

SIRLENE VIANA DE FARIA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS
COMERCIAIS DE MILHO PELOS MÉTODOS DE EBERHART &
RUSSELL, CENTRÓIDE, AMMI E MODELOS MISTOS

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

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

T

F224a
2016 Faria, Sirlene Viana de, 1987-
Adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho pelos métodos de Eberhart & Russell, centróide, AMMI e Modelos Mistos / Sirlene Viana de Faria. – Viçosa, MG, 2016. x, 33f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.29-33.

1. *Zea mays*. 2. Milho - Melhoramento genético - Métodos estatísticos. 3. Interação genótipos-ambiente. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 633.15

SIRLENE VIANA DE FARIA

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS
COMERCIAIS DE MILHO PELOS MÉTODOS DE EBERHART &
RUSSELL, CENTRÓIDE, AMMI E MODELOS MISTOS

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

Aprovada: 22 de Fevereiro de 2016.

Naine Martins Do Vale

José Eustáquio de Souza Carneiro
(Coorientador)

Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)

Rodrigo Oliveira de Lima
(Orientador)

À meu marido, Bruno de Jesus
Lopes, pelo amor e dedicação a
mim dispensados, o que me
possibilitou chegar até aqui.

DEDICO.

Aos meus pais, João Dimas de Faria e
Maria Aparecida Viana de Faria.
Aos meus sogros, Marcelo Antônio
Lopes e Rita Maria de Jesus Lopes.
Às minhas sobrinhas, Emmily Vithoria
e Amanda Helena.
Pessoas fundamentais em minha vida.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois somente por vontade dele, que a realização dessa caminhada e convivência com todas essas pessoas tornou-se possível.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Fitotecnia e ao programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, por todos os ensinamentos. E aos servidores que trabalham na secretaria do programa, Marco Túlio Cardoso e Odilon Soares Junior, pela disponibilidade no atendimento aos alunos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Rodrigo Oliveira de Lima, pela orientação, amizade, confiança e pelos ensinamentos.

Aos coorientadores, Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro e Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela colaboração durante a realização do trabalho de dissertação e pelos ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro, Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro e a Dra. Naine Martins do Vale, por aceitarem o convite para participar dessa defesa e pelas contribuições.

A todos os amigos, integrantes do Programa Milho-UFV, pelo companheirismo e convivência, pois sem o apoio e dedicação de cada um esse trabalho não seria possível.

Ao Dr. Lauro José Moreira Guimarães da Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas-MG, aos funcionários do Campo Experimental de Coimbra-MG, Horta Nova e Diogo Alves de Mello, Viçosa-MG, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos meus familiares e amigos, em especial aos meus pais, João Dimas e Maria Aparecida, pelo apoio e educação, e aos meus irmãos, Edson, Michelle e Júnio.

Aos meus sogros Marcelo e Rita e minhas sobrinhas Emmily Vithoria e Amanda Helena, pela consideração, apoio e incentivo.

À meu marido, Bruno, por todo amor, dedicação e por sempre acreditar que eu conseguiria alcançar mais essa vitória.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho a minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

SIRLENE VIANA DE FARIA, filha de João Dimas de Faria e Maria Aparecida Viana de Faria, nasceu em Viçosa - MG, em 18 de setembro de 1987.

Em 2008, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, onde se graduou em Agronomia, obtendo o título em julho de 2013.

Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, com área de concentração em genética e melhoramento de plantas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em fevereiro de 2016.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 Material Genético	6
3.2 Execução Experimental	7
3.3 Análises Genético-Estatísticas	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÕES	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características agronômicas dos 29 híbridos comerciais de milho	6
Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015	11
Tabela 3 - Resumo da análise de variância conjunta dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados para produtividade de grãos em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015	12
Tabela 4 – Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), corrigido para 14,5% de umidade, de 29 híbridos de milho avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015	14
Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo a metodologia de Eberhart & Russell (1966), para 29 híbridos de milho, avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/15	16
Tabela 6 - Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental na avaliação dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados para produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/15	18
Tabela 7 - Classificação dos 29 híbridos em um dos ideótipos caracterizados pelo método centróide e a probabilidade associada a sua classificação	20
Tabela 8 - Estimativas dos componentes de variância genética para produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) dos 29 híbridos de milho obtidos com o uso da metodologia REML/BLUP	24
Tabela 9 - Estimativas dos componentes de variância genética para produtividade de grãos nos ambientes favoráveis e desfavoráveis	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Dispersão gráfica dos 29 híbridos com base nos dois primeiros componentes principais dos híbridos: 1-BM207; 2-BRS303; 3-BRS3060; 4-20A55PW; 5-BM650PRO2; 6-BM915PRO; 7-2B587PW; 8-BG7049Hx; 9-2B512PW; 10-BM709PRO2; 11-BM840PRO; 12-2B810PW; 13-BM820; 14-2B710PW; 15-30A16PW; 16-DKB 17-DKB330PRO; 18-RB9004PRO; 19-P3862H; 20-AS1573PRO; 21-AG7098PRO2; 22-SHS7920PRO; 23-BRS1010; 24-CARGO; 25-BM3063; 26-BM3066PRO2; 27-30F35; 28-BRS1055; 29-FEROZViptera. Ideótipos: I – máxima adaptabilidade geral; II – máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III – máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis; IV - mínima adaptabilidade. 19
- Figura 2** - Biplot AMMI com os dois primeiros componentes principais de interação (CP1 e CP2), para dados de produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) dos 29 híbridos de milho e cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015. 22
- Figura 3** - Biplot AMMI para os dados de produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) de 29 híbridos de milho em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015. 23
- Figura 4** - Valores genotípicos médios (VG) para produtividade de grãos de 29 híbridos comerciais de milho e os seus respectivos intervalos de confiança. 25
- Figura 5** - Médias de MHPRVG^*GM para os 29 híbridos de milho em cinco ambientes de Minas Gerais. 25
- Figura 6** - Diagrama de dispersão da MHPRVG^*GM para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 29 híbridos de milho nos ambientes favoráveis e desfavoráveis. I-mínima adaptabilidade; II-adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III-adaptabilidade geral e; IV- adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. 27

RESUMO

FARIA, Sirlene Viana de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos Comerciais de Milho pelos Métodos de Eberhart & Russell, Centróide, AMMI e Modelos Mistos.** Orientador: Rodrigo Oliveira de Lima. Coorientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho, pelos métodos Eberhart & Russell (1966), centróide, AMMI e modelos mistos-REM/BLUP; e comparar os resultados obtidos por meio das quatro metodologias. Para tal, vinte e nove híbridos comerciais de milho foram avaliados para produtividade de grãos em cinco ambientes de Minas Gerais. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com duas repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m. Houve diferença significativa ($P < 0,01$) para os efeitos de híbridos, ambientes e interação híbridos x ambientes. A maioria dos híbridos avaliados apresentou ampla adaptabilidade e boa estabilidade. O híbrido 30A16PW comportou-se mais adequadamente em ambientes superiores e é indicado para agricultores que adotam elevados padrões tecnológicos de manejo. Entretanto, o híbrido CARGO é recomendado para regiões com o emprego de baixa tecnologia e insumos. As metodologias de Eberhart & Russell, centróide, AMMI e modelos mistos apresentaram resultados semelhantes na classificação e recomendação de híbridos com ampla adaptabilidade. Contudo, ocorreu divergência na indicação de híbridos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis, o que justifica a utilização de mais de um método de avaliação para uma maior confiabilidade na recomendação de híbridos comerciais de milho.

ABSTRACT

FARIA, Sirlene Viana de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Adaptability and Stability of Commercial Hybrids of Maize by Eberhart & Russell (1966), Centroid, AMMI and Mixed Models REM/BLUP Methods.** Adviser: Rodrigo Oliveira de Lima. Co-advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro and Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of commercial maize hybrids by Eberhart & Russell (1966), centroid, AMMI and mixed models REM/BLUP methods; and compare the results obtained by the four methodologies. For such, twelve-nine commercial maize hybrids were evaluated for grain yield in five environments of Minas Gerais. We used the randomized complete block design with two replicates. Each plot consisted of two 5 m long rows spaced 0.8 m. There was significant difference ($P < 0.01$) for the hybrids, environments and genotype-by-environment interactions. Most of hybrids showed good adaptability and stability. The 30A16PW hybrid behaved better in the superior environments and it is indicated for farmers who adopt the highest technological standards for crop management. However, CARGO hybrid is recommended for regions with the use of low agriculture input. The Eberhart & Russell, centroid, AMMI and mixed models methods, presented similar results in the classification and recommendation hybrid with wide adaptability. However, there was divergence in the statement of hybrids with specific adaptability to favorable and unfavorable environments, which justifies the use of more than one assessment method for reliability on the recommendation of commercial maize hybrids.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais de maior importância econômica no mundo, caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação humana e animal, até a indústria de alta tecnologia (MÔRO e FRISTSCHKE-NETO, 2015). É a terceira cultura com maior área cultivada do mundo. Na safra de 2014/15, foram produzidas 1,006 bilhões de toneladas de milho no mundo (USDA, 2015), o que o posiciona como a cultura de maior volume de produção no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor e segundo maior exportador mundial de milho.

A produção de milho no Brasil tem se caracterizado pela divisão em duas épocas de plantio. Os plantios de verão ou primeira safra, que são realizados durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro no Sudeste e Centro-Oeste. Recentemente, tem aumentado a produção obtida na chamada safrinha ou segunda safra, que se refere ao milho de sequeiro, plantado entre os meses de janeiro e fevereiro, depois da colheita soja, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (MIRANDA et al., 2012). Na safra de 2014/15, a produção brasileira de grãos de milho foi de 84,6 milhões de ton., em que 30,1 e 54,6 milhões de ton. foram produzidas na primeira safra e segunda safra, respectivamente, com produtividade média de 5,4 mil kg ha⁻¹, em uma área de 15,7 milhões de hectares (CONAB, 2016).

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, com aproximadamente 88% da produção total de milho do país, na safra 2014/15, concentrada nas regiões Centro-Oeste (39,58 milhões de ton.), Sul (25,23 milhões de ton.) e Sudeste (11,06 milhões de ton.). O Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui grande diversidade de clima e solo. Além de diferentes sistemas de produção, níveis tecnológicos e de vários outros fatores que podem influenciar a produção de milho, o que faz com que haja um enorme contraste entre as regiões produtoras (COELHO et al., 2004; MALDANER et al., 2014). No estado de Minas Gerais, por exemplo, segundo maior produtor brasileiro de milho primeira safra (5,46 milhões de ton.) e quinto maior na produção total do país, com aproximadamente sete milhões de ton. (CONAB, 2016), percebe-se grande diferença entre as regiões de cultivo de milho, em que o plantio encontra-se concentrado no Sul de Minas (1312 mil. ton.), Triângulo Mineiro (1194 mil. ton.), Alto Paranaíba (1478 mil. ton.) e no Noroeste (1274 mil. ton.) do estado (IBGE, 2016). Segundo Garcia et al. (2006), as causas dessa concentração estão nas condições edafoclimáticas mais favoráveis dessas regiões, como

também pela proximidade de mercado e pela organização comercial e gerencial das propriedades. Assim, para a recomendação de cultivares de milho para Minas Gerais, torna-se necessário avaliar o desempenho desses em vários locais do estado, pois cultivares avaliados em diferentes ambientes podem apresentar comportamentos diferenciados frente às condições ambientais distintas, o que caracteriza a interação entre genótipos e ambientes (CRUZ et al., 2012).

Dentre os principais objetivos dos programas de melhoramento de milho a avaliação de híbridos é a etapa mais importante e dispendiosa. Nesse aspecto, antes de serem recomendados, os híbridos são avaliados em condições representativas da região alvo de recomendação. Assim, em cada fase do programa de melhoramento, são conduzidos ensaios de Valor de Cultivo e Uso em diversos ambientes com a finalidade de identificar, entre os híbridos avaliados, aqueles com ampla adaptabilidade e estabilidade de produção e também aqueles com adaptabilidade específica a cada região.

Com o intuito de fornecer maiores subsídios aos agricultores na escolha adequada de híbridos que devem ser utilizados, a recomendação de cultivares para os agricultores deve ser precedida de uma avaliação da região (CARDOSO et al., 2010), e os seguintes fatores devem ser levados em consideração: as principais pragas e doenças, o sistema de produção predominante da região, as exigências do mercado e o perfil dos agricultores. A escolha dos híbridos é de extrema importância e essa deve ser ajustada ao seu sistema de produção, principalmente levando em consideração que anualmente novas cultivares são lançadas no mercado.

As diferenças entre os anos e as regiões de cultivo podem influenciar o comportamento das cultivares devido, principalmente, à interação GxA. A avaliação dessa interação nos programas de melhoramento é de grande importância, e compete ao melhorista quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizá-la ou aproveitá-la (CRUZ et al., 2012). Assim, a avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos cultivares é uma alternativa para amenizar os efeitos da interação e identificar cultivares com comportamento previsível e responsivas às melhorias do ambiente (CRUZ et al., 2012).

Diferentes metodologias têm sido propostas para a análise da adaptabilidade e estabilidade, de forma que a escolha por uma delas depende de fatores como a quantidade de genótipos e de ambientes avaliados, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (CHAVES, 2001). Na cultura do milho, investigações de interação GxA e de adaptabilidade e estabilidade tem sido empregadas por diversos autores. Entretanto, a maioria dos genótipos de milho avaliados por esses autores são variedades

(VENDRUSCOLO et al., 2001; SILVA et al., 2008; MIRANDA et al., 2009, OLIVEIRA et al., 2013, COUTO et al., 2015). Poucos trabalhos foram realizados com híbridos comerciais, dos quais se pode citar os trabalhos Gama e Hallauer (1980), Murakami et al. (2004), Oliveira et al. (2004), Garbuglio et al. (2007), Balestre et al. (2009), Santos et al. (2011), Bujak et al. (2014) e Stojakovic et al. (2015). Além desses autores, Silva et al. (2014) realizaram estudos de adaptabilidade e estabilidade para avaliar a produtividade de grãos de 10 híbridos de milho desenvolvidos para ambientes com elevados níveis tecnológicos, no sul do Brasil. Esses autores concluíram que existe boa estabilidade fenotípica em híbridos simples associado a elevado potencial produtivo.

Entre as diversas metodologias empregadas para estudar adaptabilidade e estabilidade em milho, destaca-se, pela sua ampla utilização, fácil aplicação e interpretação dos resultados, o método proposto por Eberhart & Russell (1966), baseado em regressão linear. Segundo Murakami et al. (2004), é notório o emprego dessa metodologia, devido à sua praticidade de uso e aos resultados satisfatórios por ela fornecida. Apesar de ser um dos métodos mais antigos, ele é um dos mais utilizados até hoje para avaliação de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de diferentes culturas. A recomendação de cultivares de milho com base nesse método foram realizadas com sucesso por diversos autores: Gama e Hallauer (1980), Vendruscolo et al. (2001), Murakami et al. (2004), Oliveira et al. (2004), Cargnelluti Filho et al. (2009), Miranda et al. (2009), Rios et al. (2009), Scapim et al. (2010), Oliveira et al. (2013). Recentemente, Carvalho et al. (2014) empregam esse método para estudar a adaptabilidade e estabilidade de 16 genótipos de milho no estado de Tocantins, e classificá-los, quanto a tendência da finalidade produtiva: grãos ou massa verde .

Um método de avaliação de adaptabilidade e estabilidade novo e pouco usado é o método do centróide, proposto por Rocha et al. (2005). Ele é baseado em análise de componentes principais e consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos avaliados e quatro referenciais ideais (ideótipos). Esse método se destaca entre os métodos não-paramétricos, pois permite a análise da performance de um número relativamente alto de genótipos, dispensa a análise simultânea de vários parâmetros, como ocorre nos métodos baseados em regressão e é de fácil interpretação dos resultados. Entretanto, há na literatura poucos trabalhos com o emprego dessa metodologia na avaliação de genótipos de milho para adaptabilidade e estabilidade. Pode-se citar os trabalhos de Silva et al. (2008) e Santos et al. (2011). Contudo, esses autores chegaram a conclusões diferentes sobre essa metodologia. Silva et al. (2008)

concluíram que o método apresentou dificuldades na interpretação dos resultados e Santos et al. (2011) concluíram que o método foi efetivo na classificação dos 15 híbridos de milho avaliados em sete locais, no estado do Paraná. Com o objetivo de fornecer maior sentido biológico e melhorar a análise nos aspectos qualitativo e quantitativo, Nascimento et al. (2009) propuseram a adição de três novos ideótipos ao método centróide original. Esses autores utilizaram dados provenientes de um experimento com 92 genótipos de alfafa e concluíram que essa alteração mantém a facilidade de interpretação dos resultados presente no método original e não permite a duplicidade de classificação dos genótipos quanto à adaptabilidade. Contudo, não foram encontrados relatos na literatura sobre a aplicação do método centróide modificado por Nascimento et al. (2009) na avaliação de genótipos de milho em vários locais.

Entre as novas abordagens propostas para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, destacam-se a análise AMMI (GAUCH e ZOBEL, 1996) e a metodologia de modelos mistos por REM/BLUP. A análise AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction Analysis) destaca-se por permitir uma avaliação mais detalhada da interação GxA, propiciar estimativas mais precisas das respostas genotípicas, possibilitar a fácil interpretação gráfica dos resultados, além de permitir tirar conclusões sobre a estabilidade, o desempenho genotípico, a divergências genética do cultivares e sobre os ambientes que otimizaram o desempenho desses (DUARTE e VENCOVSKY, 1999). Ela combina, em um único modelo, a análise de variância dos efeitos aditivos de genótipos e ambientes com a análise de componentes principais do efeito multiplicativo da interação GxA (CHAVES, 2001). A aplicação dessa metodologia na avaliação de cultivares de milho pode ser encontrada nos trabalhos de Balestre et al. (2009), Cargnelluti Filho et al. (2009) e Miranda et al. (2009). Além desses autores, Namorato et al. (2009) realizaram a comparação dessa metodologia com a de Eberhart & Russell (1966) e concluíram que ambas classificaram os mesmos cultivares com menor contribuição para a interação GxA, cultivares mais estáveis e de adaptabilidade geral, e que a análise AMMI é mais eficiente.

A metodologia de modelos mistos proposta por Resende (2007) apresenta inúmeras vantagens em relação aos métodos mais tradicionais, tais como, considerar erros correlacionados dentro de locais, bem como a estabilidade e a adaptabilidade na seleção de genótipos superiores, fornece valores genéticos já descontados da instabilidade e pode ser aplicado a qualquer número de ambientes e a experimentos desbalanceados. Além disso, ela gera resultados na própria unidade ou escala do caráter avaliado, que podem ser interpretados diretamente como valores genéticos, o que os

outros métodos não permitem. Esse método também possibilita inferências adicionais, como: seleção de genótipos específicos para cada local; seleção de genótipos estáveis através dos locais; seleção de genótipos responsivos (com alta adaptabilidade) à melhoria do ambiente; e seleção pelos três atributos (produtividade, estabilidade e adaptabilidade), simultaneamente (RESENDE, 2007). Esse método tem sido usado na análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade em diferentes culturas, como: cana-de-açúcar (BASTOS et al., 2007), arroz (BORGES et al., 2009), cenoura (SILVA et al., 2011), café (ROCHA et al., 2015), feijão (TORRES et al., 2015), clones de Eucalyptus (SANTOS et al., 2015). Na cultura do milho, Mendes et al. (2012) usaram a metodologia de modelos mistos para estudar a interação genótipos x ambientes de 45 variedades de polinização aberta de milho avaliadas em 49 ambientes. Esses autores concluíram que o método REM/BLUP é adequado para utilização em programas de melhoramento de milho. Entretanto, não foram encontrados na literatura trabalhos que utilizaram esse método para avaliar a interação genótipos x ambientes em híbridos comerciais de milho.

Comparações entre as diferentes metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade, em cultivares de milho, tem sido realizadas em trabalhos de Murakami et al. (2004), Cargnelluti Filho et al. (2007), Rios et al. (2009), Namorato et al. (2009), Scapim et al. (2010), Santos et al. (2011), Oliveira et al. (2013) e Bujak et al. (2014). Além desses trabalhos, Cargnelluti Filho et al. (2009) compararam 13 diferentes metodologias de avaliação de adaptabilidade e estabilidade, considerando dados de produtividade de grãos de milho no estado do Rio Grande do Sul. Eles concluíram que, com exceção da análise AMMI, houve concordância na indicação de cultivares de milho pelos métodos avaliados o que torna desnecessário o uso concomitante desses. No entanto, comparações com as metodologias centróide e modelos mistos-REM/BLUP na avaliação de cultivares de milho não foram encontradas na literatura e carecem de pesquisas.

2. OBJETIVOS

Avaliar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho, com emprego das metodologias de Eberhart & Russell (1966), centróide, AMMI e modelos mistos- REM/BLUP.

Realizar a comparação entre as quatro metodologias de avaliação da adaptabilidade e estabilidade quanto à capacidade discriminatória para a recomendação de híbridos de milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material Genético

Para a avaliação do desempenho dos genótipos e da interação GxA foram utilizados 29 híbridos comerciais de milho recomendados para o estado de Minas Gerais e Brasil Central (Tabela 1). Desses, vinte e um são híbridos simples, seis híbridos triplos, três híbridos duplos e um híbrido simples modificado.

Tabela 1 - Características agrônômicas dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados em cinco locais ambientes de Minas Gerais, na safra 2014/2015

Cultivar	Tipo	Ciclo	Empresa	Região de adaptação
DKB330PRO	HS	SP	Dekalb	SUL, CO, SE, NE, RO
BM915PRO	HS	SP	Biomatrix	SE, CO, N, SUL e PR
AG7098PRO2	HS	P	Agrocerec	CO, SE, NE e PR, RO, TO
DKB390	HS	P	Dekalb	SUL, CO, SE, NE, RO, AC
P3862H	HS	P	Du Pont do Brasil	SUL, SE, CO e BA, TO, PI, MA
30F35	HS	P	Du Pont do Brasil	SUL, SE, CO, NE e TO, RO, RR, AC
2B587PW	HS	P	Dow Agrosiences	Brasil
2B710PW	HS	P	Dow Agrosiences	Brasil
30A16PW	HS	P	Morgan Sementes	Região subtropical e tropical alta
BRS1010	HS	P	Embrapa	Brasil exc. RS e SC
SHS7920PRO2	HS	P	Santa Helena	SE, CO, PR, RS
BM3066PRO2	HS	P	Biomatrix	SUL, SE
BM820	HS	P	Biomatrix	SE e CO
BM840PRO	HS	P	Biomatrix	SE e CO
RB9004PRO	HS	P	Riber KWS	SE, SUL, NE, CO, N
BM650PRO2	HS	SMP	Biomatrix	SE e CO
BM709PRO2	HS	SMP	Biomatrix	SUL, SE, CO
BRS1055	HS	SMP	Embrapa	NE, SE, CO, N, PR
2B810PW	HS	N	Dow Agrosiences	Regiões tropicais e demais
BRS3035	HT	SP	Embrapa	CO, NE, SE e PR
20A55PW	HT	P	Morgan Sementes	Brasil
BM3063	HT	P	Biomatrix	SUL, SE, CO, NE, N
BG7049H	HT	P	Du Pont do Brasil	SUL, SE, CO e BA, TO, PI, MA
2B512PW	HT	P	Dow Agrosiences	Brasil
BRS3060	HT	SMP	Embrapa	SE, CO, MA, TO
BM207	HD	P	Biomatrix	SUL, SE, CO, NE, N
CARGO	HD	P	Syngenta	SUL, CO e SE
FEROZViptera	HD	P	Syngenta	SUL, CO, SE e BA, MA, PI
AS1573PRO	HSm	P	Agroeste	SUL e SP, MG e MS

Fonte: EMBRAPA, 2014. Tipo: HS - Híbrido simples; HT - Híbrido triplo; HD - Híbrido duplo; HSm - Híbrido simples modificado. Ciclo: SP - Superprecoce; P - Precoce; SMP - Semiprecoce; N - Normal.

3.2 Execução Experimental

Os 29 híbridos comerciais de milho foram avaliados em cinco ambientes no estado de Minas Gerais: Campo Experimental de Coimbra, Coimbra-MG (20°49'46,5" S, 42°45'51,1" O, altitude 715 m); Campo Experimental Diogo Alves de Mello, Viçosa-MG (20°46'04" S, 42°52'10" O, altitude 662 m) (Viçosa1); Campo Experimental Horta Nova (20°45'47,6" S, 42°49'25,1" O, altitude 665 m), localizado no distrito de São José do Triunfo, Viçosa-MG (Viçosa2); Estação Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG (19°27'57" S, 44°14'48" W, altitude 761 m) e, em São Miguel do Anta-MG (20°42'22,6" S, 42°43'09,4" O, altitude 661 m).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com duas repetições. Cada parcela foi constituída de duas linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,80 m, com área útil de oito m². Aproximadamente 25 dias após o plantio, foi realizado um desbaste com o objetivo de obter uma população de 62500 plantas ha⁻¹.

O plantio foi realizado em sistema convencional, com a preparação da área feita com uma aração e duas gradagens, no ambiente de São Miguel do Anta, em novembro, e, no Campo Experimental Diogo Alves de Mello (Viçosa1), em dezembro de 2014. Nos demais ambientes, o plantio foi feito em dezembro do mesmo ano, em sistema de plantio direto, com prévia dessecação da vegetação com glifosato. Em todos os locais, a semeadura foi feita manualmente. O manejo e os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (CRUZ et al., 2008). Na adubação de plantio foram aplicados 400 kg ha⁻¹ de NPK, com formulação 08-28-16, e, posteriormente, no estágio de seis folhas completamente desenvolvidas, uma adubação de cobertura, na quantidade de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia.

Avaliou-se a produtividade de grãos, obtida por meio da pesagem dos grãos de cada parcela, corrigida para 14,5% de umidade e convertida para kg ha⁻¹.

3.3 Análises Genético-Estatísticas

Após a coleta dos dados, foi realizada uma análise de variância para cada ambiente para avaliar a existência de variabilidade genotípica entre os híbridos de milho. As análises individuais para o delineamento em blocos casualizados foram realizadas segundo o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que: y_{ij} é o valor observado obtido do i -ésimo genótipo avaliado no j -ésimo bloco; μ é a média geral; g_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, 29$); b_j é o efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2$); e e_{ij} é o erro aleatório associado à observação y_{ij} .

Antes de realizar a análise de variância conjunta, testou-se a homogeneidade das variâncias residuais para realizar o agrupamento dos ambientes. As variâncias são consideradas homogêneas quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR) das análises individuais for menor que 7,0 (PIMENTEL-GOMES, 2000).

Após testar a homogeneidade de variâncias entre os ambientes, foi realizada uma análise de variância conjunta com a finalidade de verificar a presença de interação GxA. A análise de variância conjunta foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + b/a_{jk} + a_k + ga_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

em que: y_{ijk} é o valor observado do i -ésimo genótipo avaliado no k -ésimo ambiente no j -ésimo bloco ($j = 1, 2$); μ é a média geral; g_i é o efeito fixo do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, 29$); b/a_{jk} é o efeito do j -ésimo bloco dentro do k -ésimo ambiente; a_k é o efeito aleatório do k -ésimo ambiente ($k = 1, 2, \dots, 5$); ga_{ik} é o efeito aleatório da interação do i -ésimo genótipo com o k -ésimo ambiente e; ε_{ijk} é o erro experimental associado à observação y_{ijk} .

A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada com emprego das metodologias de Eberhart e Russell (1966), centróide, AMMI e modelos mistos-REM/BLUP.

Para o emprego da metodologia de Eberhart e Russell (1966), foi utilizado o seguinte modelo de regressão:

$$y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

em que: y_{ij} é a média do genótipo i , no ambiente j ; β_{oi} é a constante da regressão e representa a média geral do genótipo i ; β_{1i} é o coeficiente da regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j é o índice ambiental codificado; δ_{ij} é o desvio da regressão e; $\bar{\varepsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio.

As estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram obtidas através do coeficiente de regressão (β_{1i}) de cada genótipo em relação ao índice ambiental e pelos desvios dessa regressão (σ_{di}^2). Genótipos com adaptabilidade geral são aqueles com $\beta_{1i} = 1$; genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis são aqueles com $\beta_{1i} > 1$; e genótipos com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis são

aqueles com $\beta_{1i} < 1$. Genótipos com previsibilidade de comportamento são aqueles com $\sigma_{di}^2 = 0$ e genótipos com comportamento imprevisível são aqueles com $\sigma_{di}^2 \neq 0$.

Para utilização do método centróide proposto por Rocha et al., 2005 e modificado por Nascimento et al. (2009), que consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e os sete referências ideais (ideótipos). Para utilização desse método, os ambientes devem ser classificados em favoráveis e desfavoráveis de acordo com o índice ambiental proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$$

em que: I_j é o índice ambiental codificado ($j=1,2,\dots, 5$); Y_{ij} é a média do genótipo i , no ambiente j ; $Y_{..}$ é o total das observações; a é o número de ambientes e; g é o número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis serão criados com intuito de classificar os outros pontos para plotar os gráficos. Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo, utiliza-se a análise de componentes principais envolvendo os g genótipos iniciais e sete outros representativos que na análise gráfica representaram os centróides, em torno dos quais será avaliada a dispersão dos demais. Uma medida de probabilidade espacial é calculada, a qual é definida como o inverso da distância entre um tratamento e o ideótipo definido pelo pesquisador:

$$P_{d(i,j)} = \frac{1/d_i}{\sum_{i=1}^4 1/d_i}$$

em que: $P_{d(i,j)}$ é a probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centróide; d_i é a distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centróide.

Para a análise AMMI, o modelo empregado foi:

$$\bar{y}_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que: \bar{y}_{ij} é a produtividade média do genótipo ($i = 1,2,\dots, 29$) no ambiente j ($j = 1,2,\dots, 5$); μ é a média geral dos experimentos; g_i é o efeito fixo do genótipo i ; a_j é o efeito do ambiente j ; λ_k é o k -ésimo valor singular da matriz de interações; γ_{ik} é o elemento correspondente ao i -ésimo genótipo, no k -ésimo vetor singular coluna da matriz GA ; α_{jk} é o elemento correspondente ao j -ésimo ambiente, no k -ésimo vetor singular linha da matriz GA ; ρ_{jk} é o resíduo associado ao termo da interação clássica do genótipo i com o ambiente j ; ε_{ij} é o erro experimental médio associado à observação,

assumindo como independente $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$; n é o número de eixos ou de componentes principais retidos para descrever o padrão da interação genótipos x ambientes.

No método de modelos mistos, foi utilizado o modelo 54 do software Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2007):

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

em que: y é o vetor de dados; r é o vetor dos efeitos fixos de repetição somados à média geral; g é o vetor dos efeitos genotípicos aleatórios; i é vetor dos efeitos aleatórios da interação genótipos x ambientes; e é o vetor de erros aleatórios e; X , Z e W = matrizes de incidência para b , g e c , respectivamente.

Subsequentemente, a média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG) foi estimada para selecionar os genótipos de melhor desempenho e menor variação entre os ambientes por:

$$MHPRVG_i = n / \sum_{j=1}^j \frac{1}{PRVG_{ij}}$$

em que: n é o número de ambientes; $PRVG_{ij} = VG_{ij}/VG_j$, em que: VG_{ij} é o valor genético do genótipo i no ambiente j e; VG_j que corresponde à média genotípica no ambiente j .

Para facilitar a interpretação dos resultados, os valores MHPRVG foram multiplicados pela média geral de todos os ambientes, proporcionando resultados na mesma magnitude do caractere estudado. Posteriormente, os ambientes foram agrupados em favoráveis e desfavoráveis, com base na média geral dos híbridos em todos os ambientes, e conduzidos análises separadas para cada grupo. Ambientes que a média dos híbridos foi superior à média geral foram considerados favoráveis e aqueles que a média dos híbridos foi inferior à média geral foram considerados desfavoráveis. Isso resultou na criação de novos valores de MHPRVG para cada grupo de ambientes. Assim, para avaliar a adaptabilidade, considerando também a estabilidade dos genótipos, os resultados de MHPRVG foram comparados em gráficos de dispersão, contrastando os ambientes favoráveis (eixo das abcissas) e desfavoráveis (eixo das ordenadas). O plano cartesiano foi então dividido em quatro quadrantes: I - genótipos com mínima adaptabilidade e baixa estabilidade; II - genótipos com adaptabilidade específica em ambientes favoráveis; III - genótipos com adaptabilidade geral e alta estabilidade e; IV - genótipos com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis (MENDES et al., 2012).

As análises genético-estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas estatísticos Genes (CRUZ, 2013), Selegen (RESENDE, 2007) e R (R Development Core Team, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre as médias dos híbridos para o caractere produtividade de grãos, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2). Os valores de acurácia variaram de 0,75 a 0,89, o que indica alta precisão dos experimentos (RESENDE e DUARTE, 2007). As médias de produtividade ficaram entre 3163 kg ha⁻¹ (São Miguel) e 12399 kg ha⁻¹ (Sete Lagoas), com média geral de 9146 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Garbuglio et al. (2007) na avaliação de 27 genótipos de milho, em 22 ambientes no estado do Paraná. Essas variações, podem ser explicadas pela seca prolongada e baixo regime de chuvas associado às altas temperaturas durante o ciclo da cultura, principalmente na época de florescimento e enchimento de grãos. Além disso, a baixa fertilidade inicial do solo, ocorrência de pragas e plantas daninhas e o não uso de irrigação complementar em São Miguel, ao contrário do que ocorreu nos outros ambientes avaliados, colaboraram para a baixa produtividade dos híbridos nesse ambiente. Em contrapartida, condições favoráveis para a obtenção de altas produtividades foram observadas em Sete Lagoas. Esses resultados evidenciam a alta dependência de condições ótimas para se alcançar boas produtividades, ou seja, a influência do ambiente na expressão do fenótipo produtividade de grãos.

De acordo com Landau et al. (2016), a cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, alcancem níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo. Em experimentos com híbridos de milho, Stojakovic et al. (2015) também observaram variação na produtividade de grãos de local para local e de ano para ano. Esses autores constataram que a falta de chuva associada a altas temperaturas, principalmente nos períodos críticos da cultura, do pré-florescimento ao enchimento de grãos, estavam presente em 4 dos 5 anos de avaliação.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais, na safra 2014/2015

FV	GL	Quadrado Médio				
		Viçosa1	Coimbra	Viçosa2	Sete Lagoas	São Miguel
Bloco	1	9890,1	2257913	127973,5	585834,6	12516993,2
Híbrido	28	5490339,8**	9467045,6**	6646802**	5985471,4**	2603940,4*
Resíduo	28	1772038,8	3186716,1	1434967,8	1249672,9	1140856,9
Média		10734,27	8347,68	11087,18	12399,34	3162,83
Acurácia		0,82	0,81	0,86	0,89	0,75

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

Verificou-se que a razão entre o maior e o menor quadrado médio dos resíduos foi inferior a sete (2,8), o que indica homogeneidade das variâncias residuais. Isso possibilitou a realização da análise conjunta com agrupamento de todos os ambientes. Nessa, verificou-se efeito significativo, pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade, para todas as fontes de variação testadas (Tabela 3). O efeito significativo da interação HxA demonstra que os híbridos apresentaram respostas diferenciadas frente as diferenças ambientais. Nos trabalhos de Murakami et al. (2004), Garbuglio et al. (2007), Balestre et al. (2009), Santos et al. (2011) e Silva et al. (2014) também foram observadas respostas diferenciadas na produtividade de grãos em híbridos comerciais de milho, quando submetidos ao cultivo em diferentes ambientes.

A média geral de produtividade de grãos foi de 9146 kg ha⁻¹ e o coeficiente de variação (CVe=14,49%), que mede a precisão experimental, foi classificado como médio para a produtividade de grãos de milho (FRITSCHÉ-NETO et al., 2012), o que indica boa precisão experimental. Em estudos similares com a cultura do milho valores de coeficiente de variação oscilaram entre 3,94 e 18,42% para o caractere produtividade de grãos (GARBUGLIO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2014). Essa precisão satisfatória foi confirmada pelo alto valor de acurácia (0,76) obtido na análise conjunta (RESENDE e DUARTE, 2007).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância conjunta dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados para produtividade de grãos em cinco ambientes de Minas Gerais, na safra 2014/2015

FV	GL	Quadrado Médio
Bloco/Ambiente	5	3099720,87
Híbridos	28	12718666,53**
Ambientes	4	773004952,01**
Híbridos x Ambientes	112	4368733,18**
Resíduo	140	1756850,52
Média		9146,26
CV(%)		14,49
Acurácia		0,76

** , significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Após a verificação da significância da interação HxA, na análise de variância conjunta, as médias de produtividade de grãos dos híbridos foram submetidas ao teste de agrupamento de SCOTT-KNOTT (1974) a 5% de probabilidade de erro, em cada um

dos ambientes, a fim de verificar diferenças entre os híbridos, o qual proporcionou a formação de diferentes grupos em cada um dos ambientes (Tabela 4).

Os híbridos apresentaram as maiores produtividade médias de grãos em Sete Lagoas e em Viçosa2, com média geral de 12399 e 11087 kg ha⁻¹, respectivamente e as menores produtividade foram observadas em São Miguel, com média geral de 3163 Kg ha⁻¹. Em Sete Lagoas, sessenta e nove por cento dos híbridos apresentaram produtividade média de grãos superior a 10300 Kg ha⁻¹ e foram alocados no grupo “a”, os demais híbridos, no grupo “b”, com produtividade de grãos inferior. Nesse ambiente, o 2B810PW (15154 kg ha⁻¹) foi o híbrido que apresentou maior produtividade média de grãos. Em Viçosa2, dos vinte e nove híbridos avaliados 15 estão no grupo “a” com produtividade média superior a 11000 kg ha⁻¹. Dentre esses, destaca-se o híbrido SHS7920PRO produziu 13727 kg ha⁻¹. Nesse ambiente, doze híbridos foram alocados no grupo “b” com média de produtividade de grãos superior a 9000 kg ha⁻¹, e os híbridos BM915PRO (6130 Kg ha⁻¹) e 20A55PW (7299 kg ha⁻¹) no grupo “c”. As menores produtividades de grãos obtidas nos ambientes de Sete Lagoas e Viçosa2 foram de 8867 kg ha⁻¹ (CARGO) e 6130 kg ha⁻¹ (BM915PRO), respectivamente. Os baixos valores de produtividade de grãos desses dois ambientes foram superiores à média geral de produtividade obtida em São Miguel (3163 kg ha⁻¹). Todos os 29 híbridos avaliados em São Miguel, assim como no ambiente de Coimbra, foram alocados, com base no teste de agrupamento do Scott-Knott (1974) em um único grupo (“a”), o que indica que as médias de produtividade de grãos não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste. As baixas produtividades observadas nesses dois ambientes evidenciam a realidade do Brasil e as discrepâncias na produtividade de grãos observada nas regiões produtoras de milho. Segundo a CONAB (2016), esses valores são coerentes com o nível tecnológico aplicado nas lavouras e as condições climáticas adversas das regiões produtoras de milho. A produtividade média brasileira na safra 2014/15 foi de aproximadamente 5000 kg ha⁻¹ e de 5373 kg ha⁻¹ no estado de Minas Gerais. Em São Miguel, além da escassez de chuvas ocorrida durante o ciclo, essa área é a que apresentou solos mais pobres de acordo com a análise de solo.

Observa-se que não houve um padrão na distribuição das médias em relação aos ambientes (Tabela 4), ou seja, o híbrido que foi mais produtivo em um local, não foi em outro, o que caracteriza a interação HxA. Segundo Murakami e Cruz (2004), a recomendação de cultivares considerando apenas a média geral de ensaios favorece genótipos que se sobressaem nos melhores ambientes e não discrimina os que os apresentam adaptabilidade geral ou específica às condições favoráveis e desfavoráveis.

Desse modo, torna-se necessário avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos híbridos nos ambientes avaliados

Tabela 4 – Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹), corrigida para 14,5% de umidade, dos 29 híbridos de milho avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais, na safra 2014/2015

Cultivar ^{1/}	Tipo	PG Média	Viçosa1	Coimbra	Viçosa2	Sete Lagoas	São Miguel
BM709PRO2	HS	10969	12442 a	11240 a	13205 a	13368 a	4592 a
RB9004PRO	HS	10967	12096 a	13341 a	13442 a	13711 a	2245 a
SHS7920PRO	HS	10677	12138 a	9051 a	13727 a	13488 a	4980 a
P3862H	HS	10453	11489 a	9281 a	13169 a	14774 a	3553 a
BRS1055	HS	10442	11682 a	10387 a	12967 a	13854 a	3322 a
AG7098PRO2	HS	10374	12198 a	9519 a	11987 a	14677 a	3487 a
30A16PW	HS	10188	13859 a	8126 a	10835 b	14905 a	3214 a
BM650PRO2	HS	9912	11415 a	9317 a	10940 b	13182 a	4705 a
DKB390	HS	9865	9512 b	9754 a	13267 a	11826 b	4967 a
BG7049Hx	HT	9715	12129 a	9362 a	11293 a	12851 a	2942 a
FEROZ Viptera	HD	9657	11186 a	10497 a	11125 a	12935 a	2544 a
BM3066PRO2	HS	9617	12509 a	5506 a	12844 a	13671 a	3554 a
BM3063	HT	9405	11945 a	10385 a	12019 a	10908 b	1768 a
BM840PRO	HS	9394	11814 a	7749 a	9210 b	14242 a	3955 a
2B587PW	HS	9353	10636 a	10504 a	10841 b	12194 b	2590 a
2B810PW	HS	9214	10572 a	8079 a	9428 b	15155 a	2836 a
30F35	HS	9144	7831 b	9935 a	13029 a	12109 b	2817 a
2B512PW	HT	8904	11821 a	8137 a	10227 b	11902 b	2431 a
20A55PW	HT	8384	11894 a	6939 a	7300 c	13433 a	2354 a
BM820	HS	8350	9870 b	7793 a	10006 b	11032 b	3049 a
BRS3035	HT	8211	9021 b	7393 a	11309 a	10158 c	3173 a
CARGO	HD	8164	9309 b	7247 a	9221 b	8868 c	6177 a
AS1573PRO	HSm	8127	10383 a	4421 a	11792 a	11569 b	2471 a
2B710PW	HS	7974	9879 b	7770 a	10745 b	11001 b	476 a
BRS3060	HT	7845	7332 b	8449 a	10500 b	9909 c	3034 a
BM207	HD	7810	8247 b	6504 a	11278 a	11336 b	1682 a
BM915PRO	HS	7658	10548 a	5882 a	6131 c	12374 b	3354 a
DKB330PRO	HS	7373	10143 b	2704 a	9897 b	11276 b	2844 a
BRS1010	HS	7097	7395 b	6813 a	9793 b	8874 c	2610 a
Média Geral		9146	10734	8348	11087	12399	3163

^{1/}Médias seguidas por letras distintas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Scott e Knott (1974).

Ao analisar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica pelo método de Eberhart & Russell (1966) (Tabela 5), verifica-se que 89,65% obtiveram

coeficientes de regressão estatisticamente iguais a um ($\beta_{1i}=1$) e, portanto, apresentaram ampla adaptabilidade aos ambientes avaliados. Não houve indicação de híbridos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ($\beta_{1i}>1$), ou seja, os híbridos avaliados, de acordo com essa metodologia, não responderam favoravelmente as melhorias do ambiente. Os híbridos BRS3060, BRS1010 e CARGO apresentaram β_{1i} estatisticamente inferior a um ($\beta_{1i}<1$) o que evidencia a adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. Eles não apresentaram incremento na produtividade de grãos com a melhoria do ambiente e devem ser recomendados para áreas com menores investimentos e de baixo nível tecnológico. Esses resultados corroboram com a realidade, já que CARGO, híbrido duplo e precoce desenvolvido pela empresa Syngenta, é indicado para áreas de médio investimento, onde o produtor mantém bons níveis de produtividade sem o aumento substancial no seu custo de produção. Além disso, esse híbrido se destaca por apresentar estabilidade produtiva. Quanto à estabilidade fenotípica, 62% dos híbridos apresentaram desvio de regressão igual à zero ($\sigma^2_{di}=0$), o que indica alta previsibilidade de comportamento. Entretanto, os híbridos, BM915PRO, BM840PRO, 2B810PW, 30A16PW, DKB330PRO, RB9004PRO, AS1573PRO, BM3066PRO2, 30F35, BM3063 e o 20A55PW, apresentaram desvios de regressão significativos ($\sigma^2_{di}\neq 0$) e, portanto, apresentam comportamento imprevisível nos ambientes. Com exceção do BM3063 (HT) e o 20A55PW (HT), todos esses híbridos com comportamento imprevisível são do tipo simples e possuem constituição genética de baixa estabilidade, por serem obtidos do cruzamento de apenas duas linhagens contrastantes (HALLAUER et al., 2010), diferentemente dos híbridos duplos que são considerados mais estáveis por serem obtidos do cruzamento de quatro linhagens. No entanto, esse resultado não deve limitar o uso de todos esses híbridos, pois os híbridos BM840PRO, 2B810PW, 30A16PW, RB9004PRO, AS1573PRO, BM3066PRO2, BM3063 apresentaram valores de coeficiente de determinação (R^2) acima de 85% como recomendado por Oliveira et al. (2004) para a cultura do milho. Esse coeficiente é uma medida auxiliar de comparação entre os genótipos e reflete o grau de ajuste do modelo aos rendimentos observados para cada um dos híbridos avaliados. Esses resultados indicaram que grande parte das variações totais foi explicada pelo modelo adotado (Tabelas 5). Segundo Fonseca Júnior (1999), o R^2 pode ser considerado uma medida de previsibilidade mais imparcial do que os desvios da regressão de variância.

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo a metodologia de Eberhart & Russell (1966), para os 29 híbridos de milho, avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015

Cultivar	Tipo	Média (β_0)	β_1	σ^2_d	R ² (%)
BM709PRO2	HS	10969	0,98 ^{ns}	-174000,78 ^{ns}	96,06
RB9004PRO	HS	10967	1,23 ^{ns}	4251618,57 ⁺⁺	84,08
SHS7920PRO	HS	10677	0,99 ^{ns}	-144321,99 ^{ns}	95,95
P3862H	HS	10453	1,19 ^{ns}	-481138,55 ^{ns}	98,43
BRS1055	HS	10442	1,14 ^{ns}	-434974,00 ^{ns}	98,11
AG7098PRO2	HS	10374	1,16 ^{ns}	-646526,29 ^{ns}	99,04
30A16PW	HS	10188	1,23 ^{ns}	1722431,97 ⁺	91,24
BM650PRO2	HS	9912	0,88 ^{ns}	-660834,61 ^{ns}	98,43
DKB390	HS	9865	0,78 ^{ns}	1370292,25 ^{ns}	82,94
BG7049Hx	HT	9715	1,09 ^{ns}	-460493,50 ^{ns}	98,05
FEROZ Viptera	HD	9657	1,08 ^{ns}	390004,54 ^{ns}	94,28
BM3066PRO2	HS	9617	1,19 ^{ns}	3450863,20 ⁺⁺	85,39
BM3063	HT	9405	1,11 ^{ns}	2365228,54 ⁺	87,00
BM840PRO	HS	9394	1,00 ^{ns}	2042070,35 ⁺	85,79
2B587PW	HS	9353	1,01 ^{ns}	746109,50 ^{ns}	91,74
2B810PW	HS	9214	1,14 ^{ns}	2263825,47 ⁺	88,09
30F35	HS	9144	0,98 ^{ns}	4090966,74 ⁺⁺	77,50
2B512PW	HT	8904	1,06 ^{ns}	-116690,38 ^{ns}	96,30
20A55PW	HT	8384	1,07 ^{ns}	4526784,28 ⁺⁺	79,06
BM820	HS	8350	0,87 ^{ns}	-855159,34 ^{ns}	99,83
BRS3035	HT	8211	0,83 ^{ns}	143370,14 ^{ns}	92,36
CARGO	HD	8164	0,35**	-512728,40 ^{ns}	85,78
AS1573PRO	HSm	8127	1,10 ^{ns}	2944604,89 ⁺⁺	84,93
2B710PW	HS	7974	1,19 ^{ns}	-336458,55 ^{ns}	97,88
BRS3060	HT	7845	0,74*	1131024,67 ^{ns}	82,82
BM207	HD	7810	1,06 ^{ns}	390285,25 ^{ns}	94,04
BM915PRO	HS	7658	0,83 ^{ns}	5141685,73 ⁺⁺	66,92
DKB330PRO	HS	7373	0,99 ^{ns}	5537246,74 ⁺⁺	73,11
BRS1010	HS	7097	0,72*	67163,30 ^{ns}	90,77

^{ns}: não significativo e **, *: significativamente diferente de 1, pelo teste t, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. ⁺⁺, ⁺: significativamente diferente de 0, pelo teste F, a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Em relação à análise simultânea dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (β_{1i} e σ^2_{di}) obtidos por esse método, verifica-se que a maioria dos híbridos mostraram alta previsibilidade de comportamento e ampla adaptabilidade. Os híbridos BM709PRO2, SHS7920PRO, P3862H, BRS1055, AG7098PRO2, BM650PRO2,

DKB390, BG7049Hx, FERROZ Viptera e o 2B587PW merecem destaque, pois apresentaram conjuntamente a esses parâmetros, produtividade de grãos superior à média geral (9146 kg ha⁻¹). Além disso, com exceção do DKB390, eles apresentaram valores de coeficientes de determinação R² acima de 85%. Desses 10 híbridos com ampla adaptabilidade, alta estabilidade e elevada produtividade, apenas o BG7049Hx e o FERROZ Viptera são híbridos triplo e duplo, respectivamente, os demais são híbridos simples e demandam maior investimento por parte dos produtores na aquisição das sementes, por apresentarem maiores custos, além de demandarem maiores quantidades de insumos. A escolha por um ou outro híbrido, por parte dos produtores, deve ser ajustada ao seu sistema de produção, principalmente levando em consideração o quanto está disposto a investir em sua lavoura, buscando um equilíbrio entre esses fatores para se tomar uma decisão economicamente rentável. Como relatado por Garbuglio et al. (2007), uma recomendação baseada apenas nos parâmetros estimados pelo modelo pode excluir um material que tenha uma baixa estabilidade, mas que está incluído dentro de uma faixa de elevada produtividade de grãos, como no caso dos híbridos RB9004PRO e 30A16PW. Os autores enfatizaram, ainda, que além das condições edafoclimáticas da região em questão e da escolha do híbrido a ser cultivado, o nível tecnológico utilizado pelos produtores é de fundamental importância no cultivo de milho.

A partir dos índices ambientais (I_j), que indicam a qualidade dos ambientes avaliados, dois ambientes foram classificados como desfavoráveis (Coimbra e São Miguel). Esses apresentaram valores negativos de I_j, que normalmente estão associados a regiões de condições climáticas, ou de solo, adversas, ao ataque de pragas e doenças ou áreas com emprego de baixa tecnologia e insumos. Enquanto, os outros três foram classificados como favoráveis e esses foram os ambientes em que os híbridos apresentaram as maiores produtividades de grãos (Viçosa1, Viçosa2 e Sete Lagoas) (Tabela 6). Na classificação de 48 ambientes em favorável e desfavorável, à partir do índice ambiental, Silva et al. (2014) afirmaram que os resultados obtidos por eles eram esperados, já que entre os ambientes estudados as condições ambientais diferiam significativamente em relação a alguns fatores, tais como a precipitação e a temperatura. De acordo com esses autores os ambientes com índices ambientais negativos apresentaram menor produtividade média de grãos devido à seca prolongada durante o período de avaliação dos genótipos. Em contrapartida, Santos et al. (2011) em seus experimentos com milho no sul do Brasil encontraram problemas com excesso de chuvas em grande parte do estado do Paraná que prevaleceram durante a safra de

2002/2003, devido ao fenômeno El Niño, normalmente caracterizado por maior volume de chuvas, pois bloqueiam as frentes frias sobre essa região do país.

Tabela 6 - Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental na avaliação dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados para produtividade de grãos (Kg ha^{-1}) em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015

Ambientes	Média	Índice (I _j)	Máximo	Mínimo
1 – Viçosa1	10734,27	1588,01	13858,74	7331,68
2 - Coimbra	8347,68	-798,58	13341,09	2704,40
3 – Viçosa2	11087,18	1940,92	13726,68	6130,59
4 – São Miguel	3162,83	-5983,43	6176,88	475,92
5 – Sete Lagoas	12399,34	3253,08	15154,92	8867,87

No método centróide, proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009), após a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis e estabelecido os valores médios de cada ponto de referência (ideótipos) foram obtidos os autovalores via componentes principais. Eles mostraram que apenas os dois primeiros componentes principais, com percentual de variância acumulada de 76,81%, foram suficientes para realizar a interpretação dos dados com sucesso (NASCIMENTO et al., 2009). Silva et al. (2008) também encontraram resultados semelhantes quando avaliaram 49 famílias de meios-irmãos provenientes de duas populações de milho. Segundo esses autores, setenta por cento da variação total contida nos dados originais foram explicadas por apenas dois componentes principais, essa estimativa é considerada razoável por Pelúzio (1999). Enquanto, Santos et al. (2011) utilizaram os três primeiros componentes principais, com percentagem acumulada de 80,1% para explicar a variação, o que fez necessário três eixos para construir o gráfico. Uma vez constatada a suficiência de dois componentes na representação da variação total é possível avaliar a posição dos híbridos em um gráfico bidimensional (Figura 1).

Nesse gráfico, percebe-se a formação de um gradiente em forma de seta para a direita, que possibilita a inferência da adaptabilidade por meio de uma análise visual, de modo que os híbridos localizados mais próximos à ponta da seta são os mais produtivos (BM709PRO2 e RB9004PRO) e os localizados mais próximos à base são os menos produtivos (DKB330PRO). Além disso, os híbridos mais afastados do segmento de reta, para cima ou para baixo, mais próximos ao centróide, podem ser classificados como adaptáveis a ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente (NASCIMENTO et al., 2009).

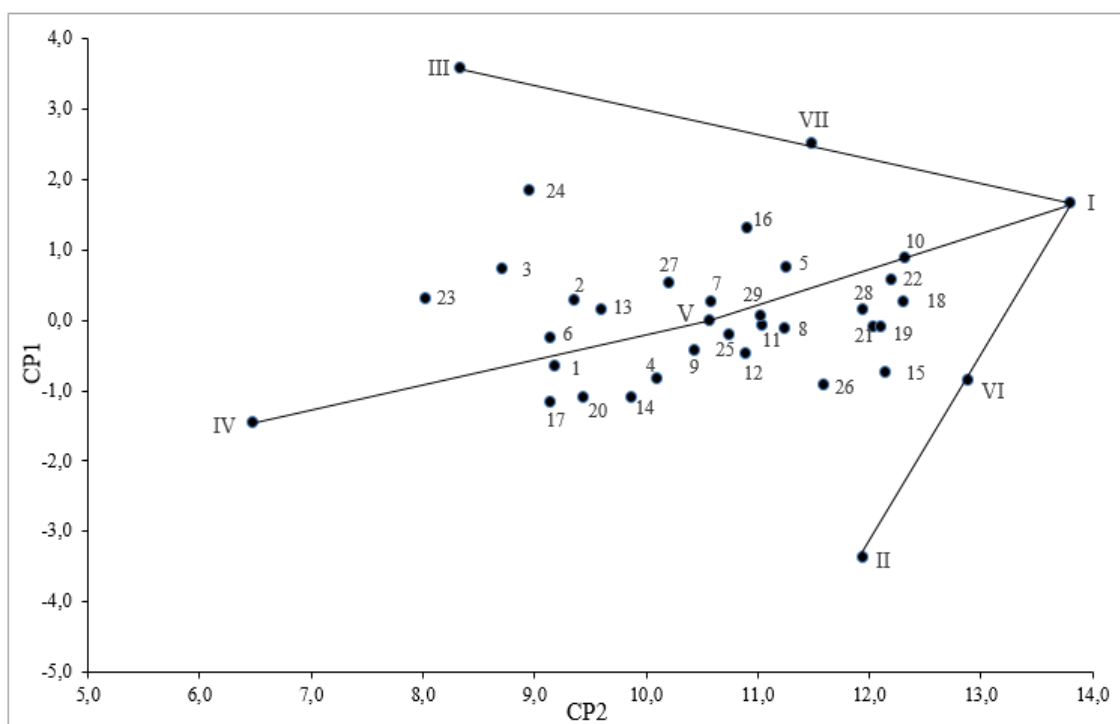


Figura 1 - Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais dos híbridos: 1-BM207; 2-BRS303; 3-BRS3060; 4-20A55PW; 5-BM650PRO2; 6-BM915PRO; 7-2B587PW; 8-BG7049Hx; 9-2B512PW; 10-BM709PRO2; 11-BM840PRO; 12-2B810PW; 13-BM820; 14-2B710PW; 15-30A16PW; 16-DKB 17-DKB330PRO; 18-RB9004PRO; 19-P3862H; 20-AS1573PRO; 21-AG7098PRO2; 22-SHS7920PRO; 23-BRS1010; 24-CARGO; 25-BM3063; 26-BM3066PRO2; 27-30F35; 28-BRS1055; 29-FEROZViptera. Ideótipos: I-máxima adaptabilidade geral; II-máxima adaptabilidade a ambientes favoráveis; III-máxima adaptabilidade a ambientes desfavoráveis; IV-mínima adaptabilidade; V-média adaptabilidade geral; VI-média adaptabilidade a ambientes favoráveis; VII-média adaptabilidade a ambientes desfavoráveis.

Para facilitar a classificação dos híbridos foi utilizado o inverso do valor de distância entre um ponto aos centroides como estimativa da confiabilidade de agrupamento desses híbridos. De acordo com Silva et al. (2008), no método centróide original, um ponto equidistante aos quatro ideótipos apresenta 25% de probabilidade de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Santos et al. (2011) enfatizam que o método centróide permite a classificação de um genótipo não só para a adaptabilidade, mas também para a estabilidade, e esta última é mais precisa quando o valor de probabilidade do agrupamento for superior a 50%. Segundo Rocha et al., (2005), valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento.

Tabela 7 - Classificação dos 29 híbridos em um dos ideótipos caracterizados pelo método centróide e a probabilidade associada a sua classificação

Cultivar	Tipo	Média	C.	Probabilidade						
				I	II	III	IV	V	VI	VII
BM709PRO2	HS	10969	I	0,22	0,08	0,08	0,06	0,18	0,19	0,20
RB9004PRO	HS	10967	I	0,21	0,09	0,09	0,07	0,17	0,18	0,20
SHS7920PRO	HS	10677	VI	0,16	0,10	0,07	0,06	0,21	0,26	0,14
P3862H	HS	10453	VI	0,14	0,10	0,07	0,06	0,22	0,28	0,13
BRS1055	HS	10442	V	0,16	0,09	0,07	0,06	0,23	0,23	0,16
AG7098PRO2	HS	10374	VI	0,14	0,09	0,07	0,06	0,24	0,27	0,13
30A16PW	HS	10188	VI	0,13	0,12	0,07	0,07	0,21	0,29	0,12
BM650PRO2	HS	9912	V	0,12	0,08	0,08	0,06	0,34	0,16	0,16
DKB390	HS	9865	V	0,13	0,09	0,10	0,08	0,26	0,15	0,19
BG7049Hx	HT	9715	V	0,11	0,08	0,07	0,06	0,38	0,17	0,13
FEROZ	HD	9657	V	0,12	0,08	0,09	0,07	0,32	0,16	0,16
BM3066PRO2	HS	9617	VI	0,10	0,19	0,07	0,08	0,22	0,24	0,10
BM3063	HT	9405	V	0,12	0,10	0,10	0,08	0,28	0,16	0,16
BM840PRO	HS	9394	V	0,11	0,11	0,09	0,09	0,29	0,17	0,13
2B587PW	HS	9353	V	0,11	0,08	0,10	0,07	0,34	0,13	0,17
2B810PW	HS	9214	V	0,11	0,12	0,09	0,09	0,28	0,17	0,13
30F35	HS	9144	V	0,12	0,10	0,11	0,09	0,26	0,14	0,17
2B512PW	HT	8904	V	0,09	0,09	0,08	0,08	0,43	0,13	0,11
20A55PW	HT	8384	V	0,11	0,13	0,11	0,13	0,24	0,15	0,13
BM820	HS	8350	V	0,08	0,09	0,10	0,10	0,39	0,12	0,12
BRS3035	HT	8211	V	0,09	0,10	0,11	0,12	0,32	0,13	0,13
CARGO	HD	8164	V	0,11	0,10	0,16	0,14	0,22	0,12	0,15
AS1573PRO	HSm	8127	V	0,09	0,17	0,09	0,14	0,25	0,15	0,11
2B710PW	HS	7974	V	0,09	0,12	0,10	0,13	0,30	0,14	0,12
BRS3060	HT	7845	V	0,10	0,10	0,15	0,14	0,25	0,12	0,15
BM207	HD	7810	V	0,09	0,12	0,10	0,15	0,28	0,13	0,12
BM915PRO	HS	7658	V	0,10	0,12	0,13	0,18	0,21	0,13	0,13
DKB330PRO	HS	7373	IV	0,09	0,17	0,10	0,20	0,20	0,14	0,10
BRS1010	HS	7097	V	0,09	0,11	0,14	0,20	0,22	0,12	0,13

Classe I-máxima adaptabilidade geral; II-máxima adaptabilidade a ambientes favoráveis; III-máxima adaptabilidade a ambientes desfavoráveis; IV-mínima adaptabilidade; V-média adaptabilidade geral; VI-média adaptabilidade a ambientes favoráveis; VII-média adaptabilidade a ambientes desfavoráveis.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade dessa metodologia difere das demais, pois ela considera que os híbridos de máxima e média adaptação específica não são aqueles que apresentam bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim os que apresentam valores máximos ou médios para

determinado grupo e mínimo para o outro (ROCHA et al., 2005). A análise dos dados pelo método centróide (Tabela 7) indicou que, dos 29 híbridos, apenas dois foram classificados como de máxima adaptabilidade geral. Entre esses, os híbridos RB9004PRO (0,21) e BM709PRO2 (0,22) foram os que apresentaram a maior probabilidade de pertencer ao ideótipo I. A maioria dos híbridos (72,4%) foi classificada como de média adaptabilidade geral. Entre esses, os híbridos com maior probabilidade de pertencer ao ideótipo V foram o 2B512PW (0,43), BM820 (0,39) e BG7049Hx (0,38). Os híbridos 30A16PW, P3862H, AG7098PRO2, SHS7920PRO e BM3066PRO2 apresentaram maior probabilidade de pertencerem ao ideótipo VI e foram classificados como de média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Todos são híbridos simples transgênicos com alto potencial produtivo e recomendados para o cultivo em ambientes com condições favoráveis e altos níveis tecnológicos.

Apenas o híbrido DKB330PRO (0,09) foi classificado como de mínima adaptabilidade (IV) e é passível de descarte de acordo com essa metodologia. Entretanto, esse híbrido simples apresenta alto potencial produtivo de acordo com a empresa Dekalb e foi recomendado para o plantio da safrinha na região sul do Brasil, por ser superprecoce no florescimento e na colheita. Não houve indicação de híbrido pelo método centróide para os ideótipos II, com máxima adaptabilidade a ambientes favoráveis, III e VII, máxima e média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, respectivamente.

Para a análise AMMI, os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 72,8% da variação devido à interação HxA. De acordo com Pereira et al. (2009), os primeiros componentes principais devem explicar acima de 70% da soma dos quadrados da interação, para serem considerados satisfatórios. Segundo Silva et al. (2011), nos primeiros componentes principais há maior captação da porcentagem da variação e à medida que se eleva o número de eixos selecionados, aumenta-se a porcentagem de “ruído”, o que reduz o poder de predição da análise (OLIVEIRA et al., 2003). O ruído remanescente foi de 29%, o que reflete a relevância do gráfico. Assim, a interpretação do gráfico de adaptabilidade foi realizada considerando apenas o biplot com o modelo AMMI2 (Figura 2).

A interpretação da estabilidade pelo método AMMI foi realizada a partir da distância dos pontos representativos dos híbridos e ambientes ao escore zero (Figura 2). Assim, a menor distância indica maior estabilidade (DUARTE e VENCOVSKY, 1999). Os híbridos que estão posicionados mais próximos à origem dos eixos são P3862H, BM650PRO2, BM820, BM207, SHS7920PRO, BM709PRO2, BRS1055, 2B710PW,

AG7098PRO2 e BG7049Hx. Esses híbridos contribuíram pouco para a interação HxA total e foram considerados mais estáveis e também com adaptabilidade geral, por interagirem menos com os ambientes (CHAVES, 2001). No entanto, os híbridos BM820, BM207, 2B710PW não foram os mais produtivos. Dos 29 híbridos avaliados, dezenove representam os que mais contribuíram para a interação HxA, pois são os mais distantes da origem do biplot, portanto são mais instáveis. Todos os ambientes avaliados se encontram afastados da origem dos eixos e contribuíram para a interação HxA total.

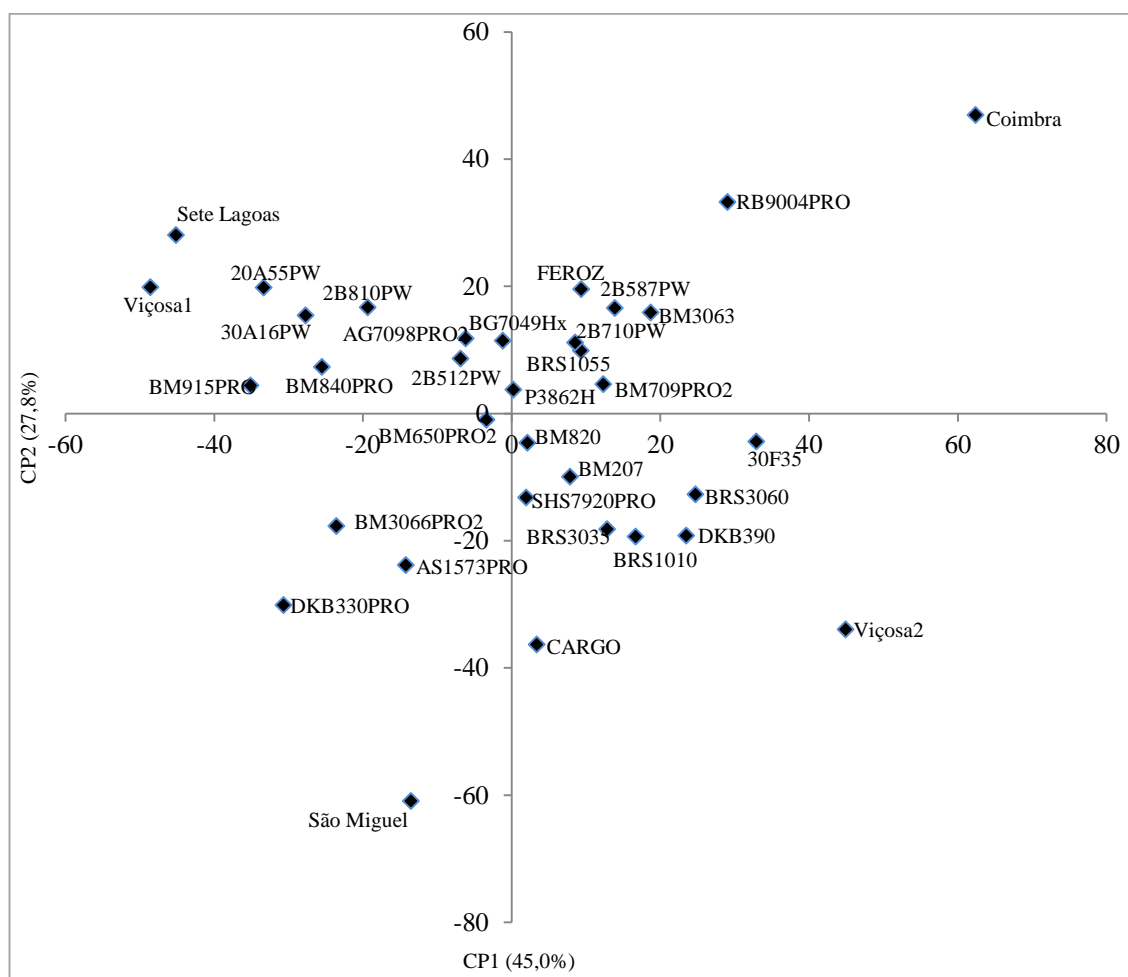


Figura 2 - Biplot AMMI com os dois primeiros componentes principais de interação (CP1 e CP2), para dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos 29 híbridos de milho e cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015.

A adaptabilidade dos híbridos em cada ambiente de cultivo foi interpretada com base nos sinais dos escores para híbridos e ambientes. Quando estão afastados da origem e próximos entre si, com escores de mesmo sinal, mostram interação positiva, o que representa adaptabilidade específica (DUARTE e VENCOVSKY, 1999) e indica em onde os híbridos devem ser preferencialmente cultivados. Assim, os híbridos 20A55PW, BM915PRO e 3A16PW sobressaíram nos ambientes Viçosa1 e Sete Lagoas. Esses ambientes foram considerados favoráveis pelos métodos de avaliação da

adaptabilidade e estabilidade de Eberhart & Russell (1966) e centróide (ROCHA et al., 2005). Por outro lado, os ambientes Coimbra e São Miguel foram considerados desfavoráveis, e, provavelmente por isso, nenhum genótipo está posicionado próximo aos vetores desses ambientes, ou seja, nenhum híbrido se sobressaiu.

No entanto, a determinação do genótipo ideal está relacionada às maiores médias de produtividade e os menores valores de CP1, valores mais próximos de zero (Figura 3). Dessa forma, considerando a adaptabilidade e estabilidade, os melhores híbridos foram o AG7098PRO2, P3862H e o SHS7920PRO.

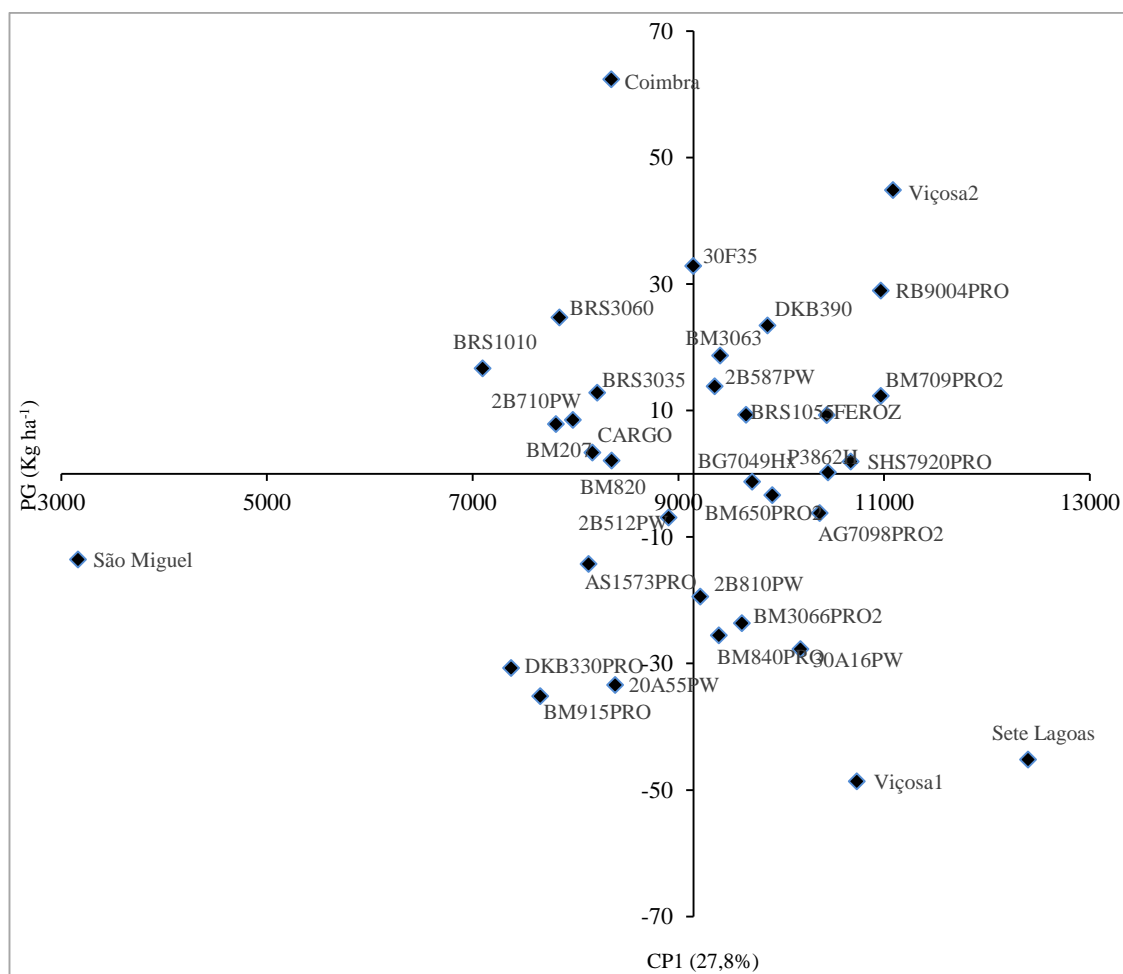


Figura 3 - Biplot AMMI para os dados de produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) de 29 híbridos de milho em cinco ambientes de Minas Gerais na safra 2014/2015.

Através do método REML/BLUP foram estimadas (Tabela 8), considerando os efeitos aleatórios, a herdabilidade da média dos híbridos para produtividade de grãos (h^2_{mg}), obtida quando se utilizam médias dos blocos como critério de avaliação e/ou seleção (RESENDE, 2007). Desta forma, foi obtido valor de magnitude com variação de moderada a alta (0,65). Assim, há confiabilidade na seleção dos híbridos de milho com base nos valores genotípicos preditos (TORRES et al., 2015). Ao se estimar a herdabilidade individual no sentido amplo (h^2_g), considera-se a dispersão genética total,

o que é pertinente, pois nesta pesquisa buscamos explorar toda a variância genética entre os híbridos. A estimativa de acurácia, que mensura a correlação entre os valores preditos e os valores reais, também foi 80,61%, considerada alta. Pode-se inferir que a precisão experimental foi alta (RESENDE e DUARTE, 2007), tal como indicado pela estimativa do coeficiente de variação experimental (CVe=14,3%). Resultados em magnitude semelhantes foram obtidos por Mendes et al. (2012) ao estimarem parâmetros genéticos em 45 variedade de milho por dois anos agrícolas em 49 ambientes, via REML/BLUP. Esses autores observaram uma elevada precisão experimental na análise conjunta, com um coeficiente de variação experimental de 13,6%. A estimativa de acurácia, que mede a correlação entre os valores previstos e reais, também foi alta em seus experimentos (97%). A precisão experimental pode ser considerada excelente em experimentos com valores de precisão acima de 90% (RESENDE, 2007).

Tabela 8 - Estimativas dos componentes de variância genética para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) para os 29 híbridos comerciais de milho obtidos com o uso da metodologia REML/BLUP

Parâmetros	Estimativas
Herdabilidade (h ²)	0,65
Acurácia	0,81
Correlação genotípica entre os ambientes	0,34
CVe (%)	14,30
Média Geral (kg ha ⁻¹)	9146,26

A produtividade média de grãos foi maior para os híbridos BM709PRO2, RB9004PRO, SHS7920PRO, e o P3862H, com produtividades acima de 10000 kg ha⁻¹ (Figura 4). Todos são híbridos simples, indicados para sistemas de produção que utilizam alta tecnologia, pois possuem o maior potencial produtivo. Além disso, eles possuem evento transgênico de resistência à lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, uma das principais pragas da cultura do milho, e que pode reduzir a produção do grão entre 34% e 52% (EMBRAPA, 2014).

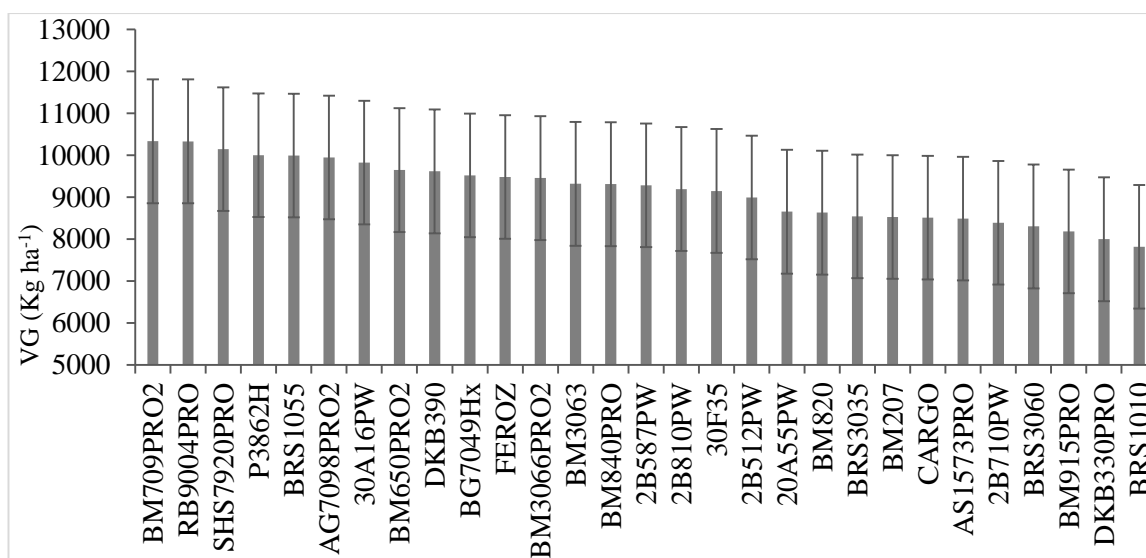


Figura 4 - Valores genotípicos médios (VG) para produtividade de grãos e seus respectivos intervalos de confiança dos 29 híbridos comerciais de milho avaliados em cinco ambientes de Minas Gerais, na safra 2014/2015.

A Figura 5 mostra os resultados das medidas de adaptabilidade e estabilidade $MHPRVG*GM$, já penalizando os híbridos pela instabilidade através dos ambientes e, ao mesmo tempo, capitalizando a capacidade de resposta (adaptabilidade) à melhoria do ambiente (RESENDE, 2007). Apesar da interação HxA significativa, híbridos com boa adaptabilidade e estabilidade de produção foram observados. O híbrido BM709PRO2 teve melhor desempenho, com valor $MHPRVG*GM$ de 11005 $kg\ ha^{-1}$, seguido pelo SHS7920PRO e o RB9004PRO, com 10747 e 10422 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente.

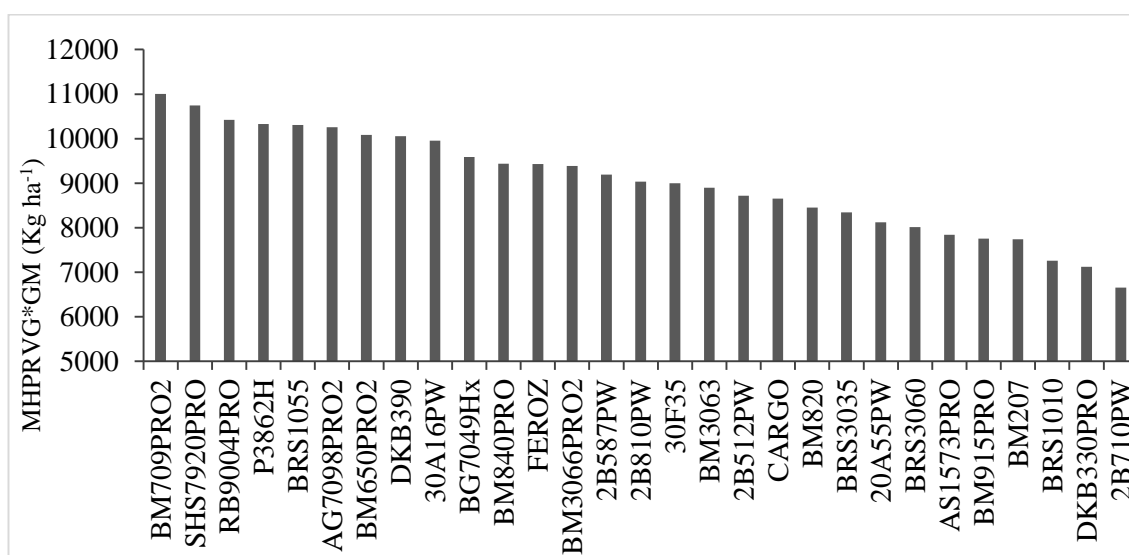


Figura 5 - Médias de $MHPRVG*GM$ para os 29 híbridos de milho em cinco ambientes de Minas Gerais.

O método $MHPRVG$ também foi aplicado separadamente para os ambientes (Tabela 9). Para tal, os cinco ambientes foram divididos em dois grupos, com base na

produtividade média dos híbridos em cada local. Os ambientes Viçosa1, Viçosa2 e Sete Lagoas, com produtividade média de grãos acima da média geral (9.146 kg ha⁻¹), foram considerados favoráveis e Coimbra e São Miguel com médias abaixo deste valor foram considerados desfavoráveis.

A estimativa de herdabilidade para produtividade de grãos foi maior no grupo de ambientes favoráveis (0,64) do que no grupo de ambientes desfavoráveis (0,12). Essa mesma tendência foi observada para a estimativa de acurácia, 0,80 e 0,35, respectivamente. Ou seja, as condições favoráveis proporcionam maior precisão experimental. A produtividade média foi de 11407 kg ha⁻¹, nos ambientes favoráveis, e de 5755kg ha⁻¹, nos desfavoráveis (Tabela 9).

Tabela 9 - Estimativas dos componentes de variância genética para produtividade de grãos nos ambientes favoráveis e desfavoráveis

Parâmetros	Ambientes favoráveis	Ambientes desfavoráveis
herdabilidade (h ²)	0,64	0,12
Acurácia	0,80	0,35
Correlação genotípica entre ambientes	0,49	0,10
CVe (%)	10,70	25,60
Média Geral (kg ha ⁻¹)	11406,93	5755,25

Nos ambientes desfavoráveis, os híbridos CARGO, DKB390 e o BM709PRO2 apresentaram desempenho melhor. Contudo, os dois últimos mostraram rendimento acima da média geral nos ambientes favoráveis e foram então classificados com adaptabilidade geral, assim como os híbridos SHS7920PRO, BM650PRO2, BRS1055, P3862H, AG7098PRO2, BM840PRO, RB9004PRO, BG7049Hx e o FERROZ. Os híbridos adaptados a ambientes desfavoráveis foram CARGO, 30F35 e o 2B587PW. Os híbridos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis foram 30A16PW, BM3066PRO2, BM3063 e o 2B810PW. Os demais híbridos não obtiveram bom desempenho em nenhum dos ambientes e foram considerados com mínima adaptabilidade (Figura 6).

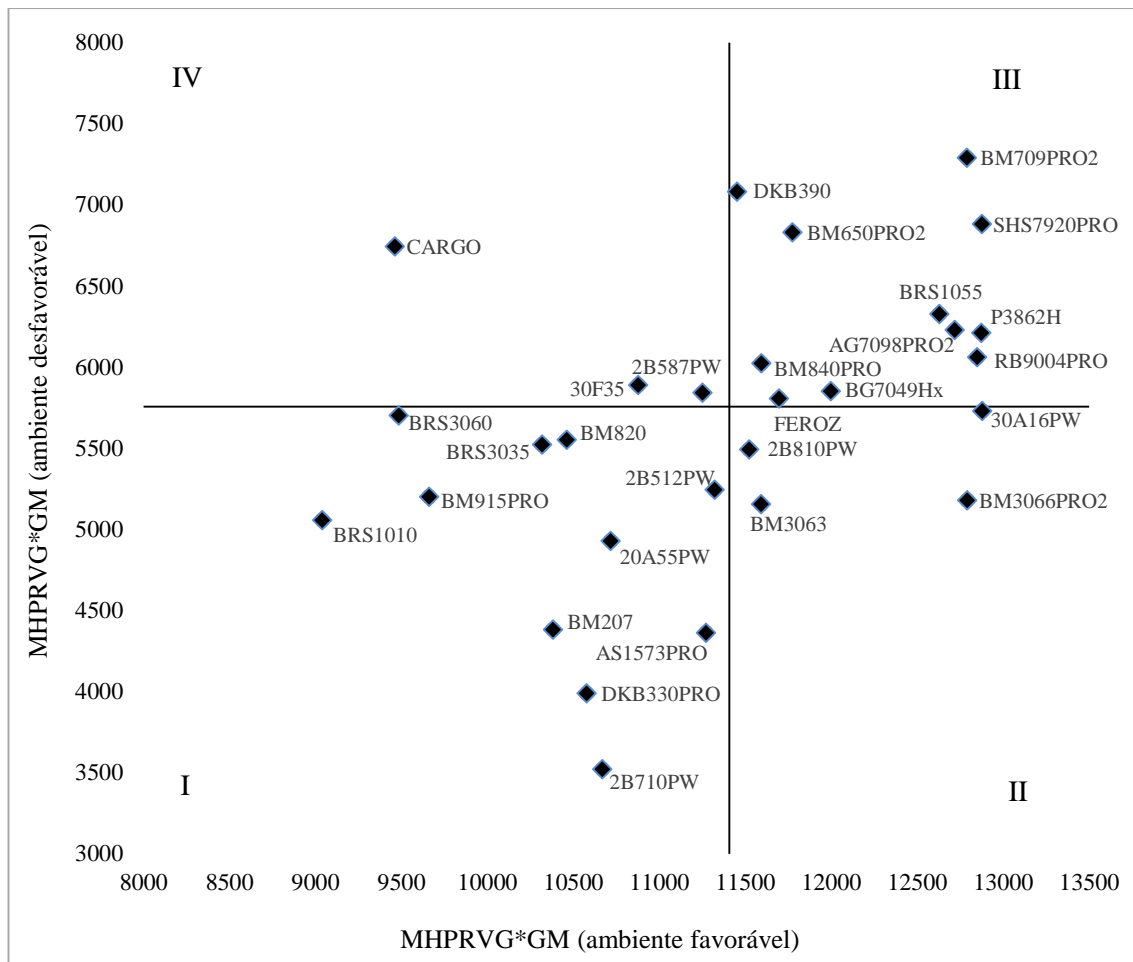


Figura 6 - Diagrama de dispersão da MHPRVG*GM para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 29 híbridos de milho nos ambientes favoráveis e desfavoráveis. I-mínima adaptabilidade; II-adaptabilidade específica a ambientes favoráveis; III-adaptabilidade geral e; IV- adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

Houve semelhança na indicação de híbridos pelas quatro metodologias utilizadas. Dentre os híbridos mais produtivos, estáveis e de ampla adaptabilidade, recomendados pela metodologia de Eberhart & Russell, o SHS7920PRO, P3862H e AG7098PRO2 também foram indicados pela análise AMMI. O método REM/BLUP também recomendou esses três híbridos, além do híbrido BM709PRO2, que apresentou maior produtividade média. Este último, também foi indicado pelo método de Eberhart e Russell como de adaptabilidade geral. Entretanto, esses dois métodos discordaram quanto a estabilidade do híbrido RB9004PRO, que para o método de modelos mistos-REM/BLUP foi classificado como estável, porém ele apresentou $\sigma^2_{di} \neq 0$ e foi considerado instável pelo método de Eberhart e Russell.

O híbrido 30A16PW foi recomendado para os ambientes favoráveis, Viçosa1, Sete Lagoas e Viçosa2, pelos métodos centróide, AMMI e modelos mistos-REM/BLUP. E não houve recomendação pela metodologia e Eberhart & Russell para ambientes

favoráveis. Para São Miguel e Coimbra, considerados ambientes desfavoráveis, os métodos de Eberhart & Russell e modelos mistos-REM/BLUP recomendaram o híbrido CARGO. Os métodos centróide e AMMI não indicaram híbridos para as condições desfavoráveis. De acordo com os resultados, observa-se que para uma recomendação mais eficaz faz-se necessário a utilização conjunta de mais de um método, já que apenas o método de modelos mistos-REM/BLUP indicou híbridos para todas as condições ambientais. Segundo Vasconcelos et al. (2015), a utilização de mais de um método para estimação dos parâmetros genéticos pelos melhoristas é uma estratégia que permite maior confiabilidade na interpretação dos dados para posterior recomendação de cultivares para uma região. Para Cruz et al. (2012), alguns métodos são alternativos, enquanto outros são complementares e podem ser utilizados conjuntamente.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pelas quatro metodologias os híbridos BM709PRO2 e SHS7920PRO apresentaram adaptabilidade geral nos ambientes avaliados. O híbrido 30A16PW apresentou adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e o CARGO adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

As metodologias de Eberhart & Russell, centróide, AMMI e modelos mistos, apresentaram resultados semelhantes na classificação de híbridos de milho com ampla adaptabilidade. Contudo, ocorreu divergência na indicação de híbridos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis, o que justifica a utilização de mais de um método de avaliação, proporcionando maior confiabilidade na recomendação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALESTRE, M.; SOUZA, J.C.; VON PINHO, R.G.; OLIVEIRA, R.L.; PAES, J.M.V. Yield stability and adaptability of maize hybrids based on GGE biplot analysis characteristics. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p. 219-228, 2009.

BUJAK, H.; NOWOSAD, K.; WARZECHA, R. Evaluation of maize hybrids stability using parametric and nonparametric methods. **Maydica**, v.59, p. 170-175, 2014.

CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; ROCHA, L.M.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; OLIVEIRA, I.R.; SANTOS, M.L. **Desempenho de híbridos comerciais de milho no Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola 2009/2010**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 99, Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E.B.; GUADAGNIN, J.P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, v.66, p.571-578, 2007.

CARGNELUTI FILHO, A.; STORCKI, L.; RIBOLD, J.; GUADAGNIN, J.P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, v.39, p.340-347, 2009.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELÚZIO, J.M.; SANTOS, W. F.; BICUDO, S.J. Adaptabilidade na produção de massa verde e grãos de genótipos de milho no Tocantins, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p. 856-862, 2014.

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento planta**, p. 673-713, 2001.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P. **Desafios para obtenção de altas produtividades de milho**. Comunicado Técnico 112, Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento, 2004.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2015/16**, quarto levantamento. Brasília, DF, Janeiro de 2016. Disponível: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 21 de janeiro 2016.

COUTO, M.F.; NASCIMENTO, M.; AMARAL-JR, A.T.; SILVA, F.F.; VIANA, A. P.; VIVAS, Eberhart and Russel's Bayesian Method in the Selection of Popcorn Cultivars. **Crop Science**, v.55, p. 1-7, 2015.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: Biometria**. 1st ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

CRUZ, C.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. **A cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG, 517p., 2008

CRUZ C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. V.1 - 4ª ed., p. 544 - Viçosa-MG: UFV, 2012.

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

DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma Introdução à análise AMMI. **Sociedade Brasileira de Genética**, 60p., 1999.

- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p. 36-40, 1966.
- LANDAU, E.C.; MAGALHÃES, P.C.; GUIMARÃES, D.P. Árvore do conhecimento: Relações com o clima. In: **Embrapa Milho e Sorgo**. 2016. Acesso em: 09 de fevereiro 2016. <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG.html>>
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, p.742-754, 1963.
- FRITSCHÉ-NETO, R.; VIEIRA, R.A.; SCAPIM, C.A.; MIRANDA, G.V.; REZENDE, L.M. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, p. 99-101, 2012.
- FONSECA JUNIOR, N.S. Interação genótipo x ambiente: aspectos biométricos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Ed.). **Melhoramento genético de plantas**. Ed. UEL, p.141-178, 1999.
- GAMA, E.E.G.; HALLAUER A.R. Stability of Hybrids Produced from Selected and Unselected Lines of Maize. **Crop Science**, v. 20, p. 623-626, 1980.
- GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A.C.; ARAÚJO, P.M.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; SHIOGA, P.S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, p. 183-191, 2007.
- GARCIA, J. C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J.O. Importância do Milho em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.27, p. 7-12, 2006.
- GARCIA, J. C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C; PADRÃO, G.A. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. In: CRUZ, C.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. **A cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. 517p., 2008.
- GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.) **Genotype-by-environment proved and under what conditions this can be most environment interaction**. Boca Raton, FL: CRC Press. p. 1-40, 1996.
- IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Milho**. Disponível em: <http://www.cecs.unimontes.br/images/Especiais/Agronegocio/Producao_agricola/2016/milho_jan_2016>. Acesso em: 23 fevereiro, 2016.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B.; CARENA MJ **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, New York, 663p., 2010.
- MALDANER, L.J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J.F.; FRIGO, J.P.; AZEVEDO, K.D.; GRZESIUCK, A.E. Exigências agroclimáticas da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v.3, p. 13-23, 2014.
- MENDES, F.F.; GUIMARÃES, L.J.M.; SOUZA, J.C.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; MACHADO, J.R.A.; MEIRELLES, W.F.; SILVA, A.R.; PARENTONI, S.N. Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, n.12, p. 111-117, 2012.
- MIRANDA, G.V.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; NAMORATO, H.; OLIVEIRA, L.R.; SOARES, M.O. Multivariate analyses of genotype x environment interaction of popcorn. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.1, p.45-50, 2009.

- MIRANDA, R.A.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C. **Economia da produção**. Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Acessado dia 23 de fevereiro de 2016.<http://www.cnpns.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm>
- MÔRO, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A.(Ed) **Milho do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015.
- MURAKAMI, D. M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, v.34, p. 71-78, 2004.
- MURAKAMI, D.M.; CRUZ, C.D. Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.7-11, 2004.
- NAMORATO, H.; MIRANDA, G.V.; SOUZA, L.V.; OLIVEIRA, L.R.; DELIMA, R.O.; MANTOVANI, E.E. Comparing Biplot Multivariate Analyses with Eberhart and Russell' method for genotype x environment interaction. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p. 299-307, 2009.
- NASCIMENTO, M.; CRUZ, C.D.; CAMPANA, A.C.M.; TOMAZ, R.S.; SALGADO, C.C.; FERREIRA, R.P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, p.263-269, mar., 2009.
- OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.357-364, 2003.
- OLIVEIRA, J.S; SOBRINHO, F.S.; FERNANDES, S.B.V.; WÜNSCH, J.A.; LAJÚS, C.A.; DUFLOTH, J.H.; ZANATTA, J.C.; MOLETTA, J.L.; PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S.; BOTREL, M.A.; AUAD, M.V. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho para silagem no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.34, p. 997-1003, 2004.
- OLIVEIRA, E.J.; GODOY, I.J.; MORAES, A.R.A.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N. A.; BORTOLETTO, N., KASAI, F.S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.41, p.1253-1260, 2006.
- OLIVEIRA, R. B. R.; MOREIRA, R. M. P.; FERREIRA J. M. Adaptability and stability of maize landrace varieties. **Ciências Agrárias**, v. 34, p. 2555-2564, 2013.
- OLIVEIRA, R.L; PINHO, R.G.V.; FERREIRA, D.F., PIRES, L.P.M., MELO, W.M.C. Selection index in the study of adaptability and stability in maize. **The Scientific World Journal**, v.1, p.1-6, 2014.
- PELÚZIO, J.B. **Utilização de métodos multivariados na seleção em milho**. Tese de doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais, Brasil. 119p., 1999.
- PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; GIONGO, P.; SILVA, J.C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H.B. Análise de regressão e componentes principais para o estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, p. 455-462, 2008.
- PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DÍAZ, 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, p.374-383, 2009.

- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Livraria Nobel, Ed. Nobel. 468p. 2000.
- R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010.
- RESENDE, M.D.V. **O Software Selegen – REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. EMBRAPA, 2007.
- RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.
- RIOS, S.A.; PAES, M.C.D.; BORÉM, A.; CRUZ, C.D.; GUIMARÃES, P.E.O.; SCHAFFERT, R.E.; CARDOSO, W.S.; PACHECO, C.A.P. Adaptability and stability of carotenoids in maize cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.313-319, 2009.
- ROCHA, R.B.; MURO_ABAD, J.I.; ARAÚJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para o estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, p. 255-266, 2005.
- ROCHA, R.B.; RAMALHO, A.R.; TEIXEIRA, A.L.; SOUZA, F.F.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em *Coffea canéfora*. **Ciência Rural**, v.45, n.9, p.1531-1537, 2015.
- SANTOS, E.L.; GARBUGLIO, D.M.; ARAÚJO, P.M.; GERAGE, A.C.; SHIOGA, P.S.; PRETE, C.E.C. Uni and multivariate methods applied to studies of phenotypic adaptability in maize (*Zea mays* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 33, p. 633-639, 2011.
- SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; VIEIRA, R.A.; BARTH PINTO, R.J.; CONRADO, T.V. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, v.174, p. 209-218, 2010.
- SILVA, R.G.; CRUZ, C.D.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, D.G. Adaptabilidade de famílias de meio-irmãos de milho submetidas ao déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio. **Revista Ceres**, v.55, p. 344-351, 2008.
- SILVA, G.O.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.494-501, 2011.
- SILVA, P.R.; BISOGNINI, D.A.; LOCATELLI, A.B.; STORCK, L. Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, p. 175-181, 2014.
- STOJAKOVIC, M.; MITROVIC, B.; ZORIC, M.; IVANOVIC, M.; STANISAVLJEVIC, D.; NASTASIC, A.; DODIG, D. Grouping pattern of maize test locations and its impact on hybrid zoning. **Euphytica**, v.204, p. 419-431, 2015.
- TORRES, F.E.; TEODORO, P.E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A.M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v. 74, p.255-260, 2015.
- USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos). Safra Mundial de Milho 2014/15 – 10º Levantamento, 2015.
- VASCONCELOS, F.M.T.; VASCONCELOS, R.A.; LUZ, L.N.; CABRALI, N.T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.O.L.; SANTIAGO, A.D.; SGRILLO, E.; FARIAS, F.J.C.; FILHO, P.A.M.; SANTOS, R.C. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de

amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. **Ciência Rural**, v.45, p.1375-1380, 2015.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A.L.; VIDIGAL, M.C.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, p. 123-130, 2001.