

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO -PR

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS
SIMPLES DE MILHO NA REGIÃO CENTRO-SUL DO
PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALESSANDRA ZAWADZKI PFANN

GUARAPUAVA-PR

2010

ALESSANDRA ZAWADZKI PFANN

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2010

ALESSANDRA ZAWADZKI PFANN

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO NA
REGIÃO CENTRO-SUL DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 31 de agosto de 2010

Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim

Prof. Dr. Mikael Neumann

Prof. Dr. Osnil Alves Camargo Júnior

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria
Orientador

GUARAPUAVA-PR

2010

Quem quer dar uma de avestruz,

Tem que aguentar com o ovo.

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais e meus filhos, que ajudaram no trabalho braçal do início ao fim e meu esposo, que disponibilizou recursos de logística e mão-de-obra.

Ao Prof. Dr. Marcos Ventura Faria, pela orientação e ensinamentos.

Aos colegas do Mestrado, por terem sido parte de um curso tão agradável. Certamente, essa doce lembrança nos manterá sempre conectados.

A Marcus Vinicius Wagner, Ricardo Denardim, Hugo Martinazzo e Rodrigo Lima, pela disponibilidade em ceder áreas de suas propriedades e cuidar com tanto zelo dos experimentos, minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Glauber Nunes, pela boa vontade em resolver os problemas que estão fora do nosso alcance.

À Unicentro, por dar oportunidade de sempre melhorarmos.

A Deus, por me permitir ter saúde, disposição, paciência e discernimento.

À minha gata Khadija, pela companhia incondicional na hora de estudar e escrever.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	i
Lista de Figuras.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
1. Introdução	1
2. Objetivo(s)	3
2.1. Geral.....	3
2.2. Específicos.....	3
3. Referencial Teórico	4
3.1. Milho - morfologia, botânica e ecofisiologia.....	4
3.2. Importância econômica.....	4
3.3. Interação genótipos x ambientes.....	6
3.4 Metodologias de avaliação de estabilidade e adaptabilidade.....	8
3.4.1. Método de Annicchiarico (1992).....	8
3.4.2. Método de Eberhart & Russell (1966).....	9
3.4.3. Método de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).....	11
3.4.4. Método dos centroides, proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al (2009).....	13
3.4.5. Análise AMMI.....	15
4. Materiais e Métodos	17
4.1. Local do experimento.....	17
4.2. Material experimental, instalação e condução dos experimentos.....	18
4.3. Avaliações.....	21
4.4. Análises estatísticas.....	21
4.4.1. Métodos de determinação de análise de adaptabilidade e estabilidade.....	23
5. Resultados e discussão.....	25
5.1. Análises de adaptabilidade e estabilidade.....	30
5.1.1. Método de Annicchiarico (1992).....	30
5.1.2. Método de Eberhart & Russell (1966).....	33
5.1.3. Método de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).....	36
5.1.4. Método centroide, proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al (2009).....	38
5.1.5. Análise AMMI.....	42
5.2. Correlações entre as metodologias avaliadas.....	44
6. Conclusões.....	48

7. Referências bibliográficas.....	49
-------------------------------------------	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Locais dos experimentos e suas respectivas coordenadas geográficas, altitudes, classificações climatológicas, de acordo com Köppen e precipitação pluvial no decorrer do experimento Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	17
Tabela 2. Híbridos simples avaliados em 5 locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava, UNICENTRO, 2010.....	20
Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta de um modelo em blocos completos com os tratamentos casualizados com interação de primeira ordem.....	22
Tabela 4. Qualidade dos ambientes de acordo com índices ambientais (Ij), quadrados médios dos genótipos das análises de variância individuais, rendimentos médios de grãos e coeficientes de variação ambiental (CV). Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	25
Tabela 5. Rendimento de grãos em kg ha ⁻¹ , corrigido para 13% de umidade, de 35 híbridos de milho avaliados nos cinco locais da região centro-sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	27
Tabela 6. Análise de variância conjunta referente ao caráter produção de grãos (kg ha ⁻¹) de 35 genótipos de milho, avaliados em 5 ambientes na região Centro-Sul do Estado do Paraná, na safra 2008/2009.....	29
Tabela 7. Estimativa do índice de confiança de Annicchiarico (ω_i), em porcentagem, de 35 híbridos de milho, em 5 ambientes na região Centro-Sul do Paraná, para produtividade (kg ha ⁻¹), em todos os ambientes, ambientes desfavoráveis e ambientes favoráveis, na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	31
Tabela 8. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 35 híbridos de milho obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966). Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	34
Tabela 9. Estimativas dos parâmetros de estabilidade segundo o método proposto por Lin & Binns (1988) para produção de grãos (kg ha ⁻¹) para 35 híbridos em 5 ambientes na região Centro-Sul do Paraná na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	37
Tabela 10. Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental na avaliação de 35 genótipos de milho em 5 locais, na região Centro-Sul do Paraná, na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	38
Tabela 11. Rendimento médio de grãos (kg ha ⁻¹) e classificação dos genótipos em um dos ideótipos caracterizado pelos centroides e probabilidade associada a sua classificação dos genótipos de milho, na região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava:	

UNICENTRO, 2010.....	39
Tabela 12. Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman, aplicado às ordens de adaptabilidade e estabilidade para cada par de métodos. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos experimentos em foto de satélite.....	17
Figura 2. Precipitação pluvial nos 5 locais avaliados, durante a condução dos experimentos, associada aos estádios fenológicos da cultura do milho.....	18
Figura 3. Aspecto das plantas de milho sob estiagem em Prudentópolis.....	29
Figura 4. Rachaduras no solo sob efeito da estiagem no experimento em Prudentópolis.....	29
Figura 5. Enrolamento das folhas em consequência da estiagem em Prudentópolis.....	29
Figura 6. Baixa estatura das plantas em Prudentópolis.....	29
Figura 7. Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos em todos os ambientes.....	32
Figura 8. Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos nos ambientes desfavoráveis.....	32
Figura 9. Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos nos ambientes favoráveis.....	33
Figura 10. Híbridos que apresentaram rendimento de grãos acima da média geral, $\beta_1=1$ e $\sigma^2_{di}=0$ pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	35
Figura 11. Híbridos adaptados a ambientes favoráveis pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	35
Figura 12. Híbridos adaptados a ambientes desfavoráveis pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	36
Figura 13. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos na análise da produtividade de 35 genótipos de milho avaliados em cinco ambientes na região centro-sul do Paraná.....	41
Figura 14. Biplot AMMI para dados de rendimento de grãos de 35 genótipos em 5 ambientes na região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.....	43

RESUMO

Alessandra Zawadzki Pfann. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho na região Centro-Sul do Paraná na safra 2008/2009.

Os objetivos deste trabalho foram estimar a adaptabilidade e estabilidade de 35 híbridos comerciais de milho, em cinco locais da região Centro-Sul do Estado do Paraná e comparar cinco métodos estatísticos de análise da interação de genótipos com ambientes (G x A), enfatizando a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica. Utilizando-se dos dados de rendimento de grãos, foram avaliados os métodos Annicchiarico (1992), Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), centroide proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009) e AMMI. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos completos com os tratamentos casualizados, com três repetições. O rendimento médio de grãos variou de 3.579,69 kg ha⁻¹ a 11.128,46 kg ha⁻¹, com média geral de 7.998,07 kg ha⁻¹. As metodologias de Annicchiarico (1992), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e centroide proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009) foram altamente correlacionadas. Entretanto, o uso de uma delas em combinação com a de Eberhart & Russell (1966) pode agregar informação à análise de estabilidade. A análise AMMI mostrou pouca associação com os demais métodos, podendo ser considerada complementar as informações obtidas com as outras metodologias. Na maioria das metodologias, os híbridos 30F36, AS1579, AG8021 e 30B39 apresentaram adaptabilidade geral alta, sendo 30F36 o mais produtivo, 30K64 foi o mais adaptado para ambientes desfavoráveis, seguido por AG8021, 2B707. O híbrido DKB234 foi o que apresentou adaptabilidade mais baixa,

Palavras-chave: AMMI, Annicchiarico, centróide, interação genótipos x ambientes, Eberhart & Russell, Lin & Binns, *Zea mays*

ABSTRACT

Alessandra Zawadzki Pfann. Adaptability and stability of commercial maize hybrids in South-Center region of Paraná, during 2008/2009 crop.

This research aimed to estimate adaptability and stability of 35 commercial maize hybrids, recommended for five environments in South-Center region of Paraná state, and to compare five statistical methods for genotype x environment interaction analysis. As the grain yield data were available, the methodologies by Annicchiarico (1992), Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modified by Carneiro (1998), centroids by Rocha et al.(2005) and modified by Nascimento et al. (2009) and AMMI. The trials were carried out in randomized blocks design, in three replications. The mean grain yield varied from 3.579,69 kg ha⁻¹ to 11.128,46 kg ha⁻¹, and the total average was 7.998,07 kg ha⁻¹. The methods by Annicchiarico (1992), Lin & Binns (1988) modified by Carneiro (1998), centroids by Rocha et al.(2005) and modified by Nascimento et al. (2009) were highly correlated. However, one of these methodologies can be used along with Eberhart & Russell's (1966) and improve information about stability analysis. AMMI analysis had low association to other methodologies, and should be considered as complementary to other methodologies. In the majority of methodologies, the hybrids 30F36, AS1579, AG8021 and 30B39 presented high general adaptability, and 30F35 was the most productive. 30K64 was the most adapted for unpropitious environment, and so were AG8021 and 2B707. DKB234 had the lower adaptability.

Key words: AMMI, Annicchiarico, centróide, genotypes x environments interaction, Eberhart & Russell, Lin & Binns, *Zea mays*

1. INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais produzido no mundo, sendo que o Brasil é o terceiro maior país produtor, e o Paraná o estado que mais produz milho no país. A região Sul do Paraná é a principal produtora de milho da primeira safra, respondendo por 50% da produção estadual, com rendimento médio de 15,6 milhões de toneladas nas duas safras de 2008, com destaque para as regiões de Ponta Grossa, Curitiba e Guarapuava. As condições climáticas favoráveis e o bom investimento nas lavouras foram fundamentais para esse bom desempenho (SEAB, 2009).

Diante da importância da região face ao panorama nacional, é de se esperar que existam programas de melhoramento de milho visando obtenção e/ou recomendação de genótipos com maior produtividade, estabilidade de produção e adaptabilidade aos diferentes ambientes para os quais poderão ser recomendados.

As condições ambientais podem variar pouco dentro de uma mesma área experimental, mas podem variar bastante quando se consideram outras localidades ou outros anos. Um fator que dificulta a seleção e a recomendação de cultivares é a interação dos genótipos com os ambientes (G x A), ocasionando inconstância no desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes.

Uma maneira de avaliar a interação G x A é realizando o estudo da estabilidade e da adaptabilidade, que é de importância capital para o melhorista e para o posicionamento de cultivares, cujo interesse maior é o conhecimento de genótipos que tenham desempenho bom não somente em um ambiente particular, mas também sob diferentes condições ambientais (Hoogerheide et al, 2007).

Entre os métodos utilizados para avaliação de estabilidade e adaptabilidade, destacam-se o de Eberhart & Russel (1966), baseado na regressão linear, o método de Annicchiarico (1992), com base na análise de variância, o método não paramétrico de Lin & Binns modificado por Carneiro (1998) e os métodos centroide proposto por Rocha et al. (2005) modificado por Nascimento et al. (2009) e AMMI, baseados em componentes principais.

Observa-se, empiricamente, que dentro de um mesmo zoneamento de recomendação de híbridos de milho, em um raio de aproximadamente 100 km de distância, existem discrepâncias quanto às condições climáticas, que proporcionam diferenças quanto ao

rendimento de grãos, de genótipos semelhantes de milho. Com base no exposto, sob a hipótese que entre locais pertencentes à Região Centro-Sul do Paraná, existem diferenças capazes de causar interação de genótipos com ambientes, o objetivo desse trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos simples comerciais de milho, comparando cinco diferentes metodologias.

2. OBJETIVO(S)

2.1. Geral

Avaliar a adaptabilidade e estabilidade de 35 híbridos simples comerciais de milho, recomendados para o Estado do Paraná, desenvolvidos por 7 diferentes programas de melhoramento genético privados, avaliados em Guarapuava-PR e outros 4 locais distantes aproximadamente 100 km, na safra 2008/2009, comparando 5 metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade.

2.2. Específicos

- Verificar se os ambientes avaliados diferem entre si;
- Verificar a existência de interação genótipos x ambientes;
- Avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos híbridos por meio de cinco metodologias;
- Comparar as metodologias de avaliação da adaptabilidade e da estabilidade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Milho - morfologia, botânica e ecofisiologia

O milho é uma gramínea da família Poaceae, da tribo Maydeae, do gênero *Zea* e da espécie *mays* (*Zea mays* L.). É taxonomicamente identificado como *Zea mays* L. spp. *mays*, para distinguir do seu parente silvestre mais próximo, o teosinto (Paterniani & Campos, 1999).

A tribo Maydeae caracteriza-se por monoicismo, isto é, flores unissexuadas, em inflorescências masculinas e femininas, separadas nas mesmas plantas. O gênero *Zea*, que compreende o milho, possui $2n = 2x = 20$ cromossomos (Paterniani & Campos, 1999).

O milho é uma planta essencialmente panmítica, uma vez que o monoicismo das Maydeae acentuou-se com maior separação espacial da inflorescência feminina (espiga) e da masculina (pendão), sendo, portanto, uma planta alógama com praticamente 100% de reprodução cruzada (Paterniani & Campos, 1999).

Há muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e em decorrência de sua extrema importância, o homem tem procurado sempre estender os limites geográficos de sua produção. Atualmente, a espécie, mediante a seleção orientada de cultivares, bem como o aprimoramento de métodos adequados ao manejo, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e Rússia) a 40° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, encontrando-se cultivada desde localidades situadas abaixo do nível do mar (Região do Mar Cáspio) até regiões apresentando mais de 2.500m de altitude, nos Andes Peruanos. Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura é submetida, constituem-se em preponderantes fatores de produção (Fancelli & Dourado Neto, 2004).

3.2. Importância econômica

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% do milho colhido é

destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (Duarte, 2008).

Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de uso desse cereal em regiões com baixa renda. Em algumas situações, o milho constitui a ração diária de alimentação, por exemplo, no Nordeste do Brasil, o milho é a fonte de energia para muitas pessoas que vivem no semi-árido; outro exemplo está na população mexicana, que tem no milho o ingrediente básico para sua culinária. Associando o consumo humano ao consumo animal, além de se verificar também o crescimento do uso de milho em aplicações industriais, pode-se observar o aumento de sua importância no contexto da produção de cereais na esfera mundial. Nesse sentido, o milho passou a ser o cereal mais produzido no mundo (Duarte, 2008).

De acordo com a FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Abastecimento (2008), os EUA são os maiores produtores mundiais de milho, totalizando 267.598.000 toneladas em 2006. Em 2008, o Brasil encontrou-se na terceira posição, produzindo 53.586.500 toneladas, em uma área de 14.309.00 hectares (CONAB, 2008).

A cultura do milho, no Brasil, apresenta grande dispersão geográfica, sendo produzido, praticamente, em todo o território nacional. Confronta-se assim, com ampla variação nas condições edafoclimáticas, infra-estrutura de produção e de mercad, além de vários outros fatores sócio-econômicos (Murakami et al., 2004)

Na safra 2008/2009, a produtividade (de primeira e segunda safras) dentro do Brasil, segundo dados da CONAB (2009), foi maior no Distrito Federal (6.965 kg ha^{-1}), seguido por Goiás (5.383 kg ha^{-1}) e Minas Gerais (5.073 kg ha^{-1}). Porém, no Paraná, o volume produzido foi o maior (11.100.800 t). A área plantada na Região Sul equivaleu a 34,6% da área nacional de milho, sendo que o estado com maior área plantada foi o Paraná (2.783.000 ha).

A região Sul do Paraná é a principal produtora de milho da primeira safra, respondendo por 50% da produção estadual, com produção média de 3,91 milhões de toneladas nas últimas cinco safras, com destaque para as regiões de Ponta Grossa, Curitiba e Guarapuava, com produção média de 1,2 milhão de toneladas, 765 mil toneladas e 728 mil toneladas, respectivamente (SEAB, 2008).

A produtividade média da cultura do milho no Paraná, na primeira safra de 2008, foi de 6.673 kg ha^{-1} , superando em 73% a média nacional, que foi de 3.853 kg ha^{-1} . O estado

alcançou elevada produtividade, superando a produtividade histórica (4.236 kg ha^{-1}) em quase 60%. As condições climáticas favoráveis e o bom investimento nas lavouras foram fundamentais para esse bom desempenho (SEAB, 2008).

3.3 Interação genótipos por ambientes

Em um determinado ambiente, a expressão fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos (Cruz & Regazzi, 1997).

Em um sentido amplo, entende-se por ambiente, todos os fatores intra e extracelulares que influem na expressão do genótipo (Vencovsky et al., 1992). As condições ambientais que contribuem para as interações com os genótipos podem ser agrupadas, segundo Allard & Brandshaw (1964), em duas categorias, a saber: as previsíveis e as imprevisíveis. Na primeira, incluem-se as variações de ambiente que ocorrem de região para região, dentro da área de distribuição da cultura. Enquadram-se as características gerais de clima e solo e aquelas que flutuam de maneira sistemática, como o comprimento do dia, o grau de insolação e outras. Também se incluem neste grupo os fatores de ambiente que estão sob o controle do homem, como as práticas agronômicas, tais como a época de semeadura, as doses e fórmulas de adubação, etc. As variações imprevisíveis compreendem, por exemplo, as climáticas, no âmbito de uma mesma região, como a quantidade e distribuição de chuvas, as oscilações de temperatura e outras que não se pode prever com segurança *a priori*.

A interação genótipos por ambientes ($G \times A$) é o comportamento diferenciado de genótipos quando cultivados em vários ambientes, isto é, quando o desempenho fenotípico relativo dos genótipos é inconstante de um ambiente para outro(s) (Chaves, 2001).

Nos programas de melhoramento genético das diversas espécies, inclusive o milho, a interação genótipos por ambientes ($G \times A$) dificulta a seleção e a indicação de genótipos, em razão da inconsistência de desempenho dos genótipos em ambientes distintos (Garbuglio et al., 2007).

A indicação de genótipos considerando apenas a média geral de ensaios favorece genótipos que se sobressaem nos melhores ambientes e não discrimina os que se adaptam às melhores e às piores condições. O conhecimento do comportamento de genótipos em

determinados ambientes é de grande importância para a avaliação do valor agrônomo dos genótipos, tanto para os produtores de sementes como para os de grãos. A estabilidade da produtividade, em grande amplitude de condições ambientais tem sido relevante para avaliar o potencial de genótipos, pois permite a identificação de cultivares que interagem o mínimo possível com os ambientes. Os genótipos que possuem alta estabilidade ou com o comportamento previsível para produção em diversos ambientes, devem ser identificados (Murakami et al., 2004).

A análise de variância conjunta de experimentos é uma maneira simples de se avaliar a interação $G \times A$, com magnitude determinada pelo teste F. Contudo, nessa análise não se obtêm informações pormenorizadas dos genótipos em relação às variações do ambiente. Portanto, é necessário o estudo sobre a adaptabilidade e estabilidade a fim de identificar genótipos com comportamento previsível nos diversos ambientes, e minimizar os erros de avaliação e recomendação de cultivares (Oliveira et al., 2006a).

Quanto ao conceito de estabilidade, Lewis (1954) definiu como a capacidade de um indivíduo ou de uma população em produzir variações mínimas de fenótipos em diferentes ambientes. Allard & Bradshaw (1964) designaram como genótipo estável, aquele que apresenta potencial para ajustar o seu estado genotípico e fenotípico às flutuações ambientais. Mariotti et al. (1976) definiram estabilidade como a capacidade dos genótipos de exibir um desempenho o mais constante possível em função das variações ambientais. Definiram também adaptabilidade como sendo a capacidade potencial dos genótipos em assimilar vantajosamente os estímulos ambientais.

O Paraná, líder na produção brasileira de milho, é localizado em uma área subtropical. A heterogeneidade ambiental no estado é considerável, dadas as condições geográficas, práticas tecnológicas e período de safra (Caramori, 2003). As companhias produtoras de sementes dividiram o estado em 2 macro-ambientes (ME) para recomendação de híbridos específicos para determinadas regiões, baseados nas características climática e da ecofisiologia da cultura (Andrade et al., 1996). O Sul, Sudoeste e Centro do estado, caracterizados por altitudes acima de 650m, representam área climática de temperaturas amenas (ME1), na qual se obtém alto rendimento de grãos. Na região norte e nordeste do estado (ME2) as temperaturas são consideravelmente mais altas (Caramori, 2003).

Terasawa et al. (2008) quantificaram as interações $G \times A$ em híbridos de milho, entre e dentro de dois macro-ambientes do estado do Paraná e observaram grande variação ambiental

e interação G x A significativa.

Existem disponíveis na literatura vários métodos para estudo e quantificação da interação genótipos x ambientes, entre os quais se destacam os métodos baseados na análise de variância (Plaisted & Peterson, 1959; Burdon, 1977), regressão linear simples (Finlay & Wilkinson, 1963; Eberhart & Russell, 1966), regressão linear múltipla (Verma et al., 1978; Cruz et al., 1989), os métodos não-paramétricos (Huenh. 1990; Lin & Binns, 1988) e os baseados em componentes principais (centroide e AMMI). A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Chaves, 2001).

3.4 Metodologias de avaliação de estabilidade e adaptabilidade.

3.4.1 Método de Annicchiarico (1992)

É um método baseado na análise de variância conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (Cruz & Regazzi, 2001).

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se no índice de confiança genotípico, estimado por $\omega_{i(g)} = \mu_{i(g)} - z_{(1-\alpha)}\sigma_{i(g)}$, considerando-se todos os ambientes, em que $\mu_{i(g)}$ é a média percentual dos genótipos i ; $\sigma_{i(g)}$ é o desvio-padrão dos valores z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo; $z_{(1-\alpha)}$ é o percentual da função de distribuição normal padrão. O índice deve ser calculado para os ambientes favoráveis e desfavoráveis. O coeficiente de confiança adotado é de 75%, isto é, $\alpha = 0,25$. São considerados mais estáveis os genótipos associados aos maiores valores de índice de recomendação ω_i (Pereira et al., 2009a).

A variação de ambientes dentro de cada genótipo é utilizada como estimativa da estabilidade, de tal forma que o genótipo que proporcionar menor quadrado médio, nos vários ambientes, é considerado o mais estável. Este método apresenta a vantagem de poder ser aplicado nas situações em que se dispõe de um número restrito de ambientes. Apresenta, entretanto, como desvantagens o fato de o parâmetro de estabilidade ser pouco preciso e de se fazer uso de um conceito de estabilidade que não é de grande interesse para o melhorista. O

conceito de estabilidade de um genótipo, expresso pela mínima variância entre ambientes, tem sido pouco utilizado pelos melhoristas, possivelmente pelo fato de os genótipos que mantêm comportamento regular entre os ambientes serem, em geral, pouco produtivos. Além disso, esse conceito não é apropriado para avaliar o padrão de comportamento dos genótipos frente às variações ambientais (Cruz & Regazzi, 2001).

Gomes et al. (2002) afirmam que o método de Annicchiarico tem a vantagem de auxiliar na recomendação das cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Quanto maior o índice de confiança da cultivar, menor será sua probabilidade de insucesso.

Silva & Duarte (2006) recomendam que o método de Annicchiarico seja usado em combinação com o de Eberhart & Russell, para agregar informação à análise de estabilidade.

Pereira et al. (2009a) ao avaliarem genótipos de feijoeiro comum na região central do Brasil, utilizaram-se da metodologia de Annicchiarico para que houvesse informações complementares aos modelos baseados em regressões que também foram utilizados.

3.4.2 Método de Eberhart & Russell (1966)

Finlay & Wilkinson (1963) desenvolveram metodologia para avaliar o desempenho genotípico com base nos processos de regressão. Para cada genótipo é ajustada uma regressão linear da produção individual sobre a média de todos os genótipos em cada ambiente, e a análise é feita a partir de dados transformados para a escala logarítmica, com o objetivo de induzir a um alto grau de linearização. O uso desse procedimento permite descrever as respostas dos genótipos individuais para uma série de ambientes nos quais eles foram cultivados, ou seja, estimar o parâmetro adaptabilidade. A média de produtividade de todos os genótipos em cada ambiente fornece um índice ambiental, usado na avaliação do ambiente (Cruz & Carneiro, 2003).

Eberhart & Russell (1966) expandiram o modelo proposto por Finlay & Wilkinson (1963), sob o aspecto de que tanto os coeficientes de regressão dos valores fenotípicos de cada genótipo em relação ao índice ambiental quanto os desvios desta regressão proporcionariam estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade (Cruz & Regazzi, 1997). Assim, a metodologia de Eberhart & Russell (1966) baseia-se em análise de regressão linear, que mede a resposta de cada genótipo às variações ambientais. Em cada genótipo é

computada uma regressão linear simples da variável dependente considerada e o índice ambiental, definido como a média de todos os genótipos no ambiente subtraída da média geral. Sob o aspecto metodológico, a proposta de Eberhart e Russell (1966), citados por Cruz e Regazzi (1997) tem as seguintes características:

É adotado o seguinte modelo de regressão linear:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{li} I_j + \delta_{ij} + \overline{\varepsilon_{ij}}$$

Em que:

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

β_{oi} : média do genótipo i em todos os ambientes;;

β_{li} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i-ésimo genótipo à variação do ambiente;

I_j : índice ambiental codificado $\left(\sum_j I_j = 0 \right)$

δ_{ij} : desvio da regressão;

$\overline{\varepsilon_{ij}}$: erro experimental médio.

Os parâmetros de adaptabilidade são a média (β_{oi}) e o coeficiente de regressão linear (β_{li}). A estabilidade é avaliada pelos desvios da regressão (σ_{di}^2) e pelo coeficiente de determinação (R^2).

Obtém-se, para cada genótipo, o coeficiente de regressão (β_{li}) e o componente de variância associado aos desvios de regressão (σ_{di}). Quando $\beta_{li} < 1,0$, o genótipo responde pouco à melhoria do ambiente, e é considerado de comportamento relativamente melhor em ambientes desfavoráveis. Quando $\beta_{li} > 1,0$, o genótipo responde de forma acentuada a esta melhoria. Neste caso, seu comportamento é relativamente superior nos melhores ambientes. Se $\beta_{li} = 1,0$, o genótipo tende a ter bom desempenho em qualquer ambiente, e é considerada com adaptabilidade geral ou ampla. O desvio de regressão mede a estabilidade de comportamento da cultivar. Se $\sigma_{di} = 0$, a cultivar exibe alta estabilidade, e seu comportamento, quanto ao rendimento, é previsível nos distintos ambientes.

Eberhart & Russell (1966) consideram como genótipo ideal aquele que apresenta alta produção média (β_{oi}), coeficiente de regressão (β_{li}) igual a 1,0 e desvios da regressão (σ_{di}^2) tão pequenos quanto possível. Quanto maior o número de ambientes, maior é a eficácia do

método, pois maior é o número de pontos utilizados na regressão (Cruz et al., 2004).

De acordo com Peluzio et al. (2008), a metodologia mais empregada é a de Eberhart & Russell (1966) e Silva Filho et al. (2008) acreditam que isso acontece por avaliar as respostas dos genótipos à melhoria das condições ambientais. Vendruscolo et al. (2001) utilizaram a metodologia de Eberhart & Russell (1966) para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca, por ter sido mais utilizada em relação às demais em todas as culturas.

Porém, Nascimento et al. (2010) consideram que metodologias baseadas em análise de regressão sofrem a ação de pontos extremos em razão do processo de estimação. Isto pode proporcionar estimativas inadequadas, que não refletem a verdadeira relação existente entre a variação ambiental e a resposta genotípica, e superestimar ou subestimar o parâmetro da adaptabilidade.

3.4.3. Método de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)

Essa metodologia consiste em uma análise não-paramétrica que identifica os genótipos mais estáveis por meio de um único parâmetro de estabilidade e adaptabilidade e contempla os desvios em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, além de possibilitar o detalhamento dessa informação para ambientes favoráveis e desfavoráveis.

De acordo com Gonçalves et al. (1999), esta metodologia baseia-se no princípio de que nas avaliações de cultivares, o que se procura é aquela com desempenho próximo do máximo para a maioria dos ambientes. Para avaliar esse tipo de estabilidade, utiliza-se a seguinte expressão:

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

Em que:

P_i : índice de estabilidade da cultivar i , ou seja, mede o desvio da produtividade de uma dada cultivar em relação ao máximo, em cada um dos j ambientes;

Y_{ij} : produtividade da cultivar i no ambiente j ;

M_j : produtividade da cultivar com resposta máxima entre todas as cultivares no ambiente j .

n : número de ambientes.

A modificação do método de Lin & Binns (1988) proposta por Carneiro (1998), preconiza a decomposição da medida P_{ig} , nas suas partes relativas a ambientes favoráveis (P_{if}) e desfavoráveis (P_{id}). A classificação dos ambientes em favoráveis ou desfavoráveis é efetuada por meio do índice de ambiente, que é a diferença entre a média dos genótipos avaliados em dado ambiente e a média geral dos experimentos.

Para ambiente favorável (índice de ambiente ≥ 0), estima-se:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_{.j})^2}{2f}$$

Em que:

P_{if} é a medida de adaptação e estabilidade de comportamento do genótipo em ambientes favoráveis i ;

Y_{ij} é a produtividade do i -ésimo genótipo, no j -ésimo ambiente;

$M_{.j}$ é a resposta máxima entre todos os genótipos no ambiente;

f é o número de ambientes favoráveis.

Para ambiente desfavorável (índice de ambiente ≤ 0), estima-se:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_{.j})^2}{2d}$$

Em que:

P_{id} é a medida de adaptação e estabilidade de comportamento do genótipo, em ambiente desfavorável i ;

Y_{ij} é a produtividade do i -ésimo genótipo, no j -ésimo ambiente;

$M_{.j}$ é a resposta máxima entre todos os genótipos no ambiente;

d é o número de ambientes desfavoráveis.

Nesta metodologia, o desempenho das cultivares é quantificado pelo índice de estabilidade P_i que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de uma cultivar para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente, em todos os ambientes avaliados. Dessa forma, o quadrado médio menor indica uma superioridade geral do genótipo em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima; assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (Daher et al., 2003).

Esta metodologia leva em consideração o rendimento do genótipo e a resposta relativa a um genótipo hipotético, que é uma medida de adaptabilidade (Murakami et al., 2004).

Oliveira et al. (2006b) recomendam a utilização de método de Lin & Binns modificado por Carneiro (1998) considerando a facilidade de interpretação de resultados. Albrecht et al. (2007), consideraram o método de grande utilidade e eficiência na recomendação de genótipos de trigo irrigado no Cerrado, em razão da unicidade do parâmetro e , ainda, em função da variação de ambiente. Salientaram ainda que as diferenças em relação ao ideótipo são elevadas ao quadrado e apresentam, portanto, propriedade de variância que é traduzida por esse método em estabilidade de comportamento.

3.4.4. Método dos centroides, proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009)

Embora sejam rotineiramente utilizadas, no melhoramento de plantas, metodologias baseadas em componentes principais são ainda pouco exploradas para estudos da interação genótipos x ambientes. O método centróide proposto por Rocha et al. (2005) consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade. O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV) (Rocha et al., 2005).

Para avaliação da resposta diferencial dos genótipos, a metodologia de componentes principais deve ser utilizada no conjunto de dados originais contendo a média dos $g + 4$ genótipos em cada ambiente, como descrito por Cruz & Regazzi, (1994).

Para a utilização desse método, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay & Wilkinson (1963):

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

Em que:

I é o índice ambiental

Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ;

$Y_{..}$ é o total das observações;

a é o número de ambientes;

g é o número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, são criados pontos referenciais, os ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos a cada um dos quatro ideótipos. Uma medida de probabilidade espacial pode ser calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

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

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.

Nascimento et al. (2009) propuseram uma alteração no método, que consiste na adição de três novos centróides, para que sua configuração conjunta tenha o formato de uma seta. Nessa alteração, o conceito de adaptabilidade e estabilidade difere das demais metodologias existentes na literatura. Os genótipos de máxima e média adaptação específica não são aqueles que apresentam bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas os genótipos que apresentam valores máximos ou médios para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto. Após a classificação dos ambientes e criação dos sete pontos ou dos quatro pontos referenciais representativos dos ideótipos (centróides), procede-se à análise de componentes principais para obtenção dos escores utilizados na representação gráfica.

O fato da formação de um gradiente em forma de seta para a direita, possibilita a inferência quantitativa da adaptabilidade por meio de inspeção visual adequada, de modo que os genótipos mais próximos à ponta da seta são mais produtivos e os mais próximos à base da

seta, menos produtivos. Além disso, na medida em que os genótipos se afastam do segmento de reta, para cima ou para baixo, eles podem ser classificados como adaptados a ambientes favoráveis ou desfavoráveis, respectivamente (Nascimento et al., 2009).

A modificação proposta por Nascimento et al. (2009) dá maior sentido biológico ao método, o que contribui para a melhoria da análise nos aspectos qualitativo e quantitativo; o gráfico fornecido pelo método possibilita comparação direta em relação a um gradiente de produtividade, em que genótipos mais próximos à ponta da seta são mais produtivos e a alteração no método mantém a facilidade de interpretação dos resultados para a recomendação dos genótipos presente no método original e não possibilita duplicidade de interpretação.

De acordo com Pelúzio et al. (2008) a representação da variação do desempenho dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano com poucos eixos, permite uma análise simultânea do desempenho de um número elevado de genótipos em virtude da facilidade de interpretação dos resultados. Porém, Nascimento et al. (2010) ponderam que a quando se considera as metodologias dos centroides, baseadas em componentes principais, a presença de pontos discrepantes influencia diretamente a configuração gráfica obtida por meio dos escores dos genótipos. Assim, genótipos afetados por pontos discrepantes têm um comportamento diferenciado dos demais genótipos no gráfico da análise, o que ocasiona classificação incorreta.

3.4.5. Análise AMMI

A análise AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis) significa modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. Este método combina técnicas estatísticas, como a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GxA (Mandel, 1971; Kempton, 1984; Zobel et al., 1988).

A análise AMMI pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados como na realização do chamado zoneamento agrônomico, com fins de recomendação regionalizada e de seleção de locais de teste (Gauch & Zobel, 1996).

Zobel et al. (1988) enumeram algumas vantagens desse método: permite a análise mais detalhada da interação GxA; garante a seleção de genótipos, capitalizando suas

interações positivas com os ambientes; propicia estimativas mais precisas das respostas genótípicas; possibilita fácil interpretação gráfica dos resultados, nos chamados biplots (representação gráfica simultânea dos genótipos e ambientes).

Uma vez constatada a presença de interação GxA (teste de F significativo), procede-se à análise de estabilidade, por meio do modelo AMMI:

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

Em que:

Y_{ij} : é a resposta média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos) no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, A$ ambientes);

μ : é a média geral dos ensaios;

g_i : é o efeito fixo do genótipo i ;

a_j : é o efeito aleatório do ambiente j ;

λ_k : é o k -ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por GA);

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_{ij} : é o ruído associado ao termo $(ga)_{ij}$ da interação clássica do genótipo i com o ambiente j ;

\bar{e}_{ij} : é o erro experimental médio.

As coordenadas de genótipos e de ambientes nos eixos principais de interação (IPAC's) são representadas em um gráfico denominado "biplot", que permite descrever a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos aos ambientes de teste.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

Os experimentos foram conduzidos em cinco localidades da Região Centro-Sul do Paraná, apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1. Locais dos experimentos e suas respectivas coordenadas geográficas, altitudes, classificações climatológicas, de acordo com Köppen e precipitação pluvial no decorrer do experimento. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Local	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Clima	Precipitação (mm)
1 Cândido de Abreu	24°37'21" S 51°27'27" W	492	Cfa	867,8
2 Candói	25°37'46"S 52°01'55"W	916	Cfb	810,9
3 Guarapuava	25°23'35"S 51°27'19"W	1.120	Cfb	838
4 Goioxim	25°16'50"S 51°50'38"W	935	Cfb	691,1
5 Prudentópolis	25°11'14"S 51°04'37"W	767	Cfb	788,9

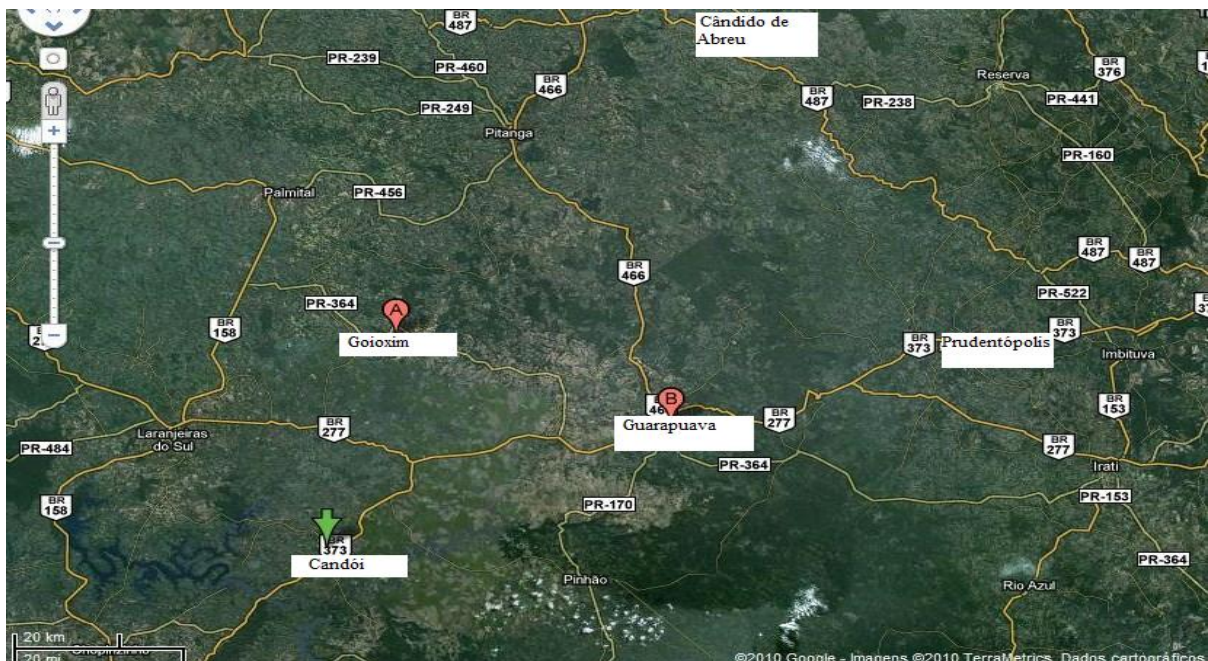


Figura 1. Localização dos experimentos em foto de satélite. Fonte: Google maps (2010)

Com exceção de Guarapuava, onde o experimento foi implantado no campo experimental da UNICENTRO, no *campus* Cedeteg, todos os demais experimentos foram conduzidos em fazendas onde havia o cultivo concomitante de lavouras de milho, com alto nível tecnológico. Nesses locais, o solo é permanentemente cultivado em sistema de plantio direto em sucessão de culturas de verão e inverno.

A precipitação pluvial ocorrida no período de condução dos experimentos, associada aos estádios fenológicos da cultura do milho (Fancelli e Dourado Neto, 2004) é mostrada na Figura 2.

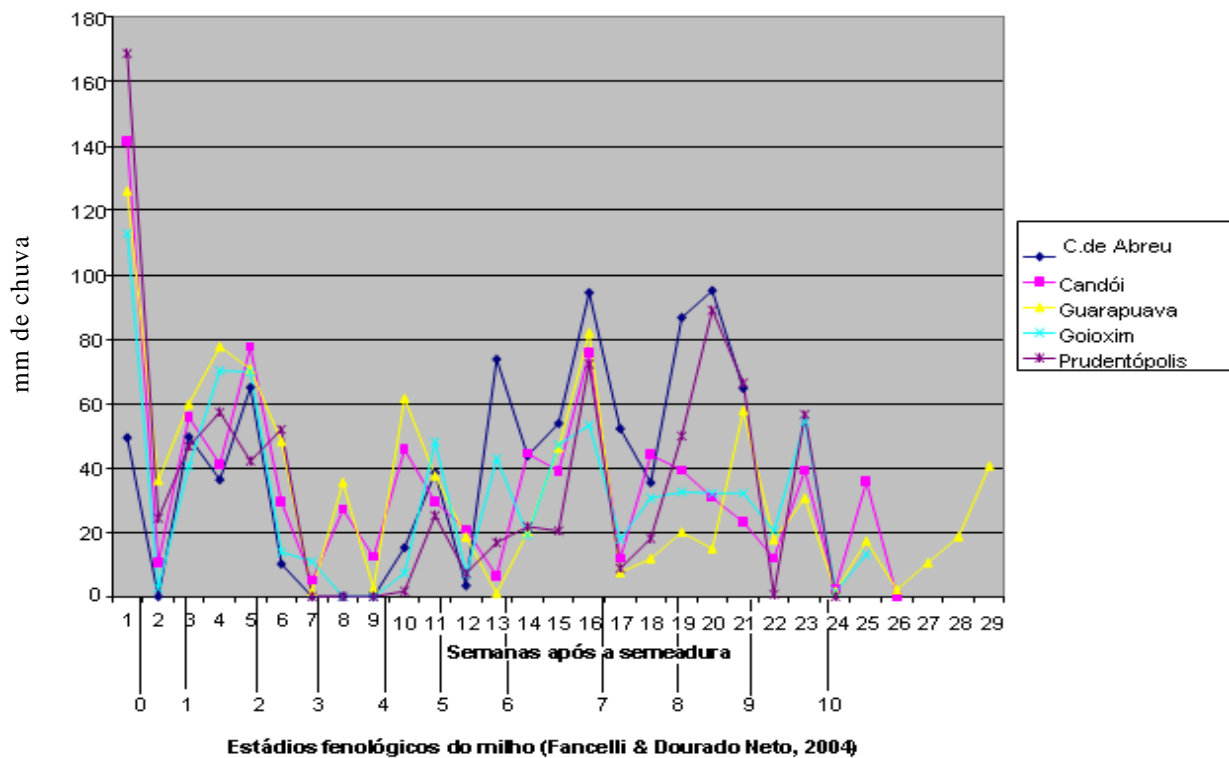


Figura 2. Precipitação pluvial ocorrida nos cinco locais, durante o período de condução dos experimentos, associada aos estádios fenológicos da cultura do milho

4.2. Material experimental, instalação e condução dos experimentos

Foram utilizados 35 híbridos simples de milho, recomendados para o Estado do Paraná, para alto nível tecnológico, pertencentes a sete programas de melhoramento privados distintos, representados na Tabela 2.

Em todos os locais os experimentos foram implantados em talhões de 16m x 30m. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos com os tratamentos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 5 metros, espaçadas em 0,8m, seguindo os critérios de espaçamento e população adotados pela maioria dos produtores locais.

As sementeiras foram realizadas dia 04/10/2008 em Prudentópolis, 05/10/2008 em Cândido de Abreu, 08/10/2008 em Goioxim e Guarapuava e 09/10/08 em Cândói, sobre palha de aveia branca dessecada e rolada. Na sementeira manual, foram colocadas duas sementes por cova, espaçadas em 0,2 m, com posterior desbaste em estágio de três folhas, para que se obtivesse um estande equivalente a 62.500 plantas ha⁻¹.

A adubação de base foi de 36 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 56 kg ha⁻¹ de K₂O. Em cobertura, foram aplicados 54 kg ha⁻¹ de N e 14,6 kg ha⁻¹ de K₂O, aos 30 dias após a emergência e 90 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O aos 45 dias após a emergência.

Os tratos culturais realizados foram o controle de plantas daninhas e de insetos, sempre que foram identificados os primeiros sinais de danos à cultura.

Tabela 2. Híbridos simples avaliados em 5 locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava, UNICENTRO, 2010.

Tratamento	Híbrido	Empresa	Ciclo
1	Impacto	Syngenta Seeds	Precoce
2	Fórmula	Syngenta Seeds	Superprecoce
3	Maximus	Syngenta Seeds	Precoce
4	Penta	Syngenta Seeds	Precoce
5	Syn 3507	Syngenta Seeds	Superprecoce
6	Status	Syngenta Seeds	Precoce
7	AS1579	Agroeste	Precoce
8	AS1565	Agroeste	Precoce
9	AS1572	Agroeste	Precoce
10	AS 1551	Agroeste	Superprecoce
11	AS1550	Agroeste	Superprecoce
12	SG6015	Sementes Guerra	Precoce
13	SG6010	Sementes Guerra	Precoce
14	2A120	Dow AgroSciences	Hiperprecoce
15	2B655	Dow AgroSciences	Precoce
16	2B587	Dow AgroSciences	Precoce
17	2A106	Dow AgroSciences	Hiperprecoce
18	2B707	Dow AgroSciences	Precoce
19	2B688	Dow AgroSciences	Precoce
20	30F36	Pioneer	Precoce
21	30K64	Pioneer	Semiprecoce
22	30R50	Pioneer	Precoce
23	30F53	Pioneer	Precoce
24	P2323	Pioneer	Superprecoce
25	30B39	Pioneer	Semiprecoce
26	AG8021	Agrocere	Precoce
27	AG9040	Agrocere	Superprecoce
28	AG5055	Agrocere	Precoce
29	AG6020	Agrocere	Superprecoce
30	AG7088	Agrocere	Semiprecoce
31	AG8015	Agrocere	Superprecoce
32	DKB245	Dekalb	Precoce
33	DKB240	Dekalb	Precoce
34	DKB390	Dekalb	Precoce
35	DKB234	Dekalb	Superprecoce

4.3 Avaliações

A característica avaliada foi rendimento de grãos em kg ha⁻¹. Após a colheita manual, as espigas colhidas nas parcelas foram debulhadas em batedor tracionado por trator, pesadas em balança digital com precisão de três casas decimais e a umidade foi verificada em medidor Motomco modelo 999ES.

4.4. Análises estatísticas

Para cada local foi realizada a análise de variância para a variável número de plantas por parcela e após a verificação da não significância ($P < 0,05$), o estande das parcelas foi corrigido pelo método da covariância (Ramalho et al., 2000), considerando o estande ideal de 50 plantas parcela⁻¹. Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância por local e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 5).

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, após a averiguação da homogeneidade dos quadrados médios residuais, considerando os efeitos de blocos e de ambientes aleatórios e o efeito dos genótipos fixo. Os dados utilizados nas análises referem-se à massa de grãos por parcela, corrigidos para 13% de umidade e ajustados para quilograma por hectare.

Apesar da diversidade de modelos estatísticos comumente empregados para a análise das interações de genótipos com ambientes, todos têm em comum o fato de pressuporem uma aditividade dos efeitos que os compõem. Tais modelos são também lineares em seus parâmetros (Vencovsky et al., 1992). De acordo com Cruz & Regazzi (1997), um modelo geral, para descrever o comportamento de materiais genéticos submetidos a diferentes ambientes, em experimentos em blocos completos com os tratamentos casualizados, pode ser apresentado como segue:

$$\overline{Y_{ij}} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B/A_{kj} + \overline{E_{ij}}$$

Em que:

$\overline{Y_{ij}}$: o valor fenotípico médio do caráter Y, medido no genótipo i, no ambiente j.

μ : média geral;

G_i : efeito do genótipo i ;

A_j : efeito do ambiente j ;

$(GA)_{ij}$: I_{ij} : efeito da interação do genótipo i com o ambiente j .

B / A_{kj} : efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente

$\overline{E}_{ij..}$: erro médio associado à observação $\overline{Y}_{ij..}$.

O esquema da análise de variância conjunta, segundo este modelo estatístico, é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta de um modelo em blocos completos com os tratamentos casualizados, com interação de primeira ordem.

FV	GL	SQ	QM	E(QM)
Blocos/ambientes	$a(r-1)$	SQB	QMB	$\sigma^2 + g \sigma_b^2$
Ambientes (A)	$a-1$	SQA	QMA	$\sigma^2 + g \sigma_b^2 + g r \sigma_a^2$
Genótipos (G)	$g-1$	SQG	QMG	$\sigma^2 + r' \sigma_{ga}^2 + ar \phi_g$
G x A	$(a-1)(g-1)$	SQGA	QMGA	$\sigma^2 + r' \sigma_{ga}^2$
Resíduo	$a(r-1)(g-1)$	SQR	QMR	σ^2
Total	$agr-1$	SQT		

Em que:

$$C = Y^2 \dots / agr$$

$$SQB = \frac{1}{g} \sum_j \sum_k Y_{.jk}^2 - \frac{1}{gr} \sum_j Y_{.j}^2$$

$$SQA = \frac{1}{gr} \sum_j Y_{.j}^2 - C$$

$$SQG = \frac{1}{ar} \sum_i Y_{i..}^2 - C$$

$$SQGA = \frac{1}{r} \sum_i \sum_j Y_{ij.}^2 - \frac{1}{gr} \sum_j Y_{.j}^2 - \frac{1}{ar} \sum_i Y_{i..}^2 + C$$

$$SQT = \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - C$$

$$SQR = SQT - (SQB + SQA + SQG + SQGA)$$

$$\phi_g = \frac{\sum_i G_i^2}{(g-1)}$$

$$\hat{\sigma}^2 = QMR$$

$$\hat{\sigma}_{ga}^2 = \frac{QMGA - QMR}{r\ell}$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{QMA - QMB}{gr}$$

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{QMB - QMR}{g}$$

4.4.1. Métodos de determinação de análise de adaptabilidade e estabilidade

As análises estatísticas para estudar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares foram realizadas pelos métodos de Annicchiarico (1992), Eberhart & Russell (1966), Cruz, et al. (1989), Lin & Binns (1992) modificado por Carneiro (1998), método do centroide proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009) e análise AMMI.

Para avaliar o grau de associação entre os métodos de estabilidade analisados, foi estimado o coeficiente de correlação de Spearman, com base na ordem de classificação genotípica, obtidas em cada par de métodos. A ordem de estabilidade e adaptabilidade de cada

método foi definida conforme o seu conceito de estabilidade e o número de parâmetros (Silva & Duarte, 2006).

No método Lin & Binns (1992) modificado por Carneiro (1998), que utiliza um só parâmetro de estabilidade, atribuiu-se a ordem de número 1 ao genótipo de menor estimativa do respectivo parâmetro, e assim por diante, até a ordem de número g, atribuída ao genótipo com a maior dessas estimativas. O mesmo procedimento foi adotado para o método AMMI, considerando-se a magnitude dos escores do primeiro componente principal de interação. Para o método de Eberhart & Russell (1966), inicialmente atribuíram-se ordenações crescentes às estimativas de cada um de seus parâmetros (β_i e σ_{di}^2) e em seguida calculou-se a média das ordens dos parâmetros.

As análises genético-estatísticas foram realizadas empregando-se os recursos computacionais do Programa Genes (Cruz, 2006) e Estabilidade (Ferreira, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado por meio das análises de variância individuais (Tabela 4) que, em razão da significância ($p < 0,01$) pelo teste F, os genótipos tiveram comportamento distinto dentro de cada ambiente em estudo. As médias de produtividade ficaram entre $3.579,69 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cândido de Abreu) e $11.128,46 \text{ kg ha}^{-1}$ (Goioxim), com média geral de $7.998,07 \text{ kg ha}^{-1}$. A partir dos índices ambientais (Ij) - que expressam a diferença entre a média do ambiente e a média geral - dois ambientes foram classificados como desfavoráveis (D), enquanto os outros três foram classificados como favoráveis (F).

Tabela 4. Qualidade dos ambientes de acordo com índices ambientais (Ij), quadrados médios dos genótipos das análises de variância individuais, rendimentos médios de grãos e coeficientes de variação ambiental (CV). Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Ambientes	Ij	Quadrado médio genótipos ($\times 10^5$)	Rendimento médio de grãos (kg ha^{-1})	CV (%)
1. Cândido de Abreu	D	27,01**	3579,69	27,19
2. Candói	F	18,59**	10170,06	8,93
3. Guarapuava	F	28,55**	9967,75	11,53
4. Goioxim	F	25,32**	11128,46	7,74
5. Prudentópolis	D	94,40**	5144,40	26,21

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

A Tabela 5 apresenta os rendimentos médios de grãos dos 35 genótipos nos cinco ambientes, comparadas pelo teste Tukey a 5%.

O coeficiente de variação ambiental (CV), que mede a precisão experimental média, foi de 13,45%, para análise de variância conjunta, o que indica precisão experimental satisfatória, de acordo com Scapim et al. (1995). Porém, ao se observar os ambientes separadamente, notam-se CV altos em Cândido de Abreu (26,21%) e Prudentópolis (27,19%). Tais localidades foram consideradas como ambientes desfavoráveis, devido ao baixo rendimento de grãos, causados pela estiagem em época de florescimento (Figura 2).

Durães et al. (2004) relatam que considerando estádios como emergência, o florescimento e a formação dos grãos, as maiores reduções de produtividade foram ocasionados pela ocorrência de déficit hídrico no período de quinze dias antes e quinze dias após o florescimento, sendo este considerado como o período crítico da cultura em relação à falta de água no solo.

Tabela 5. Rendimento de grãos em kg ha⁻¹, corrigido para 13% de umidade, de 35 híbridos de milho avaliados nos cinco locais da região centro-sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Híbrido	média geral	Cândido de Abreu	Candói	Guarapuava	Goioxim	Prudentópolis
Impacto	7705	3123 abc	9644 abc	9959 a	10934 abcd	4870 abcdefg
Fórmula	7405	3355 abc	10638 abc	9625 b	12429 ab	1049 g
Maximus	7903	3103 abc	9643 abc	11306 a	11307 abcd	4443 abcdefg
Penta	8122	5271 a	8602 bc	10554 a	11523 abcd	4682 abcdef
Syn3507	8103	3524 abc	11761 a	11027 a	12295 abc	1725 fg
Status	8437	2344 abc	11227 ab	10649 a	12268 abc	5632 abcdef
AS1579	8557	3699 abc	10696 abc	11291 a	11988 abc	5071 abcdefg
AS1565	8425	4760 ab	9978 abc	10353 a	10411 abcd	6402 abcde
AS1572	7902	3691 abc	10580 abc	10157 a	11289 abcd	4049 bcdefg
AS1551	8215	2851 abc	10446 abc	10659 a	11279 abcd	5560 abcdef
AS1550	7801	2760 abc	9787 abc	10636 a	10674 abcd	4998 abcdefg
SG6015	7792	3921 abc	9068 bc	9633 b	10246 abcd	6355 abcde
SG6010	7144	2571 abc	9651 abc	8709 b	9994 bcd	4419 bcdefg
2A120	7046	3231 abc	10351 abc	7896 b	10624 abcd	3199 cdefg
2B655	7862	2765 abc	11173 ab	10402 a	11147 abcd	5683 abcdef
2B587	7926	2346 abc	10211 abc	9958 a	11086 abcd	6442 abcde
2A106	6878	967 c	9468 abc	10285 a	11479 abcd	3785 cdefg
2B707	8622	5283 a	10158 abc	8538 b	11639 abcd	7462 abc
2B688	8365	3973 abc	9609 abc	10431 a	11545 abcd	6687 abcd
30F36	9137	4829 ab	11513 ab	11240 a	12845 a	6118 abcdef
30K64	9087	4854 ab	10375 abc	10967 a	11304 abcd	8696 a
30R50	8213	2790 abc	10738 abc	9618 b	11485 abcd	7101 abcd
30F53	7964	4197 abc	11020 abc	9226 b	11802 abc	5051 abcdefg
P2323	8029	4788 ab	10819 abc	11407 a	10588 abcd	3255 cdefg
30B39	8482	4032 abc	10867 abc	10071 a	11953 abc	5821 abcdef
AG8021	8721	4814 ab	10224 abc	9745 b	11605 abcd	7062 abcd
AG9040	7512	3721 abc	9408 abc	10851 a	10737 abcd	2959 defg
AG5055	7267	2624 abc	10468 abc	8119 b	9598 cd	6136 abcdef
AG6020	6635	3211 abc	8095 c	8331 b	8927 d	5105 abcdefg
AG7088	8584	3589 abc	10322 abc	10039 a	11132 abcd	8329 ab
AG8015	6330	3600 abc	9576 abc	8756 b	8829 d	2924 defg
DKB245	8165	3585 abc	10475 abc	11028 a	11919 abc	5311 abcdefg
DKB240	7028	4083 abc	9324 abc	9057 b	10198 abcd	3742 cdefg
DKB390	8318	3461 abc	10291 abc	9427 b	11858 abc	6295 abcde
DKB234	6111	1643 bc	9745 abc	8917 b	10555 abcd	2264 efg

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Bergamaschi et al. (2004) constataram que pode haver redução de produção mesmo em anos em que as condições climáticas sejam favoráveis, se tiver ocorrido déficit hídrico no período crítico. Os autores observaram redução de 25% e 50% da produtividade de quando o

déficit hídrico ocorreu na emissão dos estigmas e no florescimento, respectivamente.

Possivelmente, a falta de chuvas estimulou fatores que não sobressairiam sob condições normais de pluviosidade, como, por exemplo, irregularidades de solo que acarretaram na redução da precisão experimental.

Verificou-se que a razão entre o maior e o menor valor para os quadrados médios do erro foi de 2,45. Segundo Banzatto & Kronka (1995), uma razão menor que sete indica que há homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, o que possibilita a realização da análise conjunta dos locais, sem restrições.

Os resultados de análise de variância conjunta, referente ao rendimento de grãos, em kg ha^{-1} dos 35 híbridos de milho, comuns aos cinco locais, encontram-se na Tabela 6. Verificam-se variações significativas ($p < 0,01$) quanto a locais, genótipos ($p < 0,05$) e interações genótipos x locais ($p < 0,01$).

Tabela 6. Análise de variância conjunta referente ao caráter rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de 35 genótipos de milho, avaliados em 5 ambientes na região Centro-Sul do Estado do Paraná, na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Blocos/Locais	10	161.088.788,59	16.108.878,86		
Híbridos (G)	34	222.176.055,59	6.534.589,87	2,08*	<0,005
Ambientes (A)	4	4.836.514.033,56	1.209.128.508,39	75,06**	<0,001
G x A	136	427.933.867,86	3.146.572,56	2,72**	<0,001
Resíduo	340	393.467.105,74	1.157.256,19		
Total	524	6.041.179.851,34			
Média (kg ha^{-1})		7.998,07			
CV (%)		13,45			

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

No presente trabalho houve desempenho inconsistente dos híbridos frente às variações ambientais. Apesar do número reduzido de ambientes, e destes situarem-se relativamente próximos uns dos outros, houve interação entre genótipos e ambientes. Terasawa et al. (2008), avaliaram híbridos experimentais de milho em seis e cinco ambientes no estado do Paraná, por dois anos (2003 e 2004) e também constataram interação genótipos por ambientes.

Parte das variações nos resultados do presente trabalho ocorreu provavelmente em decorrência da distribuição desuniforme de chuvas durante o período de safra. Como pode ser observado na Figura 2 e na Tabela 1, apesar de Cândido de Abreu ter o volume de chuvas total semelhante aos outros locais, houve um período aproximado de 40 dias de estiagem, na fase de florescimento, o que pode justificar as baixas produtividades. Além disso, o clima do local, na classificação de Köppen é considerado como Cfa, enquanto os outros ambientes são Cfb e a altitude de 492m é bastante inferior às dos outros locais. Em Prudentópolis o total de chuvas também não foi inferior aos outros locais (Figura 2), mas a distribuição irregular, semelhante a Cândido de Abreu, também estimulou o aparecimento de irregularidades no experimento, aos 85 dias após a semeadura (Figuras 3 a 6), como rachaduras no solo e plantas com folhas enroladas e com o desenvolvimento comprometido, resultando em menor rendimento de grãos.

Matzenauer et al. (2002) determinaram o consumo de água pela cultura do milho para vários locais em diferentes anos, e destacaram a alta associação entre a disponibilidade hídrica e rendimento de grãos. A baixa disponibilidade de água no solo durante o pré-florescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas. Para Shussler & Westgate (1991) isto acontece devido ocorrer redução da capacidade de produção de fitomassa. Zinselmeier et al. (1995) acrescentam que a partir deste estágio até o início de enchimento de grãos, a cultura do milho é extremamente sensível ao déficit hídrico, devido aos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início de enchimento de grãos. Para estes autores a ocorrência de deficiência hídrica durante a antese e logo após a fertilização causa abortamento das flores, reduzindo a produção de grãos.

De acordo com Hawamaki & Santos (2003), quando é constatada a interação significativa entre genótipos de ciclo normal e os ambientes, deve-se minimizar os efeitos desta interação e ter maior previsibilidade de comportamento dos materiais. É necessário também, identificar os genótipos mais estáveis e/ou mais adaptados às condições específicas de ambiente.



Figura 3. Aspecto das plantas de milho sob estiagem em Prudentópolis.



Figura 4. Rachaduras no solo sob o efeito da estiagem no experimento em Prudentópolis.



Figura 5. Enrolamento das folhas em consequência da estiagem em Prudentópolis



Figura 6. Baixa estatura das plantas em fase de florescimento, em Prudentópolis.

5.1. Análises de adaptabilidade e estabilidade

5.1.1. Método de Annicchiarico (1992)

A análise baseada na metodologia de Annicchiarico (1992) foi utilizada buscando-se identificar os híbridos com desempenho mais estável nos cinco locais de avaliação. O método permite estimar o risco de adoção de determinado genótipo em relação à média dos demais (Oliveira et al., 2007).

A análise conjunta mostrou interação genótipos x ambientes significativa (Tabela 6), indicando que os híbridos apresentaram respostas diferentes nos ambientes avaliados. Os resultados mostrados na Tabela 7 reforçam a existência de interação genótipos x ambientes. A estimativa do índice de confiança de Annicchiarico (ω_i) para a produção foi inferior a 100% para 65,7% dos híbridos. Para os híbridos que apresentaram ω_i superior a 100% na média geral dos ambientes, nos ambientes desfavoráveis e favoráveis, o risco de adoção é mínimo, pois em todos os ambientes, apresentaram produção maior que a média.

A metodologia de Annicchiarico (1992) mostrou que os híbridos 30F36, 30K64, AG8021, 30B39, AG7088, AS1579 e DKB390 apresentaram-se mais adaptados e estáveis em todos os ambientes, respectivamente com 15,99%, 15,67%, 11,6%, 7,74%, 6,09%, 5,26% e 3,61% acima da média dos ambientes, mantendo suas produtividades e comportando-se de maneira previsível, mesmo em condições ambientais diferentes (Tabela 7 e Figura 7). Nos ambientes considerados desfavoráveis, além dos híbridos mencionados, os genótipos que apresentaram melhor desempenho foram 30K64 (47,13%), 2B707 (45,88%), AG8021 (37,91%), AS1565 (35,35%), 30F36 (24,18%), AG7088 (18,64%), 2B688 (18,53%), 30B39 (12,08%), Penta (8,44%) e DKB390 (5,48%), conforme se pode observar na Figura 8. Nos ambientes favoráveis, os melhores comportamentos foram dos híbridos Syn3507 (13,41%), 30F36 (12,25%), Status (10,81%), AS1579 (8,78%) e 30B39 (5,78%), entre outros nove que também apresentaram índices de recomendação acima de 100% (Figura 9).

Tabela 7. Estimativa do índice de confiança de Annicchiarico (ω_i), em porcentagem, de 35 híbridos de milho, em 5 ambientes na região Centro-Sul do Paraná, para rendimento de grãos (kg ha^{-1}), em todos os ambientes, ambientes desfavoráveis e ambientes favoráveis, na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Tratamento (nº genótipo)	Híbrido	Média geral (kg ha^{-1})	ω_i		
			Geral	Desfavorável	Favorável
20	30F36	9136,62	115,99	124,18	112,25
21	30K64	9087,34	115,67	147,13	102,96
26	AG8021	8721,18	111,60	137,91	102,07
18	2B707	8622,49	110,56	145,88	96,74
8	AS1565	8424,75	108,00	130,35	98,23
25	30B39	8481,93	107,74	112,08	105,78
30	AG7088	8584,44	106,09	118,64	101,29
19	2B688	8365,59	105,75	118,53	99,55
7	AS1579	8556,92	105,26	100,88	108,78
34	DKB 390	8318,22	103,61	105,48	102,80
32	DKB245	8165,19	101,89	99,26	104,07
4	Penta	8121,89	101,00	108,44	96,23
12	SG6015	7792,07	99,20	113,30	92,64
23	30F53	7964,09	98,85	102,87	95,55
10	AS1551	8215,52	98,66	90,81	103,98
22	30R50	8213,42	98,19	97,84	99,10
24	P2323	8029,35	96,71	89,52	101,80
6	Status	8436,99	96,67	79,97	110,81
1	Impacto	7704,97	94,63	90,35	98,08
9	AS1572	7902,46	94,53	83,24	103,53
15	2B655	7862,42	94,06	86,45	99,07
27	AG9040	7512,3	93,90	92,36	94,89
11	AS1550	7800,69	93,25	84,90	99,03
3	Maximus	7902,68	92,89	82,83	101,92
16	2B587	7925,82	92,87	85,86	99,39
28	AG5055	7266,70	87,28	89,50	85,21
5	Syn3507	8103,25	86,89	56,49	113,41
33	DKB240	7027,96	86,69	86,67	86,95
13	SG6010	7143,71	86,15	79,04	91,71
29	AG6020	6635,01	84,33	93,76	80,41
14	2A120	7046,28	82,33	70,19	91,21
2	Fórmula	7405,55	76,10	99,39	104,82
31	AG8015	6330,21	75,58	69,72	78,79
17	2A106	6877,64	69,81	42,04	94,13
35	DKB234	6110,97	61,94	40,87	83,11

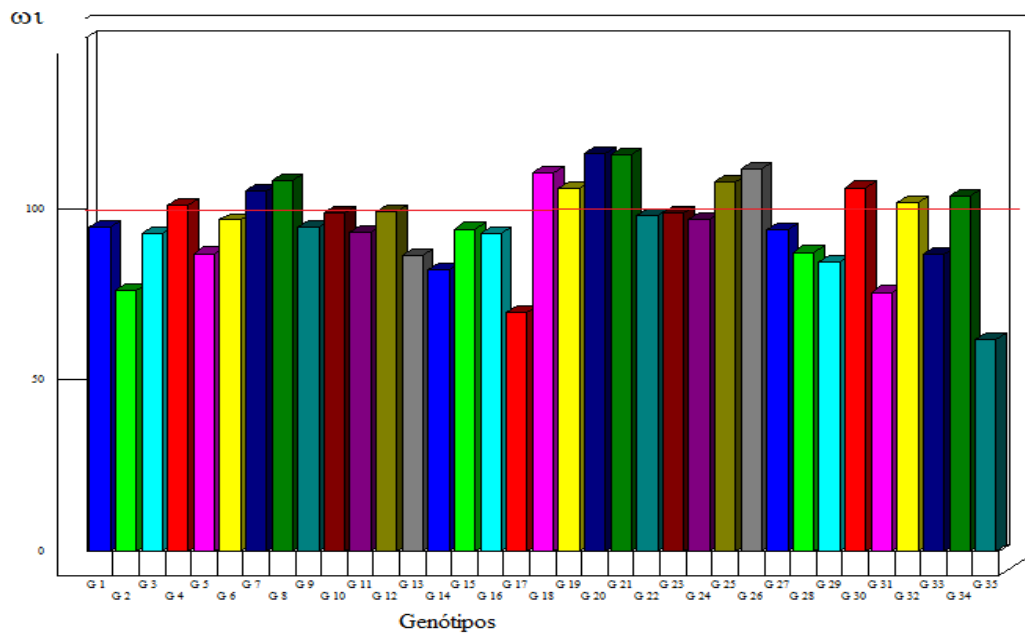


Figura 7 – Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos em todos os ambientes

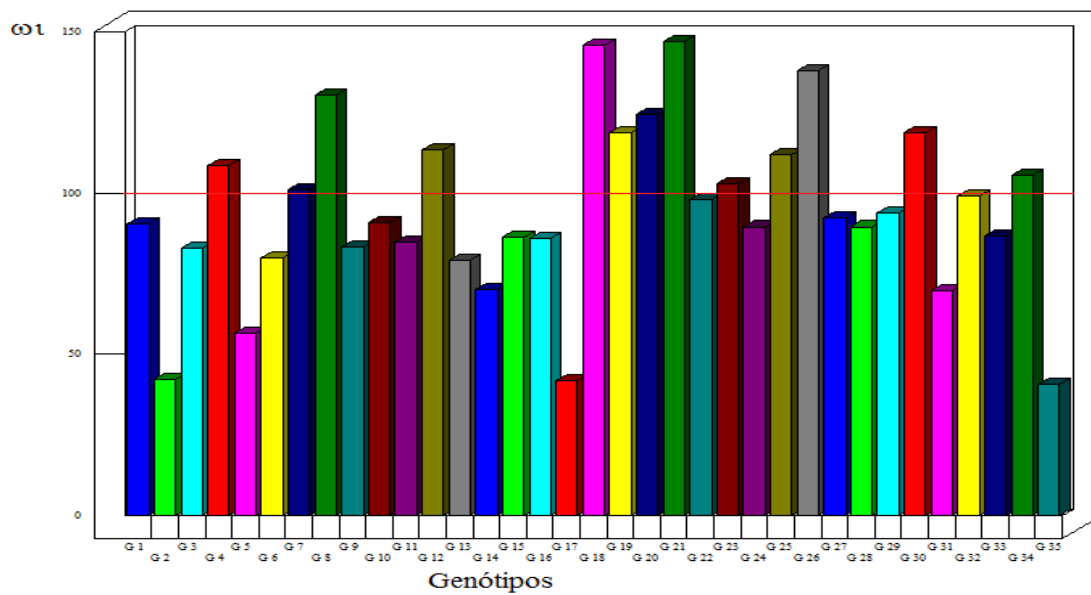


Figura 8 – Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos nos ambientes desfavoráveis

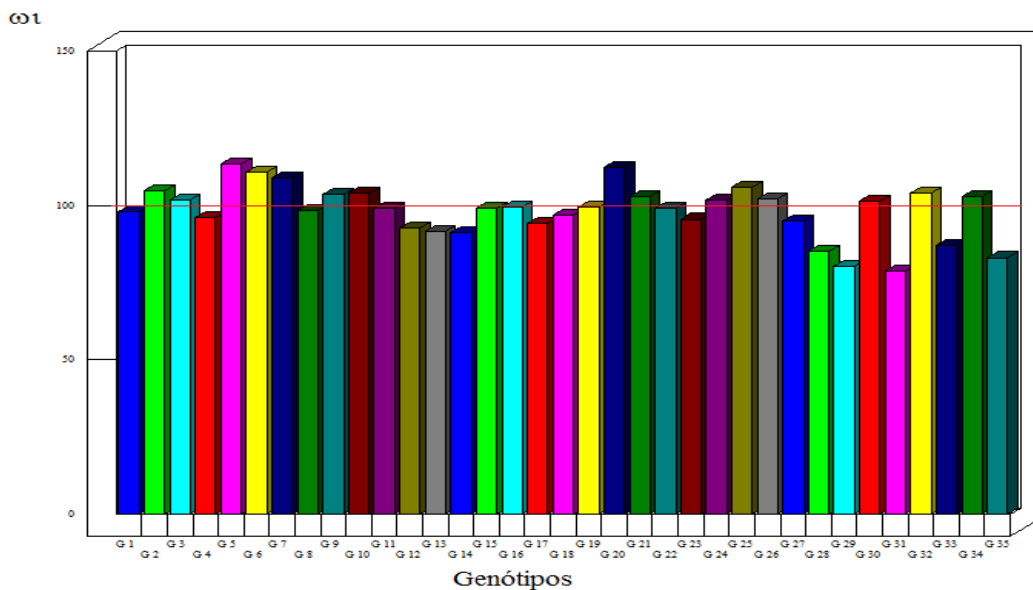


Figura 9 – Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para rendimento de grãos nos ambientes favoráveis

5.1.2. Método de Eberhart & Russell (1966)

Diversos trabalhos relatam a utilização do método proposto por Eberhart & Russell (1966) para avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos de milho: Costa et al. (1999) no Estado do Acre, Vendruscolo et al. (2001) na região centro-sul do Brasil, Nunes et al. (2002) na Zona da Mata de Minas Gerais e Pitombera et al. (2001) no Ceará, entre outros.

Candói, Goioxim e Guarapuava foram caracterizados como ambientes favoráveis. Os ambientes Cândido de Abreu e Prudentópolis foram considerados como desfavoráveis por propiciarem índices ambientais negativos (Tabela 4).

A caracterização dos 35 híbridos quanto aos padrões relativos de adaptabilidade e estabilidade, segundo o método proposto por Eberhart & Russell (1966), encontra-se na Tabela 8.

O genótipo ideal teria bom rendimento de grãos (β_0 alto), ampla adaptabilidade ($\beta_1=1$) e estabilidade alta ($\sigma^2_{di}=0$). Dentre os híbridos avaliados, o que melhor se enquadra nestes parâmetros é o 30F36. Entretanto, AS1579, AS1551, 2B688, 30B39, DKB245 e DKB390 apresentaram rendimento de grãos acima da média geral, $\beta_1=1$ e $\sigma^2_{di}=0$, sendo de ampla adaptabilidade e estabilidade (Figura 10).

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de 35 híbridos de milho obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966). Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Trat.	Híbrido	Rendimento Médio	Coefficiente de Regressão (β_{1i})	Desvio de Regressão (σ^2_{di})	R ²
1	Impacto	7.704,97	1,035 ^{ns}	-169.659,53 ^{ns}	98,66
2	Fórmula	7.405,55	1,398**	3.373.668,61**	88,52
3	MaximuS	7.902,68	1,154 ^{ns}	949.800,70*	93,66
4	Penta	8.121,89	0,847 ^{ns}	1.574.911,39**	84,45
5	Syn 3507	8.103,25	1,419**	2.567.930,45**	91,01
6	Status	8.436,99	1,263**	-57.379,43 ^{ns}	98,63
7	AS1579	8.556,92	1,140 ^{ns}	76.487,85 ^{ns}	97,66
8	AS1565	8.424,75	0,760**	-40.168,75 ^{ns}	96,12
9	AS1572	7.902,46	1,124 ^{ns}	251.849,13 ^{ns}	96,71
10	AS1551	8.215,52	1,092 ^{ns}	153.666,10 ^{ns}	97,04
11	AS1550	7.800,69	1,065 ^{ns}	348.736,37 ^{ns}	95,81
12	SG6015	7.792,07	0,791*	-28.724,25 ^{ns}	96,29
13	SG6010	7.143,71	0,982 ^{ns}	-262.002,20 ^{ns}	99,14
14	2A120	7.046,28	1,073 ^{ns}	647.893,12*	94,29
15	2B655	7.862,42	1,093 ^{ns}	143.912,42 ^{ns}	97,09
16	2B587	7.925,81	1,018 ^{ns}	846.630,94*	92,57
17	2A106	6.877,64	1,290**	-150.773,49 ^{ns}	99,06
18	2B707	8.622,49	0,697**	402.236,56 ^{ns}	90,14
19	2B688	8.365,59	0,875 ^{ns}	189.273,11 ^{ns}	95,18
20	30F36	9.136,62	1,041 ^{ns}	-280.436,02 ^{ns}	99,35
21	30K64	9.087,34	0,705**	877.487,95*	85,37
22	30R50	8.213,42	0,980 ^{ns}	1.301.746,07**	89,41
23	30F53	7.964,09	0,987 ^{ns}	965.628,16*	91,44
24	P2323	8.029,35	1,002 ^{ns}	1.513.586,69**	88,68
25	30B39	8.481,93	1,025 ^{ns}	-361.966,32 ^{ns}	99,85
26	AG8021	8.721,18	0,792*	-68.112,24 ^{ns}	96,69
27	AG9040	7.512,30	0,949 ^{ns}	-218.952,02 ^{ns}	98,77
28	AG5055	7.266,70	0,844 ^{ns}	1.737.407,56**	83,25
29	AG6020	6.635,01	0,708**	-272.886,04 ^{ns}	98,50
30	AG7088	8.584,44	0,836 ^{ns}	1.296.335,27**	86,04
31	AG8015	6.330,21	0,844 ^{ns}	1.204.324,49**	86,92
32	DKB245	8.165,19	1,086 ^{ns}	-342.986,36 ^{ns}	99,76
33	DKB240	7.027,96	0,858 ^{ns}	300.190,36 ^{ns}	94,09
34	DKB390	8.318,22	1,006 ^{ns}	-72.200,42 ^{ns}	97,95
35	DKB234	6.110,97	1,219*	1.000.843,53*	94,08

ns - não significativo, * significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, **significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

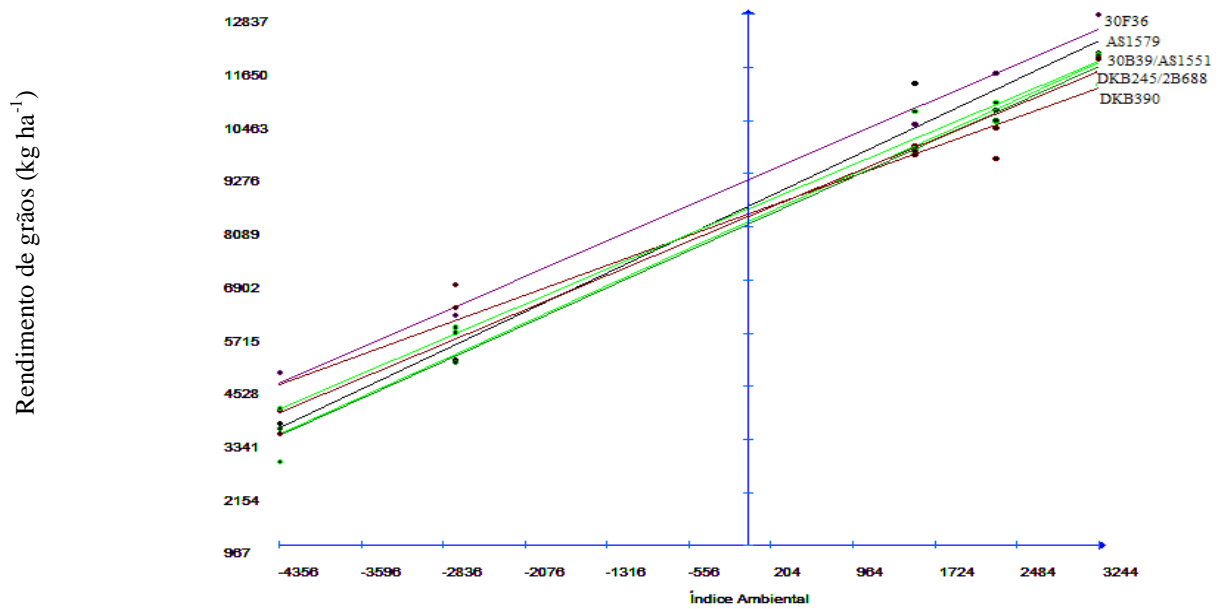


Figura 10 – Híbridos que apresentaram rendimento de grãos acima da média geral, $\beta_1=1$ e $\sigma^2_{di}=0$ pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

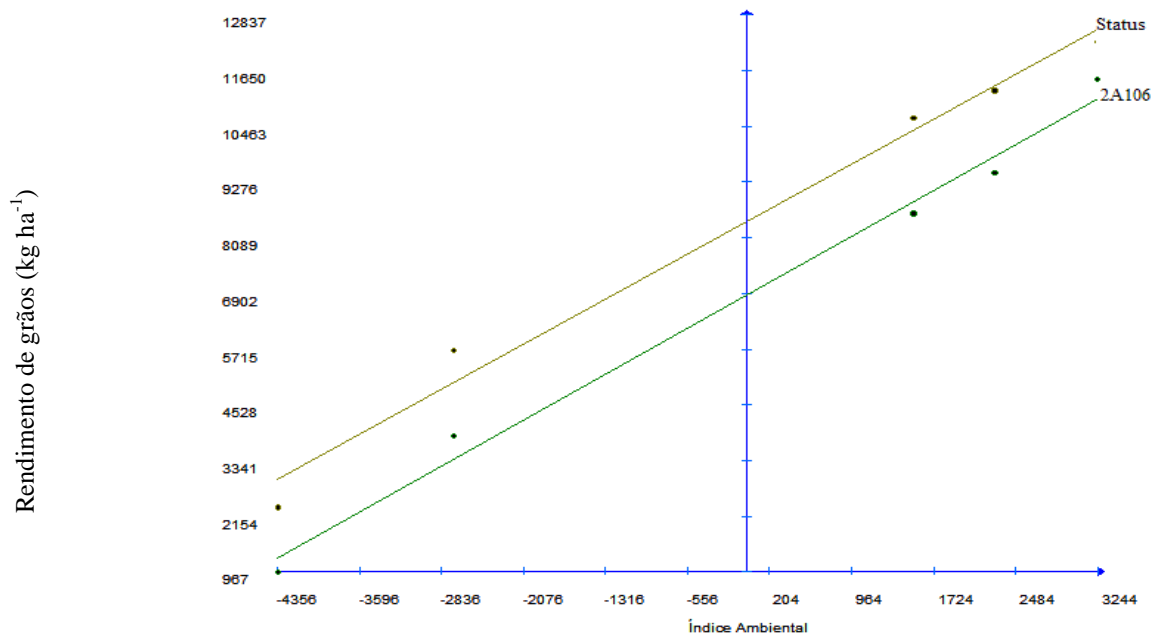


Figura 11 – Híbridos adaptados a ambientes favoráveis pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Os genótipos Status e 2A106 apresentaram adaptabilidade a ambientes favoráveis com boa previsibilidade (Figura 11) e AS1565, SG6015, 2B707 e AG8021 são considerados de adaptabilidade a ambientes desfavoráveis com alta estabilidade (Figura 12).

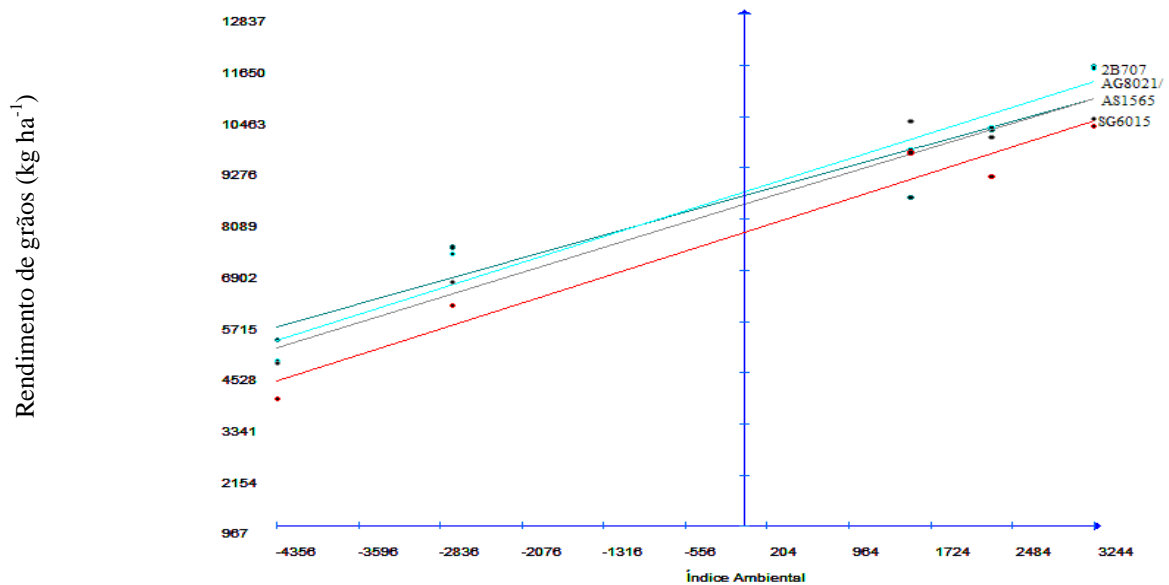


Figura 12 – Híbridos adaptados a ambientes desfavoráveis pela metodologia de Eberhart & Russell. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Observa-se ainda, que a maioria dos híbridos que apresentaram adaptabilidade e estabilidade amplas não foram os mais produtivos, o que pode implicar que se as condições ambientais forem conhecidas e previsíveis, é economicamente mais interessante a recomendação de híbridos que sejam mais específicos para o ambiente e resultem em maior rendimento de grãos.

5.1.3. Método de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998)

Na Tabela 9 são apresentadas as estimativas de P_i , que é o desvio da cultivar i em relação à que apresenta desempenho máximo em cada local, nos âmbitos geral, favorável e desfavorável.

Tabela 9. Estimativas dos parâmetros de estabilidade segundo o método proposto por Lin & Binns (1988) para rendimento de grãos (kg ha⁻¹) para 35 híbridos em 5 ambientes da região Centro-Sul do Paraná na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

T	Híbrido	Rendimento Médio	Pi Geral	C*	Pi Favorável	C*	Pi Desfavorável	C*
20	30F36	9136,62	13167,45	1	11494,09	2	15677,47	6
21	30K64	9087,34	14152,58	2	16681,12	12	10359,77	1
26	AG8021	8721,18	15536,69	3	17255,88	14	12957,98	3
18	2B707	8622,49	16226,92	4	19510,82	24	11301,05	2
25	30B39	8481,93	16749,42	5	15096,80	6	19228,35	10
7	AS1579	8556,92	16756,96	6	13107,00	4	22231,89	14
30	AG7088	8584,44	16870,84	7	17870,82	15	15370,87	5
8	AS1565	8424,75	17411,68	8	19290,03	22	14594,16	4
19	2B688	8365,59	17637,87	9	18295,65	18	16651,20	7
6	Status	8436,99	17774,33	10	12534,92	3	25633,45	26
34	DKB390	8318,22	17839,68	11	16621,75	11	19666,57	11
32	DKB245	8165,19	18696,86	12	15974,83	8	22779,89	16
10	AS1551	8215,52	18804,67	13	15894,39	7	23170,08	18
22	30R50	8213,42	18920,29	14	18210,37	17	19985,17	12
4	Penta	8121,89	19360,22	15	19680,36	25	18880,20	9
23	30F53	7964,09	19992,89	16	19240,25	21	21121,85	13
24	P2323	8029,35	20008,61	17	17163,79	13	24275,84	20
9	AS1572	7902,46	20594,73	18	16426,11	9	26847,67	27
16	2B587	7925,81	20673,74	19	19109,82	20	23019,63	17
15	2B655	7862,42	20813,73	20	18141,53	16	24822,02	22
5	Syn3507	8103,25	20888,83	21	11115,54	1	35548,76	32
3	Maximus	7902,68	21029,88	22	16602,30	10	27671,24	29
12	SG6015	7792,07	21226,51	23	22973,14	29	18606,57	8
11	AS1550	7800,69	21426,31	24	18642,21	19	25602,46	25
1	Impacto	7704,97	21715,23	25	19448,71	23	25115,02	23
27	AG9040	7512,30	22793,06	26	21773,26	27	24332,76	21
28	AG5055	7266,70	25200,82	27	26905,96	32	22643,11	15
2	Fórmula	7405,55	25352,62	28	15005,06	5	40873,97	34
13	SG6010	7143,71	25476,44	29	24110,08	30	27525,97	28
33	DKB240	7027,96	26167,82	30	26603,02	31	25115,02	23
14	2A120	7046,28	26255,95	31	22958,93	28	31201,47	31
17	2A106	6877,64	27959,64	32	21306,63	26	37939,16	33
29	AG6020	6635,01	29343,82	33	32986,76	35	23879,41	19
31	AG8015	6330,21	31753,36	34	32235,53	34	31030,09	30
35	DKB234	6110,97	33764,44	35	27687,62	33	42879,67	35

C*=classificação

Apesar de não ter havido um híbrido que pudesse ser considerado como o mais estável em todos os ambientes, o 30F36 mostrou-se em classificação mais vantajosa, sendo o 1º na média geral dos ambientes, o 2º nos ambientes favoráveis e o 6º nos desfavoráveis (Tabela 9). Destaca-se ainda, o 30B39, que se manteve com estimativas Pi entre as dez menores, podendo

ser considerado um híbrido de baixo risco, já que baixas estimativas P_i indicam ampla adaptação a ambientes diversos.

Os híbridos 30K64, AG8021 e 2B707 classificaram-se como os mais estáveis em ambientes desfavoráveis, por obterem estimativas de P_i mais baixas nestes ambientes. Os híbridos AG7088, AS1565 e 2B688 também se encaixam nessa classificação.

Nos ambientes desfavoráveis, os híbridos 30K64, 2B707, AG8021, AS1565, AG7088 e 30F36 foram considerados mais estáveis.

Cabe destacar os híbridos DKB234 e AG8015 como os de maiores estimativas P_i em todos os ambientes, configurando genótipos de baixa estabilidade.

Os híbridos simples 30F36 e 30K64 apresentaram as estimativas P_i mais baixas e maior previsibilidade nos ambientes avaliados, indicando baixo risco de perda, caso sejam escolhidos.

5.1.4. Método centroide proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, pode-se verificar que os ambientes Cândido de Abreu e Prudentópolis foram desfavoráveis, ante os baixos rendimentos de grãos alcançados, apresentando índice ambiental negativo.

Tabela 10. Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental na avaliação de 35 genótipos de milho em 5 locais, na região Centro-Sul do Paraná, na safra 2008/2009. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Local	Média	I_j	Máximo	Mínimo
1 - Cândido de Abreu	3524,54	-4355,26	5283,10	967,49
2 - Candói	10170,06	2290,16	11760,64	8095,35
3 - Guarapuava	9418,32	1538,42	11306,63	6633,57
4 - Goioxim	11123,86	3243,95	12836,56	8826,26
5 - Prudentópolis	5162,64	-2717,26	8695,94	983,04

A maioria dos híbridos (71,4%) apresentou média adaptabilidade geral, sendo que os híbridos que obtiveram as maiores probabilidades de pertencer ao ideótipo V, foram: Impacto (46,73%), DKB245 (43,41%) e AG9040 (42,88%) (Tabela 11).

Tabela 11. Rendimento médio de grãos (kg ha⁻¹) e classificação dos genótipos em um dos ideótipos caracterizados pelos centroides e a probabilidade associada a sua classificação dos 35 genótipos de milho, na região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Trat.	Híbridos	Média (kg ha ⁻¹)	Classe	Probabilidade						
				I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Impacto	7.704,97	V	0,0799	0,0793	0,0708	0,0704	0,4673	0,1354	0,0968
2	Fórmula	7.405,55	II	0,0952	0,2477	0,0817	0,1339	0,1772	0,1676	0,0968
3	Maximus	7.902,68	V	0,1063	0,1302	0,0808	0,0899	0,2681	0,2130	0,1116
4	Penta	8.121,89	V	0,1264	0,1015	0,1079	0,0911	0,2516	0,1712	0,1503
5	Syn3507	8.103,25	II	0,1001	0,2516	0,0726	0,0974	0,1707	0,2131	0,0944
6	Status	8.436,99	VI	0,1196	0,1030	0,0694	0,0657	0,218	0,3131	0,1113
7	AS1579	8.556,92	VI	0,1139	0,0919	0,0644	0,0595	0,2212	0,3431	0,1060
8	AS1565	8.424,75	V	0,1422	0,0724	0,1096	0,0667	0,2407	0,1469	0,2215
9	AS1572	7.902,46	V	0,0943	0,1170	0,0742	0,0838	0,3287	0,2002	0,1017
10	AS1551	8.215,52	V	0,1157	0,0886	0,0773	0,0674	0,3121	0,2128	0,1261
11	AS1550	7.800,69	V	0,1013	0,0985	0,0835	0,0819	0,3445	0,1727	0,1176
12	SG6015	7.792,07	V	0,1090	0,0765	0,1210	0,0803	0,3147	0,1303	0,1681
13	SG6010	7.143,71	V	0,0913	0,0980	0,1067	0,1178	0,3360	0,1311	0,1191
14	2A120	7.046,28	V	0,0938	0,1293	0,1024	0,1551	0,2634	0,1442	0,1119
15	2B655	7.862,42	V	0,0995	0,0906	0,0844	0,0787	0,3651	0,1626	0,1190
16	2B587	7.925,81	V	0,1206	0,0857	0,1047	0,0794	0,2942	0,1562	0,1593
17	2A106	6.877,64	V	0,0964	0,1516	0,0978	0,1573	0,2349	0,1521	0,1101
18	2B707	8.622,49	V	0,1437	0,0610	0,1232	0,0591	0,1702	0,1166	0,3262
19	2B688	8.365,59	V	0,1379	0,0711	0,1003	0,0639	0,2678	0,1523	0,2067
20	30F36	9.136,62	VI	0,1861	0,0798	0,0743	0,0569	0,1801	0,2762	0,1465
21	30K64	9.087,34	VII	0,1764	0,0469	0,0852	0,0423	0,1086	0,0945	0,4462
22	30R50	8.213,42	V	0,1395	0,0811	0,1116	0,0744	0,2451	0,1562	0,1922
23	30F53	7.964,09	V	0,1125	0,0959	0,1032	0,0900	0,2981	0,1614	0,1389
24	P2323	8.029,35	V	0,1113	0,1215	0,0899	0,0950	0,2669	0,1944	0,1210
25	30B39	8.481,93	V	0,1199	0,0753	0,0731	0,0583	0,3256	0,2160	0,1318
26	AG8021	8.721,18	VII	0,1620	0,0613	0,0980	0,0549	0,1888	0,1348	0,3001
27	AG9040	7.512,30	V	0,0829	0,0836	0,0856	0,0864	0,4288	0,1267	0,1061
28	AG5055	7.266,70	V	0,1109	0,0914	0,1625	0,1144	0,2322	0,1279	0,1607
29	AG6020	6.635,01	V	0,0988	0,0944	0,1762	0,1544	0,2183	0,1172	0,1406
30	AG7088	8.584,44	VII	0,1637	0,0660	0,1095	0,0602	0,1797	0,1334	0,2875
31	AG8015	6.330,21	IV	0,0928	0,1141	0,1312	0,2306	0,1942	0,1203	0,1167
32	DKB245	8.165,19	V	0,0882	0,0757	0,0628	0,0578	0,4341	0,1833	0,0981
33	DKB240	7.027,96	V	0,0966	0,1047	0,1262	0,1462	0,2690	0,1307	0,1265
34	DKB390	8.318,22	V	0,1209	0,0734	0,0818	0,0612	0,3375	0,1757	0,1495
35	DKB234	6.110,97	IV	0,0836	0,1385	0,0987	0,2955	0,1688	0,1181	0,0968

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

Nenhum híbrido apresentou a maior probabilidade de pertencer ao ideótipo I, bem como ao ideótipo III, ou seja, nenhum deles pode ser considerado de máxima adaptabilidade geral, e nem de máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, respectivamente.

Apenas os híbridos Fórmula e Syn3507 pertencem ao ideótipo II, com máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis.

Os híbridos AG8015 e DKB234 apresentaram 23,06% e 29,55% de probabilidade de pertencerem ao ideótipo IV, ou seja, mínima adaptabilidade. Possivelmente isso justifique as baixas médias de ambos (Tabela 11).

No ideótipo VI, que caracteriza média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, encontram-se os híbridos Status, AS1579 e 30F36.

Os híbridos 30K64, AG8021 e AG7088 apresentaram maior probabilidade de pertencerem ao ideótipo VII, que configura média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Cabe destacar que 30K64 obteve a melhor média em Prudentópolis e Cândido de Abreu, ambos classificados como ambientes desfavoráveis, e nos ambientes favoráveis o apresentou desempenho acima da média geral.

Os genótipos mais próximos à ponta da seta são mais produtivos (30F36) e os mais próximos à base da seta, menos produtivos (DKB234, AG8015 e AG6020). Além disso, na medida em que os genótipos se afastam do segmento de reta, para cima ou para baixo, eles podem ser classificados como adaptáveis a ambientes desfavoráveis (30K64) e favoráveis, respectivamente (Nascimento et al., 2009).

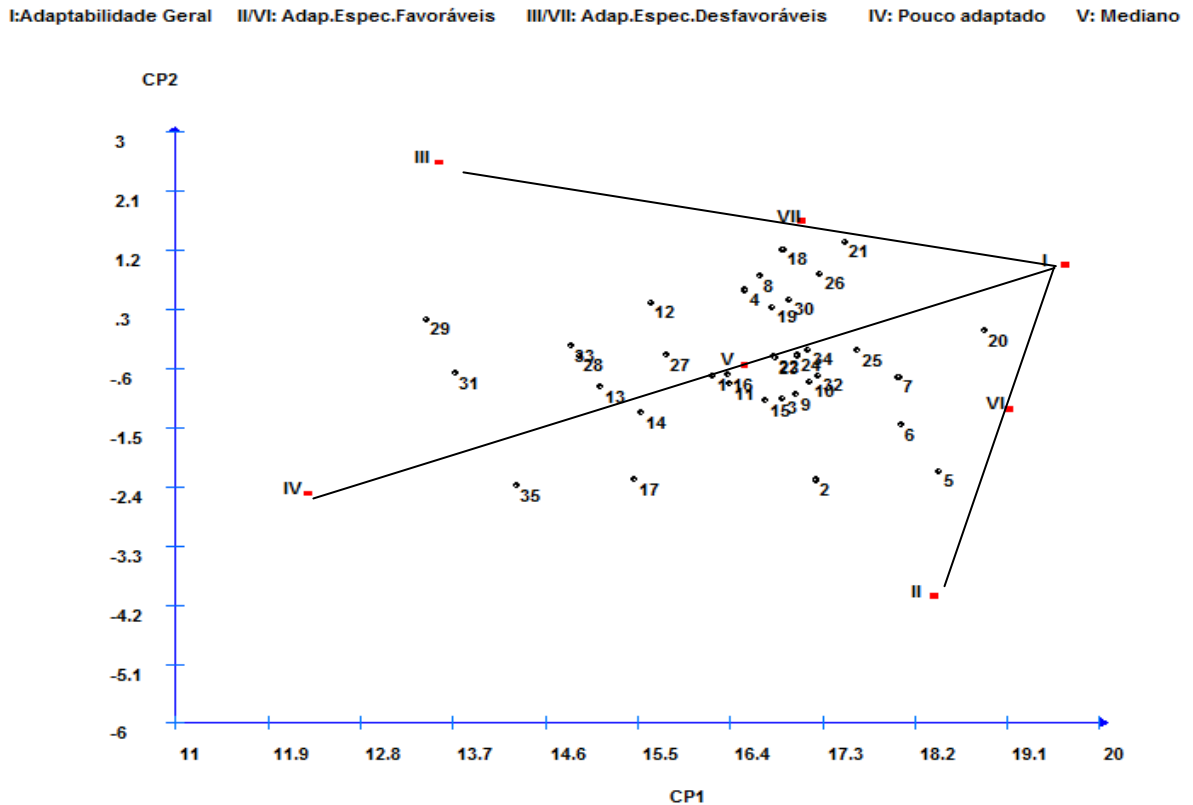


Figura 13. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) obtidos da análise da produtividade de 35 genótipos de milho avaliados em cinco ambientes na região centro-sul do Paraná. Os sete pontos vermelhos numerados com algarismos romanos representam os centroides. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Genótipos 1- Impacto; 2 - Maximus; 3 - Fórmula; 4 - Penta; 5 - Syn 3507; 6 - Status; 7 - AS1579; 8 - AS1565; 9 - AS1572; 10 - AS1551; 11 - AS1550; 12 - SG6015; 13 - SG6010; 14 - 2A120; 15 - 2B655; 16 - 2B587; 17 - 2A106; 18 - 2B707; 19 - 2B688; 20 - 30F36; 21 - 30K64; 22 - 30R50; 23 - 30F53; 24 - P2323; 25 - 30B39; 26 - AG8021; 27 - AG9040; 28 - AG5055; 29 - AG6020; 30 - AG7088; 31 - AG8015; 32 - DKB245; 33 - DKB240; 34 - DKB390; 35 - DKB234.

5.1.5. Análise AMMI

Silva et al. (2002) utilizaram-se da análise AMMI para avaliar a estabilidade e adaptabilidade de híbridos duplos experimentais de milho em três ambientes, e consideraram o método eficiente quando se tem restrição de ambientes para inferir sobre o contraste dos mesmos.

A Figura 14 mostra o gráfico biplot da análise AMMI dos 35 genótipos de híbrido simples de milho em 5 ambientes da região Centro-Sul do Paraná, no ano agrícola 2008/2009. O gráfico é relevante, porque os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicam 86% da variabilidade total dos dados. De acordo com Pereira et al. (2009b) os primeiros componentes principais devem explicar acima de 70% da soma dos quadrados da interação, para serem considerados satisfatórios.

Na análise AMMI, quando o vetor que representa o genótipo no plano cartesiano está próximo à posição de um dado ambiente, indica que o genótipo se sobressaiu nesse ambiente; essa característica pode ser notada nos genótipos Syn 3507 (5) e DKB 234 (35) no ambiente Guarapuava (3) e do híbrido 2A106 nos ambientes Cândói (2) e Goioxim (4).

Conforme já observado em todas as outras metodologias, os ambientes Cândido de Abreu (1) e Prudentópolis (5) foram considerados desfavoráveis, e provavelmente por causa disso, nenhum genótipo está posicionado próximo aos vetores destes ambientes, ou seja, nenhum genótipo sobressaiu-se neles.

Os genótipos que se encontram mais distantes da origem do gráfico contribuíram mais para aumentar a interação genótipos x ambientes, tais como Fórmula (2), Penta (4), Syn3507(5), Status(6), 2B587(16), 2A106(17), 2B707(18), 30K64(21), 30R50(22) e AG7088(30).

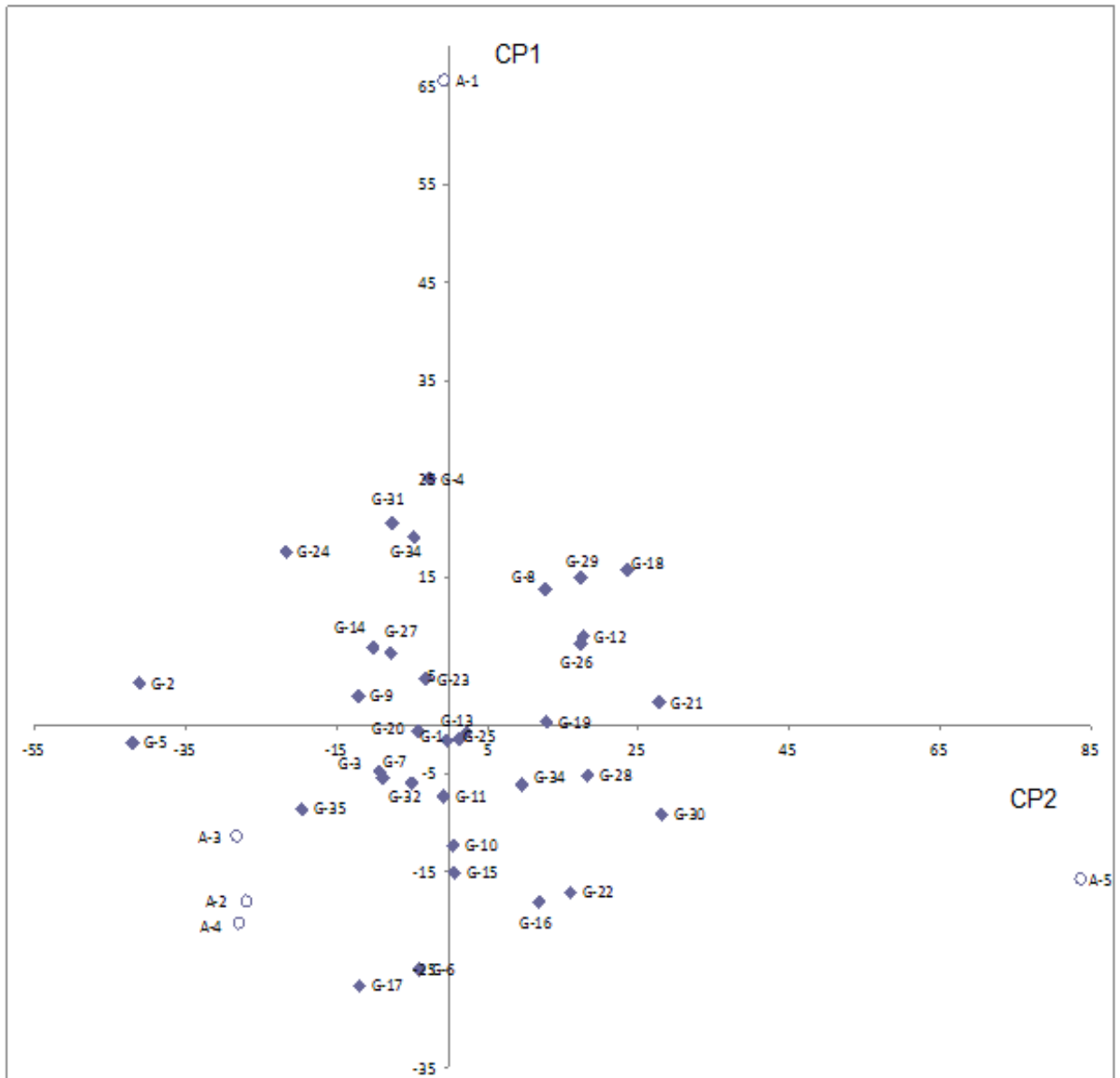


Figura 14. Biplot AMMI para dados de rendimento de grãos de 35 genótipos em 5 ambientes na região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2010. Genótipos: Impacto (1), Maximus (2), Fórmula (3), Penta (4), Syn 3507 (5), Status (6), AS1579 (7), AS1565 (8), AS1572 (9), AS1551 (10), AS1550 (11), SG6015 (12), SG6010 (13), 2A120 (14), 2B655 (15), 2B587 (16), 2A106 (17), 2B707(18), 2B688(19), 30F36(20), 30K64(21), 30R50(22), 30F53(23), P2323(24), 30B39 (25), AG8021 (26), AG9040 (27), AG5055 (28), AG6020 (29), AG7088 (30), AG8015 (31), DKB245 32), DKB240 (33), DKB390 (34), DKB234 (35). Ambientes: Cândido de Abreu (1), Cândói (2), Guarapuava (3), Goioxim (4) e Prudentópolis (5)

5.2. Correlações entre as metodologias avaliadas

A adoção de novas cultivares depende de vários aspectos. Algumas características dos híbridos assumem maior importância nesse contexto, como o rendimento de grãos. Assim, é interessante identificar os genótipos estáveis e adaptados entre os mais produtivos (Pereira et al., 2009b).

Na Tabela 12 estão os valores das correlações de Spearman na comparação dos métodos avaliados.

Tabela 12– Estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman, aplicado às ordens de adaptabilidade e estabilidade de cada par de métodos. Guarapuava: UNICENTRO, 2010.

Método ⁽¹⁾	E&R	L&B	Centroide	AMMI	Média
Annicchiarico	0,48*	0,95*	0,77*	0,43*	0,95*
E&R		0,35*	0,31*	0,57*	0,35*
L&B			0,82*	0,34*	0,99*
Centroide				0,54*	0,82*
AMMI					0,34*

⁽¹⁾ Annicchiarico (1992); E&R: Eberhart & Russell (1966); L&B: Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998); Centroide proposto por Rocha et al. (2005) modificado por Nascimento et al. (2009); AMMI; Média: médias de cada genótipo, nos 5 ambientes. * Significativo a 5% de probabilidade.

Como os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade em cada método são diferentes, os métodos identificaram diferentes genótipos como os mais estáveis. Da mesma forma que em Pereira et al. (2009a), os métodos de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) apresentaram alta correlação entre si (Tabela 12). Os métodos proporcionam resultados similares, a julgar pelo fato de que os 4 genótipos mais estáveis e adaptados identificados por cada método foram os mesmos (30F36, 30K64, AG8021, 2B707 e AS1565), considerando todos os ambientes.

De acordo com Silva Filho et al. (2008), a similaridade entre os métodos Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) é esperada, pois ambos têm a finalidade de medir a superioridade dos genótipos. A primeira toma como referência o desempenho dos melhores genótipos em cada ambiente e a segunda, a média de cada um dos

ambientes. Por este motivo, a alta correlação entre as metodologias de Annicchiarico (1992) e Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) com as médias de cada genótipo nos cinco ambientes.

Silva & Duarte (2006), ao estudarem genótipos de soja, não recomendaram o uso concomitante dos métodos de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992) por apresentarem forte correlação entre si. No presente trabalho, tal correlação também pode ser observada na Tabela 12 ($r_s=0,95$).

Para Scapim et al. (2000), avaliando genótipos de milho, bem como para Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009b) estudando feijoeiro e Silva & Duarte (2006) avaliando genótipos de soja, a correlação entre Eberhart & Russell (1966) e Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) foi baixa. No presente trabalho, além de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), também a metodologia de Annicchiarico (1992) apresentou baixa correlação com Eberhart & Russell (1966). Dessa forma, pode-se inferir que a utilização de um desses métodos não-paramétricos em conjunto com Eberhart & Russell podem fornecer informações complementares sobre estabilidade fenotípica.

Os métodos de Annicchiarico (1992), Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e centroide modificado por Nascimento et al. (2009) apresentaram correlações significativas, porém baixas, com a análise AMMI, como pode ser observado na Tabela 12, indicando baixo grau de semelhança nas informações obtidas. Melo et al. (2008) e Pereira et al. (2009a) também observaram baixa associação entre esses métodos. Melo et al. (2007) encontraram baixa correlação entre as metodologias de Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado e AMMI, considerando então, que fornecem informações complementares. Assim, a utilização simultânea desses três métodos gera estimativas com abordagens diferenciadas. Silva Filho et. al. (2008) sugerem que os métodos podem ser utilizados em conjunto em algumas situações. Os métodos que utilizam a regressão são de interpretação mais difícil e possuem algumas restrições, como número de ambientes atrelado à precisão (Crossa, 1990).

Silva & Duarte (2006) ao encontrarem correlação significativa, porém de baixa magnitude das metodologias de Eberhart & Russell (1966) e AMMI inferiram que esses métodos, de certa forma, se complementam, visto que o método de Eberhart & Russell (1966) em detrimento da análise AMMI, informa sobre a responsividade de cada genótipo ante a melhoria ambiental. Por sua vez, a análise AMMI produz uma contribuição genotípica para a

interação G x A livre de ruídos, que o método de Eberhart & Russell (1966) não descarta. Essa correlação não considera, na análise de Eberhart & Russell (1966), o parâmetro média dos genótipos, embora seja considerado na análise para fins de seleção.

No presente trabalho observa-se alta correlação entre o método do centroide modificado por Nascimento et al. (2009) e as metodologias de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico(1992) e baixa correlação com Eberhart & Russell (1966). Rocha et al. (2005) afirmam que de Lin & Binns (1988) e centroide apresentam filosofia semelhante para estudo da interação G x A, porque os dois métodos comparam as diferenças entre o comportamento dos genótipos nos diversos ambientes com ideótipos de resposta desejada, sendo que no método de Lin & Binns (1998) é calculado o quadrado da diferença entre os genótipos avaliados e o ideótipo de máxima resposta nos ambientes favoráveis ou desfavoráveis ponderada por duas vezes o número de ambientes. No método centróide são considerados os valores lineares de distância na dispersão de componentes principais entre genótipos/ideótipos. Essa semelhança faz com que valores da correlação de alta magnitude como os observados entre o ordenamento dado por Lin & Binns (1998) e pelo centroide sejam esperados.

Os métodos utilizados no presente trabalho mostraram resultados semelhantes no que concerne à identificação de materiais superiores, com destaque para o híbrido 30F36 em todos os ambientes e 30K64, AS1579 e 2B707 para ambientes desfavoráveis.

O método não paramétrico de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) apresenta resultados satisfatórios e com maior facilidade de interpretação, além de discriminar melhor os genótipos quanto ao desempenho tanto nos ambientes favoráveis quanto nos desfavoráveis. Este resultado concorda com o obtido por Atroch et al. (2000), que indicaram o método de Lin & Binns para uso futuro nos programas de melhoramento de arroz; concorda ainda com os resultados de Pereira et al. (2009a, 2009b), para indicação do uso em feijoeiro comum e com Nascimento Filho et al. (2009) em clones de guaraná.

Silva e Duarte (2006) afirmam que a análise AMMI representa um avanço metodológico, pois permite descartar ruídos na interação G x A estimada pelos outros métodos. Assim, em razão desse aprimoramento, essa análise apresenta-se como um método mais apropriado a esses estudos.

O método centroide proposto por Rocha et al. (2005) e modificado por Nascimento et al. (2009) possui grande facilidade de análise e interpretação da adaptabilidade, pois não há

duplicidade de indicações, possibilita comparação direta em relação a um gradiente de produtividade, onde genótipos mais próximos à ponta da seta são mais produtivos.

6. CONCLUSÕES

1. Os ambientes avaliados diferiram entre si, principalmente por ter sido um ano de distribuição pluviométrica atípica, os ambientes Cândido de Abreu e Prudentópolis foram classificados como desfavoráveis. Os demais foram considerados favoráveis.

2. Houve interação genótipos x ambientes significativa.

3. O híbrido 30F36 apresentou-se com o melhor rendimento de grão, mais estável nos ambientes favoráveis e com bom desempenho nos ambientes desfavoráveis. Os híbridos 30K64, 2B707, AS1565 e AG8021 apresentaram maior adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, mantendo a estabilidade, com bom rendimento de grãos em todos os ambientes.

4. As metodologias de Annicchiarico (1992), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e centroide proposto por Rocha et al. (2005) modificado por Nascimento et al. (2009) tiveram alta correlação e produziram classificações genotípicas similares quanto a estabilidade fenotípica, não sendo indicado o uso concomitante das três metodologias. Entretanto, o uso de um deles em combinação com o de Eberhart & Russell (1966) pode agregar informação à análise de estabilidade. A análise AMMI mostrou pouca associação com os demais métodos, podendo ser considerada complementar às informações obtidas com as outras metodologias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p.503-508, 1964.
- ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, M.S.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; TRINDADE, M.G. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, p.17-27, 2007.
- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S. OTEGUI, M. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Buenos Aires: Editora La Barrosa, 1996, 292p.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy, **Journal of Genetics and Breeding**. v.46, n.1, p.269-278, 1992.
- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.541-548, 2000.
- BANZATO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1995. 247p.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.949-956, 2001.
- BURDON, J.J. Preliminary studies on a native Australian eucalypt forest invaded by exotic pines. **Oecologia**, v.31, n.1, p.1-12, jan. 1977.
- CARAMORI, P.H. **Zoneamento agrícola do estado do Paraná**. Curitiba: IAPAR, 2003.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa.
- CHAVES, L. J. in NASS, L.L; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES- INGLIS, M.C. **Recursos genéticos & melhoramento**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.
- CONAB, Central de informações agropecuárias. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/f411e3738a3f381f9a120d5ab5b99bf1.pdf>>. Acesso em 19 de julho de 2010.
- COSTA, J.G.; MARINHO, J.T.S.; PEREIRA, R.C.A.; LEDO, F.J.S.; MORAES, R.N.S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de milho recomendadas para o Estado do Acre. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.1, p.7-11, jan.-mar., 1999.
- CROSSA, J.; GAUCH JR, H.G.; ZOBEL, R.W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international Maize cultivar trials. **Crop Science**. Madison, v.30, n.3, p.493-500, 1990.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.567-580, 1989.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ed. Viçosa: Editora UFV, 1997, 390p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ed. Viçosa: Editora UFV, 2003.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 382p.

DAHER, R. F.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; DAROS, M. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.27, n.4, p.788-797, jul/ago., 2003.

DUARTE, J.O. **Introdução e importância econômica do milho**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>> Acesso em 10 de junho de 2008.

DURÃES, F. O. M; SANTOS, M. X.; GAMA, E. E. G. A phenotyping platform supporting breeding and genomics programs of cereals and legumes at Embrapa – Brazil. In: **Drought phenotyping protocols workshop**, Montpellier, 2004.

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

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**, 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004.

FAO – **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PagID=567>> Acesso em 05/11/2009

FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.; CARVALHO, L.P. de; MOREIRA, J de A.N.; COSTA, J.N. da. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.407-414, abr.1997.

FERREIRA, D.F. **Aplicativo Estabilidade**. Universidade Federal de Lavras. Departamento de Ciências Exatas, 2000. Disponível em: <www.ufla.br/dex>. Acesso em 20/11/2009.

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

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, n.2, p.183-191, fev. 2007.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. AMMI Analysis of yield trials in: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. **Genotype-by-Environment Interaction**, Boca Raton: CRC Press LLC, 1996.

GOMES, M. S.; PINHO, R. G. V.; OLIVEIRA, J. S.; RAMALHO, M. A. P.; VIANA, A. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v.1, n.2, p.83-90, 2002.

GONÇALVES, F. M. A.; CARVALHO, S. P.; RAMALHO, M. A. P.; CORREA, L. A. Importância das interações cultivares x locais e cultivares x anos na avaliação de milho na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1175-1181, jul.1999.

HAMAWAKI, O. T.; SANTOS, P. G.; Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho avaliadas por meio do modelo de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.195-199, mar-abr., 2003.

HOOGERHEIDE, E.S.S.; FARIAS, F.J.C.; VENCOSKY, R.; FREIRE, E.C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.5, p.695-698, mai.2007.

HUENH, M.; NASSAR, R. Ontests of significance for nonparametric measures or phenotypic stability. **Euphytica**, v.47, p.189-201, 1990.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Caderno de Municípios. Disponível em <www.ipardes.gov.br>. Acesso em 18/03/2010.

KEMPTON, R. A. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Inglaterra, v.103, p.123-135, 1984.

LEWIS, E. Incompatibility in relation to physiology and genetics. **8th International Congress of Botanic**, v.9, p.124-132, 1954.

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.3, p.193-198, 1988.

LOPES, M. T. G.; 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**, Brasília, v.36, n.3, p.483-491, mar.2001.

MANDEL, J. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, Alexandria, v.13, p.1-18, 1971.

MARIOTTI, K.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de cana de azucar. In: Interacciones dentro de uma localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**. V.13,p.105-107, 1976

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p.

MELO, L.C.; MELO, P.G.S.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; PELOSO, M.J.D.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.5, p.715-723, mai.2007.

MURAKAMI, D. M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.34, n.1, jan.- fev., 2004.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D.; CAMPANA, A. C. M.; TOMAZ, R. S.; SALGADO, C. C.; FERREIRA, R. P. Alteração no método centróide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.263-269, mar. 2009.

NASCIMENTO, M.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R.G.; CAMAPAN, A.C.M.; BHERING, L.L.; CRUZ, C.D.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.45, n.1, p.41-48, jan. 2010.

NASCIMENTO FILHO, F.J.N.; ATROCH, A.L.; CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Adaptabilidade e estabilidade de clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.9, p.1138-1144, set.2009.

NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.78-88, 2002.

OLIVEIRA, E.J.; GODOY, I.J.; MORAES, A.R.; 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**. Brasília, v.41, n.8, p.1253-1260, ago.2006a.

OLIVEIRA, G.V.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. de S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, p.257-265, 2006b.

OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F.A.; SILVA, G.A.; ROSA FILHO, S.N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F.M.; PEREIRA, J.A.; FIRMINO, W.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.1, p.45-50, mar. 2007.

PATERNIANI, E; CAMPOS, M.S.. Melhoramento do milho in: BORÉM, **Melhoramento de espécies cultivadas**, Viçosa: UFV, 1999.817p.

PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v.55, n.1, p.34-40, jan-fev.2008.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum, com grãos tipo carioca na região central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.1, p.29-37, jan.2009a.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DIAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.4, p.374-383, abr.2009b.

PITOMBERA, J. B.; MEDEIROS FILHO, S.; CARMO, V. E. B.; MOREIRA, R. C.; CAVALCANTE, E.G.; FEIJÃO, J. M.; GONÇALVES, R. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho no Estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, v.32, n.1/2, 2001.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Washington, v.36, n.6, p.381-385, 1959.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Ufla, 2000. 326p.

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, n.3, p.255-266, 2005.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.30, n.5, p. 683-686, maio 1995.

SCAPIM, C.A.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A.L.; CRUZ, C.D.; ANDRADE, C.A.B.; VIDIGAL, M.C.G. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. **Genetics and Molecular Biology**. V.23, n.2, p.387-393, 2000.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – **Análise da conjuntura agropecuária – Safra 2007/08**. Disponível em <www.seab.pr.gov.br> Acesso em 12/11/2009.

SHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low water potential. II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1196-1203, 1991.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da

interação genótipo x ambiente. In: **Simpósio de Experimentação Agrícola**, 1, Piracicaba, 1985. Resumos. Campinas, Fundação Cargill, p.49-50.

SILVA, L. J. F.; ARAUJO, P. M.; GERAGE, A. C.; SHIGUEYUKI, H. Análise de adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho avaliados no estado do Paraná. In **V Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas**. Guarapari, 2009. Anais.

SILVA, R.M.; ROSSE, L.N.; MORO, J.R. Estabilidade e adaptabilidade de híbridos duplos experimentais de milho. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.3, n.1-2, p.61-68, 2002.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.1, jan. 2006.

SILVA FILHO, J.L.; 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** Brasília, v.43, n.3, p.349-355, mar. 2008

TERASAWA JÚNIOR, F.; VENCOVSKY, R.; KOEHLER, H.S. Environment and genotype-environment interaction in maize breeding in Paraná, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.8, p.17-22, 2008.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

VENDRUSCOLO, E.C.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.; BRACCINI, A. L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.12-130, jan.2001.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical Applied to Genetics**. Berlin, v.53, n.2, p.89-91, 1978.

ZINSELMEIER, C.; LAUER, M. J.; BOYER, J. S.; Reversing drought-induced losses in grain yield: sucrose maintains embryo growth in maize. **Crop Science**, Madison, v.35, n.6, p.1390-1400, 1995.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, A.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v.80. p.388-393, 1988.