9.842,18 a	a	43,2369	13,9768
1I934 (Y22)	7.708,54	b	-45,7642	-10,1369
Sint. 10771 (Y4)	7.699,23	b	-8,7692	47,0652
Sint. 10697 (Y3)	7.408,22	b	18,2316	-13,9752
Sint. 10707 (Y7)	7.126,44	c	2,0073	-5,2171
Sint. 10731 (Y14)	7.103,06	c	1,0134	27,7902
Sint. 10717 (Y11)	7.038,13	c	-20,5259	34,5616
AL Avaré (Y13)	6.984,56	c	-1,228	-10,0259
Sint. 10699 (Y6)	6.972,84	c	14,6839	12,8410
Sint. 10805 (Y21)	6.851,09	d	-20,3256	-45,9116
VSL BS 42 c 60 (Y8)	6.753,20	d	10,4387	-23,1205
Bio 4 (Y2)	6.719,99	d	64,7751	4,2944
Sint. 1X (Y10)	6.706,80	d	11,5487	-2,0620
Sint.10723 (Y9)	6.704,05	d	5,8365	11,3059
Sint. RxS Spod (Y15)	6.681,19	d	3,1563	-6,7144
BRS Caimbé (Y19)	6.631,27	d	-25,1982	5,4749
Sint. Multi. TL (Y5)	6.616,22	d	14,4206	-3,0756
MC 20 (Y18)	6.615,93	d	-18,8446	2,6942
Sint. 256 L (Y12)	6.615,44	d	-5,5240	-27,5459
Sint. Pro Vit A (Y16)	6.335,87	e	-5,3778	-2,5919
BR 106 (Y17)	6.290,23	e	-6,1141	4,4746
Eldorado (Y24)	6.171,09	e	-19,5208	-0,8185
BRS 4103 (Y20)	6.096,14	e	-3,9591	-8,9900
CMSEAO2008 (Y23)	5.909,05	e	-8,2027	7,9467
Média geral	6.899,20		CV (%)	14,88

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Considerando os genótipos que mais contribuíram para interação, ou seja, expressaram adaptabilidade específica, e que tiveram desempenho produtivo acima da média, destacaram-se: (Y6) Sint. 10699 com interação específica positiva com o ambiente 15 (Paragominas 2º ano), (Y11) Sint. 717 que apresentou interação específica com ambiente 20 (Londrina 3º ano), (Y3) Sint. 10697 com os ambientes 9 (Manduri 1º ano), 12 (Goiânia 2º ano) e 27 (Manduri 3º ano), (Y14) Sint. 10731 com ambiente 22 (Janaúba 3º ano).

Considerando, ainda, os que mais contribuíram para interação, mas que tiveram produtividades de grãos abaixo da média: (Y9) Sint. 10723 com ambiente 22 (Janaúba 3º ano), (Y18) MC 20 com ambiente 23 (Planaltina 3º ano), (Y19) BRS Caimbé com ambiente 18 (Manduri 2º ano), (Y23) CMS EAO 2008 com ambiente 19 (Sete Lagoas 3º ano), (Y12) Sint. 256 L com os ambientes 5 (Planaltina 1º ano), 26 (Campo Grande 3º ano) e 2 (Londrina 1º ano), (Y24) Eldorado com ambientes 16 e 25 (Altamira 2º e 3º ano), (Y5) Sint. Multi. TL e (Y10) Sint. 1X com os ambientes 8 (Campo Grande 1º ano), 21 (Goiânia 3º ano) e 24 (Paragominas 3º ano).

Considerando-se, especificamente, os interesses de Mato Grosso do Sul, região de Campo Grande e de São Paulo, região de Manduri, tendo em vista a prática do cultivo na 2ª safra, Observa-se que estes locais apresentaram ambientes desfavoráveis (26 e 27) com produtividades médias de grãos de 4.425,54 e 5.501,8 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, expressaram adaptabilidade específica para estes ambientes: O genótipo (Y12) Sint. 256 L (6.615,44 kg ha⁻¹) para ambiente 26 e genótipo (Y3) Sint. 10697 (7.408,22 kg ha⁻¹) para o ambiente 27.

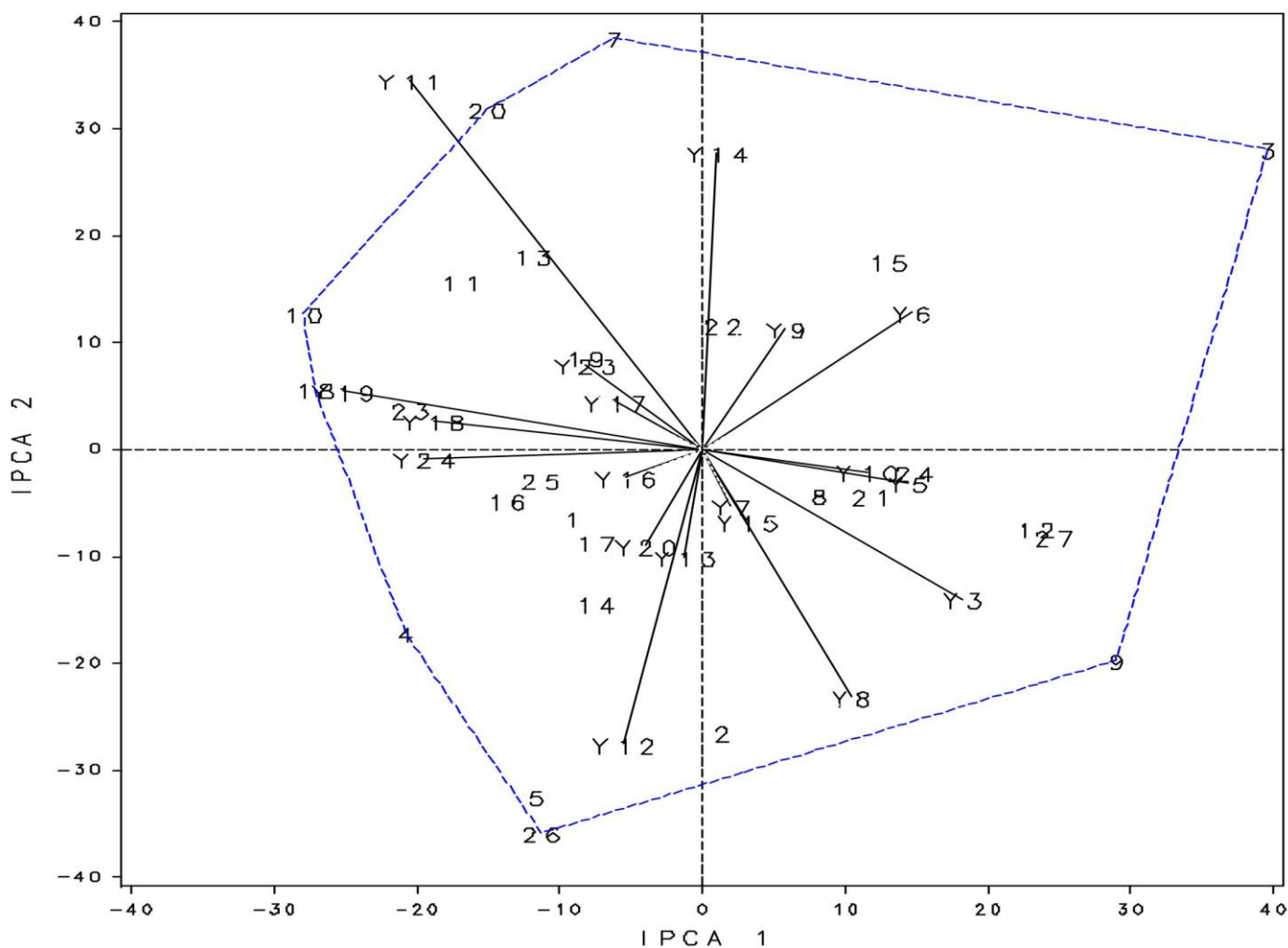


FIGURA 13 – Biplot da análise AMMI de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) 24 Genótipos em 27 ambientes dos ensaios de variedades no período dos anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

CONCLUSÕES

As variedades AL Avaré e Sint. 10707 são produtivas e mostraram ampla adaptabilidade e estabilidade.

As variedades, com produtividade de grãos superiores à média, que mostraram adaptabilidade e estabilidade específica para os ambientes, foram: Sint. 10717 para Londrina, Sint. 10731 para Janaúba, Sint. 10699 para Paragominas e Sint. 10697 para Manduri e Goiânia.

As variedades Sint. 10771 e I1934, também com produtividade de grãos superiores, mostraram-se responsivas à melhoria ambiental, mas de comportamento imprevisível.

O modelo AMMI utilizado permite identificar variedades produtivas e estáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Sci.**, v.4, p. 503-507, 1964.

ARIAS, E. R. A. Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94. Lavras ; UFLA, 1996. 118p. Tese de Doutorado.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.C. **Melhoramento de plantas**. 5 ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 529p.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A. de; DIAS, L. A. dos S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. de. Common bean cultivars and lines interactions with environments. **Scientia Agricola**, v.61, p.169-177, 2004.

CARGNELUTTI FILHO, A. Interferência dos métodos de correção da produtividade do milho nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, v.8, Brasília, agosto 2007.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa : UFV, 1998. 168 p. Tese de Doutorado.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.989-1000, 2002.

CATI - DSMM. **Evolução das cultivares de milho variedade "AL" produzidas pela CATI**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/MilhoCati/index.htm>. Acesso em: 27/1/2011.

CÉLERES – Your agribusiness intelligence. **Informativo Biotecnologia**. IB 13.01. Edição eletrônica. 5 ago 2013. Disponível em: <http://www.celeres.com.br>. (acesso em 15 de agosto 2013).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento safra 2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. (acesso em 25 de agosto 2013).

- CRUZ, C. D.. **Programa GENES**: Biometria. UFV, Viçosa, Brasil. 2006, 382p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. D.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.
- FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. dos; GALVÃO, J. C. C.; PELUZIO, J. M.; LIMA, S. de O. Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.147-153, 2007.
- GAMA, E. E. G. E.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, A. C. DE.; GUIMARÃES, P. E. O.; SANTOS, M. X. DOS. Estabilidade da produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.35, N.6, Brasília. Junho 2000.
- GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A.C.; ARAÚJO, P .M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.183-191, 2007.
- GAUCH JUNIOR, H. G.; PIEPHO, H. P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. **Crop science**. . Madison, USA, 48: 866-889. 2008.
- GAUCH, H. G., and ZOBEL, R. W.. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. **Theor. Appl. Genet.** 76: 1–10, 1988.
- GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas: com exemplos numéricos e de programação no SAS®. **Suprema**, Visconde do Rio Branco, Brasil. 282 p., 2012.
- GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, A. B. C. de; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.43, N.11, Brasília. Novembro 2008.
- GUIMARÃES, L. J. M. Desempenho de variedades de milho: ano agrícola 2008/09. Comunicado técnico. **Embrapa milho e sorgo**. Sete Lagoas, MG. 2010.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames : Iowa State University Press, 1981. 486p.

HAMAWAKI, O. T.; SANTOS, P. G. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho avaliadas por meio do modelo de regressão. **Ciência Rural**, v.33, p.195-199, 2003.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

LONNQUIST, J. H. Mass selection for prolificacy in maize. **Der Züchter**, Berlin, v.37, p.185-188, 1967.

LOPES, M. T.; VIANA, J. M. S.; LOPES, R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de famílias endogâmicas de milho, obtidos pelo método dos híbridos crípticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.36, n.5. Brasília. Março 2001.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña-de-azúcar. I: interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronômica do Noroeste Argentino**, v.13, p.105-127, 1976.

MIRANDA, G. V., SOUZA, L. V., GUIMARÃES, L. J. M., NAMORATO, H., OLIVEIRA, L. R., SOARES, M. O. Análises multivariadas da interação genótipo x ambientes em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol. 44 N. 1. Brasília. Janeiro de 2009.

MORAIS, O. P. **Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1980. 70p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NASCIMENTO FILHO, F. J. D.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Adaptabilidade e Estabilidade de clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.44, N.9, Brasília. Setembro 2009.

NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CAMPANA, A. C. M.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.45, N.1, Brasília. Janeiro 2010.

OLIVEIRA, A. M. S.; HAMAWAKI, O. T.; OLIVEIRA NETO, J. O.; PENNA, J. C. V.; JULIATTI, F. C.; SOUZA, S.A. Estabilidade fenotípica de cultivares de soja no Brasil central. **Bioscience Journal**, v.20, p.9-19, 2004.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de população de milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas : Fundação Cargill, p.202-256, 1978.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. C. de.; COSTA, J. G. C. de.; DIAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro – comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.44, n.4, Brasília. Abril 2009.

- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 468p., 1990.
- PRADO, E. E.; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; RAMALHO, A. R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.625-635, 2001.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, cap.6, p.131-169, 1993. (Publicação, 120).
- RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha, 2013, em Mato Grosso do Sul. **Comunicado técnico 182**, versão eletrônica. Dez. 2012. Embrapa Agropecuária Oeste.
- SAS Institute. **SAS/STAT software versão 9.1**. Cary: SAS 2003. (CD-ROM).
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.
- SILVA FILHO, J. L. da.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; RIBEIRO, J. L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, n.3, Brasília. Março 2008.
- SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1985, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil,. p.49-50, 1985.
- SILVA, W.C.J. e; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.23-30, 2006.
- SPRAGUE, G. F. Corn breeding. In: SPRAGUE, G. F. (Ed.). **Corn and corn improvement**. New York : Academic, 1955. p.221-292.
- TOLER, J. E. **Patterns of genotypic performance over environmental arrays**. 1990. 154f. Thesis (Ph.D.). Clemson University, South Carolina, USA.
- VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.44, n.10, Brasília. Outubro 2009.
- YAN, W.; KANG, M. S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P. L. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop science**. Madison, USA 47: 643-655. 2007.
- ZOBEL, R. W., WRIGHT, M. J. , and GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Aron. J.** 80:388–393, 1988.