

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-  
PR**

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA E DIVERGÊNCIA  
GENÉTICA ENTRE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO  
RECOMENDADOS PARA A REGIÃO CENTRO-SUL DO  
PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RODRIGO OLIBONI**

**GUARAPUAVA-PR**

**2009**

**RODRIGO OLIBONI**

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE  
HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO RECOMENDADOS PARA A 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 a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria

Orientador

GUARAPUAVA-PR

2009

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Central da UNICENTRO, Campus Guarapuava  
Fabiano de Queiroz Jucá (CRB 9/1249)

Oliboni, Rodrigo

O46c

Capacidade combinatória e divergência genética entre híbridos comerciais de milho recomendados para a região centro-sul do Paraná / Rodrigo Oliboni. -- Guarapuava, 2010.  
xiii, 95 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2010

Orientador: Marcos Ventura Faria

Co-orientadores: Mikael Neumann

Banca examinadora: Rodrigo Rodrigues Matiello, M. V. Faria, M. Neumann

Bibliografia

1. Melhoramento vegetal. 2. Melhoramento de plantas - Milho. I. Título. II. Universidade Estadual do Centro-Oeste.

CDD 633.15

**RODRIGO OLIBONI**

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE HÍBRIDOS  
COMERCIAIS DE MILHO RECOMENDADOS PARA A REGIÃO CENTRO-SUL DO  
PARANÁ**

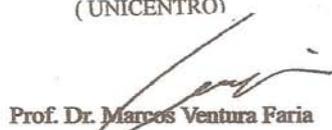
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2009

  
Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello  
(UEPG)

  
Prof. Dr. Juliana Tadeu Vilela de Resende  
(UNICENTRO)

  
Prof. Dr. Mikael Neumann  
(UNICENTRO)

  
Prof. Dr. Marcos Ventura Faria  
(Orientador – UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR

2010

Aos meus pais

Pela atenção e carinho

A minha esposa

Pelo amor e incentivo de todos os dias

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Criador, por nos dar uma Natureza generosa;

Aos meus pais, exemplos de vida;

A minha esposa, pelo incentivo, exemplo de amor e companheira de todos os momentos;

A CAPES pela concessão de Bolsa de Estudos;

A coordenação do PPGA, pela oportunidade da realização deste trabalho;

Ao Prof. Orientador Dr. Marcos Ventura Faria, pelos imensos ensinamentos, atenção, amizade, confiança e pelo exemplo de profissionalismo;

Ao Prof. Coorientador Dr. Mikael Neumann, grande amigo e pelos ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Ildon Rodrigues do Nascimento, pelas contribuições de ensinamento na área de Estatística e Experimentação e pela amizade;

Aos demais Professores do PPGA, pelas diversas contribuições de ensinamento;

Aos colegas do PPGA, pela convivência e amizade;

Ao Engenheiro Agrônomo Andréas Milla, pela atenção e por disponibilizar área para a condução de ensaio;

Aos formandos do Curso de Agronomia, Guilherme Mendes Batistelli, Maicon Modesto Machado e Alexandre Galvão, pela amizade e imensas ajudas na condução dos ensaios;

Ao Acadêmico do Curso de Agronomia, Rafael Gallo Tegoni, pela amizade e inúmeras ajudas nos trabalhos conduzidos.

Aos acadêmicos Omar Possatto Junior, Evandrei Santos Rossi, Daniel Suek, André Gabriel, Willian Hilgemberg, Diego Fernando de Marck, José Kapp Neto, Diego Munhoz Dias, Rafael, e Michel Caldas Juncos, pela amizade e auxílio nos vários trabalhos de campo;

Aos colaboradores de campo Marcos e Elias, pela colaboração em diversas atividades;

Enfim, aqueles que não citados, contribuíram de forma significativa neste trabalho.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>Resumo</b> .....  | i  |
| <b>Abstract</b> .....  | ii |
| <b>1. Introdução</b> .....                                       | 1  |
| <b>2. Objetivos</b> .....  | 2  |
| <b>3. Referencial Teórico</b> .....                              | 3  |
| 3.1. Aspectos gerais .....                                       | 3  |
| 3.2. Escolha de germoplasma para obtenção de populações .....    | 4  |
| 3.3. O milho híbrido .....                                       | 5  |
| 3.4. Análise dialélica .....                                     | 7  |
| 3.4.1. Capacidade de combinação .....                            | 9  |
| 3.5. Heterose .....  | 11 |
| 3.6. Análise multivariada .....                                  | 13 |
| 3.7. Divergência genética .....                                  | 14 |
| 3.7.1. Medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento ..... | 15 |
| <b>4. Material e Métodos</b> .....                               | 17 |
| 4.1. Material genético .....                                     | 17 |
| 4.2. Locais de condução dos experimentos .....                   | 18 |
| 4.3. Condução dos experimentos .....                             | 18 |
| 4.4. Características avaliadas .....                             | 19 |
| 4.5. Análises estatísticas .....                                 | 20 |
| 4.5.1. Análises de variância .....                               | 20 |
| 4.5.2. Análise dialélica .....                                   | 21 |
| 4.5.3. Heterose .....  | 22 |
| 4.5.4. Divergência genética .....                                | 22 |
| <b>5. Resultados e Discussão</b> .....                           | 25 |
| 5.1. Análise de variância individuais .....                      | 25 |
| 5.2. Análise de variância conjunta .....                         | 27 |
| 5.3. Agrupamento de médias .....                                 | 28 |
| 5.3.1. Florescimento masculino (FM) .....                        | 29 |
| 5.3.2. Prolificidade (PR) .....                                  | 32 |
| 5.3.3. Produção de espigas despalhadas (PE) .....                | 35 |
| 5.3.4. Altura de planta (AP) .....                               | 39 |
| 5.3.5. Altura de espiga (AE) .....                               | 43 |
| 5.4. Análises dialélicas .....                                   | 46 |
| 5.4.1. Análises de variâncias dialélicas individuais .....       | 46 |
| 5.4.2. Análise de variância dialélica conjunta .....             | 48 |
| 5.4.3. Capacidade de combinação .....                            | 50 |
| 5.4.3.1. Florescimento masculino (FM) .....                      | 50 |
| 5.4.3.2. Prolificidade (PR) .....                                | 55 |
| 5.4.3.3. Produção de espigas despalhadas (PE) .....              | 58 |
| 5.4.3.4. Altura de planta (AP) .....                             | 64 |
| 5.4.3.5. Altura de espiga (AE) .....                             | 67 |
| 5.5. Heterose .....  | 71 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.6. Divergência genética .....                              | 75        |
| 5.6.1. Análise de variância .....                            | 75        |
| 5.6.2. Distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) ..... | 77        |
| 5.6.3. Contribuição relativa de cada característica .....    | 80        |
| 5.7. Correlação entre os parâmetros estimados .....          | 81        |
| <b>6. Conclusões .....</b>                                   | <b>84</b> |
| <b>7. Referências Bibliográficas .....</b>                   | <b>85</b> |

## LISTA DE TABELAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabela 1  | Híbridos comerciais de milho utilizados como genitores para obtenção dos cruzamentos e testemunhas. Guarapuava, UNICENTRO, 2008 .....   | 17 |
| Tabela 2  | Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativas aos 81 genótipos de milho avaliados em Laranjeiras do Sul-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 25 |
| Tabela 3  | Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativos aos 81 genótipos de milho avaliados em Guarapuava-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 25 |
| Tabela 4  | Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativos aos 81 genótipos de milho avaliados em Cantagalo-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 26 |
| Tabela 5  | Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) da análise conjunta e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espiga (AE), relativas aos 81 genótipos de milho avaliados em três locais (Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo) da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 ..... | 28 |
| Tabela 6  | Valores médios do florescimento masculino (FM), em dias, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 30 |
| Tabela 7  | Valores médios de prolificidade (PR), em número médio de espigas por planta, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 32 |
| Tabela 8  | Valores médios da produção de espigas despalhadas (PE), em t ha <sup>-1</sup> , de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 36 |
| Tabela 9  | Valores médios da altura de planta (AP), em metros, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 40 |
| Tabela 10 | Valores médios da altura de espiga (AE) de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 44 |
| Tabela 11 | Quadrados médios da análise de variância dialélica dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Laranjeiras do Sul, PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 46 |
| Tabela 12 | Quadrados médios da análise de variância dialélica (Griffing, 1956) dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Guarapuava-PR. Guarapuava:  |    |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
|           | UNICENTRO, 2008 .....   | 47 |
| Tabela 13 | Quadrados médios da análise de variância dialélica (Griffing, 1956) dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Cantagalo-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 ..... | 47 |
| Tabela 14 | Quadrados médios da análise de variância dialélica conjunta dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos (12 genitores e 66 cruzamentos). Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 48 |
| Tabela 15 | Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes ao florescimento masculino (FM), dos 12 genitores avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 50 |
| Tabela 16 | Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes ao florescimento masculino (FM) avaliado em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 53 |
| Tabela 17 | Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à prolificidade (PR), avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e a média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .  | 55 |
| Tabela 18 | Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à prolificidade (PR) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 56 |
| Tabela 19 | Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à produção de espigas despalhadas (PE) em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média dos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 ....   | 59 |
| Tabela 20 | Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à produção de espigas despalhadas (PE) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....                                | 61 |
| Tabela 21 | Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à altura de planta (AP), avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média dos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 ....  | 64 |
| Tabela 22 | Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à altura de planta (AP) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 65 |
| Tabela 23 | Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à altura de espiga (AE), avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.....   | 68 |
| Tabela 24 | Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à altura de espiga (AE) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 69 |
| Tabela 25 | Estimativas médias e porcentagem da heterose para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas  |    |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
|           | despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espigas (AE), obtidas na média de três locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 72 |
| Tabela 26 | Resumo das análises de variância dos experimentos de Laranjeiras do Sul (LS) e Guarapuava (G) para 25 características na avaliação dos doze genitores do dialelo. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 75 |
| Tabela 27 | Resumo das análises de variância conjunta de 25 características avaliadas nos doze genitores do dialelo. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....   | 76 |
| Tabela 28 | Medidas de dissimilaridade genética entre pares envolvendo os 12 genitores do dialelo, considerando 22 características morfoagronômicas com base na distância de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....  | 78 |
| Tabela 29 | Estimativas da contribuição relativa de cada característica ( $\hat{\sigma}_j$ ) para a divergência genética entre os 12 genitores do dialelo, com base na participação total da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava: UNICENTRO, 2008 .....                | 81 |
| Tabela 30 | Coeficientes de correlação linear de Pearson estimados para as 66 combinações híbridas, obtidas entre as estimativas de quatro parâmetros: médias, estimativas $\hat{\sigma}_{ij}$ , heterose e distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava, UNICENTRO, 2008 ..... | 82 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido através de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo, considerando a distancia generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), com base em 22 características morfoagronômicas entre os 12 genitores: 1 = P30F53, 2 = P30F44, 3 = AG 8021, 4 = GNZ 2005, 5 = GNZ 2004, 6 = Penta, 7 = Premium Flex, 8 = Sprint, 9 = AS 1575, 10 = 2B587, 11 = 2B688, 12 = DKB 234. Guarapuava: UNICENTRO, 2008 ..... 80

## RESUMO

Rodrigo Oliboni. **Capacidade combinatória e divergência genética entre híbridos comerciais de milho recomendados para a Região Centro-Sul do Paraná.** 2009. 95p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

Doze cultivares híbridas de milho recomendadas para a Região Centro-Sul do Paraná e os 66 cruzamentos obtidos entre elas foram avaliados quanto à capacidade combinatória em um dialelo completo, método 2 de Griffing. Esses genótipos e três testemunhas foram avaliados no delineamento de blocos casualizados, com três repetições, em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo-PR. Foram avaliadas as características florescimento masculino, prolificidade, produção de espigas despalhadas, altura de planta e de espiga. Foi calculada a heterose dos cruzamentos e foram tomadas medidas de 22 caracteres morfoagronômicos dos 12 genitores. Os dados foram submetidos à análise multivariada conjunta e os genitores agrupados pelo método hierárquico do vizinho mais próximo, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Na análise dialélica conjunta foi verificado efeito significativo da CGC e da interação CGC x locais para todos os caracteres. A CEC somente não foi significativa para florescimento masculino. A interação CEC x locais foi significativa para florescimento masculino e altura de espiga. As cultivares P30F53, P30F44, AS1575 e 2B688 apresentaram estimativas positivas e elevadas da CGC para peso de espigas despalhadas e alta produtividade média nos três locais, mostrando-se promissoras para geração de populações com bom potencial para seleção de linhagens superiores. As combinações híbridas P30F44 x Sprint e P30F44 x 2B688 se destacaram, pois apresentaram elevada produtividade de espigas despalhadas e alto valor de CEC, além de possuírem pelo menos um genitor com elevada CGC. O cruzamento P30F44 x 2B688, também apresentou as médias mais baixas para altura de planta e altura de espiga. Houve predominância dos efeitos não aditivos para florescimento masculino, produção de espigas despalhadas e altura de planta, enquanto que para prolificidade prevaleceram os efeitos aditivos. As estimativas de divergência genética não foram eficientes na predição dos cruzamentos mais heteróticos, pois as correlações entre  $D^2$  e heterose e entre  $D^2$  e CEC foram não significativas. Houve correlações positivas e significativas entre as médias de produção de espigas, a CEC e a heterose.

**Palavras-Chave:** *Zea mays*, análise dialélica, heterose, distância de Mahalanobis, melhoramento vegetal.

Rodrigo Oliboni. **Combining ability and genetic divergence among commercial corn hybrids recommended for South-Central of Paraná State, Brazil.** Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 95p. (Master Dissertation in Agronomy - Crop Production).

### ABSTRACT

Twelve corn hybrids recommended for cropping in South-Central of Paraná State and the 66 crosses obtained among them were evaluated for combining ability in a complete diallel, Griffing's method II. These genotypes and three checks were evaluated in randomized complete block design with three replications, in three experiments carried out in Laranjeiras do Sul, Guarapuava and Cantagalo-PR, Brazil. Data of days to male flowering, prolificacy, de-hulled ear yield, plant height and ear height were assessed. Also the heterosis were estimate. Data from the measuring of 22 morphological/agronomical traits of parents were submitted to a multivariate joint analysis of variance and clustered analysis for grouping parents by neighbor method, using generalized distance of Mahalanobis. In the joint diallel analysis, significant differences were observed for general combining ability (GCA) and for interactions GCA x locations for all traits. The specific combining ability (SCA) were not significant only for male flowering and interaction SCA x locations were significant for male flowering and ear height. Hybrids P30F53, P30F44, AS1575 and 2B688 were outstanding for GCA and de-hulled ear yield, in both localities, showing greater potential to generate superior inbred lines, promising for breeding purpose. The crosses P30F44 x Sprint and P30F44 x 2B688 showed high yield and high values of SCA, and also have a parent with high GCA. The cross P30F44 x 2B688 also presented the lowest values of plant height and ear height. Non-additive effects were important for male flowering, de-hulled ear yield and plant height, while for prolificacy the additive effects were more important. Estimates of genetic divergence were not efficient in predicting the most heterotic crosses because Pearson's correlation between  $D^2$  and heterosis and between  $D^2$  and CEC were not significant. Positive and significant correlations were observed between yield means and CEC and heterosis.

**Keywords:** *Zea mays*, diallel analysis, heterosis, Mahalanobis distance, plant breeding.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Centro-Sul do Paraná se destaca no cenário nacional quanto à produtividade da cultura do milho, sendo que existem disponíveis diversos híbridos com elevado potencial produtivo que são recomendadas para o cultivo na região. Dessa forma, esses materiais são excelentes alternativas para serem utilizados na geração de novas populações-base para extração de linhagens em programas de melhoramento que se iniciam.

Uma das decisões importantes em programas de melhoramento é a escolha das populações a serem trabalhadas. Uma escolha equivocada da população-base compromete todo o trabalho de seleção que será praticado ao longo das gerações, implicando em desperdício de tempo e de recursos investidos.

Atualmente, nos programas de melhoramento do milho têm-se utilizado germoplasma de base genética estreita para a formação das populações-base, em detrimento do uso de cultivares de polinização aberta (Troyer, 1999). Nesse sentido, a identificação de populações promissoras, oriundas de híbridos simples de alto rendimento, é uma boa estratégia para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento visando a extração de linhagens superiores. A vantagem desses genótipos é que são adaptados e foram amplamente avaliados e selecionados para fenótipos desejáveis e, portanto, apresentam alto potencial de produção devido ao acúmulo de alelos favoráveis.

Para que se possa realizar a extração de linhagens promissoras em populações formadas a partir de híbridos comerciais é importante que esses genótipos sejam escolhidos com base na manifestação da heterose e da capacidade de combinação.

A análise dialélica é uma metodologia que pode auxiliar na escolha de genitores com base nos seus valores genéticos, principalmente considerando a capacidade de se combinarem em híbridos que produzam populações segregantes promissoras. Por meio desse método é possível conhecer também o controle genético dos caracteres, que orienta na condução das populações segregantes e na seleção.

A divergência genética está relacionada ao grau de distanciamento entre genótipos ou populações quanto ao conjunto de caracteres que lhes são peculiares e, em muitos casos, mostra-se positivamente correlacionada à heterose, considerando-se, dessa forma, que a magnitude da heterose seja proporcional à distância genética entre os parentais. Se essa correlação sempre existir, as medidas de divergência podem subsidiar o emprego dos dialelos.

## **2. OBJETIVOS**

Avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) entre doze híbridos comerciais de milho recomendadas para a região Centro-Sul do Paraná e identificar o(s) híbrido(s) mais promissor(es) para a síntese de novas populações.

Avaliar a divergência genética entre 12 híbridos comerciais de milho recomendados para a região Centro-Sul do Paraná e verificar se a divergência genética estimada pelas distâncias multivariadas pode ser utilizada de forma preditiva no sentido de identificar as combinações híbridas mais promissoras, confrontando com os resultados da análise dialélica e com as estimativas da heterose e de produtividade.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Aspectos gerais

Atualmente a cultura do milho alcança elevados níveis de produtividade, quando cultivada em ambiente favorável e com técnicas de cultivo adequadas. Essa evolução se deve à crescente pesquisa realizada em diversas áreas, principalmente no melhoramento genético (Gorgulho e Miranda, 2001).

O milho é um dos principais cereais cultivados mundialmente, apresentando grande importância na alimentação humana e animal e no fornecimento de matérias-primas para a indústria tecnificada, devido à qualidade e quantidade de reservas constituintes nos grãos (Sprague e Dudley, 1988).

Com a introdução do milho híbrido, na década de 1920, a agricultura moderna teve um grande impulso, devido às contribuições tanto práticas quanto científicas. Desde então, as contribuições do melhoramento vegetal foram de importância extraordinária para os aumentos constantes na produtividade do milho híbrido (Miranda Filho e Viégas, 1987).

O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de milho, apresentando área cultivada de 13,817 milhões de hectares na safra 2006/2007, com produção de 51,8 milhões de toneladas e produtividade média de 3.751 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2008).

O Estado do Paraná lidera a produção e o rendimento da cultura do milho em comparação aos demais Estados brasileiros, com 2,75 milhões de hectares cultivados e produção de 14,33 milhões de toneladas (SEAB, 2008), representando aproximadamente 28% do total produzido no país. No Paraná, 60% da área cultivada é voltada para exploração comercial, com utilização e intensificação de tecnologias a cada nova safra (Gerage, 2000). A produtividade média paranaense na safra de 2007/08 foi de 5.213 kg ha<sup>-1</sup> (SEAB, 2008).

A região de Guarapuava é caracterizada como uma das principais produtoras de milho do estado paranaense e apresenta destacada média de produtividade. Isso se deve, principalmente, às condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo do milho, seguido pela alta e adequada tecnologia empregada por boa parte dos produtores que tem como tradição o cultivo do milho, tanto como alternativa agrícola, quanto em sistema de rotação de culturas.

Por ser um dos cereais de maior importância econômica e social em nível mundial, o milho apresenta-se como uma das espécies vegetais mais estudadas e é a que mais contribui para o conhecimento dos princípios básicos e para o desenvolvimento de modelos genéticos envolvendo os diversos tipos de cruzamentos (Sprague e Dudley, 1988).

### **3.2. Escolha de germoplasma para obtenção de populações**

A escolha de germoplasma para formação das populações-base de um programa de melhoramento é um processo de extrema importância, pois é nessas populações que devem se concentrar os alelos favoráveis para as características de interesse, permitindo a extração de linhagens superiores (Hallauer, 1990, Paterniani e Campos, 1999).

As variedades de polinização aberta foram a fonte original da maioria das linhagens obtidas no passado, contudo, a utilização direta dessas populações na síntese de novas linhagens vem sendo reduzida ao longo do tempo. Nos dias atuais a seleção de linhagens a partir de populações derivadas do cruzamento entre linhagens elite passou a predominar nos programas de melhoramento (Hallauer, 1990, Paterniani e Campos, 1999).

O milho é uma espécie com uma quantidade enorme de acessos em bancos de germoplasma, sejam exóticos ou aqueles que já foram considerados elites nos programas de melhoramento. Esses genótipos contêm alelos favoráveis, que podem vir a ser incorporados nos programas em desenvolvimento (Marques Júnior e Pereira, 2001).

A vantagem da utilização de linhagens elites como germoplasma é que estas já foram intensamente selecionadas pelos melhoristas para as características consideradas importantes. Da mesma forma, híbridos comerciais também já foram muito avaliados, tendo, portanto, acumulado muitas características desejáveis, tornando mais fácil e mais rápido o trabalho dos melhoristas, principalmente em empresas privadas, onde a pressão para o lançamento de novas cultivares é muito grande (Melo, 2000).

O procedimento da escolha do germoplasma a ser trabalhado, normalmente se torna o obstáculo de um programa de melhoramento quando o mesmo não é realizado com o critério necessário. Já é comprovado que qualquer método de melhoramento é capaz de promover ganhos genéticos, alguns mais do que outros, porém, nenhum método conseguirá promover ganhos expressivos caso o germoplasma inicial não ofereça a possibilidade para isto (Marques Júnior e Pereira, 2001).

A escolha do germoplasma pelo desempenho *per se* dos genótipos não exige a obtenção de cruzamentos prévios e tem sido utilizado com bastante frequência, no entanto essa estratégia para a escolha de germoplasma não possibilita a previsão da variabilidade a ser liberada nos cruzamentos. Entre as metodologias que exigem a realização de cruzamentos prévios, a análise dialéctica tem sido amplamente utilizada (Cruz e Ragazzi, 1997).

A seleção do germoplasma para a utilização em programas de melhoramento, também deve ser baseada na avaliação da heterose manifestada em cruzamentos entre os materiais, e também pela avaliação da divergência genética observada entre eles (Melo, 2000)

O estudo da divergência genética entre genótipos a serem utilizados como genitores é uma ferramenta adicional para a síntese de novas populações. A presença de variabilidade genética entre os acessos de germoplasma é essencial na formação da população base, contudo, resultados satisfatórios somente são obtidos se o germoplasma utilizado como genitor, possuir também alta média para as características de interesse (Melo, 2000). O conhecimento do grau de divergência genética e da capacidade de combinação entre genótipos ou populações, segundo Kurek et al. (2001), é importante para a orientação de ações de melhoramento genético.

### **3.3. O milho híbrido**

Entre as maiores contribuições do melhoramento vegetal para a sociedade, o milho híbrido se destaca, tendo contribuído para expressivos aumentos na produtividade de grãos desta espécie em todo o mundo (Souza Sobrinho, 2001).

O termo milho híbrido pode ser definido como a primeira geração proveniente do cruzamento entre variedades de polinização aberta, linhagens endogâmicas ou outras populações geneticamente divergentes (Allard, 1971). A maior importância desse tipo de material é a possibilidade de explorar os benefícios das interações alélicas e gênicas na geração híbrida (Paterniani, 1974).

Atualmente os programas de melhoramento de milho, privados ou públicos, têm como objetivo o incremento da produtividade pelo aumento da tolerância aos estresses bióticos (pragas e doenças), maior densidade de plantas, resistência de plantas ao acamamento e melhor qualidade dos grãos. Os estresses abióticos também são considerados, como os fatores relacionados à fertilidade do solo e à disponibilidade

hídrica. Alguns programas visam outras características além destas, como a obtenção de tipos especiais de milho com alta qualidade nutricional, pipoca, verde, doce e com maior teor de óleo (Souza Júnior, 2001).

Segundo Souza Júnior (2001), a tecnologia para o desenvolvimento de híbridos de milho foi introduzida no início do século passado por G.H. Shull em 1908/1909, sugerindo que as plantas de uma população de milho eram compostas por diferentes genótipos e que essas possuíam parte dos locos em heterozigose. Para reproduzir estes genótipos, haveria a necessidade de inicialmente obter linhagens homozigóticas, e do cruzamento dessas mesmas linhagens resultariam os genótipos que ocorriam na população base de origem. Esses híbridos poderiam ser avaliados e os superiores selecionados, os quais seriam reproduzidos com precisão em grandes quantidades de forma a serem utilizados pelos agricultores. Inicialmente foi proposta a utilização do híbrido simples, mas esta tecnologia não foi aceita devido às linhagens utilizadas, que eram pouco produtivas, tornando alto o custo de produção de sementes.

Em 1918, Jones sugeriu à utilização de híbridos duplos, que são obtidos pelo cruzamento entre híbridos simples, sendo estes mais produtivos que as linhagens, conseqüentemente de menor custo de produção de sementes, comparado com híbrido simples. A partir disso, deu-se início à grande aceitação do milho híbrido nos EUA (Paterniani e Campos, 1999).

A realidade econômica da cultura do milho, principalmente nos EUA, gerou a necessidade de se obter maiores produtividades, fazendo com que as companhias de sementes abandonassem os híbridos duplos, passando utilizar híbridos triplos, híbridos simples modificados e, principalmente, os híbridos simples. A obtenção de cultivares híbridas foi a principal causa do grande aumento em produtividade de grãos na cultura do milho, possibilitando suprir à demanda crescente, mesmo com a redução da área cultivada (Bison et al., 2003). Para que o uso do híbrido simples fosse possível, foram necessários avanços na tecnologia de produção de sementes e também o melhoramento de populações, permitindo a obtenção de linhagens mais vigorosas e produtivas, que diminuiriam os custos da produção de sementes.

Segundo Gorgulho e Miranda (2001) a síntese de híbridos é um processo que consiste na combinação de diferentes linhagens, visando às melhores combinações possíveis. Através de cruzamentos, busca-se a melhor expressão fenotípica de um determinado genótipo (Marques Júnior e Pereira, 2001). Portanto, o conhecimento das

linhagens, sua qualidade *per se* e a que grupo heterótico pertencem, são informações importantes para o desenvolvimento de um novo híbrido.

O desenvolvimento de híbridos, segundo Hallauer (1990), depende da capacidade de combinação das linhagens envolvidas na sua produção, pois na obtenção de híbridos que expressam alto valor da heterose, essa é maior nos cruzamentos entre linhagens não aparentadas.

Fuzatto et al. (2002) relatam que na obtenção de um híbrido de milho, normalmente são escolhidas duas populações que apresentam alta capacidade específica de combinação. A heterose ou a capacidade específica do cruzamento de duas populações dependem da existência de dominância no controle do caráter e da divergência entre elas, de forma que na escolha dos genitores dessas populações, há a preferência que sejam divergentes e já adaptados.

Segundo Paterniani e Campos (1999), em um programa de obtenção de híbridos, são quatro as etapas envolvidas: a escolha das populações; a obtenção de linhagens; a avaliação da capacidade de combinação e o teste extensivo das combinações híbridas obtidas. De todas essas etapas, a escolha das populações a serem autofecundadas é de fundamental importância, pois todo o sucesso do programa dependerá dela.

Paterniani (1974) indicou várias vantagens e desvantagens sobre o milho híbrido, apresentando como vantagens a associação de características de distintos genitores; obtenção de genótipos superiores e uniformes em prazo de tempo mais curto; utilização de interações gênicas na geração híbrida; menor interação com o ambiente e a produção de semente de milho híbrido em escala comercial. Porém, as principais desvantagens citadas são que, apenas uma parte dos genes úteis existentes no milho é utilizada e a heterose é explorada de modo aleatório, atingindo um teto difícil de ser ultrapassado.

### **3. 4. Análise dialélica**

A análise dialélica é amplamente utilizada em várias espécies cultivadas, apresentando como vantagens a contribuição na escolha dos genitores e de populações segregantes, bem como o fornecimento de informações sobre o controle genético dos caracteres (Cruz e Regazzi, 1997).

A capacidade de combinação pode ser usada para a escolha de genitores e híbridos potencialmente superiores. Os valores genéticos dos genitores e das combinações híbridas presentes em um dialelo são efetuados sobre a natureza dos efeitos gênicos envolvidos na

determinação da característica sob análise, revelando informações importantes para o planejamento de programas de melhoramento quanto à estratégia de seleção e escolha dos seus métodos (Ramalho et al., 1993).

A análise dialélica é utilizada para estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (Cruz e Regazzi, 1997), sendo também um método destinado a avaliar a divergência genética das linhagens (Costa Pinto et al., 2001). Os dialelos são simples de ser utilizados em milho, podendo fornecer informações importantes sobre o estudo de populações, como capacidade combinatória, variância genética e herdabilidade (Vacaro et al., 2002), além de permitirem a escolha dos genitores promissores com base principalmente nos conceitos de capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação e heterose (Melo et al., 2001; Oliveira et al., 2004; Lemos et al., 2002; Rodrigues, 2007).

O cruzamento dialélico tem sido definido como o conjunto de todas as possibilidades de cruzamentos entre vários genótipos. A principal restrição aos cruzamentos dialélicos, segundo Veiga et al. (2000), é que quando o número de genitores é grande, o número de combinações híbridas a serem avaliadas se torna excessivo.

As metodologias de análise dialélica tem por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção e na compreensão dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz e Regazzi, 1997) e se classificam como balanceados ou desbalanceados, completos, parciais, circulantes, etc. Entre estes, os mais aplicados são os dialelos balanceados, propostos por Griffing (1956), Gardner e Eberhart (1966) e Hayman (1954).

Griffing (1956) denominou de sistema de cruzamento dialélico aquele pelo qual um grupo de  $n$  genótipos (podendo ser linhagens, híbridos, entre outros) são escolhidos e cruzamentos são feitos entre eles. Este procedimento dá origem a um máximo de  $n^2$  combinações. As combinações são avaliadas em experimentos com repetições e as médias de tratamentos, representando as combinações mencionadas, são utilizadas para formar uma tabela dialélica  $n \times n$ . As  $n^2$  combinações podem ser divididas em três grupos: os  $n$  genitores, um grupo de  $1/2 n(n-1)$  híbridos e o grupo de  $1/2 n(n-1)$  híbridos recíprocos.

A partir destes três grupos, Griffing (1956) idealizou quatro possíveis métodos de análise que se diferenciam pelo fato de incluir os genitores ou recíprocos ou ambos: Método 1 - são incluídos os pais, os híbridos  $F_1$  e os híbridos recíprocos, totalizando  $n^2$  combinações; Método 2 - são incluídos somente os pais e os híbridos  $F_1$ , totalizando  $1/2$

$n(n+1)$  combinações; Método 3 – são incluídos somente os híbridos  $F_1$  e os recíprocos, totalizando  $n(n-1)$  combinações; Método 4 – que inclui somente os híbridos  $F_1$ , com um total de  $1/2 n(n-1)$ . Cada um desses métodos pode ser analisado considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores (Cruz e Regazzi, 1997).

Para Bordallo et al. (2005), dentre as metodologias de análise dialélica, a proposta por Griffing (1956), permite obter as estimativas da capacidade geral de combinação, além de proporcionar informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e são de grande utilidade na indicação de genitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional.

### 3.4.1. Capacidade de Combinação

O termo capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de um genitor em cruzamento com os demais do conjunto (Miranda Filho e Gorgulho, 2001).

A baixa estimativa de capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) do genitor, obtida com base em suas populações híbridas, indica que este não difere muito da média geral dos genitores da população dialélica. Por outro lado, quanto mais altos forem os valores referentes a  $\hat{g}_i$ , positivos ou negativos, determinado genitor será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo e se apresentar próximo de zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos (Cruz e Regazzi, 1997).

Oliveira Júnior et al (1999) relataram que os genitores que apresentam maiores estimativas positivas ou negativas de  $\hat{g}_i$  seriam potencialmente favoráveis quanto as suas contribuições para programas de melhoramento intrapopulacional.

A capacidade específica de combinação (CEC) é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que é adicional aos efeitos de CGC dos pais, podendo ser positivo ou negativo. Em outras palavras, a CEC resulta da interação dos efeitos de CGC dos pais e pode melhorar ou piorar a expressão do híbrido em relação ao efeito esperado com base somente na CGC (Miranda Filho e Gorgulho, 2001).

Os efeitos da capacidade específica de combinação, estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação, são medidas dos efeitos gênicos não aditivos. São desejáveis aquelas combinações híbridas com estimativas de capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado o mais

favorável efeito de capacidade geral de combinação (Bordallo et al., 2005; Aguiar et al., 2004).

A estimativa do efeito da capacidade de combinação de uma variedade com ela mesma ( $\hat{s}_{ii}$ ) é importante na indicação da direção dos desvios de dominância. Se tal estimativa for negativa, os desvios são predominantemente positivos e, como consequência, tem-se a heterose positiva. Do contrário, se  $\hat{s}_{ii}$  for positiva, a heterose será negativa. A magnitude de  $\hat{s}_{ii}$ , por sua vez, é indicativa da divergência genética do parental  $i$  em relação à média dos demais parentais do dialelo (Miranda et al., 1988 e Cruz e Regazzi, 1997).

Melo et al. (2001), em um trabalho realizado para estimar as capacidades geral e específica de combinação entre 10 híbridos comerciais de milho, observaram que houve diferenças significativas tanto para CGC quanto para CEC. A significância de CGC indicou que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo genitores com maior possibilidade de formar híbridos mais produtivos. A CEC significativa indicou que alguns híbridos  $F_1$ 's apresentaram desempenho superior, ou inferior ao previsto com base na CGC dos genitores.

Aguiar et al. (2003), na avaliação da capacidade de combinação de 5 linhagens endogâmicas de milho, verificaram que a CGC foi significativa para os caracteres produção de grãos, altura de planta, altura de espiga, posição relativa da espiga e prolificidade, enquanto que a CEC foi não significativa apenas para posição relativa e da espiga. Para o caráter produção de grãos, tanto os efeitos aditivos (CGC) quanto não aditivos (CEC) foram igualmente importantes, enquanto que para as demais variáveis, houve predominância dos efeitos aditivos.

Freitas Júnior et al. (2006), estudando a capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante, observaram a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos aditivos e não aditivos no controle da expressão gênica para as características altura de plantas, produção de grãos e capacidade de expansão e que a análise de dialelo circulante em um conjunto de ambientes, provê resultados mais adequados do que a avaliação em um único ambiente.

Com o intuito de verificar a predominância dos efeitos no controle genético da degradabilidade da silagem de milho, Gomes et al. (2004) avaliaram a capacidade de combinação de linhagens de milho, deduzindo que os efeitos da CEC foram não significativos, mostrando que os cruzamentos foram homogêneos e exibiram comportamentos esperados, de acordo com a CGC dos seus parentais.

Teixeira et al. (2001), através da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce em dois dialelos, constataram efeitos significativos para CGC, CEC e para interação CGC x ambiente em ambos os dialelos para o caráter peso de espigas despalhadas. Essa significância para ambas as capacidades combinatórias revelou a existência de variabilidade tanto para efeitos gênicos aditivos como não aditivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2000) e Aguiar et al. (2004).

Kurek et al. (2001) avaliaram a capacidade combinatória como critério de eficiência na seleção de genitores em feijoeiro e concluíram que em todas as variáveis estudadas a CGC foi maior do que a CEC, indicando uma maior participação da ação gênica aditiva no controle de peso médio de grão, número de grãos por legume, número de legumes por planta e rendimento, sendo assim, a eficiência da seleção nos caracteres estudados tem suporte na ação gênica de aditividade e proporciona progressos específicos no melhoramento do feijoeiro.

Na análise de divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos, utilizando 25 cultivares de milho, Fuzatto et al. (2002) ressaltam a importância da participação de genitores com elevados valores de CGC nos cruzamentos. Desta forma, verificou-se que a maioria dos híbridos que possui como um dos genitores aqueles materiais com menores efeitos de CGC, foi classificada no grupo de menor produtividade.

Para Locatelli et al. (2002), que avaliaram a capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho em dois ambientes, a significância da interação da CGC e CEC com dois locais comprovaram haver diferenças de comportamento dos genótipos nos diferentes locais. A interação da CGC com o local apresentou quadrados médios maiores para as características observadas, demonstrando que os efeitos aditivos foram os maiores responsáveis pelas diferenças de comportamento dos genótipos.

### **3.5. Heterose**

O termo heterose, segundo Costa (2006), é utilizado para descrever a manifestação da superioridade de um caráter quantitativo em combinações híbridas de plantas e de animais.

O fenômeno da heterose foi definido por Shull em 1909 para designar o vigor de híbrido manifestado em gerações heterozigotas derivadas de cruzamento entre indivíduos não endogâmicos e geneticamente divergentes (Guimarães, 2007).

A heterose tem sido amplamente explorada em programas de melhoramento de milho híbrido (Silva e Miranda Filho, 2003), permitindo a identificação das populações divergentes que servirão de base para o desenvolvimento de linhagens endogâmicas que serão, posteriormente, empregadas em cruzamentos.

Paterniani (1974) apresentou conceitos a respeito da heterose ou vigor híbrido, sendo que em primeiro lugar surge a questão do tipo de ação gênica responsável pela manifestação da heterose, existindo duas teorias para explicar a heterose. A primeira explica a heterose pelo acúmulo de alelos dominantes no híbrido, oriundos de ambos os pais. A teoria da sobredominância explica a heterose pela própria condição heterozigótica dos locos que controlam o caráter. Deste modo, em cada loco a condição heterozigótica seria superior a qualquer dos homozigotos. A endogamia apresenta-se como um fenômeno inverso ao da heterose, gerando perda de vigor.

Em milho é muito utilizado pelos melhoristas, o termo grupo heterótico, o qual não tem uma definição certa. Este termo foi estabelecido empiricamente através da relação da heterose observada nos cruzamentos envolvendo diferentes cultivares de polinização aberta. Para o melhorista, este termo é importante pelo fato de que os cruzamentos entre grupos heteróticos distintos geralmente resultam em uma alta heterose (Melo, 2000).

Na obtenção de híbridos, as linhagens são obtidas através da endogamia pelo método da autofecundação, com perda de vigor. Pelo cruzamento entre as linhagens, restaura-se o vigor por uma combinação híbrida específica, cuja superioridade pode ser atribuída à concentração de genes favoráveis dominantes de ambas as linhagens ou à condição heterozigótica dos diversos locos que controlam o caráter.

De acordo com Vencovsky (1987) o híbrido de milho ideal seria aquele oriundo de duas linhagens em que todos os seus locos com efeitos não aditivos fossem heterozigotos. Para Hallauer (1999) estudos revelam que cruzamentos entre genótipos geneticamente divergentes, proporcionam grande vigor em relação àqueles cruzamentos entre indivíduos semelhantes geneticamente.

A utilização de padrões heteróticos em programas de melhoramento, visando à obtenção de híbridos de milho, segundo Costa Pinto et al. (2001) constitui uma estratégia que permite explorar e capitalizar a heterose.

De acordo com Gadheri et al. (1984), é necessário haver efeitos de dominância ou de epistasia envolvendo dominância para que ocorra uma associação positiva entre divergência genética e a heterose, e que os parentais sejam diferentes nas frequências alélicas que controlam o caráter em estudo. Essa diferença deve aumentar com a divergência dos parentais, permitindo com que os efeitos de dominância se manifestem e, conseqüentemente, o fenômeno da heterose seja aumentado.

### **3.6. Análise multivariada**

A análise de variância multivariada, segundo Costa (2006), é um método estatístico que pode ser aplicado a qualquer delineamento experimental e, quando aliado a outras técnicas de análise multivariada, tem sido de grande utilidade em pesquisas científicas.

A análise multivariada corresponde a técnicas ou métodos estatísticos de análises simultâneas de múltiplas variáveis ou informações contidas na unidade experimental ou parcela (Cruz, 1987). Considerando a existência de correlação, positiva ou negativa, entre variáveis, poderá haver maior aproveitamento da informação conjunta contida nessas variáveis. Sua aplicação na avaliação de materiais destinados ao melhoramento genético de plantas conduz a uma maior eficiência na discriminação de genótipos promissores.

Por tratar-se de uma análise unificadora que permite integrar as múltiplas informações das características extraídas das unidades experimentais, a estatística multivariada proporciona maior oportunidade de escolha de parentais divergentes em programas de melhoramento (Das e Gupta, 1984; Johnson e Wickern, 1988).

Apesar das técnicas multivariadas serem conhecidas a bastante tempo, sua utilização em maior escala só se tornou possível com a disponibilidade dos recursos computacionais, que possibilitaram a avaliação simultânea de vários caracteres e permitiram que inúmeras inferências pudessem ser feitas a partir do conjunto de dados existentes. Dentre outras, as técnicas das variáveis canônicas, dos componentes principais e das distâncias euclidiana e de Mahalanobis têm sido as mais empregadas (Curi, 1983; Cruz, 1990).

### 3.7. Divergência genética

A divergência genética entre genitores tem sido avaliada com a intenção de identificar as prováveis combinações híbridas com maior efeito heterótico, de modo que em seus descendentes segregantes haja maior chance de recuperação de genótipos superiores (Cruz e Regazzi, 1997). Segundo Carvalho et al. (2003b) o conhecimento da divergência genética entre um grupo de parentais é importante no melhoramento, sobretudo para identificar combinações híbridas de maior heterozigose e de maior efeito heterótico.

A teoria da genética quantitativa, descrita por Falconer (1981) sugere que, em qualquer grau de dominância superior a zero, a heterose é uma função da frequência alélica entre os genitores, existindo, portanto, uma correlação positiva entre divergência genética e heterose. Por esse motivo, estimativas de diversidade entre genótipos vem sendo utilizadas como meio de predição de cruzamentos superiores em programas de melhoramento de plantas (Hallauer e Miranda Filho, 1995).

A divergência genética está relacionada ao grau de distanciamento entre populações quanto ao conjunto de caracteres que lhes são peculiares. A distância genética, no entanto, na maioria dos casos, mostra-se positivamente correlacionada à heterose, considerando-se, dessa forma, que a magnitude da heterose seja proporcional à distância genética entre os parentais (Moreira et al., 1996).

De acordo com Miranda et al. (1988), a divergência genética avaliada com base na distância genética entre os indivíduos constitui um método de natureza preditiva, o que permite a constatação prévia dos cruzamentos com maior probabilidade de sucesso, ou seja, aqueles que otimizem a heterose, evitando a avaliação dos cruzamentos indesejáveis. As análises dialélicas, consideradas como procedimentos de natureza quantitativa no estudo da divergência genética, implicam a avaliação de um conjunto de genitores e suas combinações híbridas, resultando em dificuldades de sua aplicação quando o número de genitores é elevado.

Na previsão da divergência genética, métodos multivariados podem ser aplicados como a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. Os métodos aglomerativos diferem-se dos demais, devido principalmente depender de medidas de dissimilaridade estimadas previamente, como a distância Euclidian ou a distância generalizada de Mahalanobis. Os métodos de componentes principais e de análise canônica têm por objetivo avaliar a similaridade dos genitores por

meio de uma dispersão gráfica, considerando dois eixos cartesianos (Cruz e Regazzi, 1997).

### **3.7.1. Medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento**

O sucesso de um programa de melhoramento depende da existência de variabilidade na população de trabalho, devendo-se priorizar o intercruzamento entre cultivares superiores e divergentes (Cruz, 2001). A divergência pode ser avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas, moleculares, entre outras.

As técnicas de análise multivariada, como a dissimilaridade é bastante utilizada na análise da divergência genética no melhoramento genético de plantas. Para Cruz (2001) as medidas de dissimilaridade obtidas por variáveis quantitativas auxiliam e apresentam grande importância nos estudos sobre divergência genética, contribuindo para a identificação de genitores a serem utilizados em programas de hibridação.

A distância Euclidiana média e a distância generalizada de Mahalanobis tem sido utilizadas com maiores frequências em estudos sobre a divergência genética destinados à identificação de genitores para a hibridação. A distância generalizada de Mahalanobis apresenta-se como a preferida, sendo possível de ser estimada apenas quando se dispõe da matriz de covariâncias residuais estimadas a partir de ensaios experimentais com repetições, permitindo a quantificação da diversidade genética entre cada par de tratamentos (Cruz e Regazzi, 1997).

Estudos sobre a divergência genética entre indivíduos ou populações nas espécies vegetais têm sido de grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, por fornecerem parâmetros para a identificação de genitores que possibilitam maior efeito heterótico na progênie e maior probabilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes (Vidigal et al., 1997).

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir por meio de alguma metodologia, os genitores em vários grupos, de modo que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. Apresentando também como alternativa, dividir um grupo original de observações em vários grupos, conforme algum critério de dissimilaridade. A análise de agrupamento, segundo Cruz e Regazzi (1997), envolve duas fases, sendo a primeira relacionada com a estimação de uma medida de dissimilaridade entre os genitores e a segunda com a utilização de um método para a formação dos grupos.

O método de agrupamento do vizinho mais próximo identifica na matriz de dissimilaridade os genitores mais semelhantes, sendo estes reunidos e formando inicialmente um grupo. Na seqüência, são calculadas as distâncias deste grupo em relação aos outros genitores e nas fases mais avançadas em comparação a outros grupos já formados. O processo de identificação dos grupos mais semelhantes é repetido sobre a nova matriz de dissimilaridade, sendo reduzida à dimensão a cada fase e termina quando todos os genitores são reunidos em um único grupo (Cruz e Regazzi, 1997).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material genético

Foram avaliados 81 tratamentos constituídos por 12 híbridos comerciais de milho recomendados para a região Centro-Sul do Paraná (Tabela 1), mais 66 genótipos experimentais obtidos pelo intercruzamento entre eles segundo esquema dialélico completo, além de outros três híbridos comerciais utilizados como testemunhas.

Tabela 1. Híbridos comerciais de milho utilizados como genitores para obtenção dos cruzamentos e testemunhas. Guarapuava, UNICENTRO, 2008.

| Híbrido            | Tipo | Ciclo        | Empresa          |
|--------------------|------|--------------|------------------|
| <b>GENITORES</b>   |      |              |                  |
| P30F53             | HS   | Precoce      | Pioneer          |
| P30F44             | HS   | Precoce      | Pioneer          |
| AG8021             | HS   | Precoce      | Agroceres        |
| GNZ 2005           | HTM  | Superprecoce | Geneze           |
| GNZ 2004           | HS   | Precoce      | Geneze           |
| Penta              | HS   | Precoce      | Syngenta         |
| Premium Flex       | HS   | Precoce      | Syngenta         |
| Sprint             | HS   | Hiperprecoce | Syngenta         |
| AS 1575            | HS   | Precoce      | Agroeste         |
| 2B587              | HS   | Precoce      | Dow AgroSciences |
| 2B688              | HT   | Precoce      | Dow AgroSciences |
| DKB 234            | HS   | Superprecoce | Dekalb           |
| <b>TESTEMUNHAS</b> |      |              |                  |
| P30R50             | HS   | Precoce      | Pioneer          |
| AS 1560            | HS   | Precoce      | Agroeste         |
| DKB 214            | HS   | Precoce      | Dekalb           |

HS: híbrido simples; HT: híbrido triplo; HTM: híbrido triplo modificado.

Os cruzamentos entre os 12 híbridos genitores foram realizados de acordo com um esquema dialélico completo, sem os cruzamentos recíprocos, no ano agrícola de 2006/07 na área experimental do Departamento de Agronomia da UNICENTRO, no *campus* Cedeteg, em Guarapuava-PR. Todas as 66 combinações híbridas foram obtidas.

## 4.2. Locais de condução dos experimentos

Para avaliação dos tratamentos do dialelo foram conduzidos experimentos em três locais distintos na região Centro-Sul do Paraná no ano agrícola de 2007/08. O primeiro foi instalado no Sítio Santo Antonio, localizado no município de Laranjeiras do Sul, com 25°24'15"S de latitude, 52 °28'22"O de longitude, com 790 metros de altitude, tendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006). O segundo experimento foi conduzido na área experimental da UNICENTRO, no *Campus Cedeteg*, situado no município de Guarapuava, a 25°23'02"S de latitude, 51°29'43"O de longitude, com altitude de 1026 metros, tendo solo classificado como Latossolo Bruno Alumínico (EMBRAPA, 2006). O terceiro experimento foi conduzido na Fazenda Juquiá, no município de Cantagalo, localizada a 25°22'28"S de latitude, 52°07'35" O de longitude, com 790 metros de altitude e solo classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2006). O clima dos três locais, segundo classificação de Köppen (Pereira et al., 2001), é Cfb subtropical, sem estação seca definida, temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C e com precipitação anual média de 1800 mm.

## 4.3. Condução dos experimentos

Os 66 cruzamentos juntamente com os 12 genitores e as três testemunhas foram avaliados em delineamento experimental látice triplo 9x9. Em Laranjeiras do Sul o experimento foi instalado em 29/09/2007, em sucessão da cultura de azevém (*Lolium multiflorum*). Em Guarapuava o experimento foi semeado em 18/10/2007, em área sob pousio. Em Cantagalo, a semeadura foi realizada no dia 20/10/2007, em sucessão à cultura de nabo forrageiro (*Raphanus sativum*). Os três ensaios foram semeados sob sistema de plantio direto, com semeadoras manuais. Cerca de 15 dias antes da implantação dos experimentos foram realizadas dessecações nas áreas com herbicida glifosato (4 litros ha<sup>-1</sup>).

Cada unidade experimental foi constituída por duas linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,80 metros, totalizando área útil de 8 m<sup>2</sup>. Na semeadura foram depositadas 10 sementes por metro linear e após 26 dias realizou-se o desbaste, deixando 5 plantas por metro linear, com população equivalente a 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>.

A adubação de base foi de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 11-25-18 (N-P-K) +1,7% de Cálcio + 2,2% de Enxofre + 0,08% de Boro + 0,4% de Zinco para o

experimento de Laranjeiras do Sul, 400 kg ha<sup>-1</sup> de 08-30-20 (N-P-K) + 0,4% de Zinco em Guarapuava e 400 kg ha<sup>-1</sup> de 12-31-17 (N-P-K) + 0,4% de Zinco em Cantagalo. Nos três locais a adubação nitrogenada em cobertura foi dividida em duas aplicações de uréia, totalizando 135 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a primeira realizada quando as plantas apresentavam em média 4 folhas expandidas e a segunda com 6 folhas. As sementes empregadas nos experimentos de Guarapuava e Cantagalo foram tratadas com inseticida Cropstar<sup>®</sup> (Imidacloprido) na dose de 0,35 litros para 60.000 sementes. As sementes do experimento em Laranjeiras do Sul foram tratadas com o inseticida Cruiser<sup>®</sup> 350FS (Thiametoxan) na dosagem de 0,1 litro por 100 kg de sementes. Para o manejo de plantas daninhas foi empregado o controle químico, com uso do herbicida atrazina, na dose de 5 L ha<sup>-1</sup> aos 20 dias após semeadura. Para o manejo de pragas, foram realizadas 4 aplicações dos inseticidas Nexide<sup>®</sup> (30 mL ha<sup>-1</sup>) e Lorsban<sup>®</sup> (0,5 L ha<sup>-1</sup>).

As colheitas foram realizadas em 08 de março de 2008 em Laranjeiras do Sul, em 05 de abril de 2008 em Cantagalo e no dia 10 de abril de 2008 em Guarapuava.

#### 4.4. Características avaliadas

Nos três locais foram avaliadas as seguintes características:

- a) florescimento masculino: número de dias até a emissão de pendões em 50% de plantas na parcela;
- b) prolificidade: relação entre o número de espigas por parcela e o estande final da respectiva parcela;
- c) produtividade de espigas despalhadas: por parcela, em t ha<sup>-1</sup>, corrigida para 13% de umidade, obtida pelo seguinte estimador:  $PE = PC \cdot (100 - U) / 87$   
em que:  
PE: peso de espigas despalhadas corrigido para 13% de umidade;  
PC: peso das espigas despalhadas da parcela no momento da colheita;  
U: teor de umidade dos grãos das espigas despalhadas em cada parcela.
- d) altura de planta: média da medida (em metros) amostrada de seis plantas competitivas de cada parcela, tomada desde o solo até a folha bandeira;
- e) altura de inserção da espiga: média da medida (em metros) amostrada de seis plantas competitivas de cada parcela, tomada desde o solo até a inserção da primeira espiga

## 4.5. Análises estatísticas

### 4.5.1. Análises de variância

Para cada local foi realizado a correção de estande pelo método da covariância (Ramalho et al., 2000) considerando o estande ideal de 50 plantas por parcela, após constatado efeito não significativo para o número de plantas por parcela. Inicialmente, os dados foram submetidos às análises de variância, individual para cada local e conjunta segundo o delineamento em látice, contudo esse delineamento apresentou baixa eficiência (Ramalho et al., 2000) para as características avaliadas e as análises foram então realizadas segundo o delineamento em blocos completos casualizados.

Assim, os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada local, utilizando o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$ , em que:

$Y_{ij}$ : é o valor observado do tratamento  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 81$ ), no bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ );

$m$ : é a constante inerente a todas as observações;

$t_i$ : é o efeito do tratamento  $i$ ;

$b_j$ : é o efeito do bloco  $j$ ;

$e_{il(j)}$ : é o erro experimental aleatório associado a observação  $Y_{ij}$ .  $\sim N(0, S^2e)$ .

Posteriormente, foi realizada a análise conjunta envolvendo os três locais. Para isso foi feita a constatação da homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de Hartley (Ramalho et al., 2000).

Na análise conjunta consideraram-se como de efeitos fixos as fontes de variação genótipos e locais, conforme o modelo estatístico  $Y_{ijk} = m + t_i + (b/l)_{j(k)} + l_k + (tl)_{ik} + e_{ijk}$ , em que:

$Y_{ijk}$ : é o valor observado do tratamento  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 81$ ), no bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ ), no local  $k$  ( $k = 1, 2, 3$ );

$m$ : é a constante inerente a todas as observações;

$t_i$ : é o efeito do tratamento  $i$ ;

$(b/l)_{j(k)}$ : é o efeito do bloco  $j$  dentro do local  $k$ ;

$l_k$ : é o efeito do local  $k$ ;

$(tl)_{ik}$ : é o efeito da interação entre o tratamento  $i$  e o local  $k$ ; e

$e_{ijk}$ : é o erro aleatório associado à observação  $Y_{ijk}$ .  $\sim N(0, S^2e)$ .

As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico Genes (Cruz, 2001).

#### 4.5.2. Análise dialélica

As análises das capacidades combinatórias foram realizadas de acordo com o Método 2 de Griffing (1956), considerando o modelo fixo, que estima os efeitos da capacidade geral de combinação CGC ( $\hat{g}_i$ ) de cada genitor e os efeitos da capacidade específica de combinação CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ) a partir de um conjunto de  $p$  parentais e dos  $p(p-1)/2$  híbridos  $F_1$ . Quando  $i = j$ , tem-se o efeito da CEC de um genitor cruzado consigo mesmo ( $\hat{s}_{ii}$ ); quando  $i \neq j$  tem-se o efeito da CEC de um híbrido obtido a partir de dois parentais cruzados entre si ( $\hat{s}_{ij}$ ).

As médias por tratamento e repetições foram utilizadas para as análises das capacidades combinatórias mediante o desdobramento do efeito de tratamentos em efeitos de CGC e CEC, conforme o seguinte modelo:  $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$ .

Em que:

$Y_{ij}$ : observação referente à combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i = j$ );

$m$ : média geral da população;

$g_i$  e  $g_j$ : efeitos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo e do  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$ : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os parentais de ordem  $i$  e  $j$ ;

$e_{ij}$ : erro experimental médio, associado à  $Y_{ijk}$ .

Após a realização das análises dialélicas para cada local foi realizada a análise dialélica conjunta envolvendo os três locais, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + g_i + g_j + s_{ij} + l_k + (gl)_{ik} + (gl)_{jk} + (sl)_{ijk} + e_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$ : observação referente à combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou ao genitor ( $i = j$ ), no local  $k$ ;

$m$ : média geral;

$l_k$ : efeito fixo do local  $k$ ,  $k = 1, 2, 3$ ;

$g_i$ ,  $g_j$ : efeito fixo da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo ou  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$ : efeito fixo da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$(gl)_{ik}$ ,  $(gl)_{jk}$  : efeito fixo da interação capacidades gerais de combinação x locais;

$(sl)_{ijk}$ : efeito fixo da interação capacidades específicas de combinação x locais;

$e_{ijk}$ : erro experimental.

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância para capacidade geral e capacidade específica de combinação pelo software Genes (Cruz, 2001).

#### 4.5.3. Heterose

Foram calculados os valores de heterose dos 66 cruzamentos para as cinco variáveis, com base nas médias dos três ambientes, conforme a seguinte fórmula:

$$H = F_1 - (MP_i + MP_j)/2;$$

em que:

H = heterose em relação à média dos parentais;

$F_1$  = média do híbrido  $F_1$  entre os parentais  $P_i$  e  $P_j$  ;

MP = média dos parentais  $P_i$  ou  $P_j$ .

A heterose de cada cruzamento foi também calculada em porcentagem e a significância das estimativas da heterose foi determinada pelo teste  $t$ , conforme apresentado por Fuzatto (1999).

#### 4.5.4. Divergência genética

Para a avaliação da divergência genética entre os 12 genitores, além das cinco características já mencionadas, foram avaliados outros 20 caracteres morfoagronômicos, tomados de cinco plantas competitivas por parcela, somente nos experimentos conduzidos em Guarapuava e Laranjeiras do Sul:

- a) número de internódios: média do número de internódios do solo até o pendão;
- b) comprimento do internódio: média do comprimento (em cm) do internódio abaixo da espiga;
- c) diâmetro do colmo: média do diâmetro (em cm) do internódio abaixo da espiga;
- d) comprimento da folha: média do comprimento (em metros) da folha de inserção da espiga, tomado na junção da bainha com o limbo foliar até a extremidade da folha;
- e) largura da folha: média da largura (em cm) do meio da folha de inserção da espiga;
- f) número de folhas abaixo da espiga: número médio;

- g) número de folhas acima da espiga: número médio;
- h) ângulo entre a lâmina da folha e o colmo: média de notas (1 = 20 °, 2 = 30 °, 3 = 40 °, 4 = 50 ° e 5 = 60°) do ângulo entre a lâmina da folha de inserção da espiga e o colmo;
- i) comprimento da haste principal do pendão: média do comprimento (em cm) do pendão, medido da base até a extremidade;
- j) comprimento da haste secundária do pendão: média do comprimento (em cm) da primeira ramificação lateral;
- k) número médio de ramificações secundárias do pendão;
- l) ângulo entre a haste secundária e a haste principal do pendão: média de notas (1 = 20 °, 2 = 30 °, 3 = 40 °, 4 = 50 ° e 5 = 60°) do ângulo entre a haste secundária e a principal;
- m) posição da espiga: média de notas (1 = rente ao colmo, 2 = 30 °, 3 = 45 °, 4 = 60 ° e 5 totalmente decumbente em relação ao colmo) do ângulo entre a espiga e o colmo;
- n) empalhamento: média de notas (1 = ótimo, 2 = muito bom, 3 = bom, 4 = ruim e 5 = péssimo);
- o) número médio de fileiras de grãos por espiga;
- p) número médio de grãos por fileira;
- q) comprimento da espiga: média do comprimento (em cm) da espiga, tomado da base até a extremidade;
- r) diâmetro da espiga: média do diâmetro (em cm) medido no meio da espiga;
- s) diâmetro do sabugo: média do diâmetro (em cm) medido no meio do sabugo;
- t) cor do sabugo: médias de notas (1 = roxo, 2 = vermelho escuro, 3 = vermelho claro, 4 = creme e 5 = branco).

Inicialmente foi realizada a análise de variância individual para cada local e, em seguida, foi realizada a análise conjunta dos dois locais, considerando o delineamento em blocos completos casualizados, seguindo os mesmos modelos estatísticos descritos anteriormente.

Os 12 genitores foram submetidos à análise de variância multivariada conjunta, utilizando os caracteres morfoagronômicos mencionados. Foi utilizado o software Genes (Cruz, 1997), na obtenção das estimativas das matrizes de soma de quadrados e produtos do erro.

Como medida de dissimilaridade foi estimada a distância de Mahalanobis ( $D_{ij}^2$ ) entre os genitores  $i$  e  $j$  para todas as 66 combinações. Para a formação de grupos com diferentes graus de dissimilaridade foi empregada a metodologia da dissimilaridade, através da análise multivariada, pelo método de agrupamento da ligação mais simples do

vizinho mais próximo apresentado por Johnson e Wichern (1988) a partir da matriz de dissimilaridade, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), com auxílio do software Genes (Cruz, 2001). As distâncias foram estimadas através dos escores das variáveis, avaliadas nos ambientes Laranjeiras do Sul e Guarapuava, conforme Cruz (2001).

Para verificar se a divergência genética, estimada pelas distâncias multivariadas, poderia ser utilizada de forma preditiva no sentido de identificar as combinações híbridas mais promissoras, ou seja, aquelas que apresentaram maiores estimativas de heterose e de produção de espigas despalhadas foram obtidas as correlações de Pearson (Steel e Torrie, 1980) entre  $D^2$  e as estimativas da heterose, da CEC e da média da produção de espigas despalhadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise de variância individuais

Os resultados das análises de variância individuais para os caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura espiga (AE), avaliados em cada local, estão apresentados nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativas aos 81 genótipos de milho avaliados em Laranjeiras do Sul-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.        | G.L. | QM        |                      |          |         |         |
|-------------|------|-----------|----------------------|----------|---------|---------|
|             |      | FM        | PR                   | PE       | AP      | AE      |
| Blocos      | 2    | 9,6954    | 0,0057               | 8,9324   | 0,0637  | 0,0229  |
| Tratamentos | 80   | 46,8454*  | 0,0074*              | 6,4290*  | 0,0315* | 0,0745* |
| Genitores   | 11   | 9,2803*   | 0,0081*              | 6,8159*  | 0,0414* | 0,0470* |
| Cruzamentos | 65   | 1,5690*   | 0,0073*              | 1,5155*  | 0,0229* | 0,0579* |
| Testemunhas | 2    | 128,7777* | 0,0036 <sup>ns</sup> | 29,0171* | 0,0574* | 0,5151* |
| Resíduo     | 160  | 1,2746    | 0,0041               | 2,1064   | 0,0112  | 0,0338  |
| Média       |      | 77,72     | 1,04                 | 13,35    | 2,22    | 1,17    |
| CV(%)       |      | 1,45      | 6,20                 | 10,86    | 4,77    | 15,61   |

\*significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 3. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativos aos 81 genótipos de milho avaliados em Guarapuava-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.        | G.L. | QM       |                      |                      |                      |         |
|-------------|------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|
|             |      | FM       | PR                   | PE                   | AP                   | AE      |
| Blocos      | 2    | 361,0864 | 0,0047               | 23,5884              | 1,1765               | 1,4371  |
| Tratamentos | 80   | 19,0509* | 0,0168*              | 4,7329*              | 0,0511*              | 0,0311* |
| Genitores   | 11   | 28,4924* | 0,0323*              | 89,1361*             | 0,0307 <sup>ns</sup> | 0,0362* |
| Cruzamentos | 65   | 9,5645*  | 0,0138*              | 3,8379*              | 0,0538*              | 0,0299* |
| Testemunhas | 2    | 24,3333* | 0,0009 <sup>ns</sup> | 2,9045 <sup>ns</sup> | 0,0691*              | 0,0322* |
| Resíduo     | 160  | 4,4947   | 0,0055               | 3,0263               | 0,0210               | 0,0103  |
| Média       |      | 84,04    | 1,09                 | 11,58                | 2,67                 | 1,63    |
| CV(%)       |      | 2,52     | 6,78                 | 15,01                | 5,42                 | 6,20    |

\* significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 4. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espiga (AE) relativos aos 81 genótipos de milho avaliados em Cantagalo-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.        | G.L. | QM                   |                      |          |         |         |
|-------------|------|----------------------|----------------------|----------|---------|---------|
|             |      | FM                   | PR                   | PE       | AP      | AE      |
| Blocos      | 2    | 52,9259              | 0,1781               | 2,7741   | 0,0483  | 0,0275  |
| Tratamentos | 80   | 14,1287*             | 0,0198*              | 5,6937*  | 0,0320* | 0,0269* |
| Genitores   | 11   | 24,6136*             | 0,0181 <sup>ns</sup> | 80,2494* | 0,0543* | 0,0390* |
| Cruzamentos | 65   | 7,5155*              | 0,0154 <sup>ns</sup> | 42,3391* | 0,0282* | 0,0244* |
| Testemunhas | 2    | 4,7777 <sup>ns</sup> | 0,0049 <sup>ns</sup> | 81,1739* | 0,0408* | 0,0364* |
| Resíduo     | 160  | 2,8384               | 0,0128               | 1,1022   | 0,1020  | 0,0079  |
| Média       |      | 74,20                | 1,05                 | 11,47    | 2,30    | 1,32    |
| CV(%)       |      | 2,27                 | 10,69                | 9,14     | 4,37    | 6,71    |

\* significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Os quadrados médios dos tratamentos obtidos nas análises de variância individuais mostraram-se significativos a 5% de probabilidade pelo teste F nos três locais para todas as características avaliadas, indicando a ocorrência de variação genética entre os genótipos.

Foram verificadas diferenças significativas entre os genitores nos três locais para todas as características avaliadas, exceto para AP em Guarapuava (Tabela 3) e PR em Cantagalo (Tabela 4). Com relação aos cruzamentos, somente não foi verificado efeito significativo da PR em Cantagalo (Tabela 4).

Com relação às testemunhas, foram verificadas diferenças significativas entre elas para todas as características avaliadas em Laranjeiras do Sul, exceto para PR (Tabela 2), contudo não apresentaram diferenças significativas para PR e PE em Guarapuava (Tabela 3) e para FM e PR em Cantagalo (Tabela 4).

Os valores dos coeficientes de variação dos caracteres avaliados nos diferentes locais estão dentro dos padrões normais de experimentação em milho, considerados baixos em sua maioria, segundo Scapim et al. (1995), indicando boa precisão experimental. Os coeficientes de variação apresentaram menor magnitude para a variável FM independentemente do local de condução do experimento (Tabelas 2, 3 e 4), mostrando ser este caráter menos influenciado por variações ambientais não controláveis. Os maiores valores para os coeficientes de variação foram verificados para as características AE (15,61%) em Laranjeiras do Sul (Tabela 2) e PE (15,01%) em Guarapuava (Tabela 3). Aguiar et al. (2004) obtiveram valores de 2,7% e 12% ao

analisarem as características florescimento feminino e altura de espigas, respectivamente, em análise dialélica de linhagens de milho na safrinha.

## **5.2. Análise de variância conjunta**

Os valores e as significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação experimental, com base na análise conjunta para as cinco características avaliadas em combinações híbridas, incluindo genitores e testemunhas, nos três ambientes, encontram-se na Tabela 5.

As diferenças entre os locais em nível de 5% de significância para as cinco características (Tabela 5) demonstra que, embora os locais de condução dos experimentos sejam relativamente próximos, os ambientes foram suficientemente distintos para que se detectassem diferenças significativas entre eles. Este fato também foi observado em outros trabalhos, em que foram utilizados ambientes contrastantes, como nos trabalhos de Pfann et al. (2009), Aguiar et al. (2004), Carvalho et al. (2003a) e Lemos et al. (2002).

Os coeficientes de variação da análise de variância conjunta obtidos para os cinco caracteres avaliados (Tabela 5) foram considerados baixos nos ensaios conduzidos na média dos três ambientes.

Com relação à fonte de variação ‘tratamentos’ foi verificado que os quadrados médios também foram significativos para todas as características (Tabela 5), de forma semelhante ao ocorrido para cada local isoladamente. Da mesma forma, foi verificado efeito significativo da interação ‘tratamentos x locais’ ( $p < 0,05$ ) para as características FM, PE, AP e AE, o que pressupõe comportamento diferenciado dos genótipos quanto a essas características em função das variações ambientais existentes. Já para a PR não houve efeito significativo da interação, indicando comportamento semelhante dos genótipos nos três locais. Lemos et al. (2002) também relataram efeito significativo da interação tratamentos x locais para a característica PE em avaliação de linhagens de milho superdoce, em dialelo completo avaliado em Pesqueira e Vitória de Santo Antão, PE.

Tabela 5. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) da análise conjunta e coeficientes de variação experimental, para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espiga (AE), relativas aos 81 genótipos de milho avaliados em três locais (Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo) da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.            | G.L. | QM                   |                      |           |                      |                      |
|-----------------|------|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------------|
|                 |      | FM                   | PR                   | PE        | AP                   | AE                   |
| Blocos/Locais   | 6    | 141,2359*            | 0,0628*              | 11,7649*  | 0,4104*              | 0,0495*              |
| Locais (L)      | 2    | 6042,4787*           | 0,1614*              | 269,7564* | 14,2799*             | 13,3106*             |
| Tratamentos (T) | 80   | 35,6842*             | 0,0263*              | 10,7746*  | 0,0758*              | 0,0784*              |
| Genitores (G)   | 11   | 38,0429*             | 0,0574*              | 11,7754*  | 0,0815*              | 0,1036*              |
| Cruzamentos (C) | 65   | 12,4033*             | 0,0190*              | 8,2178*   | 0,0732*              | 0,0684*              |
| Testemunhas (t) | 2    | 76,3333*             | 0,0235*              | 31,0498*  | 0,1455*              | 0,1102*              |
| G vs C          | 1    | 33,3867*             | 0,0421*              | 18,6720*  | 0,0294 <sup>ns</sup> | 0,0085*              |
| t vs C          | 1    | 144,0023*            | 0,1911*              | 117,5198* | 0,0872*              | 0,4543*              |
| T x L           | 160  | 22,1704*             | 0,0089 <sup>ns</sup> | 3,0405*   | 0,0194*              | 0,0271*              |
| G x L           | 22   | 12,1717*             | 0,0074 <sup>ns</sup> | 5,9916*   | 0,0224*              | 0,0097*              |
| C x L           | 130  | 3,1229 <sup>ns</sup> | 0,0088 <sup>ns</sup> | 2,5043*   | 0,0159 <sup>ns</sup> | 0,0126 <sup>ns</sup> |
| t x L           | 4    | 40,7778*             | 0,0037 <sup>ns</sup> | 4,4855*   | 0,0109 <sup>ns</sup> | 0,0049 <sup>ns</sup> |
| Erro médio      | 480  | 2,8692               | 0,0075               | 2,0783    | 0,0141               | 0,0173               |
| Média geral     |      | 78,65                | 1,06                 | 12,13     | 2,40                 | 1,38                 |
| CV %            |      | 2,15                 | 8,13                 | 11,87     | 4,95                 | 9,54                 |

\* significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Os quadrados médios do desdobramento dos tratamentos em genitores, cruzamentos e testemunhas foram significativos (Tabela 5). Estes resultados indicam a ocorrência de variação genética entre os genótipos dentro de cada um desses grupos. Já o contraste ‘genitores vs cruzamentos’ quando significativo, indica que em média os cruzamentos diferiram significativamente dos genitores e permite que se faça inferência sobre a heterose média dos cruzamentos do dialelo. Em relação ao contraste testemunhas (t) vs cruzamentos (C), foram observados valores significativos para os quadrados médios para todas as características avaliadas (Tabela 5). A média do PE dos cruzamentos superou a média das testemunhas em 0,930 t ha<sup>-1</sup>.

### 5.3. Agrupamento de médias

Para todas as características avaliadas a média dos 81 tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott.

### **5.3.1. Florescimento masculino (FM)**

Os valores das médias do número de dias para o florescimento masculino (FM) estão apresentados na Tabela 6, para os resultados obtidos em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo, bem como na média dos três locais. Considerando as médias dos 81 tratamentos obtidas na análise conjunta ocorreu à formação de quatro grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Guarapuava foi o local em que as plantas floresceram mais tardiamente, com média de 84 dias, apesar da semeadura ter sido feita apenas um dia antes do que em Cantagalo, que apresentou florescimento médio de 77 dias (Tabela 6). As médias de AP e AE também foram maiores em Guarapuava (Tabelas 9 e 10). Esse comportamento particular dessas características em Guarapuava pode ser atribuído a alguns fatores climáticos como temperaturas diurnas e noturnas mais amenas e temperatura do solo mais baixa, que podem causar o atraso do florescimento ou o aumento no período vegetativo da cultura do milho, conforme mencionado por Berger (1962).

Tabela 6. Valores médios do florescimento masculino (FM), em dias, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento             | Laranjeiras<br>do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média<br>(conjunta) |
|------------------------|-----------------------|------------|-----------|---------------------|
| <b>Genitor</b>         |                       |            |           |                     |
| P30F53                 | 70 b                  | 81 b       | 79 d      | 77 b                |
| P30F44                 | 70 b                  | 84 c       | 79 d      | 78 c                |
| AG 8021                | 69 a                  | 78 a       | 77 c      | 75 b                |
| GNZ 2005               | 72 b                  | 79 a       | 75 c      | 75 b                |
| GNZ 2004               | 69 a                  | 81 b       | 79 d      | 76 b                |
| Penta                  | 71 b                  | 81 b       | 79 d      | 77 b                |
| Premium Flex           | 71 b                  | 80 b       | 79 d      | 77 b                |
| Sprint                 | 68 a                  | 76 a       | 71 a      | 72 a                |
| AS 1575                | 71 b                  | 82 b       | 79 d      | 77 b                |
| 2B587                  | 67 a                  | 86 c       | 74 b      | 76 b                |
| 2B688                  | 71 b                  | 86 c       | 79 d      | 79 c                |
| DKB 234                | 67 a                  | 78 a       | 73 b      | 73 a                |
| <b>Média</b>           | <b>70</b>             | <b>81</b>  | <b>77</b> | <b>76</b>           |
| <b>Cruzamento</b>      |                       |            |           |                     |
| P30F53 x P30F44        | 80 d                  | 86 c       | 77 c      | 81 d                |
| P30F53 x AG 8021       | 79 c                  | 84 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F53 x GNZ 2005      | 79 c                  | 85 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F53 x GNZ 2004      | 80 d                  | 83 c       | 74 b      | 79 c                |
| P30F53 x Penta         | 80 d                  | 84 c       | 74 b      | 79 c                |
| P30F53 x Premium Flex  | 79 c                  | 86 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F53 x Sprint        | 79 c                  | 84 c       | 75 c      | 80 d                |
| P30F53 x AS 1575       | 80 d                  | 85 c       | 75 c      | 80 d                |
| P30F53 x 2B587         | 80 d                  | 84 c       | 76 c      | 80 d                |
| P30F53 x 2B688         | 79 c                  | 86 c       | 74 b      | 80 d                |
| P30F53 x DKB 234       | 79 c                  | 82 b       | 72 a      | 78 c                |
| P30F44 x AG 8021       | 79 c                  | 84 c       | 74 b      | 79 c                |
| P30F44 x GNZ 2005      | 80 d                  | 86 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F44 x GNZ 2004      | 80 d                  | 86 c       | 75 c      | 80 d                |
| P30F44 x Penta         | 80 d                  | 85 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F44 x Premium Flex  | 79 c                  | 86 c       | 74 b      | 80 d                |
| P30F44 x Sprint        | 79 c                  | 85 c       | 74 b      | 79 c                |
| P30F44 x AS 1575       | 80 d                  | 88 c       | 75 c      | 81 d                |
| P30F44 x 2B587         | 79 c                  | 86 c       | 73 b      | 79 c                |
| P30F44 x 2B688         | 78 c                  | 84 c       | 74 b      | 79 c                |
| P30F44 x DKB 234       | 79 c                  | 82 b       | 71 a      | 77 b                |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 79 c                  | 84 c       | 74 b      | 79 c                |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 79 c                  | 83 c       | 74 b      | 79 c                |
| AG 8021 x Penta        | 79 c                  | 84 c       | 72 a      | 78 c                |
| AG 8021 x Premium Flex | 79 c                  | 84 c       | 73 b      | 79 c                |
| AG 8021 x Sprint       | 79 c                  | 84 c       | 73 b      | 78 c                |
| AG 8021 x AS 1575      | 79 c                  | 85 c       | 76 c      | 80 d                |
| AG 8021 x 2B587        | 79 c                  | 87 c       | 73 b      | 80 d                |

Tabela 6. Continuação ...

|                         |           |   |           |   |           |   |           |   |
|-------------------------|-----------|---|-----------|---|-----------|---|-----------|---|
| AG 8021 x 2B688         | 78        | c | 83        | c | 72        | a | 78        | c |
| AG 8021 x DKB 234       | 79        | c | 82        | b | 70        | a | 77        | b |
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 81        | d | 87        | c | 74        | b | 81        | d |
| GNZ 2005 x Penta        | 80        | d | 85        | c | 72        | a | 79        | c |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 79        | c | 84        | c | 75        | c | 80        | d |
| GNZ 2005 x Sprint       | 80        | d | 85        | c | 75        | c | 80        | d |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 80        | d | 86        | c | 75        | c | 80        | d |
| GNZ 2005 x 2B587        | 80        | d | 86        | c | 74        | b | 80        | d |
| GNZ 2005 x 2B688        | 80        | d | 87        | c | 76        | c | 81        | d |
| GNZ 2005 x DKB 234      | 79        | c | 82        | b | 71        | a | 77        | b |
| GNZ 2004 x Penta        | 80        | d | 85        | c | 73        | b | 79        | c |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 80        | d | 85        | c | 74        | b | 80        | d |
| GNZ 2004 x Sprint       | 80        | d | 85        | c | 74        | b | 80        | d |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 81        | d | 87        | c | 76        | c | 81        | d |
| GNZ 2004 x 2B587        | 80        | d | 85        | c | 74        | b | 80        | d |
| GNZ 2004 x 2B688        | 80        | d | 86        | c | 75        | c | 80        | d |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 79        | c | 82        | b | 71        | a | 78        | c |
| Penta x Premium Flex    | 80        | d | 85        | c | 75        | c | 80        | d |
| Penta x Sprint          | 80        | d | 84        | c | 76        | c | 80        | d |
| Penta x AS 1575         | 80        | d | 85        | c | 76        | c | 80        | d |
| Penta x 2B587           | 80        | d | 84        | c | 74        | b | 79        | c |
| Penta x 2B688           | 79        | c | 84        | c | 74        | b | 79        | c |
| Penta x DKB 234         | 79        | c | 82        | b | 71        | a | 77        | b |
| Premium Flex x Sprint   | 81        | d | 89        | c | 76        | c | 82        | d |
| Premium Flex x AS 1575  | 83        | d | 85        | c | 76        | c | 81        | d |
| Premium Flex x 2B587    | 80        | d | 85        | c | 75        | c | 80        | d |
| Premium Flex x 2B688    | 79        | c | 86        | c | 75        | c | 80        | d |
| Premium Flex x DKB 234  | 79        | c | 78        | a | 72        | a | 76        | b |
| Sprint x AS 1575        | 80        | d | 87        | c | 75        | c | 81        | d |
| Sprint x 2B587          | 80        | d | 88        | c | 73        | b | 80        | d |
| Sprint x 2B688          | 79        | c | 84        | c | 73        | b | 79        | c |
| Sprint x DKB 234        | 78        | c | 84        | c | 72        | a | 78        | c |
| AS 1575 x 2B587         | 80        | d | 87        | c | 75        | c | 81        | d |
| AS 1575 x 2B688         | 79        | c | 84        | c | 73        | b | 79        | c |
| AS 1575 x DKB 234       | 79        | c | 85        | c | 72        | a | 78        | c |
| 2B587 x 2B688           | 80        | d | 87        | c | 76        | c | 81        | d |
| 2B587 x DKB 234         | 79        | c | 83        | c | 71        | a | 78        | c |
| 2B688 x DKB 234         | 79        | c | 83        | c | 71        | a | 78        | c |
| <b>Média</b>            | <b>79</b> |   | <b>85</b> |   | <b>74</b> |   | <b>79</b> |   |
| <b>Testemunha</b>       |           |   |           |   |           |   |           |   |
| P30R50                  | 67        | a | 81        | b | 74        | b | 74        | a |
| AS 1560                 | 79        | c | 83        | c | 72        | a | 78        | c |
| DKB 214                 | 68        | a | 77        | a | 72        | a | 72        | a |
| <b>Média</b>            | <b>71</b> |   | <b>80</b> |   | <b>73</b> |   | <b>75</b> |   |
| <b>Média geral</b>      | <b>74</b> |   | <b>84</b> |   | <b>77</b> |   | <b>78</b> |   |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 50 a 60 dias após a semeadura, pode antecipar o florescimento em dois a três dias. Esta informação converge com os resultados obtidos em Cantagalo para a característica FM, que apresentou menor ciclo vegetativo na média geral dos tratamentos.

Entre os híbridos comerciais utilizados como genitores, Sprint e DKB 234 apresentaram, na média dos três locais, florescimento mais precoce em comparação com os demais genitores, e não diferiram das testemunhas P30R50 e DKB 214, sendo que Sprint foi o único genitor classificado no grupo de menor média em todos os locais (Tabela 6). Por outro lado, os genitores 2B688 e P30F44 e a testemunha AS 1560 apresentaram florescimento masculino médio mais tardio em relação aos demais híbridos comerciais avaliados.

Com relação aos cruzamentos, considerando a média dos três locais, todos os genótipos apresentaram ciclo de florescimento masculino mais tardio em relação aos híbridos comerciais com florescimento mais precoce, Sprint e DKB 234 (genitores) e P30R50 e DKB 214 (testemunhas) (Tabela 6). Do total de 66 cruzamentos, 32 genótipos foram classificados no grupo de florescimento mais tardio.

Dentre os cruzamentos que apresentaram florescimento masculino mais antecipado (P30F44 x DKB 234, AG 8021 x DKB 234, Penta x DKB 234 e Premium Flex x DKB 234) todos apresentaram o híbrido comercial DKB 234 como um dos genitores. Cabe destacar que em Cantagalo dos 11 cruzamentos em que DKB 234 participou como genitor, todos foram classificados no grupo de florescimento mais precoce (Tabela 6).

### **5.3.2 Prolificidade (PR)**

As médias obtidas dos 81 genótipos nos três ambientes para a característica prolificidade (PR) estão apresentadas na Tabela 7. A amplitude das médias variou de 0,85 espigas por planta no genitor AS1575 em Cantagalo à 1,30 espigas por planta nos cruzamentos Sprint x DKB 234 e GNZ 2004 x DKB 234 em Guarapuava (Tabela 7). Em Laranjeiras do Sul houve a formação de dois grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e todas as testemunhas foram incluídas no grupo de menores médias, indicando baixo desempenho para a característica PR.

Tabela 7. Valores médios de prolificidade (PR), em número médio de espigas por planta, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento             | Laranjeiras do Sul | Guarapuava  | Cantagalo   | Média (conjunta) |
|------------------------|--------------------|-------------|-------------|------------------|
| <b>Genitor</b>         |                    |             |             |                  |
| P30F53                 | 0,99 b             | 0,97 c      | 1,01 a      | 0,99 a           |
| P30F44                 | 1,08 a             | 1,12 b      | 0,99 a      | 1,07 a           |
| AG 8021                | 1,03 b             | 1,09 c      | 1,05 a      | 1,06 a           |
| GNZ 2005               | 1,00 b             | 0,97 c      | 0,86 a      | 0,94 a           |
| GNZ 2004               | 1,11 a             | 1,07 c      | 1,03 a      | 1,07 a           |
| Penta                  | 1,07 a             | 1,03 c      | 0,95 a      | 1,02 a           |
| Premium Flex           | 1,05 a             | 1,12 b      | 1,14 a      | 1,10 a           |
| Sprint                 | 1,01 b             | 1,01 c      | 0,97 a      | 0,99 a           |
| AS 1575                | 1,01 b             | 1,01 c      | 0,85 a      | 0,96 a           |
| 2B587                  | 1,05 a             | 1,15 b      | 0,98 a      | 1,06 a           |
| 2B688                  | 1,02 b             | 0,98 c      | 0,88 a      | 0,96 a           |
| DKB 234                | 1,17 a             | 1,33 a      | 1,19 a      | 1,23 a           |
| <b>Média</b>           | <b>1,05</b>        | <b>1,07</b> | <b>0,99</b> | <b>1,04</b>      |
| <b>Cruzamento</b>      |                    |             |             |                  |
| P30F53 x P30F44        | 1,01 b             | 1,07 c      | 0,96 a      | 1,01 a           |
| P30F53 x AG 8021       | 0,93 b             | 1,02 c      | 1,03 a      | 0,99 a           |
| P30F53 x GNZ 2005      | 1,06 a             | 1,07 c      | 1,06 a      | 1,06 a           |
| P30F53 x GNZ 2004      | 0,99 b             | 1,02 c      | 1,00 a      | 1,00 a           |
| P30F53 x Penta         | 1,06 a             | 1,08 c      | 1,03 a      | 1,06 a           |
| P30F53 x Premium Flex  | 0,98 b             | 1,09 c      | 0,95 a      | 1,01 a           |
| P30F53 x Sprint        | 0,97 b             | 1,08 c      | 1,03 a      | 1,03 a           |
| P30F53 x AS 1575       | 1,01 b             | 1,03 c      | 1,03 a      | 1,02 a           |
| P30F53 x 2B587         | 1,01 b             | 1,03 c      | 1,04 a      | 1,03 a           |
| P30F53 x 2B688         | 1,01 b             | 1,04 c      | 1,17 a      | 1,07 a           |
| P30F53 x DKB 234       | 1,01 b             | 1,05 c      | 1,15 a      | 1,07 a           |
| P30F44 x AG 8021       | 1,03 b             | 1,07 c      | 1,13 a      | 1,08 a           |
| P30F44 x GNZ 2005      | 1,04 b             | 1,09 c      | 1,12 a      | 1,08 a           |
| P30F44 x GNZ 2004      | 1,12 a             | 1,15 b      | 1,01 a      | 1,09 a           |
| P30F44 x Penta         | 1,07 a             | 1,03 c      | 1,13 a      | 1,08 a           |
| P30F44 x Premium Flex  | 1,13 a             | 1,17 b      | 1,24 a      | 1,18 a           |
| P30F44 x Sprint        | 1,13 a             | 1,20 b      | 1,05 a      | 1,13 a           |
| P30F44 x AS 1575       | 1,01 b             | 1,03 c      | 1,05 a      | 1,03 a           |
| P30F44 x 2B587         | 1,18 a             | 1,18 b      | 1,06 a      | 1,14 a           |
| P30F44 x 2B688         | 1,06 a             | 1,09 c      | 1,07 a      | 1,07 a           |
| P30F44 x DKB 234       | 1,12 a             | 1,17 b      | 1,25 a      | 1,18 a           |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 1,07 a             | 1,16 b      | 0,93 a      | 1,05 a           |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 1,02 b             | 1,16 b      | 1,00 a      | 1,06 a           |
| AG 8021 x Penta        | 1,02 b             | 1,05 c      | 1,08 a      | 1,05 a           |
| AG 8021 x Premium Flex | 1,10 a             | 1,09 c      | 1,08 a      | 1,09 a           |
| AG 8021 x Sprint       | 1,05 a             | 1,07 c      | 1,12 a      | 1,08 a           |
| AG 8021 x AS 1575      | 1,01 b             | 1,05 c      | 0,95 a      | 1,00 a           |
| AG 8021 x 2B587        | 1,10 a             | 1,13 b      | 1,21 a      | 1,15 a           |

Tabela 7. Continuação ...

|                         |             |   |             |   |             |   |             |   |
|-------------------------|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|
| AG 8021 x 2B688         | 0,94        | b | 1,09        | c | 1,11        | a | 1,05        | a |
| AG 8021 x DKB 234       | 0,97        | b | 1,17        | b | 1,05        | a | 1,06        | a |
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 1,02        | b | 1,00        | c | 1,12        | a | 1,05        | a |
| GNZ 2005 x Penta        | 1,08        | a | 1,12        | b | 1,18        | a | 1,13        | a |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 1,04        | b | 1,10        | c | 1,16        | a | 1,10        | a |
| GNZ 2005 x Sprint       | 1,07        | a | 1,08        | c | 1,22        | a | 1,12        | a |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 1,07        | a | 1,02        | c | 1,10        | a | 1,06        | a |
| GNZ 2005 x 2B587        | 1,03        | b | 1,06        | c | 1,05        | a | 1,05        | a |
| GNZ 2005 x 2B688        | 1,03        | b | 1,01        | c | 1,01        | a | 1,01        | a |
| GNZ 2005 x DKB 234      | 1,04        | b | 1,22        | a | 1,10        | a | 1,12        | a |
| GNZ 2004 x Penta        | 1,13        | a | 1,08        | c | 1,16        | a | 1,12        | a |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 1,06        | a | 1,06        | c | 0,99        | a | 1,03        | a |
| GNZ 2004 x Sprint       | 1,08        | a | 1,15        | b | 1,05        | a | 1,09        | a |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 1,02        | b | 1,05        | c | 1,03        | a | 1,03        | a |
| GNZ 2004 x 2B587        | 1,11        | a | 1,14        | b | 1,11        | a | 1,12        | a |
| GNZ 2004 x 2B688        | 1,08        | a | 1,07        | c | 1,08        | a | 1,07        | a |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 1,01        | b | 1,30        | a | 1,08        | a | 1,13        | a |
| Penta x Premium Flex    | 1,04        | b | 1,11        | c | 1,09        | a | 1,08        | a |
| Penta x Sprint          | 1,05        | a | 1,05        | c | 1,02        | a | 1,04        | a |
| Penta x AS 1575         | 0,99        | b | 1,12        | b | 1,03        | a | 1,05        | a |
| Penta x 2B587           | 1,06        | a | 1,08        | c | 0,96        | a | 1,03        | a |
| Penta x 2B688           | 1,06        | a | 1,07        | c | 1,03        | a | 1,05        | a |
| Penta x DKB 234         | 1,05        | a | 1,13        | b | 1,09        | a | 1,09        | a |
| Premium Flex x Sprint   | 1,10        | a | 1,11        | c | 1,06        | a | 1,09        | a |
| Premium Flex x AS 1575  | 1,09        | a | 1,14        | b | 1,17        | a | 1,13        | a |
| Premium Flex x 2B587    | 1,10        | a | 1,19        | b | 1,08        | a | 1,12        | a |
| Premium Flex x 2B688    | 1,04        | b | 1,02        | c | 1,07        | a | 1,04        | a |
| Premium Flex x DKB 234  | 1,11        | a | 1,10        | c | 1,14        | a | 1,12        | a |
| Sprint x AS 1575        | 1,02        | b | 1,10        | c | 1,05        | a | 1,06        | a |
| Sprint x 2B587          | 1,06        | a | 1,10        | c | 1,01        | a | 1,06        | a |
| Sprint x 2B688          | 0,96        | b | 1,13        | b | 1,03        | a | 1,04        | a |
| Sprint x DKB 234        | 1,06        | a | 1,30        | a | 1,14        | a | 1,17        | a |
| AS 1575 x 2B587         | 1,00        | b | 1,06        | c | 1,05        | a | 1,04        | a |
| AS 1575 x 2B688         | 0,99        | b | 1,07        | c | 1,05        | a | 1,03        | a |
| AS 1575 x DKB 234       | 1,08        | a | 1,22        | a | 1,13        | a | 1,14        | a |
| 2B587 x 2B688           | 1,00        | b | 1,03        | c | 0,95        | a | 1,00        | a |
| 2B587 x DKB 234         | 1,07        | a | 1,26        | a | 1,03        | a | 1,12        | a |
| 2B688 x DKB 234         | 1,02        | b | 1,20        | b | 1,10        | a | 1,11        | a |
| <b>Média</b>            | <b>1,05</b> |   | <b>1,10</b> |   | <b>1,07</b> |   | <b>1,07</b> |   |
| <b>Testemunha</b>       |             |   |             |   |             |   |             |   |
| P30R50                  | 1,03        | b | 1,03        | c | 0,99        | a | 1,02        | a |
| AS 1560                 | 0,96        | b | 1,00        | c | 1,05        | a | 1,00        | a |
| DKB 214                 | 0,98        | b | 1,01        | c | 0,97        | a | 0,98        | a |
| <b>Média</b>            | <b>0,99</b> |   | <b>1,01</b> |   | <b>1,00</b> |   | <b>1,00</b> |   |
| <b>Média geral</b>      | <b>1,04</b> |   | <b>1,09</b> |   | <b>1,05</b> |   | <b>1,06</b> |   |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em Guarapuava houve a formação de três grupos e o genitor DKB 234 teve o desempenho superior estatisticamente em relação aos demais genitores, com média de 1,33 e também teve participação nos cruzamentos mais prolíficos, ou seja, GNZ 2004 x DKB 234 e Sprint x DKB 234 (1,30), 2B587 x DKB 234 (1,26) e GNZ 2005 x DKB 234 e AS 1575 x DKB 234 (1,22) (Tabela 7). Cabe ressaltar que o híbrido DKB 234 foi o único classificado no grupo de genitores mais prolíficos nos três locais de avaliação.

Em Cantagalo para a característica PR não houve a formação de grupos distintos entre as médias dos 81 tratamentos pelo teste de Scott-Knott (5%) (Tabela 7), indicando que não diferiram estatisticamente para o caráter. Locatelli et al. (2002) relataram valores médios encontrados de 1,01 e 1,09 para a característica PR em Não me Toque e Tapera (RS) em estudo sobre a capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho.

O teste de Scott-Knott a 5% aplicado às médias de PR obtidas a partir da análise conjunta demonstra que não houve separação de grupos (Tabela 7), indicando não haver diferenças entre o comportamento médio dos genótipos considerando os três locais.

### **5.3.3. Produção de espigas despalhadas (PE)**

A característica produção de espigas despalhadas (PE) teve comportamento médio considerado alto, atingindo 13,35 t ha<sup>-1</sup>, 11,58 t ha<sup>-1</sup> e 11,47 t ha<sup>-1</sup> em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo, respectivamente (Tabela 8). Houve efeito significativo dos locais, bem como da interação ‘tratamentos x locais’ (Tabela 5), indicando que os genótipos não mantiveram a mesma ordem de mérito frente as variações ambientais.

Em cada um dos três locais os genótipos foram separados em três grupos distintos pelo teste de Scott-Knott. Já considerando o desempenho médio dos três locais houve a formação de apenas dois grupos (Tabela 8). Vários experimentos de análise dialélica em milho relatam diferenças significativas entre os genótipos avaliados quanto ao rendimento de grãos (Melo et al., 2001, Fuzatto et al., 2002; Aguiar et al., 2004).

Tabela 8. Valores médios da produção de espigas despalhadas (PE), em t ha<sup>-1</sup>, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento             | Laranjeiras do Sul |   | Guarapuava   |   | Cantagalo    |   | Média (conjunta) |   |
|------------------------|--------------------|---|--------------|---|--------------|---|------------------|---|
| <b>Genitor</b>         |                    |   |              |   |              |   |                  |   |
| P30F53                 | 12,76              | b | 11,55        | b | 13,51        | a | 12,61            | a |
| P30F44                 | 12,89              | b | 11,27        | b | 9,88         | c | 11,35            | b |
| AG 8021                | 11,95              | b | 10,53        | c | 8,98         | c | 10,49            | b |
| GNZ 2005               | 11,45              | c | 10,19        | c | 7,65         | c | 9,76             | b |
| GNZ 2004               | 10,87              | c | 11,72        | b | 9,07         | c | 10,55            | b |
| Penta                  | 13,52              | a | 6,96         | c | 11,82        | a | 10,77            | b |
| Premium Flex           | 13,13              | a | 9,58         | c | 10,54        | b | 11,08            | b |
| Sprint                 | 10,70              | c | 10,29        | c | 8,42         | c | 9,81             | b |
| AS 1575                | 14,14              | a | 13,26        | a | 10,04        | b | 12,48            | a |
| 2B587                  | 12,89              | b | 12,85        | b | 11,95        | a | 12,56            | a |
| 2B688                  | 15,38              | a | 12,67        | b | 10,27        | b | 12,77            | a |
| DKB 234                | 10,28              | c | 10,05        | c | 9,85         | b | 10,06            | b |
| <b>Média</b>           | <b>12,50</b>       |   | <b>12,76</b> |   | <b>10,17</b> |   | <b>11,19</b>     |   |
| <b>Cruzamento</b>      |                    |   |              |   |              |   |                  |   |
| P30F53 x P30F44        | 14,19              | a | 10,62        | c | 9,96         | b | 11,59            | a |
| P30F53 x AG 8021       | 11,84              | b | 11,68        | b | 11,89        | a | 11,81            | a |
| P30F53 x GNZ 2005      | 14,46              | a | 11,32        | b | 11,63        | a | 12,47            | a |
| P30F53 x GNZ 2004      | 15,21              | a | 12,80        | b | 11,19        | a | 13,07            | a |
| P30F53 x Penta         | 16,39              | a | 11,82        | b | 12,73        | a | 13,64            | a |
| P30F53 x Premium Flex  | 13,29              | a | 11,82        | b | 11,77        | a | 12,29            | a |
| P30F53 x Sprint        | 14,13              | a | 12,38        | b | 14,23        | a | 13,58            | a |
| P30F53 x AS 1575       | 13,70              | a | 13,75        | a | 12,39        | a | 13,28            | a |
| P30F53 x 2B587         | 13,84              | a | 12,04        | b | 11,16        | a | 12,35            | a |
| P30F53 x 2B688         | 13,75              | a | 12,19        | b | 12,09        | a | 12,68            | a |
| P30F53 x DKB 234       | 12,01              | b | 11,37        | b | 11,85        | a | 11,75            | a |
| P30F44 x AG 8021       | 13,25              | a | 11,28        | b | 12,08        | a | 12,20            | a |
| P30F44 x GNZ 2005      | 12,97              | b | 11,37        | b | 12,72        | a | 12,35            | a |
| P30F44 x GNZ 2004      | 15,33              | a | 11,15        | c | 11,48        | a | 12,65            | a |
| P30F44 x Penta         | 15,00              | a | 11,03        | c | 12,49        | a | 12,84            | a |
| P30F44 x Premium Flex  | 14,74              | a | 12,28        | b | 12,51        | a | 13,18            | a |
| P30F44 x Sprint        | 16,90              | a | 12,35        | b | 13,76        | a | 14,34            | a |
| P30F44 x AS 1575       | 14,68              | a | 11,64        | b | 13,33        | a | 13,22            | a |
| P30F44 x 2B587         | 13,56              | a | 12,20        | b | 12,12        | a | 12,63            | a |
| P30F44 x 2B688         | 13,31              | a | 14,04        | a | 13,59        | a | 13,65            | a |
| P30F44 x DKB 234       | 13,40              | a | 12,40        | b | 12,12        | a | 12,64            | a |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 14,22              | a | 12,99        | b | 10,97        | b | 12,73            | a |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 13,08              | a | 12,35        | b | 10,83        | b | 12,09            | a |
| AG 8021 x Penta        | 14,18              | a | 9,98         | c | 12,26        | a | 12,14            | a |
| AG 8021 x Premium Flex | 15,03              | a | 11,13        | c | 12,14        | a | 12,77            | a |
| AG 8021 x Sprint       | 14,26              | a | 11,68        | b | 10,95        | b | 12,30            | a |
| AG 8021 x AS 1575      | 13,79              | a | 12,30        | b | 11,02        | b | 12,37            | a |
| AG 8021 x 2B587        | 12,19              | b | 12,41        | b | 12,08        | a | 12,22            | a |

Tabela 8. Continuação ...

|                         |              |   |              |   |              |   |              |   |
|-------------------------|--------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|---|
| AG 8021 x 2B688         | 11,34        | c | 12,18        | b | 11,65        | a | 11,73        | a |
| AG 8021 x DKB 234       | 12,58        | b | 12,42        | b | 10,45        | b | 11,82        | a |
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 10,45        | c | 10,01        | c | 10,18        | b | 10,22        | b |
| GNZ 2005 x Penta        | 14,05        | a | 10,86        | c | 12,61        | a | 12,51        | a |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 13,50        | a | 11,25        | b | 12,34        | a | 12,37        | a |
| GNZ 2005 x Sprint       | 14,30        | a | 10,78        | c | 12,08        | a | 12,39        | a |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 13,04        | a | 11,94        | b | 12,59        | a | 12,52        | a |
| GNZ 2005 x 2B587        | 12,11        | b | 11,48        | b | 10,74        | b | 11,44        | b |
| GNZ 2005 x 2B688        | 12,35        | b | 11,50        | b | 10,60        | b | 11,48        | b |
| GNZ 2005 x DKB 234      | 12,12        | b | 11,77        | b | 11,22        | a | 11,70        | a |
| GNZ 2004 x Penta        | 14,78        | a | 11,54        | b | 13,31        | a | 13,21        | a |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 13,00        | b | 10,30        | c | 11,30        | a | 11,53        | b |
| GNZ 2004 x Sprint       | 14,21        | a | 10,87        | c | 10,50        | b | 11,86        | a |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 15,07        | a | 11,58        | b | 11,77        | a | 12,80        | a |
| GNZ 2004 x 2B587        | 13,10        | a | 13,54        | a | 12,71        | a | 13,12        | a |
| GNZ 2004 x 2B688        | 14,37        | a | 12,63        | b | 12,28        | a | 13,09        | a |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 12,36        | b | 12,15        | b | 10,37        | b | 11,63        | a |
| Penta x Premium Flex    | 13,54        | a | 9,70         | c | 10,41        | b | 11,22        | b |
| Penta x Sprint          | 11,45        | c | 9,64         | c | 7,99         | c | 9,70         | b |
| Penta x AS 1575         | 13,91        | a | 10,27        | b | 11,91        | a | 12,03        | a |
| Penta x 2B587           | 13,52        | a | 12,84        | b | 11,31        | a | 12,56        | a |
| Penta x 2B688           | 14,30        | a | 12,98        | b | 12,76        | a | 13,35        | a |
| Penta x DKB 234         | 13,51        | a | 9,94         | c | 11,88        | a | 11,78        | a |
| Premium Flex x Sprint   | 9,03         | c | 8,61         | c | 7,06         | c | 8,23         | b |
| Premium Flex x AS 1575  | 12,36        | b | 11,94        | b | 12,01        | a | 12,11        | a |
| Premium Flex x 2B587    | 15,81        | a | 11,86        | b | 12,52        | a | 13,40        | a |
| Premium Flex x 2B688    | 14,43        | a | 13,09        | a | 11,24        | a | 12,92        | a |
| Premium Flex x DKB 234  | 12,24        | b | 10,16        | b | 11,36        | a | 11,25        | b |
| Sprint x AS 1575        | 13,33        | a | 11,64        | b | 11,75        | a | 12,24        | a |
| Sprint x 2B587          | 13,43        | a | 13,23        | a | 12,45        | a | 13,04        | a |
| Sprint x 2B688          | 13,33        | a | 12,24        | b | 11,44        | a | 12,33        | a |
| Sprint x DKB 234        | 12,93        | b | 10,62        | c | 11,82        | a | 11,79        | a |
| AS 1575 x 2B587         | 14,17        | a | 12,13        | b | 13,67        | a | 13,32        | a |
| AS 1575 x 2B688         | 14,99        | a | 14,92        | a | 11,53        | a | 13,81        | a |
| AS 1575 x DKB 234       | 12,65        | b | 10,74        | c | 12,79        | a | 12,06        | a |
| 2B587 x 2B688           | 13,86        | a | 11,34        | b | 10,20        | b | 11,80        | a |
| 2B587 x DKB 234         | 12,61        | b | 12,45        | b | 11,58        | a | 12,21        | a |
| 2B688 x DKB 234         | 14,11        | a | 13,29        | a | 12,52        | a | 13,31        | a |
| <b>Média</b>            | <b>13,56</b> |   | <b>11,74</b> |   | <b>11,73</b> |   | <b>12,34</b> |   |
| <b>Testemunha</b>       |              |   |              |   |              |   |              |   |
| P30R50                  | 15,81        | a | 11,94        | b | 12,91        | a | 13,55        | a |
| AS 1560                 | 10,74        | c | 9,98         | c | 10,70        | b | 10,47        | b |
| DKB 214                 | 10,16        | c | 10,79        | c | 9,69         | b | 10,21        | b |
| <b>Média</b>            | <b>12,24</b> |   | <b>10,90</b> |   | <b>11,10</b> |   | <b>11,41</b> |   |
| <b>Média geral</b>      | <b>13,35</b> |   | <b>11,58</b> |   | <b>11,47</b> |   | <b>12,13</b> |   |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em Laranjeiras do Sul os híbridos comerciais 2B688 (15,38 t ha<sup>-1</sup>), AS 1575 (14,14 t ha<sup>-1</sup>), Penta (13,52 t ha<sup>-1</sup>) e Premium Flex (13,13 t ha<sup>-1</sup>) apresentaram PE significativamente superior aos demais genitores e não diferiram significativamente da testemunha mais produtiva P30R50 (15,81 t ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, DKB 234 (10,28 t ha<sup>-1</sup>), Sprint (10,70 t ha<sup>-1</sup>), GNZ 2004 (10,87 t ha<sup>-1</sup>) e GNZ 2005 (11,45 t ha<sup>-1</sup>) formaram o grupo de médias com as mais baixas magnitudes para PE (Tabela 8), não diferindo das testemunhas AS 1575 (10,74 t ha<sup>-1</sup>) e DKB 214 (10,16 t ha<sup>-1</sup>), de pior desempenho.

Dos 66 cruzamentos avaliados em Laranjeiras do Sul, 47 estão incluídos no grupo de maiores médias de PE, não diferindo da testemunha mais produtiva P30R50 (15,81 t ha<sup>-1</sup>), o que representa um amplo número de cruzamentos favoráveis para dar seqüência aos trabalhos de melhoramento. Destacaram-se negativamente quanto ao PE os cruzamentos GNZ 2005 x GNZ 2004 (10,45 t ha<sup>-1</sup>), Penta x Sprint (11,45 t ha<sup>-1</sup>) e Premium Flex x Sprint (9,03 t ha<sup>-1</sup>), obtidos a partir de híbridos de uma mesma empresa.

Em Guarapuava, entre os genitores, o híbrido AS 1575 destacou-se com maior PE (13,26 t ha<sup>-1</sup>), superando inclusive a testemunha mais produtiva, o híbrido P30R50 (11,94 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 8). Embora o híbrido Penta tenha apresentado o menor valor para PE (6,96 t ha<sup>-1</sup>), não diferiu significativamente ( $p>0,05$ ) dos genitores Premium Flex (9,58 t ha<sup>-1</sup>), DKB 234 (10,05 t ha<sup>-1</sup>), GNZ 2005 (10,19 t ha<sup>-1</sup>) e Sprint (10,29 t ha<sup>-1</sup>).

Dos 66 cruzamentos avaliados em Guarapuava, sete [AS 1575 x 2B688 (14,93 t ha<sup>-1</sup>), P30F44 x 2B688 (14,04 t ha<sup>-1</sup>), P30F53 x AS 1575 (13,75 t ha<sup>-1</sup>), GNZ 2004 x 2B587 (13,54 t ha<sup>-1</sup>), 2B688 x DKB 234 (13,29 t ha<sup>-1</sup>), Sprint x 2B587 (13,23 t ha<sup>-1</sup>) e Premium Flex x 2B688 (13,09 t ha<sup>-1</sup>)] apresentaram valores de PE superiores às três testemunhas (Tabela 8), sendo que quatro possuem 2B688 como um dos genitores.

Em Cantagalo os genitores com maior PE foram P30F53 (13,51 t ha<sup>-1</sup>), 2B587 (11,95 t ha<sup>-1</sup>) e Penta (11,82 t ha<sup>-1</sup>), que não demonstraram diferença estatística em relação à testemunha P30R50, de melhor desempenho produtivo (12,91 t ha<sup>-1</sup>), contudo diferiram estatisticamente dos demais genitores. Os genitores GNZ 2005 (7,65 t ha<sup>-1</sup>), AG8021 (8,98 t ha<sup>-1</sup>), Sprint (8,42 t ha<sup>-1</sup>) e GNZ 2004 (9,07 t ha<sup>-1</sup>) estão incluídos no grupo de menor média (Tabela 8), demonstrando menor adaptação desses híbrido em Cantagalo.

Os cruzamentos Penta x Sprint (7,99 t ha<sup>-1</sup>) e Premium Flex x Sprint (7,06 t ha<sup>-1</sup>) apresentaram o pior desempenho em relação aos demais cruzamentos e às testemunhas (Tabela 8).

Dos 11 cruzamentos em que P30F44 participou como um dos genitores, dez foram incluídos no grupo de maior PE, não diferindo da testemunha mais produtiva P30R50 e superando inclusive o desempenho do próprio híbrido P30F44, tanto em Laranjeiras do Sul quanto em Cantagalo (Tabela 8). Considerando a produção média de espigas despalhadas nos três locais, todos os cruzamentos em que os híbridos P30F44, P30F53, AG8021 e AS1575 participaram como genitores foram classificados no grupo de maior PE.

Entre os 66 cruzamentos avaliados, apenas sete (P30F53 x AS 1575, P30F44 x 2B688, GNZ 2004 x 2B587, Premium Flex x 2B688, Sprint x 2B587, AS 1575 x 2B688 e 2B688 x DKB 234) estão incluídos no grupo dos genótipos com maior desempenho quanto ao PE em todos os três locais de avaliação (Tabela 8), comportamento este que nenhum dos genitores ou testemunhas apresentou.

#### **5.3.4. Altura de Planta (AP)**

Para a característica altura de planta (AP) foi verificado efeito significativo dos locais, bem como da interação 'tratamentos x locais' (Tabela 5), indicando que o comportamento dos genótipos não foi coincidente nos três locais de avaliação. A maior média para AP foi verificada em Guarapuava (2,67 m), seguida por Cantagalo (2,30 m) e Laranjeiras do Sul (2,22 m) (Tabela 9). O teste de Scott-Knott proporcionou a formação de dois grupos de médias para cada um dos ambientes, bem como na média dos locais (Tabela 9).

Scapim et al. (2002) em avaliação da capacidade combinatória e heterose de nove populações de milho pipoca, observaram para a característica AP a formação de quatro grupos de médias pelo teste de Scott-Knott.

Em Laranjeiras do Sul quatro genitores (P30F53, Penta, Sprint e 2B587) apresentaram as menores médias de AP e não diferiram significativamente das testemunhas AS 1560 e DKB 214 (Tabela 9). Dentre os 66 cruzamentos, 50 foram incluídos no grupo dos genótipos de plantas mais baixas.

Tabela 9. Valores médios da altura de planta (AP), em metros, de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento             | Laranjeiras do Sul |   | Guarapuava  |   | Cantagalo   |   | Média (conjunta) |   |
|------------------------|--------------------|---|-------------|---|-------------|---|------------------|---|
| <b>Genitor</b>         |                    |   |             |   |             |   |                  |   |
| P30F53                 | 2,21               | a | 2,57        | a | 2,23        | a | 2,34             | a |
| P30F44                 | 2,31               | b | 2,52        | a | 2,19        | a | 2,34             | a |
| AG 8021                | 2,48               | b | 2,80        | b | 2,41        | b | 2,56             | b |
| GNZ 2005               | 2,41               | b | 2,74        | b | 2,08        | a | 2,41             | b |
| GNZ 2004               | 2,41               | b | 2,69        | b | 2,41        | b | 2,50             | b |
| Penta                  | 2,18               | a | 2,71        | b | 2,31        | b | 2,40             | b |
| Premium Flex           | 2,29               | b | 2,66        | a | 2,41        | b | 2,45             | b |
| Sprint                 | 2,17               | a | 2,45        | a | 2,09        | a | 2,24             | a |
| AS 1575                | 2,48               | b | 2,63        | a | 2,21        | a | 2,44             | b |
| 2B587                  | 2,16               | a | 2,63        | a | 2,19        | a | 2,33             | a |
| 2B688                  | 2,35               | b | 2,63        | a | 2,22        | a | 2,40             | b |
| DKB 234                | 2,38               | b | 2,76        | b | 2,50        | b | 2,55             | b |
| <b>Média</b>           | <b>2,32</b>        |   | <b>2,65</b> |   | <b>2,27</b> |   | <b>2,41</b>      |   |
| <b>Cruzamento</b>      |                    |   |             |   |             |   |                  |   |
| P30F53 x P30F44        | 2,17               | a | 2,56        | a | 2,19        | a | 2,31             | a |
| P30F53 x AG 8021       | 2,07               | a | 2,74        | b | 2,25        | a | 2,35             | a |
| P30F53 x GNZ 2005      | 2,16               | a | 2,55        | a | 2,16        | a | 2,29             | a |
| P30F53 x GNZ 2004      | 2,29               | b | 2,67        | a | 2,22        | a | 2,39             | a |
| P30F53 x Penta         | 2,16               | a | 2,46        | a | 2,23        | a | 2,28             | a |
| P30F53 x Premium Flex  | 2,10               | a | 2,71        | b | 2,24        | a | 2,35             | a |
| P30F53 x Sprint        | 2,19               | a | 2,36        | a | 2,22        | a | 2,26             | a |
| P30F53 x AS 1575       | 2,24               | a | 2,68        | b | 2,29        | a | 2,40             | b |
| P30F53 x 2B587         | 2,12               | a | 2,52        | a | 2,07        | a | 2,24             | a |
| P30F53 x 2B688         | 2,06               | a | 2,61        | a | 2,15        | a | 2,28             | a |
| P30F53 x DKB 234       | 2,11               | a | 2,60        | a | 2,30        | b | 2,33             | a |
| P30F44 x AG 8021       | 2,22               | a | 2,61        | a | 2,35        | b | 2,39             | a |
| P30F44 x GNZ 2005      | 2,17               | a | 2,60        | a | 2,25        | a | 2,34             | a |
| P30F44 x GNZ 2004      | 2,38               | b | 2,75        | b | 2,39        | b | 2,51             | b |
| P30F44 x Penta         | 2,09               | a | 2,64        | a | 2,18        | a | 2,31             | a |
| P30F44 x Premium Flex  | 2,13               | a | 2,66        | a | 2,37        | b | 2,39             | a |
| P30F44 x Sprint        | 2,16               | a | 2,51        | a | 2,40        | b | 2,36             | a |
| P30F44 x AS 1575       | 2,21               | a | 2,71        | b | 2,36        | b | 2,43             | b |
| P30F44 x 2B587         | 2,20               | a | 2,56        | a | 2,33        | b | 2,36             | a |
| P30F44 x 2B688         | 2,06               | a | 2,33        | a | 2,27        | a | 2,22             | a |
| P30F44 x DKB 234       | 2,27               | b | 2,64        | a | 2,39        | b | 2,43             | b |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 2,43               | b | 2,79        | b | 2,36        | b | 2,53             | b |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 2,33               | b | 2,85        | b | 2,41        | b | 2,53             | b |
| AG 8021 x Penta        | 2,23               | a | 2,75        | b | 2,35        | b | 2,45             | b |
| AG 8021 x Premium Flex | 2,34               | b | 3,02        | b | 2,48        | b | 2,61             | b |
| AG 8021 x Sprint       | 2,43               | b | 2,86        | b | 2,55        | b | 2,61             | b |
| AG 8021 x AS 1575      | 2,30               | b | 2,80        | b | 2,39        | b | 2,50             | b |
| AG 8021 x 2B587        | 2,17               | a | 2,66        | a | 2,31        | b | 2,38             | a |

Tabela 9. Continuação ...

|                         |             |   |             |   |             |   |             |   |
|-------------------------|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|
| AG 8021 x 2B688         | 2,19        | a | 2,71        | b | 2,41        | b | 2,44        | b |
| AG 8021 x DKB 234       | 2,19        | a | 2,71        | b | 2,38        | b | 2,43        | b |
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 2,17        | a | 2,68        | b | 2,24        | a | 2,36        | a |
| GNZ 2005 x Penta        | 2,26        | b | 2,58        | a | 2,27        | a | 2,37        | a |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 2,23        | a | 2,97        | b | 2,36        | b | 2,52        | b |
| GNZ 2005 x Sprint       | 2,17        | a | 2,62        | a | 2,37        | b | 2,39        | a |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 2,25        | a | 2,84        | b | 2,31        | b | 2,47        | b |
| GNZ 2005 x 2B587        | 2,23        | a | 2,85        | b | 2,19        | a | 2,42        | b |
| GNZ 2005 x 2B688        | 2,17        | a | 2,73        | b | 2,37        | b | 2,43        | b |
| GNZ 2005 x DKB 234      | 2,27        | b | 2,81        | b | 2,33        | b | 2,47        | b |
| GNZ 2004 x Penta        | 2,27        | b | 2,61        | a | 2,42        | b | 2,43        | b |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 2,22        | a | 2,84        | b | 2,47        | b | 2,51        | b |
| GNZ 2004 x Sprint       | 2,34        | b | 2,84        | b | 2,46        | b | 2,55        | b |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 2,37        | b | 2,80        | b | 2,44        | b | 2,53        | b |
| GNZ 2004 x 2B587        | 2,16        | a | 2,67        | a | 2,36        | b | 2,40        | b |
| GNZ 2004 x 2B688        | 2,25        | a | 2,86        | b | 2,29        | a | 2,47        | b |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 2,33        | b | 2,91        | b | 2,38        | b | 2,54        | b |
| Penta x Premium Flex    | 2,19        | a | 2,57        | a | 2,22        | a | 2,32        | a |
| Penta x Sprint          | 2,10        | a | 2,55        | a | 2,25        | a | 2,30        | a |
| Penta x AS 1575         | 2,17        | a | 2,67        | a | 2,38        | b | 2,41        | b |
| Penta x 2B587           | 2,11        | a | 2,52        | a | 2,12        | a | 2,25        | a |
| Penta x 2B688           | 2,08        | a | 2,47        | a | 2,20        | a | 2,25        | a |
| Penta x DKB 234         | 2,14        | a | 2,66        | a | 2,38        | b | 2,40        | b |
| Premium Flex x Sprint   | 2,13        | a | 2,47        | a | 2,30        | b | 2,30        | a |
| Premium Flex x AS 1575  | 2,38        | b | 2,70        | b | 2,35        | b | 2,47        | b |
| Premium Flex x 2B587    | 2,14        | a | 2,76        | b | 2,32        | b | 2,41        | b |
| Premium Flex x 2B688    | 2,20        | a | 2,73        | b | 2,31        | b | 2,41        | b |
| Premium Flex x DKB 234  | 2,24        | a | 2,68        | b | 2,38        | b | 2,43        | b |
| Sprint x AS 1575        | 2,33        | b | 2,85        | b | 2,35        | b | 2,51        | b |
| Sprint x 2B587          | 2,21        | a | 2,71        | b | 2,30        | b | 2,41        | b |
| Sprint x 2B688          | 2,12        | a | 2,66        | a | 2,23        | a | 2,34        | a |
| Sprint x DKB 234        | 2,25        | a | 2,80        | b | 2,44        | b | 2,49        | b |
| AS 1575 x 2B587         | 2,17        | a | 2,63        | a | 2,23        | a | 2,34        | a |
| AS 1575 x 2B688         | 2,20        | a | 2,74        | b | 2,26        | a | 2,40        | b |
| AS 1575 x DKB 234       | 2,22        | a | 2,77        | b | 2,46        | b | 2,49        | b |
| 2B587 x 2B688           | 2,12        | a | 2,72        | b | 2,14        | a | 2,33        | a |
| 2B587 x DKB 234         | 2,16        | a | 2,66        | a | 2,19        | a | 2,34        | a |
| 2B688 x DKB 234         | 2,20        | a | 2,76        | b | 2,38        | b | 2,45        | b |
| <b>Média</b>            | <b>2,21</b> |   | <b>2,69</b> |   | <b>2,31</b> |   | <b>2,40</b> |   |
| Testemunha              |             |   |             |   |             |   |             |   |
| P30R50                  | 2,27        | b | 2,75        | b | 2,34        | b | 2,45        | b |
| AS 1560                 | 2,12        | a | 2,58        | a | 2,39        | b | 2,37        | a |
| DKB 214                 | 1,99        | a | 2,44        | a | 2,17        | a | 2,20        | a |
| <b>Média</b>            | <b>2,13</b> |   | <b>2,59</b> |   | <b>2,30</b> |   | <b>2,34</b> |   |
| <b>Média geral</b>      | <b>2,22</b> |   | <b>2,67</b> |   | <b>2,30</b> |   | <b>2,40</b> |   |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em Guarapuava, que apresenta maior altitude e menor temperatura média diurna e noturna, as plantas apresentaram-se mais altas do que nos demais ambientes, porém a média de produção de espigas despalhadas foi inferior à obtida em Laranjeiras do Sul (Tabela 8). Esse comportamento contradiz com o relatado por Fancelli e Dourado Neto (2000), de que temperaturas mais elevadas no período da noite promovem um maior consumo energético em função do aumento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, ocorrendo, conseqüentemente, redução no rendimento da cultura do milho. Carvalho (2004) em avaliação sobre a capacidade de combinação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em dois locais, constatou maior rendimento de espigas e maior altura de plantas no ambiente com maior altitude e menor temperatura noturna. Contudo, no presente trabalho, deve ser considerada a época de semeadura dos experimentos, pois, em Laranjeiras do Sul o ensaio foi instalado com antecipação de 18 dias em relação a Guarapuava, devido o período de estiagem prolongado que proporcionou atraso na semeadura.

Em Cantagalo, duas das testemunhas (P30R50 e AS 1560) foram incluídas no grupo dos genótipos de maior AP (Tabela 9).

Os híbridos comerciais P30F53, Sprint e 2B587, utilizados como genitores, e a testemunha DKB 214 foram classificados no grupo de genótipos com menor AP nos três ambientes de avaliação. Com relação ao P30F53, dos 11 cruzamentos em que foi empregado como genitor, dez estão incluídos no grupo de menor AP, não diferindo da testemunha DKB 214, tanto em Laranjeiras do Sul quanto em Cantagalo, bem como também na média dos locais (Tabela 9). Da mesma forma, dos 11 cruzamentos em que o híbrido Penta participou como um dos genitores, dez foram incluídos no grupo de menor AP em Guarapuava e nove em Laranjeiras do Sul, não diferindo das testemunhas DKB214 e AS 1560 (Tabela 9). Esses resultados indicam os efeitos positivos desses híbridos quanto à AP, uma vez que são desejáveis genótipos com porte mais baixo.

Dentre os 66 cruzamentos, a combinação P30F44 x 2B688 apresentou a menor magnitude para AP e, juntamente com mais 29 combinações, formaram o grupo dos cruzamentos de menor estatura.

Altas médias de AP indicam maior suscetibilidade das plantas a problemas de acamamento antes da realização da colheita, o que é uma preocupação quando se cultivam genótipos altos, em razão de ventos que ocorrem com maior frequência na região de Guarapuava.

### 5.3.5. Altura de espiga (AE)

Houve a formação de três grupos de médias para Cantagalo e Laranjeiras do Sul e somente dois grupos para Guarapuava, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 10).

No que se refere à altura de espiga (AE), igualmente ao que ocorreu com AP, Guarapuava apresentou a maior média (1,63 m), seguida por Cantagalo (1,32 m) e por fim, Laranjeiras do Sul (1,17 m). Considerando a análise conjunta, não houve a separação das médias em grupos distintos.

Na avaliação da análise dialélica e heterose de nove populações de milho pipoca, Scapim et al. (2002) observaram para a característica AE a formação de quatro grupos de médias pelo teste de Scott-Knott.

Nos três locais os híbridos comerciais AG 8021, Premium Flex e AS 1575 foram classificados no grupo de genitores com espigas de inserção mais altas, o que é indesejável. Dos onze cruzamentos em que AG 8021 foi empregado como genitor, dez foram classificados no grupo de maiores médias de AE, tanto em Guarapuava quanto em Cantagalo. O mesmo ocorreu para nove cruzamentos que possuem AS 1575 como um dos genitores (Tabela 10), confirmando o efeito indesejável desses parentais sobre a AE. Em Laranjeiras do Sul se destacou negativamente o cruzamento Sprint x AS 1575 com a maior altura média de inserção de espigas de 2,07m (Tabela 10).

Os genitores GNZ 2005 e Sprint e a testemunha DKB 214, juntamente com os cruzamentos P30F53 x GNZ 2004, P30F53 x 2B587, P30F53 x 2B688, GNZ 2005 x GNZ 2004, Penta x 2B587, 2B587 x 2B688 e 2B587 x DKB 234 apresentaram comportamento desejável nos três locais de avaliação, sendo classificados no grupo de genótipos com espigas mais baixas (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores médios da altura de espiga (AE) de 81 genótipos de milho avaliados em três locais da região Centro Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento             | Laranjeiras do Sul |   | Guarapuava  |   | Cantagalo   |   | Média (conjunta) |
|------------------------|--------------------|---|-------------|---|-------------|---|------------------|
| <b>Genitor</b>         |                    |   |             |   |             |   |                  |
| P30F53                 | 1,27               | a | 1,56        | a | 1,28        | b | 1,37 a           |
| P30F44                 | 1,35               | a | 1,55        | a | 1,23        | b | 1,38 a           |
| AG 8021                | 1,60               | b | 1,76        | b | 1,43        | c | 1,59 a           |
| GNZ 2005               | 1,36               | a | 1,58        | a | 1,14        | a | 1,36 a           |
| GNZ 2004               | 1,27               | a | 1,58        | a | 1,29        | b | 1,38 a           |
| Penta                  | 1,35               | a | 1,72        | b | 1,41        | c | 1,49 a           |
| Premium Flex           | 1,51               | b | 1,83        | b | 1,51        | c | 1,61 a           |
| Sprint                 | 1,21               | a | 1,42        | a | 1,12        | a | 1,25 a           |
| AS 1575                | 1,57               | b | 1,70        | b | 1,32        | c | 1,53 a           |
| 2B587                  | 1,27               | a | 1,66        | b | 1,25        | b | 1,39 a           |
| 2B688                  | 1,32               | a | 1,57        | a | 1,22        | b | 1,37 a           |
| DKB 234                | 1,30               | a | 1,65        | b | 1,31        | c | 1,42 a           |
| <b>Média</b>           | <b>1,37</b>        |   | <b>1,63</b> |   | <b>1,29</b> |   | <b>1,43</b>      |
| <b>Cruzamento</b>      |                    |   |             |   |             |   |                  |
| P30F53 x P30F44        | 1,17               | a | 1,53        | a | 1,30        | b | 1,33 a           |
| P30F53 x AG 8021       | 1,08               | a | 1,73        | b | 1,35        | c | 1,39 a           |
| P30F53 x GNZ 2005      | 1,09               | a | 1,49        | a | 1,25        | b | 1,28 a           |
| P30F53 x GNZ 2004      | 1,12               | a | 1,44        | a | 1,15        | a | 1,24 a           |
| P30F53 x Penta         | 1,24               | a | 1,59        | a | 1,34        | c | 1,39 a           |
| P30F53 x Premium Flex  | 1,09               | a | 1,71        | b | 1,37        | c | 1,39 a           |
| P30F53 x Sprint        | 1,15               | a | 1,47        | a | 1,29        | b | 1,31 a           |
| P30F53 x AS 1575       | 1,17               | a | 1,66        | b | 1,53        | c | 1,45 a           |
| P30F53 x 2B587         | 1,11               | a | 1,55        | a | 1,13        | a | 1,26 a           |
| P30F53 x 2B688         | 1,03               | a | 1,51        | a | 1,20        | a | 1,25 a           |
| P30F53 x DKB 234       | 1,00               | a | 1,54        | a | 1,36        | c | 1,30 a           |
| P30F44 x AG 8021       | 1,18               | a | 1,60        | a | 1,37        | c | 1,38 a           |
| P30F44 x GNZ 2005      | 1,11               | a | 1,53        | a | 1,30        | b | 1,31 a           |
| P30F44 x GNZ 2004      | 1,23               | a | 1,62        | a | 1,32        | c | 1,39 a           |
| P30F44 x Penta         | 1,21               | a | 1,71        | b | 1,33        | c | 1,42 a           |
| P30F44 x Premium Flex  | 1,05               | a | 1,69        | b | 1,37        | c | 1,37 a           |
| P30F44 x Sprint        | 1,13               | a | 1,61        | a | 1,46        | c | 1,40 a           |
| P30F44 x AS 1575       | 1,19               | a | 1,73        | b | 1,40        | c | 1,44 a           |
| P30F44 x 2B587         | 1,15               | a | 1,60        | a | 1,34        | c | 1,36 a           |
| P30F44 x 2B688         | 1,04               | a | 1,36        | a | 1,24        | b | 1,21 a           |
| P30F44 x DKB 234       | 1,15               | a | 1,50        | a | 1,36        | c | 1,34 a           |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 1,31               | a | 1,65        | b | 1,32        | c | 1,43 a           |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 1,13               | a | 1,75        | b | 1,31        | c | 1,40 a           |
| AG 8021 x Penta        | 1,13               | a | 1,69        | b | 1,40        | c | 1,41 a           |
| AG 8021 x Premium Flex | 1,25               | a | 1,90        | b | 1,52        | c | 1,56 a           |
| AG 8021 x Sprint       | 1,35               | a | 1,85        | b | 1,51        | c | 1,57 a           |
| AG 8021 x AS 1575      | 1,24               | a | 1,71        | b | 1,43        | c | 1,46 a           |
| AG 8021 x 2B587        | 1,11               | a | 1,66        | b | 1,37        | c | 1,38 a           |
| AG 8021 x 2B688        | 1,04               | a | 1,67        | b | 1,38        | c | 1,36 a           |
| AG 8021 x DKB 234      | 1,13               | a | 1,64        | b | 1,39        | c | 1,39 a           |

Tabela 10. Continuação ...

|                         |             |   |             |   |             |   |             |   |
|-------------------------|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 1,04        | a | 1,57        | a | 1,19        | a | 1,26        | a |
| GNZ 2005 x Penta        | 1,21        | a | 1,66        | b | 1,32        | c | 1,40        | a |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 1,11        | a | 1,79        | b | 1,38        | c | 1,42        | a |
| GNZ 2005 x Sprint       | 1,09        | a | 1,60        | a | 1,38        | c | 1,36        | a |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 1,17        | a | 1,69        | b | 1,35        | c | 1,41        | a |
| GNZ 2005 x 2B587        | 1,13        | a | 1,65        | b | 1,12        | a | 1,30        | a |
| GNZ 2005 x 2B688        | 1,04        | a | 1,65        | b | 1,29        | b | 1,32        | a |
| GNZ 2005 x DKB 234      | 1,11        | a | 1,56        | a | 1,30        | b | 1,33        | a |
| GNZ 2004 x Penta        | 1,17        | a | 1,62        | a | 1,38        | c | 1,39        | a |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 1,09        | a | 1,81        | b | 1,39        | c | 1,43        | a |
| GNZ 2004 x Sprint       | 1,16        | a | 1,72        | b | 1,37        | c | 1,42        | a |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 1,20        | a | 1,73        | b | 1,41        | c | 1,45        | a |
| GNZ 2004 x 2B587        | 1,05        | a | 1,59        | a | 1,29        | b | 1,31        | a |
| GNZ 2004 x 2B688        | 1,04        | a | 1,61        | a | 1,26        | b | 1,30        | a |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 1,02        | a | 1,71        | b | 1,29        | b | 1,34        | a |
| Penta x Premium Flex    | 1,21        | a | 1,57        | a | 1,33        | c | 1,37        | a |
| Penta x Sprint          | 1,14        | a | 1,66        | b | 1,33        | c | 1,38        | a |
| Penta x AS 1575         | 1,21        | a | 1,76        | b | 1,49        | c | 1,49        | a |
| Penta x 2B587           | 1,14        | a | 1,50        | a | 1,19        | a | 1,28        | a |
| Penta x 2B688           | 1,06        | a | 1,54        | a | 1,34        | c | 1,31        | a |
| Penta x DKB 234         | 1,06        | a | 1,66        | b | 1,40        | c | 1,37        | a |
| Premium Flex x Sprint   | 1,21        | a | 1,64        | b | 1,45        | c | 1,43        | a |
| Premium Flex x AS 1575  | 1,34        | a | 1,71        | b | 1,44        | c | 1,50        | a |
| Premium Flex x 2B587    | 1,09        | a | 1,64        | b | 1,37        | c | 1,37        | a |
| Premium Flex x 2B688    | 1,08        | a | 1,69        | b | 1,31        | c | 1,36        | a |
| Premium Flex x DKB 234  | 1,16        | a | 1,62        | a | 1,33        | c | 1,37        | a |
| Sprint x AS 1575        | 2,07        | c | 1,89        | b | 1,38        | c | 1,78        | a |
| Sprint x 2B587          | 1,17        | a | 1,69        | b | 1,36        | c | 1,41        | a |
| Sprint x 2B688          | 1,13        | a | 1,61        | a | 1,26        | b | 1,33        | a |
| Sprint x DKB 234        | 1,24        | a | 1,69        | b | 1,40        | c | 1,44        | a |
| AS 1575 x 2B587         | 1,16        | a | 1,64        | b | 1,28        | b | 1,36        | a |
| AS 1575 x 2B688         | 1,17        | a | 1,62        | a | 1,32        | c | 1,37        | a |
| AS 1575 x DKB 234       | 1,11        | a | 1,74        | b | 1,40        | c | 1,42        | a |
| 2B587 x 2B688           | 1,05        | a | 1,57        | a | 1,14        | a | 1,25        | a |
| 2B587 x DKB 234         | 1,03        | a | 1,58        | a | 1,15        | a | 1,25        | a |
| 2B688 x DKB 234         | 1,01        | a | 1,67        | b | 1,38        | c | 1,35        | a |
| <b>Média</b>            | <b>1,15</b> |   | <b>1,64</b> |   | <b>1,34</b> |   | <b>1,37</b> |   |
| <b>Testemunha</b>       |             |   |             |   |             |   |             |   |
| P30R50                  | 1,19        | a | 1,66        | b | 1,41        | c | 1,42        | a |
| AS 1560                 | 1,00        | a | 1,47        | a | 1,31        | c | 1,26        | a |
| DKB 214                 | 0,95        | a | 1,50        | a | 1,19        | a | 1,21        | a |
| <b>Média</b>            | <b>1,04</b> |   | <b>1,54</b> |   | <b>1,30</b> |   | <b>1,29</b> |   |
| <b>Média geral</b>      | <b>1,17</b> |   | <b>1,63</b> |   | <b>1,32</b> |   | <b>1,38</b> |   |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 5.4. Análises dialélicas

### 5.4.1. Análises de variâncias dialélicas individuais

Os valores dos quadrados médios das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC), para as cinco características avaliadas em dialelo completo em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo encontram-se nas Tabelas 11, 12 e 13, respectivamente.

Os quadrados médios referentes à CGC foram significativos ( $p < 0,05$ ) em todos os locais para todas as cinco características avaliadas (Tabelas 11, 12 e 13), indicando a existência de variabilidade devido a efeitos gênicos aditivos.

Tabela 11. Quadrados médios da análise de variância dialélica dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Laranjeiras do Sul, PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.                    | G.L. | Quadrados Médios |                      |          |         |         |
|-------------------------|------|------------------|----------------------|----------|---------|---------|
|                         |      | FM               | PR                   | PE       | AP      | AE      |
| Tratamentos             | 77   | 41,2592*         | 0,0073*              | 5,7779*  | 0,3060* | 0,7397* |
| CGC                     | 11   | 8,5259*          | 0,0226*              | 10,0526* | 0,1017* | 0,1470* |
| CEC                     | 66   | 46,7147*         | 0,0047 <sup>ns</sup> | 5,0660*  | 0,0187* | 0,0617* |
| Resíduo                 | 154  | 1,3196           | 0,0042               | 2,0094   | 0,0115  | 0,0346  |
| Componentes quadráticos |      |                  |                      |          |         |         |
| CGC (Fixo)              |      | 0,1715           | 0,00043              | 0,1913   | 0,0024  | 0,0027  |
| CEC (Fixo)              |      | 15,1317          | 0,00017              | 1,0188   | 0,0058  | 0,0090  |

\*, <sup>ns</sup>: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

A variabilidade da CGC permite inferir que os genitores contribuíram diferentemente nos cruzamentos nos quais foram envolvidos e a variabilidade entre os efeitos da CEC indicaram a existência de combinações híbridas que possuem desempenho diferente do que era esperado somente com base nos efeitos da CGC (Aguiar et al., 2004).

Os efeitos da CEC foram significativos em todos os locais para FM, AP e AE. Em Laranjeiras do Sul não houve efeito significativo da CEC para PR (Tabela 11) e em Guarapuava, para PR e PE (Tabela 12) evidenciando não haver variabilidade referente aos efeitos gênicos não aditivos entre os genótipos avaliados nestes locais para as características em questão, conforme relatado por Freitas Júnior et al. (2006). Efeitos não significativos para CEC também foram encontrados por Bordallo et al. (2005) para os caracteres estande e percentual de espigas com palha ao estudarem a análise dialélica de genótipos de milho doce e milho comum.

Tabela 12. Quadrados médios da análise de variância dialélica (Griffing, 1956) dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Guarapuava-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.                    | G.L. | Quadrados Médios |                      |                      |         |         |
|-------------------------|------|------------------|----------------------|----------------------|---------|---------|
|                         |      | FM               | PR                   | PE                   | AP      | AE      |
| Tratamentos             | 77   | 17,8766*         | 0,0166*              | 4,7869*              | 0,0503* | 0,0307* |
| CGC                     | 11   | 43,2012*         | 0,0706*              | 16,7420*             | 0,1724* | 0,1063* |
| CEC                     | 66   | 13,6558*         | 0,0076 <sup>ns</sup> | 2,7944 <sup>ns</sup> | 0,0299* | 0,0181* |
| Resíduo                 | 154  | 4,5932           | 0,0056               | 2,8041               | 0,0217  | 0,0103  |
| Componentes quadráticos |      |                  |                      |                      |         |         |
| CGC (Fixo)              |      | 0,9192           | 0,0015               | 0,3316               | 0,0035  | 0,00228 |
| CEC (Fixo)              |      | 3,0208           | 0,0007               | 0,0032               | 0,0027  | 0,00263 |

\*, <sup>ns</sup>: significativo e não significativo a 5% pelo Teste F.

Tabela 13. Quadrados médios da análise de variância dialélica (Griffing, 1956) dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos avaliados em Cantagalo-PR. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| F.V.                    | G.L. | Quadrados Médios |         |          |         |         |
|-------------------------|------|------------------|---------|----------|---------|---------|
|                         |      | FM               | PR      | PE       | AP      | AE      |
| Tratamentos             | 77   | 13,9820*         | 0,0200* | 5,6892 * | 0,0327* | 0,0270* |
| CGC                     | 11   | 38,1948*         | 0,0311* | 7,2130 * | 0,1338* | 0,1019* |
| CEC                     | 66   | 9,9465*          | 0,0181* | 5,4353 * | 0,0159* | 0,0145* |
| Resíduo                 | 154  | 2,7968           | 0,0128  | 1,0996   | 0,1041  | 0,0081  |
| Componentes quadráticos |      |                  |         |          |         |         |
| CGC (Fixo)              |      | 0,8428           | 0,0004  | 0,1455   | 0,0007  | 0,0022  |
| CEC (Fixo)              |      | 2,3832           | 0,0018  | 1,4452   | 0,0294  | 0,0021  |

\*, <sup>ns</sup>: significativo e não significativo a 5% pelo Teste F.

Pfann et al. (2009) em um estudo sobre a capacidade combinatória entre híbridos comerciais de milho em dialelo circulante avaliado em dois locais da região centro-sul paranaense, Guarapuava e Goioxim, verificaram efeito significativo da CGC para as características produção de grãos, altura de planta e altura de espiga, indicando que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo aqueles mais promissores para a formação de populações superiores.

Em relação aos efeitos dos componentes quadráticos (Tabelas 11, 12 e 13), houve predomínio dos efeitos de dominância para as características FM, PE e AP. Outras pesquisas demonstram ter havido maior contribuição dos efeitos aditivos para vários

caracteres estudados em milho (Naspolini Filho et al., 1981; Gama et al., 1995; Mariani e Desidério, 1975; e Costa Pinto et al., 2001)

Conforme Cruz e Regazzi (1997) e Vencovsky (1970), a significância das variações atribuídas aos efeitos não-aditivos viabiliza o uso de cruzamentos entre os genitores avaliados na obtenção de híbridos comerciais, fundamentado na manifestação do efeito heterótico destas combinações. Já a ocorrência de significância das variações atribuídas aos efeitos aditivos, viabiliza a indicação de genitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional.

#### 5.4.2. Análise de variância dialélica conjunta

Os quadrados médios da análise dialélica conjunta para as cinco características estão relacionados na Tabela 14. A existência de variabilidade genética entre os 78 tratamentos foi demonstrada pelos efeitos significativos para todas as características avaliadas.

Tabela 14. Quadrados médios da análise de variância dialélica conjunta dos caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de plantas (AP) e altura de espigas (AE) de 78 genótipos (12 genitores e 66 cruzamentos). Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Fonte variação  | GL  | OM        |         |          |         |         |
|-----------------|-----|-----------|---------|----------|---------|---------|
|                 |     | FM        | PR      | PE       | AP      | AE      |
| Tratamentos (T) | 77  | 30,2909*  | 0,0257* | 10,1970* | 0,0744* | 0,0761* |
| CGC             | 11  | 66,7986*  | 0,0952* | 20,5838* | 0,3410* | 0,2952* |
| CEC             | 66  | 24,2063   | 0,0141* | 8,4659*  | 0,0300* | 0,0395* |
| Locais (L)      | 2   | 5857,5512 | 0,1653  | 266,3798 | 13,8108 | 12,7737 |
| T x L           | 154 | 21,4134*  | 0,0091  | 3,0275*  | 0,0196* | 0,0278* |
| CGC x L         | 22  | 11,5616*  | 0,0145* | 6,7206*  | 0,0335* | 0,0300* |
| CEC x L         | 132 | 23,0554*  | 0,0082  | 2,4119   | 0,0172  | 0,0274* |
| Resíduo         | 462 | 2,9032    | 0,0075  | 1,9710   | 0,0145  | 0,0177  |

\*, <sup>ns</sup>: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

No desdobramento dos efeitos dos tratamentos em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram detectados efeitos significativos da CGC para os caracteres analisados. Resultados semelhantes foram observados por Parentoni et al. (1991) em cruzamentos dialélicos entre dez linhagens de milho doce, por Lemos et al. (2002) para a característica peso de espiga despalhada, em dialelo completo envolvendo dez linhagens de milho superdoce em dois

ambientes, e por Aguiar et al. (2004) para as características rendimento de grãos, florescimento feminino, altura de planta e altura de espiga em milho na safrinha em quatro distintos ambientes.

Para a CEC, apenas não foi observado efeito significativo para a característica FM (Tabela 14). A variabilidade entre os efeitos da CEC, segundo Aguiar et al. (2004), indica que existem combinações híbridas que tiveram performance diferente do esperado somente com base nos efeitos da CGC.

A significância para as capacidades combinatórias revela a existência de variabilidade resultante de efeitos genéticos aditivos e não aditivos, permitindo concluir que a avaliação em três ambientes favoreceu a identificação de variabilidade entre os genótipos quanto às características avaliadas, resultante dos efeitos da capacidade de combinação. Deste modo, é possível prever a obtenção de novos híbridos, a partir de combinações obtidas com os genitores utilizados.

De acordo com Hallauer e Miranda Filho (1995) efeito significativo da CEC para produtividade é um indicativo de que populações geradas a partir desses genitores podem ser úteis no melhoramento interpopulacional, para a obtenção de linhagens que ao serem cruzadas, poderão gerar híbridos com maior heterose.

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para CGC x locais para todos os caracteres (Tabela 14), o que significa que a capacidade geral dos genitores foi diferente para cada local, sugerindo a necessidade de selecionar genitores diferentes para locais específicos.

Foi verificado efeitos significativos para a interação Tratamentos x Locais para as características FM, PE, AP e AE. Locatelli et al. (2002) também observaram efeitos significativos para as características altura de plantas, porcentagem de tombamento e rendimento de grãos de milho avaliados em dois locais. Teixeira et al. (2001) verificaram efeito significativo para a interação Tratamentos x Locais em dialelo realizado em três ambientes diferentes (Morrinhos-GO, Paracatu-MG e Patos de Minas-MG), enquanto que Fuzatto et al. (2002) e Melo et al. (2001) encontraram efeito não significativo para a interação Tratamentos x Locais. Segundo Locatelli et al. (2002) a interação tratamentos vs locais reduz a correlação entre o fenótipo e o seu genótipo, restringindo assim a validade das inferências sobre o comportamento do ponto de vista do melhoramento e da herança de caracteres quantitativos.

Houve efeito significativo da interação CGC x Locais para todos os caracteres avaliados. Carvalho et al. (2003a) relataram efeito significativo para a interação CGC x ambientes para os caracteres PE, AP e AE avaliando linhagens parcialmente endogâmicas

de milho em dialelo circulante em dois ambientes. Efeitos significativos da interação CGC x ambientes também foram observados por vários autores (Locatelli et al., 2002 e Lemos et al., 2002).

A interação CEC x locais foi significativa apenas para as características FM e AE (Tabela 14). Efeito não significativo para a interação CEC x ambientes foi observado por Fuzatto et al. (2002) em cruzamento dialélico envolvendo vinte e cinco cultivares de milho em dois locais.

### 5.4.3. Capacidade de combinação

#### 5.4.3.1. Florescimento masculino (FM)

O termo CGC refere-se ao comportamento médio do genitor em cruzamento com os demais do conjunto (Miranda Filho e Gorgulho, 2001) e segundo Vencovsky (1970) a estimativa de seu efeito é expressa por  $g_i$ , sendo que a maior magnitude associada a este efeito será apresentada pelo genitor que possuir maiores freqüências de alelos favoráveis referentes à característica em estudo.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes ao florescimento masculino (FM), dos 12 genitores avaliados nos três locais estão na Tabela 15.

Tabela 15. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes ao florescimento masculino (FM), dos 12 genitores avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genitores                     | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
| P30F53                        | -0,012             | -0,226     | 0,619     | 0,127  |
| P30F44                        | -0,083             | 0,845      | 0,405     | 0,389  |
| AG 8021                       | -0,583             | -1,012     | -0,524    | -0,706 |
| GNZ 2005                      | 0,488              | 0,060      | -0,238    | 0,103  |
| GNZ 2004                      | 0,274              | 0,131      | 0,476     | 0,294  |
| Penta                         | 0,345              | -0,369     | 0,190     | 0,056  |
| Premium Flex                  | 0,417              | -0,083     | 0,762     | 0,365  |
| Sprint                        | -0,226             | -0,226     | -0,524    | -0,325 |
| AS 1575                       | 0,631              | 0,988      | 1,190     | 0,937  |
| 2B587                         | -0,226             | 1,417      | -0,238    | 0,317  |
| 2B688                         | -0,155             | 0,845      | 0,405     | 0,365  |
| DKB 234                       | -0,869             | -2,369     | -2,524    | -1,921 |
| DP( $\hat{g}_i$ )             | 0,169              | 0,316      | 0,247     |        |
| DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) | 0,250              | 0,467      | 0,364     |        |

De acordo com Sprague e Tatum (1942), baixas estimativas de  $\hat{g}_i$  indicam genótipos com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico, enquanto altos valores (positivos ou negativos) indicam genótipos melhores ou piores que os demais, com os quais se compara, e estes valores indicam, portanto, a importância dos genes de efeitos predominantemente aditivos. Segundo Vencovsky (1970) as maiores magnitudes associadas aos efeitos da CGC são apresentadas pelos genitores que possuem maiores frequências de alelos favoráveis referentes à característica em estudo.

As estimativas da CEC estão associadas aos efeitos gênicos não-aditivos (epistasia e dominância), sendo interpretada como o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação de seus genitores (Cruz e Regazzi, 1997). Deste modo, baixos valores para CEC, sejam positivos ou negativos, indicam que os híbridos  $F_1$ 's comportaram-se como o que era esperado com base na capacidade geral de combinação dos genitores, ao passo que altos valores absolutos de CEC demonstram que o comportamento de um híbrido particular é conseqüentemente melhor ou pior do que o esperado com base na CGC dos genitores (Cruz e Regazzi, 1997). Para Vencovsky (1970) os maiores valores da CEC ocorrem entre os genótipos mais divergentes nas frequências dos genes com dominância, embora sejam também influenciados pela frequência alélica.

O maior valor negativo das estimativas da  $\hat{g}_i$  para a variável FM em todos os locais foram apresentados pelo genitor DKB 234 e os maiores valores positivos pelo genitor AS1575 (Tabela 15). Cabe salientar que o híbrido comercial DKB 234 foi incluído no grupo de genitores de florescimento mais antecipado (Tabela 6), demonstrando, dessa forma, habilidade para trabalhos de melhoramento que visam à obtenção de cultivares mais precoces. Segundo Aguiar et al. (2004) as estimativas negativas para as características FM são importantes, pois nos programas de melhoramento existe a preocupação em obter genótipos mais precoces.

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação, referentes aos 78 tratamentos dialélicos avaliados quanto às características FM para os três ambientes e em conjunto estão expressas na Tabela 16.

Foi verificado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação CEC x locais para FM (Tabela 14). Isso significa que houve resposta diferenciada das combinações híbridas frente aos locais para o caráter em questão.

Em Laranjeiras do Sul todas as combinações híbridas apresentaram valores positivos das estimativas da  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 16), assim, nesses cruzamentos houve acréscimo no ciclo para o FM, em dias, em relação ao que seria esperado com base na  $\hat{g}_i$  dos genitores. Destacou-se a combinação híbrida Premium Flex x AS 1575, com o maior valor positivo (3,94 dias), considerando ainda que esses dois genitores tenham apresentado valores positivos das estimativa da  $\hat{g}_i$  nesse local (Tabela 15).

Para a característica FM todos os genitores apresentaram as estimativas de  $\hat{s}_{ii}$  negativas em Laranjeiras do Sul (Tabela 16), indicando desvios de dominância no sentido de aumentar os valores da característica. Em relação à magnitude, em valores absolutos, na média dos locais, o genitor Sprint obteve a maior estimativa, sendo, portanto o mais divergente em relação aos outros genitores ou da média do dialeto.

Em Guarapuava destacou-se de maneira indesejável a combinação híbrida Premium Flex x Sprint, revelando o maior valor positivo entre todos os cruzamentos (Tabela 16). Em contrapartida, a combinação Premium Flex x DKB 234 apresentou o maior valor negativo de  $\hat{s}_{ij}$  entre os cruzamentos. Considerando esses extremos, em que um dos genitores (Premium Flex) é comum em ambos os cruzamentos, fica evidente a especificidade na manifestação dos efeitos não aditivos dos genes. A partir das estimativas apresentadas na Tabela 16, pode-se evidenciar a tendência de os cruzamentos entre genitores de uma mesma empresa apresentarem valores de CEC positivos nos três locais de avaliação.

Em Cantagalo, 48 combinações apresentaram valores negativos das estimativas da  $\hat{s}_{ij}$  para o FM, variando de -2,85 dias para AS 1575 x 2B688 a -0,13 dias para os cruzamentos P30F44 x AG 8021, P30F44 x GNZ 2004, P30F44 x Sprint e GNZ 2004 x 2B688 (Tabela 16). Em contrapartida, o cruzamento Penta x Sprint apresentou o maior valor positivo (2,077).

Tabela 16. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes ao florescimento masculino (FM) avaliado em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipo               | CEC                |            |           |        |
|------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
|                        | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53                 | -7,989             | -2,714     | 3,505     | -2,399 |
| P30F44                 | -7,846             | -1,857     | 3,934     | -1,923 |
| AG 8021                | -7,846             | -4,143     | 3,791     | -2,733 |
| GNZ 2005               | -6,989             | -5,286     | 1,220     | -3,685 |
| GNZ 2004               | -9,560             | -3,429     | 3,791     | -3,066 |
| Penta                  | -7,703             | -2,429     | 4,363     | -1,923 |
| Premium Flex           | -7,846             | -4,000     | 3,220     | -2,875 |
| Sprint                 | -9,560             | -7,714     | -2,209    | -6,495 |
| AS 1575                | -8,275             | -4,143     | 2,363     | -3,352 |
| 2B587                  | -10,56             | -1,000     | 0,220     | -3,780 |
| 2B688                  | -6,703             | 0,143      | 3,934     | -0,875 |
| DKB 234                | -9,275             | -1,429     | 3,791     | -2,304 |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53 x P30F44        | 2,082              | 1,214      | 1,720     | 1,672  |
| P30F53 x AG 8021       | 1,582              | 1,071      | -1,352    | 0,434  |
| P30F53 x GNZ 2005      | 0,511              | 1,000      | -1,637    | -0,042 |
| P30F53 x GNZ 2004      | 1,725              | -0,071     | -1,352    | -0,233 |
| P30F53 x Penta         | 1,654              | 0,429      | -1,066    | 0,339  |
| P30F53 x Premium Flex  | 0,582              | 2,143      | -2,637    | 0,029  |
| P30F53 x Sprint        | 1,225              | 0,286      | 0,648     | 0,720  |
| P30F53 x AS 1575       | 1,368              | 0,071      | -1,066    | 0,125  |
| P30F53 x 2B587         | 2,225              | -0,136     | 1,363     | 0,744  |
| P30F53 x 2B688         | 1,154              | 1,214      | -1,280    | 0,363  |
| P30F53 x DKB 234       | 1,868              | 0,429      | -0,352    | 0,648  |
| P30F44 x AG 8021       | 1,654              | 0,000      | -0,137    | 0,505  |
| P30F44 x GNZ 2005      | 1,582              | 0,929      | -1,423    | 0,363  |
| P30F44 x GNZ 2004      | 1,797              | 0,857      | -0,137    | 0,839  |
| P30F44 x Penta         | 1,725              | 0,357      | -1,852    | 0,077  |
| P30F44 x Premium Flex  | 0,654              | 1,071      | -1,423    | 0,101  |
| P30F44 x Sprint        | 1,297              | 0,214      | -0,137    | 0,458  |
| P30F44 x AS 1575       | 1,440              | 2,000      | -0,852    | 0,863  |
| P30F44 x 2B587         | 1,297              | -0,429     | -1,423    | -0,185 |
| P30F44 x 2B688         | 0,225              | -1,857     | -1,066    | -0,899 |
| P30F44 x DKB 234       | 1,940              | -0,643     | -1,137    | 0,053  |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 1,082              | 0,786      | 0,505     | 0,791  |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 1,297              | -0,286     | -0,209    | 0,267  |
| AG 8021 x Penta        | 1,225              | 1,214      | 1,923     | 0,172  |
| AG 8021 x Premium Flex | 1,154              | 0,929      | -1,495    | 0,196  |
| AG 8021 x Sprint       | 1,797              | 1,071      | -0,209    | 0,886  |
| AG 8021 x AS 1575      | 0,940              | 0,857      | 1,077     | 0,958  |

Tabela 16. Continuação ...

|   |       |        |        |        |
|---|-------|--------|--------|--------|
| AG 8021 x 2B587                               | 1,797 | 2,429  | -1,495 | 1,244  |
| AG 8021 x 2B688                               | 0,725 | -1,000 | -2,137 | -0,804 |
| AG 8021 x DKB 234                             | 2,440 | 1,214  | -1,209 | 0,815  |
| GNZ 2005 x GNZ 2004                           | 2,225 | 2,643  | -0,495 | 1,458  |
| GNZ 2005 x Penta                              | 1,154 | 1,143  | -2,209 | 0,029  |
| GNZ 2005 x Premium Flex                       | 0,082 | -0,143 | 0,220  | 0,053  |
| GNZ 2005 x Sprint                             | 1,725 | 1,000  | 1,505  | 1,410  |
| GNZ 2005 x AS 1575                            | 0,868 | 0,786  | -0,209 | 0,482  |
| GNZ 2005 x 2B587                              | 1,725 | 0,357  | 0,220  | 0,767  |
| GNZ 2005 x 2B688                              | 1,654 | 1,929  | 1,577  | 1,720  |
| GNZ 2005 x DKB 234                            | 1,368 | 0,143  | -0,495 | 0,339  |
| GNZ 2004 x Penta                              | 1,368 | 1,071  | -1,923 | 0,172  |
| GNZ 2004 x Premium Flex                       | 1,297 | 0,786  | -1,495 | 0,196  |
| GNZ 2004 x Sprint                             | 1,940 | 0,929  | -0,209 | 0,886  |
| GNZ 2004 x AS 1575                            | 2,082 | 1,714  | 0,077  | 1,291  |
| GNZ 2004 x 2B587                              | 1,940 | -0,714 | -0,495 | 0,244  |
| GNZ 2004 x 2B688                              | 1,868 | 0,857  | -0,137 | 0,863  |
| GNZ 2004 x DKB 234                            | 1,582 | 0,071  | -1,209 | 0,148  |
| Penta x Premium Flex                          | 1,225 | 1,286  | -0,209 | 0,767  |
| Penta x Sprint                                | 1,868 | 0,429  | 2,077  | 1,458  |
| Penta x AS 1575                               | 1,011 | 0,214  | 0,363  | 0,529  |
| Penta x 2B587                                 | 1,868 | -1,214 | -0,209 | 0,148  |
| Penta x 2B688                                 | 0,797 | -0,643 | -0,852 | -0,233 |
| Penta x DKB 234                               | 1,511 | 0,571  | -0,923 | 0,386  |
| Premium Flex x Sprint                         | 2,797 | 5,143  | 1,505  | 3,148  |
| Premium Flex x AS 1575                        | 3,940 | -0,071 | -0,209 | 1,220  |
| Premium Flex x 2B587                          | 1,797 | -0,500 | 0,220  | 0,505  |
| Premium Flex x 2B688                          | 0,725 | 1,071  | -0,423 | 0,458  |
| Premium Flex x DKB 234                        | 1,440 | -3,714 | -0,495 | -0,923 |
| Sprint x AS 1575                              | 1,582 | 2,071  | 0,077  | 1,244  |
| Sprint x 2B587                                | 2,440 | 2,643  | -0,495 | 1,529  |
| Sprint x 2B688                                | 1,368 | -0,783 | -1,137 | -0,185 |
| Sprint x DKB 234                              | 1,082 | 2,429  | 0,791  | 1,434  |
| AS 1575 x 2B587                               | 1,582 | 0,429  | -0,209 | 0,601  |
| AS 1575 x 2B688                               | 0,511 | -2,000 | -2,852 | -1,447 |
| AS 1575 x DKB 234                             | 1,225 | 2,214  | -0,923 | 0,839  |
| 2B587 x 2B688                                 | 2,368 | 0,571  | 1,577  | 1,505  |
| 2B587 x DKB 234                               | 2,082 | -0,214 | -0,495 | 0,458  |
| 2B688 x DKB 234                               | 2,011 | 0,357  | -1,137 | 0,410  |
| DP( $\hat{\delta}_{ii}$ )                     | 0,564 | 1,053  | 0,822  |        |
| DP( $\hat{\delta}_{ij}$ )                     | 0,617 | 1,152  | 0,899  |        |
| DP( $\hat{\delta}_{ii} - \hat{\delta}_{ij}$ ) | 0,792 | 1,478  | 1,154  |        |
| DP( $\hat{\delta}_{ij} - \hat{\delta}_{ik}$ ) | 0,903 | 1,686  | 1,315  |        |
| DP( $\hat{\delta}_{ij} - \hat{\delta}_{kl}$ ) | 0,868 | 1,620  | 1,264  |        |

### 5.4.3.2. Prolificidade (PR)

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à prolificidade (PR), avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média dos três locais são apresentados na Tabela 17.

Pelos valores das estimativas, embora tenha havido efeito significativo da  $\hat{g}_i$  (Tabela 14), nota-se pouco destaque dos genitores na contribuição dos efeitos aditivos para esta característica. As médias obtidas a partir da análise dialélica conjunta apresentaram valores baixos e próximos de zero e a amplitude dos efeitos da  $\hat{g}_i$  variou 0,063 para o genitor DKB 234 a -0,039 para o genitor P30F53.

Tabela 17. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à prolificidade (PR), avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e a média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genitores                     | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
| P30F53                        | -0,042             | -0,054     | -0,022    | -0,039 |
| P30F44                        | 0,033              | 0,016      | 0,019     | 0,022  |
| AG 8021                       | -0,022             | -0,002     | 0,000     | -0,008 |
| GNZ 2005                      | 0,004              | -0,029     | -0,001    | -0,011 |
| GNZ 2004                      | 0,018              | 0,003      | -0,007    | 0,005  |
| Penta                         | 0,010              | -0,021     | -0,006    | -0,005 |
| Premium Flex                  | 0,020              | 0,011      | 0,038     | 0,023  |
| Sprint                        | 0,002              | 0,008      | -0,005    | 0,000  |
| AS 1575                       | -0,021             | -0,026     | -0,032    | -0,026 |
| 2B587                         | 0,015              | 0,021      | -0,020    | 0,005  |
| 2B688                         | -0,020             | -0,035     | -0,025    | -0,029 |
| DKB 234                       | 0,020              | 0,108      | 0,061     | 0,063  |
| DP( $\hat{g}_i$ )             | 0,009              | 0,011      | 0,016     |        |
| DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) | 0,014              | 0,016      | 0,024     |        |

Foi verificado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação CGC x locais para PR (Tabela 14). Isso significa que houve resposta diferenciada dos genitores na contribuição dos locos com efeitos aditivos para o caráter em função dos locais. Dentre os três locais, a maior amplitude de variação das estimativas da  $\hat{g}_i$  foi observada em Guarapuava, ou seja, de 0,108 para DKB 234 a -0,054 para P30F53.

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à característica prolificidade (PR) avaliado em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e média do dialelo conjunto referente aos três locais são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à prolificidade (PR) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média do dialeto conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipo               | CEC                |            |           |        |
|------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
|                        | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53                 | 0,027              | -0,020     | -0,005    | 0,001  |
| P30F44                 | -0,032             | -0,009     | -0,108    | -0,050 |
| AG 8021                | 0,027              | -0,003     | -0,011    | 0,004  |
| GNZ 2005               | -0,039             | -0,070     | -0,198    | -0,102 |
| GNZ 2004               | 0,027              | -0,035     | -0,017    | -0,008 |
| Penta                  | 0,003              | -0,026     | -0,098    | -0,041 |
| Premium Flex           | -0,037             | 0,001      | 0,005     | -0,011 |
| Sprint                 | -0,032             | -0,105     | -0,081    | -0,072 |
| AS 1575                | 0,006              | -0,036     | -0,147    | -0,059 |
| 2B587                  | -0,027             | 0,011      | -0,041    | -0,019 |
| 2B688                  | 0,027              | -0,048     | -0,130    | -0,050 |
| DKB 234                | 0,084              | 0,017      | 0,007     | 0,036  |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53 x P30F44        | -0,027             | 0,010      | -0,097    | -0,038 |
| P30F53 x AG 8021       | -0,053             | -0,022     | -0,008    | -0,028 |
| P30F53 x GNZ 2005      | 0,059              | 0,055      | 0,023     | 0,046  |
| P30F53 x GNZ 2004      | -0,033             | -0,028     | -0,031    | -0,031 |
| P30F53 x Penta         | 0,045              | 0,057      | -0,002    | 0,033  |
| P30F53 x Premium Flex  | -0,045             | 0,035      | -0,012    | -0,045 |
| P30F53 x Sprint        | -0,032             | 0,027      | -0,003    | -0,003 |
| P30F53 x AS 1575       | 0,026              | 0,012      | 0,024     | 0,021  |
| P30F53 x 2B587         | -0,010             | -0,035     | 0,022     | -0,008 |
| P30F53 x 2B688         | 0,032              | 0,031      | 0,158     | 0,073  |
| P30F53 x DKB 234       | -0,015             | -0,102     | 0,051     | -0,022 |
| P30F44 x AG 8021       | -0,027             | -0,041     | 0,050     | -0,006 |
| P30F44 x GNZ 2005      | -0,035             | 0,005      | 0,042     | 0,004  |
| P30F44 x GNZ 2004      | 0,023              | 0,033      | -0,063    | -0,002 |
| P30F44 x Penta         | -0,020             | -0,063     | 0,057     | -0,008 |
| P30F44 x Premium Flex  | 0,031              | 0,046      | 0,123     | 0,067  |
| P30F44 x Sprint        | 0,053              | 0,078      | -0,025    | 0,036  |
| P30F44 x AS 1575       | -0,048             | -0,058     | 0,003     | -0,034 |
| P30F44 x 2B587         | 0,086              | 0,046      | 0,000     | 0,044  |
| P30F44 x 2B688         | 0,008              | 0,012      | 0,016     | 0,012  |
| P30F44 x DKB 234       | 0,021              | 0,051      | 0,110     | 0,027  |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 0,049              | 0,093      | -0,130    | 0,004  |
| AG 8021 x GNZ 2004     | -0,023             | 0,061      | -0,054    | -0,005 |
| AG 8021 x Penta        | -0,015             | -0,025     | 0,025     | -0,005 |
| AG 8021 x Premium Flex | 0,055              | -0,016     | -0,018    | 0,007  |
| AG 8021 x Sprint       | 0,028              | -0,034     | 0,064     | 0,019  |
| AG 8021 x AS 1575      | 0,006              | -0,020     | -0,079    | -0,031 |
| AG 8021 x 2B587        | 0,06               | 0,014      | 0,169     | 0,081  |

Tabela 18. Continuação ...

|   |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
| AG 8021 x 2B688                               | -0,058 | 0,030  | 0,075  | 0,015  |
| AG 8021 x DKB 234                             | -0,075 | -0,033 | -0,072 | -0,060 |
| GNZ 2005 x GNZ 2004                           | -0,041 | -0,073 | 0,068  | -0,015 |
| GNZ 2005 x Penta                              | 0,027  | 0,072  | 0,127  | 0,075  |
| GNZ 2005 x Premium Flex                       | -0,023 | 0,020  | 0,063  | 0,020  |
| GNZ 2005 x Sprint                             | 0,030  | 0,002  | 0,165  | 0,066  |
| GNZ 2005 x AS 1575                            | 0,048  | -0,023 | 0,073  | 0,033  |
| GNZ 2005 x 2B587                              | -0,028 | -0,030 | 0,010  | -0,016 |
| GNZ 2005 x 2B688                              | 0,014  | -0,024 | -0,024 | -0,011 |
| GNZ 2005 x DKB 234                            | -0,022 | 0,043  | -0,020 | 0,000  |
| GNZ 2004 x Penta                              | 0,055  | -0,001 | 0,113  | 0,056  |
| GNZ 2004 x Premium Flex                       | -0,025 | -0,052 | -0,101 | -0,059 |
| GNZ 2004 x Sprint                             | 0,018  | 0,040  | 0,001  | 0,020  |
| GNZ 2004 x AS 1575                            | -0,024 | -0,026 | 0,008  | -0,014 |
| GNZ 2004 x 2B587                              | 0,030  | 0,018  | 0,076  | 0,041  |
| GNZ 2004 x 2B688                              | 0,042  | 0,004  | 0,052  | 0,033  |
| GNZ 2004 x DKB 234                            | -0,075 | 0,091  | -0,035 | -0,006 |
| Penta x Premium Flex                          | -0,037 | 0,022  | -0,002 | -0,006 |
| Penta x Sprint                                | -0,005 | -0,036 | -0,030 | -0,023 |
| Penta x AS 1575                               | -0,046 | 0,069  | 0,008  | 0,010  |
| Penta x 2B587                                 | -0,012 | -0,018 | -0,075 | -0,035 |
| Penta x 2B688                                 | 0,030  | 0,028  | 0,001  | 0,020  |
| Penta x DKB 234                               | -0,027 | -0,055 | -0,025 | -0,036 |
| Premium Flex x Sprint                         | 0,036  | -0,007 | -0,033 | -0,002 |
| Premium Flex x AS 1575                        | 0,044  | 0,057  | 0,104  | 0,068  |
| Premium Flex x 2B587                          | 0,018  | 0,061  | 0,002  | 0,027  |
| Premium Flex x 2B688                          | 0,000  | -0,053 | -0,003 | -0,019 |
| Premium Flex x DKB 234                        | 0,023  | -0,116 | -0,019 | -0,037 |
| Sprint x AS 1575                              | -0,003 | 0,020  | 0,026  | 0,014  |
| Sprint x 2B587                                | 0,001  | -0,027 | -0,026 | -0,017 |
| Sprint x 2B688                                | -0,057 | 0,059  | 0,000  | 0,000  |
| Sprint x DKB 234                              | -0,004 | 0,086  | 0,023  | 0,035  |
| AS 1575 x 2B587                               | -0,041 | -0,033 | 0,041  | -0,011 |
| AS 1575 x 2B688                               | -0,009 | 0,033  | 0,047  | 0,024  |
| AS 1575 x DKB 234                             | 0,035  | 0,040  | 0,040  | 0,038  |
| 2B587 x 2B688                                 | -0,035 | -0,053 | -0,065 | -0,051 |
| 2B587 x DKB 234                               | -0,012 | 0,034  | -0,072 | -0,017 |
| 2B688 x DKB 234                               | -0,020 | 0,030  | 0,004  | 0,005  |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii}$ )                     | 0,0321 | 0,0367 | 0,0556 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij}$ )                     | 0,0350 | 0,0402 | 0,0608 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii} - \hat{\sigma}_{ij}$ ) | 0,0449 | 0,0516 | 0,0780 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{ik}$ ) | 0,0512 | 0,0588 | 0,0890 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{kl}$ ) | 0,0491 | 0,0565 | 0,0855 |        |

A análise dialéctica conjunta revelou efeito significativo da CEC ( $p < 0,05$ ) para o carácter prolificidade, contudo não houve efeito significativo para a interação CEC x locais ( $p > 0,05$ ) (Tabela 14). Isso significa que as combinações híbridas não sofreram alteração

no comportamento frente as variações ambientais, quanto à manifestação dos efeitos não aditivos dos genes que controlam o caráter em questão. Dessa forma, devem ser consideradas as médias das estimativas de  $\hat{s}_{ij}$  envolvendo os três locais conjuntamente.

Para a maioria dos genitores as estimativas de  $\hat{s}_{ii}$  foram negativas, considerando o comportamento médio nos três locais (Tabela 18), indicando desvios de dominância desejáveis no sentido de aumentar os valores da característica. O genitor GNZ 2005 obteve a estimativa de maior magnitude negativa, sendo, portanto o mais divergente em relação aos demais genitores ou da média do dialelo.

Os cruzamentos que apresentaram os maiores valores positivos da CEC foram AG 8021 x 2B587 (0,081), GNZ 2005 x Penta (0,075), P30F53 x 2B688 (0,073), Premium Flex x AS 1575 (0,068), P30F44 x Premium Flex (0,067) e GNZ 2005 x Sprint (0,066) (Tabela 18). É importante salientar que dos genitores presentes nesses cruzamentos, com exceção de Premium Flex e P30F44, os demais apresentaram estimativas nulas ou negativas para a  $\hat{g}_i$  (Tabela 17). Por outro lado, o genitor DKB234 que apresentou maior estimativa de  $\hat{g}_i$ , não participou de nenhum dos cruzamentos de maior  $\hat{s}_{ij}$ , o que pode ser explicado pela sua estimativa de  $\hat{s}_{ii}$ .

#### **5.4.3.3. Produção de espigas despalhadas (PE)**

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes a produção de espigas despalhadas (PE) nos três locais são apresentadas na Tabela 19. A maior amplitude das estimativas foi verificada em Guarapuava, variando de -1,172 para o genitor Penta a 1,056 para 2B688.

Foi verificado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação CGC x locais para PE (Tabela 14), indicando que houve resposta diferenciada dos genitores na contribuição dos locos com efeitos aditivos na expressão do caráter em função das variações ambientais.

Os genitores P30F53, P30F44, AS1575 e 2B688 apresentaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  nos três locais, indicando aumento médio da contribuição gênica para rendimento de grãos nos cruzamentos em que participaram. Além disso, com exceção de P30F44, esses genitores estão entre os de maior produtividade média (Tabela 8), e podem ser identificados como promissores para serem usados em programas de melhoramento, pois associam elevada média e elevada  $\hat{g}_i$ , propiciando populações híbridas resultantes de seus cruzamentos com elevado potencial para seleção de linhagens superiores.

Tabela 19. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à produção de espigas despalhadas (PE) em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média dos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genitores                     | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
| P30F53                        | 0,297              | 0,280      | 0,610     | 0,396  |
| P30F44                        | 0,640              | 0,140      | 0,467     | 0,415  |
| AG 8021                       | -0,320             | 0,035      | -0,364    | -0,216 |
| GNZ 2005                      | -0,548             | -0,378     | -0,456    | -0,461 |
| GNZ 2004                      | -0,103             | 0,098      | -0,379    | -0,128 |
| Penta                         | 0,537              | -1,172     | 0,281     | -0,118 |
| Premium Flex                  | -0,065             | -0,689     | -0,260    | -0,338 |
| Sprint                        | -0,388             | -0,452     | -0,608    | -0,482 |
| AS 1575                       | 0,415              | 0,600      | 0,391     | 0,469  |
| 2B587                         | -0,011             | 0,732      | 0,361     | 0,361  |
| 2B688                         | 0,481              | 1,056      | 0,076     | 0,538  |
| DKB 234                       | -0,933             | -0,254     | -0,121    | -0,436 |
| DP( $\hat{g}_i$ )             | 0,2094             | 0,2473     | 0,1549    |        |
| DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) | 0,3093             | 0,3654     | 0,2288    |        |

Considerando a produção de espigas despalhadas na média nos três locais (Tabela 8), todos os cruzamentos em que os híbridos P30F44, P30F53 e AS1575 participaram como genitores foram classificados no grupo de maior PE. Esse fato ressalta a importância da participação de genitores com elevados valores da  $\hat{g}_i$  nos cruzamentos realizados em programas de melhoramento. Fuzatto et al. (2002) ressaltam que apenas por meio da média não é totalmente seguro inferir sobre o potencial de uma cultivar em cruzamentos, sendo necessário aliar essa informação àquelas obtidas com base na  $\hat{g}_i$ .

Destacou-se também o genitor 2B587, que apresentou ( $\hat{g}_i$ ) positiva em Guarapuava e Cantagalo e considerada nula em Laranjeiras do Sul. Esse genitor também está entre os de maior produtividade média (Tabela 8), apresentando potencial para uso em programas de melhoramento, pois a capacidade combinatória é uma característica herdável (Hallauer e Miranda Filho, 1995).

Por outro lado, as estimativas da  $\hat{g}_i$  para PE foram negativas nos três ambientes para outros quatro genitores (GNZ 2005, Premium Flex, Sprint e DKB 234) (Tabela 19), indicando redução na contribuição do caráter e que, portanto, não são recomendados para a geração de populações para a extração de linhagens promissoras para as condições do centro-sul paranaense.

O genitor Penta apresentou valores positivos e negativos conforme o ambiente, indicando forte interação com os locais testados, confirmando a ocorrência de efeitos

significativo para a interação CGC x locais detectada na análise dialélica conjunta (Tabela 14). Penta apresentou estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  em Laranjeiras do Sul e Cantagalo e valor negativo e elevado em Guarapuava, indicando que numa possível escolha desse híbrido para a geração de populações, o local deve ser levado em consideração.

Considerando as estimativas da  $\hat{g}_i$  obtidas a partir da análise dialélica conjunta (Tabela 19), verifica-se que para a característica PE, o genitor 2B688 teve o maior valor positivo, coincidindo com o resultado obtido em Guarapuava. É conveniente salientar que o genitor 2B688 pertence ao grupo de genitores de maior média para PE (Tabela 8), demonstrando ser promissor para ser utilizado em programas de melhoramento, pois associa elevada média e elevada capacidade geral de combinação, o que propiciaria a geração de populações com alto potencial para seleção de linhagens superiores. Em contrapartida, o genitor Sprint caracterizou-se como o que teve estimativa negativa de maior magnitude da  $\hat{g}_i$  para a característica PE na média dos três locais (Tabela 19), tendo ainda sido incluído no grupo de genótipos menos produtivos (Tabela 8), evidenciando a não recomendação do mesmo em programas de melhoramento com base na estimativa da média e da  $\hat{g}_i$ .

Estimativas positivas da  $\hat{g}_i$  de um genótipo indicam aumento da contribuição gênica para rendimento de grãos nos cruzamentos em que este participa. Gorgulho e Miranda Filho (2001), na análise dialélica de variedades de milho, observaram que os efeitos de  $\hat{g}_i$  foram de grande importância para produção. Teixeira et al. (2001) em avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce observaram que apenas um genótipo apresentou maiores estimativas da  $\hat{g}_i$  para PE para os três ambientes analisados.

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à característica produção de espigas despalhadas (PE) avaliada nos três locais e na média dos ambientes são apresentadas na Tabela 20.

Todos os genitores apresentaram estimativas negativas de  $\hat{s}_{ii}$ , considerando o comportamento médio nos três locais (Tabela 20), indicando desvios de dominância favoráveis no sentido de aumentar o rendimento de grãos. O genitor P30F44 obteve a estimativa de maior magnitude, sendo, portanto o mais divergente em relação à média do dialelo.

Pesquisa realizada por Aguiar et al. (2004) sobre análise dialélica de linhagens de milho na safrinha, em quatro distintos ambientes, revelou para a característica rendimento de grãos que os genitores apresentaram as estimativas de  $\hat{s}_{ii}$  negativas para todos os locais.

Tabela 20. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à produção de espigas despalhadas (PE) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipo               | CEC                |            |           |        |
|------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
|                        | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53                 | -1,231             | -0,624     | 0,801     | -0,352 |
| P30F44                 | -1,787             | -0,612     | -2,543    | -1,650 |
| AG 8021                | -0,805             | -1,154     | -1,782    | -1,248 |
| GNZ 2005               | -0,848             | -0,665     | -2,928    | -1,479 |
| GNZ 2004               | -2,318             | -0,100     | -1,662    | -1,356 |
| Penta                  | -0,951             | -2,308     | -0,232    | -1,162 |
| Premium Flex           | -0,134             | -0,654     | -0,429    | -0,407 |
| Sprint                 | -1,918             | -0,408     | -1,853    | -1,395 |
| AS 1575                | -0,087             | 0,446      | -2,231    | -0,625 |
| 2B587                  | -0,482             | -0,228     | -0,262    | -0,324 |
| 2B688                  | 1,022              | -1,055     | -1,372    | -0,471 |
| DKB 234                | -1,249             | -1,054     | -1,396    | -1,235 |
|                        | $\hat{S}_{ij}$     |            |           |        |
| P30F53 x P30F44        | -0,144             | -1,413     | -2,606    | -1,389 |
| P30F53 x AG 8021       | -1,533             | -0,249     | 0,154     | -0,540 |
| P30F53 x GNZ 2005      | 1,316              | -0,195     | -0,014    | 0,368  |
| P30F53 x GNZ 2004      | 1,621              | 0,808      | -0,531    | 0,632  |
| P30F53 x Penta         | 2,159              | 1,099      | 0,349     | 1,200  |
| P30F53 x Premium Flex  | -0,337             | 0,616      | -0,069    | 0,069  |
| P30F53 x Sprint        | 0,826              | 0,939      | 2,729     | 1,498  |
| P30F53 x AS 1575       | -0,419             | 1,256      | -0,100    | 0,248  |
| P30F53 x 2B587         | 0,159              | -0,586     | -1,301    | -0,575 |
| P30F53 x 2B688         | -0,434             | -0,760     | -0,086    | -0,426 |
| P30F53 x DKB 234       | -0,750             | -0,269     | -0,128    | -0,382 |
| P30F44 x AG 8021       | -0,466             | -0,508     | 0,487     | -0,165 |
| P30F44 x GNZ 2005      | -0,517             | -0,004     | 1,219     | 0,231  |
| P30F44 x GNZ 2004      | 1,398              | -0,701     | -0,098    | 0,198  |
| P30F44 x Penta         | 0,426              | 0,450      | 0,252     | 0,379  |
| P30F44 x Premium Flex  | 0,770              | 1,217      | 0,814     | 0,934  |
| P30F44 x Sprint        | 3,253              | 1,050      | 2,402     | 2,235  |
| P30F44 x AS 1575       | 0,228              | -0,713     | 0,973     | 0,167  |
| P30F44 x 2B587         | -0,464             | -0,285     | -0,198    | -0,317 |
| P30F44 x 2B688         | -1,207             | 1,231      | 1,557     | 0,530  |
| P30F44 x DKB 234       | 0,297              | 0,902      | 0,285     | 0,496  |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 1,693              | 1,721      | 0,300     | 1,240  |
| AG 8021 x GNZ 2004     | 0,108              | 0,603      | 0,083     | 0,264  |
| AG 8021 x Penta        | 0,567              | -0,486     | 0,853     | 0,309  |
| AG 8021 x Premium Flex | 2,021              | 0,171      | 1,274     | 1,155  |
| AG 8021 x Sprint       | 1,573              | 0,474      | 0,432     | 0,829  |
| AG 8021 x AS 1575      | 0,299              | 0,051      | -0,496    | -0,051 |

Tabela 20. Continuação ...

|                                     |        |        |        |        |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| AG 8021 x 2B587                     | -0,874 | 0,029  | 0,583  | -0,087 |
| AG 8021 x 2B688                     | -2,217 | -0,525 | 0,448  | -0,762 |
| AG 8021 x DKB 234                   | 0,438  | 1,026  | -0,554 | 0,302  |
| GNZ 2005 x GNZ 2004                 | -2,293 | -1,312 | -0,475 | -1,362 |
| GNZ 2005 x Penta                    | 0,666  | 0,798  | 1,295  | 0,920  |
| GNZ 2005 x Premium Flex             | 0,719  | 0,706  | 1,567  | 0,998  |
| GNZ 2005 x Sprint                   | 1,842  | -0,002 | 1,654  | 1,166  |
| GNZ 2005 x AS 1575                  | -0,222 | 0,106  | 1,166  | 0,347  |
| GNZ 2005 x 2B587                    | -0,725 | -0,487 | -0,655 | -0,622 |
| GNZ 2005 x 2B688                    | -0,988 | -0,790 | -0,510 | -0,760 |
| GNZ 2005 x DKB 234                  | 0,206  | 0,791  | 0,308  | 0,434  |
| GNZ 2004 x Penta                    | 0,951  | 1,001  | 1,918  | 1,291  |
| GNZ 2004 x Premium Flex             | -0,236 | -0,722 | -0,449 | -0,469 |
| GNZ 2004 x Sprint                   | 1,307  | -0,389 | -0,003 | 0,304  |
| GNZ 2004 x AS 1575                  | 1,363  | -0,742 | 0,269  | 0,297  |
| GNZ 2004 x 2B587                    | -0,180 | 1,096  | 1,238  | 0,716  |
| GNZ 2004 x 2B688                    | 0,597  | -0,137 | 1,093  | 0,517  |
| GNZ 2004 x DKB 234                  | 0,001  | 0,693  | -0,619 | 0,023  |
| Penta x Premium Flex                | -0,327 | -0,041 | -1,101 | -0,491 |
| Penta x Sprint                      | -2,094 | -0,338 | -3,173 | -1,870 |
| Penta x AS 1575                     | -0,439 | -0,771 | -0,251 | -0,487 |
| Penta x 2B587                       | -0,402 | 1,667  | -0,822 | 0,146  |
| Penta x 2B688                       | -0,114 | 1,483  | 0,913  | 0,761  |
| Penta x DKB 234                     | 0,510  | -0,246 | 0,231  | 0,165  |
| Premium Flex x Sprint               | -3,911 | -1,860 | -3,561 | -3,112 |
| Premium Flex x AS 1575              | -1,385 | 0,416  | 0,390  | -0,192 |
| Premium Flex x 2B587                | 2,492  | 0,204  | 0,919  | 1,208  |
| Premium Flex x 2B688                | 0,619  | 1,111  | -0,076 | 0,553  |
| Premium Flex x DKB 234              | -0,157 | -0,509 | 0,252  | -0,138 |
| Sprint x AS 1575                    | -0,092 | -0,121 | 0,478  | 0,090  |
| Sprint x 2B587                      | 0,435  | 1,337  | 1,207  | 0,992  |
| Sprint x 2B688                      | -0,158 | 0,023  | 0,482  | 0,113  |
| Sprint x DKB 234                    | 0,856  | -0,296 | 1,060  | 0,543  |
| AS 1575 x 2B587                     | 0,371  | -0,816 | 1,429  | 0,328  |
| AS 1575 x 2B688                     | 0,698  | 1,661  | -0,426 | 0,640  |
| AS 1575 x DKB 234                   | -0,228 | -1,219 | 1,032  | -0,137 |
| 2B587 x 2B688                       | -0,005 | -2,062 | -1,727 | -1,265 |
| 2B587 x DKB 234                     | 0,159  | 0,359  | -0,149 | 0,124  |
| 2B688 x DKB 234                     | 1,166  | 0,876  | 1,076  | 1,039  |
| DP( $\hat{s}_{ii}$ )                | 0,6969 | 0,8233 | 0,5155 |        |
| DP( $\hat{s}_{ij}$ )                | 0,7625 | 0,9008 | 0,5640 |        |
| DP( $\hat{s}_{ii} - \hat{s}_{ij}$ ) | 0,9782 | 1,1555 | 0,7236 |        |
| DP( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}$ ) | 1,1153 | 1,3175 | 0,8250 |        |
| DP( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}$ ) | 1,0715 | 1,2658 | 0,7926 |        |

A estimativa negativa de maior magnitude da  $\hat{s}_{ij}$  ocorreu para o cruzamento Premium Flex x Sprint ( -3,112 t ha<sup>-1</sup>). Cabe salientar que todos os demais cruzamentos envolvendo híbridos comerciais de uma mesma empresa (P30F53 x P30F44, GNZ 2005 x

GNZ 2004, Penta x Premium Flex, Penta x Sprint e 2B587 x 2B688) apresentaram estimativas negativas da  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 20). Esse resultado demonstra que híbridos de uma mesma empresa tendem a ter pouca divergência genética entre si e maior grau de parentesco, pois seus cruzamentos manifestam depressão por endogamia.

A estimativa de maior valor positivo da  $\hat{s}_{ij}$  foi obtida para a combinação híbrida P30F44 x Sprint (2,237 t ha<sup>-1</sup>), indicando que os desvios de dominância são positivos no sentido de aumentar a expressão do caráter PE (Bordallo et al., 2005).

Entre os cruzamentos que envolvem dois genitores com estimativas positivas da CGC, os valores mais elevados da  $\hat{s}_{ij}$  foram obtidos nas combinações híbridas AS 1575 x 2B688 (0,640) e P30F44 x 2B688 (0,530) (Tabela 20), sendo que esses cruzamentos obtiveram médias elevadas para o caráter PE (Tabela 8). Nos demais casos, as estimativas da  $\hat{s}_{ij}$  foram negativas (geralmente quando entre híbridos de uma mesma empresa) ou de baixa magnitude, como nos cruzamentos P30F53 x P30F44 (-1,389), P30F53 x AS 1575 (-0,248), P30F53 x 2B587 (-0,575), P30F53 x 2B688 (-0,426), P30F44 x 2B587 (-0,317), e 2B587 x 2B688 (-1,265).

Em análise dialélica, conforme relatado por Aguiar et al. (2004) deve-se focar nos híbridos de maior capacidade específica de combinação, em que pelo menos um dos genitores apresenta elevada capacidade geral de combinação. Sendo assim, para a característica PE, os genitores 2B688, AS 1575, P30F44, P30F53 e 2B587 se destacaram quanto à ( $\hat{g}_i$ ) (Tabela 14). Nesse contexto, algumas combinações, mesmo que tenham apresentado elevada  $\hat{s}_{ij}$ , não devem ser exploradas em função das estimativas negativas da ( $\hat{g}_i$ ) dos genitores, como o que ocorre, por exemplo, nos cruzamentos AG 8021 x GNZ 2005, AG 8021 x Premium Flex, GNZ 2005 x Sprint e GNZ 2004 x Penta (Tabela 20).

Considerando os cruzamentos em que apenas um dos genitores apresentou estimativa positiva da ( $\hat{g}_i$ ), destacam-se pela  $\hat{s}_{ij}$  as combinações P30F53 x Penta (1,200), P30F53 x Sprint (1,498), P30F44 x Premium Flex (0,934), P30F44 x Sprint (2,237), Premium Flex x 2B587 (1,208), Sprint x 2B587 (0,992), 2B688 x DKB 234 (1,039) (Tabela 20). Todos esses cruzamentos mencionados foram classificados no grupo de genótipos com maiores médias de produção de espigas (Tabela 8). Lemos et al. (2002) e Lopes et al. (1985) relatam que os cruzamentos com altos efeitos de  $\hat{s}_{ij}$  envolveram geralmente, um genitor com alta capacidade geral de combinação e outro com baixa ( $\hat{g}_i$ ), ou então ambos os genitores com baixa CGC.

#### 5.4.3.4. Altura de planta (AP)

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação referentes a altura de planta (AP), avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava, Cantagalo e na média dos três locais encontram-se na Tabela 21.

Tabela 21. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à altura de planta (AP), avaliados em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média dos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genitores                     | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
| P30F53                        | -0,059             | -0,089     | -0,087    | -0,078 |
| P30F44                        | -0,017             | -0,089     | -0,009    | -0,038 |
| AG 8021                       | 0,066              | 0,089      | 0,076     | 0,077  |
| GNZ 2005                      | 0,028              | 0,046      | -0,044    | 0,010  |
| GNZ 2004                      | 0,071              | 0,072      | 0,065     | 0,070  |
| Penta                         | -0,054             | -0,068     | -0,027    | -0,050 |
| Premium Flex                  | -0,003             | 0,041      | 0,045     | 0,028  |
| Sprint                        | -0,011             | -0,051     | 0,004     | -0,019 |
| AS 1575                       | 0,062              | 0,043      | 0,018     | 0,041  |
| 2B587                         | -0,058             | -0,024     | -0,075    | -0,052 |
| 2B688                         | -0,041             | -0,019     | -0,039    | -0,033 |
| DKB 234                       | 0,015              | 0,048      | 0,073     | 0,045  |
| DP( $\hat{g}_i$ )             | 0,005              | 0,022      | 0,047     |        |
| DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) | 0,007              | 0,032      | 0,070     |        |

Foi verificado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação CGC x locais para AP (Tabela 14), indicativo de que houve resposta diferenciada dos genitores na contribuição dos locos com efeitos aditivos para o caráter em função dos locais.

Os genitores P30F53, P30F44, Penta, 2B587 e 2B688 apresentaram estimativas negativas da  $\hat{g}_i$  para AP nos três locais (Tabela 21). Segundo Gorgulho e Miranda Filho (2001) e Aguiar et al. (2004) as estimativas negativas para as características AP e AE são importantes, pois em programas de melhoramento existe a preocupação em buscar genótipos que contribuem para a redução dessas características. Freitas Júnior (2006) enfatizou a importância da escolha de genitores em programas de melhoramento visando à obtenção de genótipos mais baixos com o intuito de reduzir a taxa de acamamento das plantas em locais onde a ocorrência de ventos é frequente, a exemplo de Guarapuava. Já os genitores AG8021 e GNZ 2004 apresentaram os maiores valores positivos da  $\hat{g}_i$ .

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à característica altura de plantas (AP) dos 12 genitores e 66 cruzamentos são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à altura de planta (AP) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipo              | CEC                 |            |           |        |
|-----------------------|---------------------|------------|-----------|--------|
|                       | Laranjeiras do Sul  | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|                       | $\hat{\sigma}_{ii}$ |            |           |        |
| P30F53                | 0,104               | 0,068      | 0,096     | 0,089  |
| P30F44                | 0,12                | 0,016      | -0,098    | 0,013  |
| AG 8021               | 0,121               | -0,059     | -0,050    | 0,004  |
| GNZ 2005              | 0,127               | -0,034     | -0,138    | -0,015 |
| GNZ 2004              | 0,041               | -0,135     | -0,027    | -0,040 |
| Penta                 | 0,064               | 0,165      | 0,056     | 0,095  |
| Premium Flex          | 0,071               | -0,104     | 0,013     | -0,006 |
| Sprint                | -0,033              | -0,128     | -0,226    | -0,129 |
| AS 1575               | 0,130               | -0,137     | -0,133    | -0,046 |
| 2B587                 | 0,051               | -0,004     | 0,033     | 0,027  |
| 2B688                 | 0,207               | -0,012     | -0,010    | 0,062  |
| DKB 234               | 0,124               | -0,017     | 0,048     | 0,052  |
|                       | $\hat{\sigma}_{ij}$ |            |           |        |
| P30F53 x P30F44       | 0,022               | 0,057      | -0,021    | 0,019  |
| P30F53 x AG 8021      | -0,162              | 0,059      | 0,047     | -0,050 |
| P30F53 x GNZ 2005     | -0,034              | -0,088     | -0,016    | -0,046 |
| P30F53 x GNZ 2004     | 0,053               | 0,006      | -0,066    | -0,002 |
| P30F53 x Penta        | 0,049               | -0,064     | 0,036     | 0,007  |
| P30F53 x Premium Flex | -0,062              | 0,077      | -0,026    | -0,003 |
| P30F53 x Sprint       | 0,036               | -0,180     | -0,005    | -0,050 |
| P30F53 x AS 1575      | 0,012               | 0,046      | 0,052     | 0,037  |
| P30F53 x 2B587        | 0,013               | -0,048     | -0,076    | -0,037 |
| P30F53 x 2B688        | -0,064              | 0,038      | -0,032    | -0,019 |
| P30F53 x DKB 234      | -0,071              | -0,039     | 0,007     | -0,034 |
| P30F44 x AG 8021      | -0,054              | -0,072     | -0,024    | -0,050 |
| P30F44 x GNZ 2005     | -0,066              | -0,039     | -0,003    | -0,036 |
| P30F44 x GNZ 2004     | 0,101               | 0,086      | 0,027     | 0,071  |
| P30F44 x Penta        | -0,063              | 0,116      | -0,091    | -0,013 |
| P30F44 x Premium Flex | -0,074              | 0,026      | 0,027     | -0,007 |
| P30F44 x Sprint       | -0,036              | -0,031     | 0,098     | 0,010  |
| P30F44 x AS 1575      | -0,06               | -0,075     | 0,045     | 0,020  |
| P30F44 x 2B587        | 0,051               | -0,009     | 0,107     | 0,050  |
| P30F44 x 2B688        | -0,106              | -0,243     | 0,011     | -0,113 |
| P30F44 x DKB 234      | 0,047               | 0,000      | 0,020     | 0,022  |
| AG 8021 x GNZ 2005    | 0,109               | -0,027     | 0,021     | 0,035  |

Tabela 22. Continuação ...

|   |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
| AG 8021 x GNZ 2004                            | -0,034 | 0,008  | -0,038 | -0,021 |
| AG 8021 x Penta                               | -0,007 | 0,048  | -0,007 | 0,011  |
| AG 8021 x Premium Flex                        | 0,051  | 0,209  | 0,052  | 0,104  |
| AG 8021 x Sprint                              | 0,149  | 0,141  | 0,162  | 0,151  |
| AG 8021 x AS 1575                             | -0,054 | -0,013 | -0,011 | -0,026 |
| AG 8021 x 2B587                               | -0,064 | -0,087 | 0,002  | -0,049 |
| AG 8021 x 2B688                               | -0,061 | -0,041 | 0,065  | -0,012 |
| AG 8021 x DKB 234                             | -0,117 | -0,108 | -0,076 | -0,100 |
| GNZ 2005 x GNZ 2004                           | -0,156 | -0,199 | -0,088 | -0,121 |
| GNZ 2005 x Penta                              | 0,061  | -0,079 | 0,034  | 0,005  |
| GNZ 2005 x Premium Flex                       | -0,021 | 0,201  | 0,052  | 0,078  |
| GNZ 2005 x Sprint                             | -0,073 | -0,056 | 0,103  | -0,008 |
| GNZ 2005 x AS 1575                            | -0,066 | 0,070  | 0,030  | 0,011  |
| GNZ 2005 x 2B587                              | 0,034  | 0,146  | 0,002  | 0,061  |
| GNZ 2005 x 2B688                              | -0,043 | 0,022  | 0,146  | 0,042  |
| GNZ 2005 x DKB 234                            | 0,001  | 0,035  | -0,005 | 0,010  |
| GNZ 2004 x Penta                              | 0,028  | -0,075 | 0,075  | 0,009  |
| GNZ 2004 x Premium Flex                       | -0,074 | 0,046  | 0,053  | 0,008  |
| GNZ 2004 x Sprint                             | 0,054  | 0,139  | 0,084  | 0,092  |
| GNZ 2004 x AS 1575                            | 0,011  | 0,004  | 0,050  | 0,022  |
| GNZ 2004 x 2B587                              | -0,079 | -0,059 | 0,063  | -0,025 |
| GNZ 2004 x 2B688                              | -0,006 | 0,126  | -0,043 | 0,026  |
| GNZ 2004 x DKB 234                            | 0,018  | 0,109  | -0,065 | 0,021  |
| Penta x Premium Flex                          | 0,023  | -0,084 | -0,106 | -0,056 |
| Penta x Sprint                                | -0,059 | -0,012 | -0,035 | -0,035 |
| Penta x AS 1575                               | -0,063 | 0,014  | 0,082  | 0,011  |
| Penta x 2B587                                 | -0,002 | -0,069 | -0,086 | -0,052 |
| Penta x 2B688                                 | -0,049 | -0,124 | -0,042 | -0,072 |
| Penta x DKB 234                               | -0,046 | -0,001 | 0,027  | -0,007 |
| Premium Flex x Sprint                         | -0,081 | -0,201 | -0,056 | -0,113 |
| Premium Flex x AS 1575                        | 0,096  | -0,065 | -0,020 | 0,004  |
| Premium Flex x 2B587                          | -0,024 | 0,061  | 0,043  | 0,027  |
| Premium Flex x 2B688                          | 0,019  | 0,027  | -0,003 | 0,014  |
| Premium Flex x DKB 234                        | 0,003  | -0,090 | -0,045 | -0,044 |
| Sprint x AS 1575                              | 0,054  | 0,178  | 0,021  | 0,084  |
| Sprint x 2B587                                | 0,054  | 0,104  | 0,064  | 0,074  |
| Sprint x 2B688                                | -0,053 | 0,05   | -0,043 | -0,015 |
| Sprint x DKB 234                              | 0,021  | 0,123  | 0,056  | 0,067  |
| AS 1575 x 2B587                               | -0,059 | -0,07  | -0,020 | -0,050 |
| AS 1575 x 2B688                               | -0,046 | 0,036  | -0,026 | -0,012 |
| AS 1575 x DKB 234                             | -0,083 | -0,002 | 0,063  | -0,007 |
| 2B587 x 2B688                                 | -0,006 | 0,082  | -0,053 | 0,008  |
| 2B587 x DKB 234                               | -0,022 | -0,045 | -0,115 | -0,061 |
| 2B688 x DKB 234                               | 0,001  | 0,051  | 0,039  | 0,030  |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii}$ )                     | 0,017  | 0,072  | 0,158  |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij}$ )                     | 0,018  | 0,079  | 0,173  |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii} - \hat{\sigma}_{ij}$ ) | 0,023  | 0,101  | 0,222  |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{ik}$ ) | 0,027  | 0,116  | 0,253  |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{kl}$ ) | 0,026  | 0,111  | 0,243  |        |

Os resultados da análise dialélica conjunta revelam efeito significativo da CEC ( $p < 0,05$ ) para o caráter AP, contudo a interação CEC x locais foi não significativa (Tabela 14), de maneira que as considerações devem ser baseadas nas estimativas de  $\hat{s}_{ii}$  e  $\hat{s}_{ij}$  considerando a média dos três locais.

Os genitores Penta e P30F53 apresentaram as estimativas positivas de  $\hat{s}_{ii}$  para a altura de plantas em cada local, bem como também na média dos três ambientes (Tabela 24), indicando que os desvios de dominância contribuíram para diminuir a expressão do caráter. O genitor Sprint apresentou elevadas estimativas negativas de  $\hat{s}_{ii}$ , o que o torna indesejável quando a finalidade é a obtenção de plantas mais baixas.

As estimativas negativas de maior magnitude da  $\hat{s}_{ij}$  para AP, na média dos três locais, foram obtidas nos cruzamentos P30F44 x 2B688 (-0,113), Premium Flex x Sprint (-0,113), GNZ 2005 x GNZ 2004 (-0,121) e AG 8021 x DKB 234 (-0,100) (Tabela 22). Cabe ressaltar que ambos os genitores do cruzamento P30F44 x 2B688 apresentaram estimativas negativas da  $\hat{g}_i$  nos três ambientes, o que classifica essa combinação como promissora na geração de populações que contribuam para obtenção de genótipos mais baixos.

#### **5.4.3.5. Altura de espiga (AE)**

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação referentes a altura de espiga (AE) dos 12 genitores avaliados nos três locais encontram na Tabela 23.

As estimativas da  $\hat{g}_i$  para AE seguiram comportamento semelhante àquelas obtidas para AP, ou seja, os genitores P30F53, 2B587 e 2B688 apresentaram estimativas negativas de maior magnitude nos três locais (Tabela 23). Essas estimativas negativas são importantes, pois assim como ocorre para o caráter altura de plantas, em programas de melhoramento deseja-se genitores que contribuam para redução de altura de espigas. Já os genitores AG8021 e AS 1575 apresentaram os maiores valores positivos da  $\hat{g}_i$  na média dos três locais, o que é indesejável.

Analisando conjuntamente os cinco caracteres (Tabelas 8, 9 e 6), observa-se a dificuldade de reunir num único genótipo contribuição favorável para alto rendimento de grãos com baixa estatura e florescimento precoce.

Tabela 23. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) referentes à altura de espiga (AE), avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média para os três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genitores                     | Laranjeiras do Sul | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|-------------------------------|--------------------|------------|-----------|--------|
| P30F53                        | -0,041             | -0,070     | -0,032    | -0,048 |
| P30F44                        | -0,004             | -0,050     | -0,002    | -0,020 |
| AG 8021                       | 0,055              | 0,075      | 0,067     | 0,066  |
| GNZ 2005                      | -0,017             | -0,022     | -0,057    | -0,032 |
| GNZ 2004                      | -0,041             | 0,000      | -0,024    | -0,022 |
| Penta                         | 0,007              | 0,005      | 0,028     | 0,014  |
| Premium Flex                  | 0,023              | 0,079      | 0,072     | 0,058  |
| Sprint                        | 0,063              | -0,003     | 0,011     | 0,024  |
| AS 1575                       | 0,128              | 0,068      | 0,057     | 0,085  |
| 2B587                         | -0,045             | -0,023     | -0,074    | -0,048 |
| 2B688                         | -0,074             | -0,048     | -0,051    | -0,058 |
| DKB 234                       | -0,053             | -0,007     | 0,007     | -0,018 |
| DP( $\hat{g}_i$ )             | 0,027              | 0,015      | 0,013     |        |
| DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_j$ ) | 0,041              | 0,022      | 0,019     |        |

As estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à característica altura de espiga (AE) são apresentadas na Tabela 24.

Os resultados da análise dialéctica conjunta revelam efeito significativo da CEC ( $p < 0,05$ ) para o carácter altura de espiga, assim como também para a interação CEC x locais ( $p < 0,05$ ) (Tabela 14).

Os genitores Premium Flex, 2B587, 2B688, Penta e P30F53 apresentaram as maiores estimativas positivas de  $\hat{s}_{ii}$  para a AE na média dos três ambientes (Tabela 24), indicando que os desvios de dominância contribuíram para diminuir a expressão do carácter. Da mesma forma que para a AP, Sprint também teve a maior estimativa negativa de  $\hat{s}_{ii}$ , confirmando a sua limitação como genitor quando se pretende a obtenção de plantas com estatura mais baixa.

Em Laranjeiras do Sul, de maneira geral, as estimativas de  $\hat{s}_{ii}$  dos genitores demonstraram mais nitidamente os desvios de dominância favoráveis no sentido de reduzir a altura de espigas, sendo que Sprint foi o único genitor que apresentou estimativa de  $\hat{s}_{ii}$  negativa (Tabela 24).

Tabela 24. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referentes à altura de espiga (AE) avaliada em Laranjeiras do Sul, Guarapuava e Cantagalo e na média do dialelo conjunto referente aos três locais. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipo               | CEC                 |            |           |        |
|------------------------|---------------------|------------|-----------|--------|
|                        | Laranjeiras do Sul  | Guarapuava | Cantagalo | Média  |
|                        | $\hat{\sigma}_{ii}$ |            |           |        |
| P30F53                 | 0,171               | 0,060      | 0,015     | 0,082  |
| P30F44                 | 0,176               | 0,016      | -0,095    | 0,032  |
| AG 8021                | 0,306               | -0,030     | -0,032    | 0,081  |
| GNZ 2005               | 0,212               | -0,014     | -0,075    | 0,041  |
| GNZ 2004               | 0,171               | -0,061     | 0,009     | 0,039  |
| Penta                  | 0,152               | 0,069      | 0,025     | 0,082  |
| Premium Flex           | 0,281               | 0,031      | 0,038     | 0,117  |
| Sprint                 | -0,099              | -0,231     | -0,231    | -0,181 |
| AS 1575                | 0,131               | -0,077     | -0,122    | -0,023 |
| 2B587                  | 0,179               | 0,067      | 0,069     | 0,105  |
| 2B688                  | 0,286               | 0,027      | -0,007    | 0,102  |
| DKB 234                | 0,225               | 0,026      | -0,034    | 0,072  |
|                        | $\hat{\sigma}_{ij}$ |            |           |        |
| P30F53 x P30F44        | 0,034               | 0,013      | 0,005     | 0,017  |
| P30F53 x AG 8021       | -0,117              | 0,085      | -0,014    | -0,015 |
| P30F53 x GNZ 2005      | -0,034              | -0,057     | 0,010     | -0,027 |
| P30F53 x GNZ 2004      | 0,021               | -0,131     | -0,123    | -0,078 |
| P30F53 x Penta         | 0,091               | 0,014      | 0,015     | 0,040  |
| P30F53 x Premium Flex  | -0,074              | 0,061      | 0,001     | -0,004 |
| P30F53 x Sprint        | -0,054              | -0,096     | -0,018    | -0,056 |
| P30F53 x AS 1575       | -0,099              | 0,021      | 0,001     | 0,043  |
| P30F53 x 2B587         | 0,015               | 0,004      | -0,093    | -0,025 |
| P30F53 x 2B688         | -0,037              | -0,011     | -0,046    | -0,031 |
| P30F53 x DKB 234       | -0,087              | -0,022     | 0,056     | -0,018 |
| P30F44 x AG 8021       | -0,054              | -0,062     | -0,024    | -0,046 |
| P30F44 x GNZ 2005      | -0,051              | -0,034     | 0,030     | -0,018 |
| P30F44 x GNZ 2004      | 0,094               | 0,032      | 0,017     | 0,048  |
| P30F44 x Penta         | 0,024               | 0,117      | -0,025    | 0,039  |
| P30F44 x Premium Flex  | -0,152              | 0,024      | -0,029    | -0,052 |
| P30F44 x Sprint        | -0,112              | 0,027      | 0,122     | 0,012  |
| P30F44 x AS 1575       | 0,117               | 0,074      | 0,016     | -0,009 |
| P30F44 x 2B587         | 0,018               | 0,037      | 0,087     | 0,047  |
| P30F44 x 2B688         | -0,064              | -0,179     | -0,036    | -0,093 |
| P30F44 x DKB 234       | 0,026               | -0,079     | 0,026     | -0,009 |
| AG 8021 x GNZ 2005     | 0,089               | -0,042     | -0,019    | 0,009  |
| AG 8021 x GNZ 2004     | -0,067              | 0,034      | -0,061    | -0,031 |
| AG 8021 x Penta        | -0,116              | -0,031     | -0,024    | -0,057 |
| AG 8021 x Premium Flex | -0,012              | 0,106      | 0,053     | 0,049  |
| AG 8021 x Sprint       | 0,049               | 0,139      | 0,104     | 0,097  |
| AG 8021 x AS 1575      | -0,127              | -0,074     | -0,022    | -0,074 |

Tabela 24. Continuação ...

|   |          |          |          |        |
|---|----------|----------|----------|--------|
| AG 8021 x 2B587                               | -0,082   | -0,031   | 0,049    | -0,022 |
| AG 8021 x 2B688                               | -0,124   | 0,004    | 0,036    | -0,028 |
| AG 8021 x DKB 234                             | -0,054   | -0,067   | -0,013   | -0,045 |
| GNZ 2005 x GNZ 2004                           | -0,084   | -0,048   | -0,058   | -0,063 |
| GNZ 2005 x Penta                              | 0,037    | 0,037    | 0,020    | 0,031  |
| GNZ 2005 x Premium Flex                       | -0,079   | 0,094    | 0,036    | 0,017  |
| GNZ 2005 x Sprint                             | -0,139   | -0,014   | 0,097    | -0,018 |
| GNZ 2005 x AS 1575                            | -0,124   | 0,004    | 0,021    | -0,033 |
| GNZ 2005 x 2B587                              | 0,011    | 0,057    | -0,078   | -0,004 |
| GNZ 2005 x 2B688                              | -0,051   | 0,082    | 0,069    | 0,033  |
| GNZ 2005 x DKB 234                            | -0,001   | -0,049   | 0,021    | -0,010 |
| GNZ 2004 x Penta                              | 0,021    | -0,026   | 0,047    | 0,014  |
| GNZ 2004 x Premium Flex                       | -0,074   | 0,090    | 0,014    | 0,010  |
| GNZ 2004 x Sprint                             | -0,044   | 0,083    | 0,054    | 0,031  |
| GNZ 2004 x AS 1575                            | -0,069   | 0,021    | 0,049    | 0,000  |
| GNZ 2004 x 2B587                              | -0,045   | -0,027   | 0,059    | -0,004 |
| GNZ 2004 x 2B688                              | -0,027   | 0,018    | 0,006    | -0,001 |
| GNZ 2004 x DKB 234                            | -0,067   | 0,077    | -0,022   | -0,004 |
| Penta x Premium Flex                          | -0,004   | -0,155   | -0,099   | -0,086 |
| Penta x Sprint                                | -0,114   | 0,018    | -0,038   | -0,045 |
| Penta x AS 1575                               | -0,109   | 0,046    | 0,076    | 0,004  |
| Penta x 2B587                                 | -0,004   | -0,122   | -0,093   | -0,073 |
| Penta x 2B688                                 | -0,056   | -0,057   | 0,034    | -0,026 |
| Penta x DKB 234                               | -0,076   | 0,022    | 0,036    | -0,006 |
| Premium Flex x Sprint                         | -0,059   | -0,076   | 0,039    | -0,032 |
| Premium Flex x AS 1575                        | 0,006    | -0,078   | -0,017   | -0,030 |
| Premium Flex x 2B587                          | -0,070   | -0,056   | 0,044    | -0,027 |
| Premium Flex x 2B688                          | -0,052   | 0,019    | -0,039   | -0,024 |
| Premium Flex x DKB 234                        | 0,008    | -0,091   | -0,078   | -0,054 |
| Sprint x AS 1575                              | 0,696    | 0,185    | -0,016   | 0,288  |
| Sprint x 2B587                                | -0,030   | 0,077    | 0,094    | 0,047  |
| Sprint x 2B688                                | -0,042   | 0,022    | -0,029   | -0,016 |
| Sprint x DKB 234                              | 0,048    | 0,062    | 0,053    | 0,054  |
| AS 1575 x 2B587                               | -0,105   | -0,045   | -0,031   | -0,061 |
| AS 1575 x 2B688                               | -0,067   | -0,04    | -0,014   | -0,040 |
| AS 1575 x DKB 234                             | -0,147   | 0,039    | 0,007    | -0,034 |
| 2B587 x 2B688                                 | -0,012   | 0,002    | -0,064   | -0,025 |
| 2B587 x DKB 234                               | -0,053   | -0,029   | -0,112   | -0,065 |
| 2B688 x DKB 234                               | -0,044   | 0,087    | 0,095    | 0,046  |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii}$ )                     | 0,091570 | 0,049901 | 0,044252 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij}$ )                     | 0,100184 | 0,054595 | 0,048414 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ii} - \hat{\sigma}_{ij}$ ) | 0,128515 | 0,070034 | 0,062106 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{ik}$ ) | 0,14653  | 0,079851 | 0,070812 |        |
| DP( $\hat{\sigma}_{ij} - \hat{\sigma}_{kl}$ ) | 0,140781 | 0,076718 | 0,068034 |        |

A estimativa negativa de maior magnitude da  $\hat{\sigma}_{ij}$  em Laranjeiras do Sul foi apresentada pelo cruzamento P30F44 x Premium Flex (-0,152) enquanto que o cruzamento Sprint x AS 1575 (0,696) foi responsável pelo maior valor positivo averiguado para AE (Tabela 24).

Ao analisar os valores da CEC para a AE em Guarapuava, nota-se que a estimativa negativa de maior magnitude ocorreu para a combinação P30F44 x 2B688 (-0,179), cujos genitores também apresentaram as estimativas mais favoráveis da  $\hat{g}_i$  (Tabela 23). Em contrapartida, o cruzamento Sprint x AS 1575 (0,185) teve a estimativa positiva mais elevada (Tabela 24).

Em Cantagalo a estimativa negativa de maior magnitude da  $\hat{\sigma}_{ij}$  para a AE foi para a combinação 2B587 x DKB 234 e analisando os valores da  $\hat{g}_i$  (Tabela 23) é possível identificar o genitor 2B587 com a estimativa negativa mais pronunciada. Neste sentido é evidente a participação do genitor 2B587 como o genitor mais indicado à redução de AE para este local.

O cruzamento Sprint x AS 1575 teve destaque negativo, pois apresentou estimativa de  $\hat{\sigma}_{ij}$  de 0,288 na análise dialélica conjunta (Tabela 24). Laranjeiras do Sul foi o local que mais contribuiu para o aumento na estimativa média de  $\hat{\sigma}_{ij}$  do referido cruzamento.

## 5.5. Heterose

As estimativas da heterose para os caracteres florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espigas (AE), obtidos na média de três locais, estão apresentadas na Tabela 25.

Os valores da heterose para a variável FM foram positivos para todos os cruzamentos, demonstrando, deste modo, a não existência de desvios bidirecionais da dominância. Entre os 58 cruzamentos que apresentaram heterose significativa pelo teste  $t$  ( $P < 0,05$ ), as estimativas médias variaram de 1,50 a 7,50 dias ou de 1,93% a 10,07% (Tabela 25) demonstrando atraso no FM em relação à média dos genitores. Segundo Costa (2006) os valores positivos de heterose para a característica FM, impossibilita a escolha de híbridos mais precoces.

Tabela 25. Estimativas médias e porcentagem da heterose para as características florescimento masculino (FM), prolificidade (PR), produção de espigas despalhadas (PE), altura de planta (AP) e altura de espigas (AE), obtidas na média de três locais da região Centro-Sul do Paraná. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Tratamento              | FM                 |      | PR                  |       | PE                  |       | AP                  |       | AE                  |        |
|-------------------------|--------------------|------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|--------|
|                         | Dias               | %    | ne/np               | %     | t ha <sup>-1</sup>  | %     | m                   | %     | m                   | %      |
| P30F53 x P30F44         | 3,50*              | 4,51 | -0,02 <sup>ns</sup> | -1,94 | -0,39 <sup>ns</sup> | -3,25 | -0,03 <sup>ns</sup> | -1,28 | -0,05 <sup>ns</sup> | -3,62  |
| P30F53 x AG 8021        | 3,00*              | 3,95 | -0,04 <sup>ns</sup> | -3,88 | 0,26 <sup>ns</sup>  | 2,25  | -0,10*              | -4,08 | -0,09 <sup>ns</sup> | -6,08  |
| P30F53 x GNZ 2005       | 3,00*              | 3,95 | 0,02 <sup>ns</sup>  | 2,06  | 1,28*               | 11,44 | -0,09 <sup>ns</sup> | -3,78 | -0,09 <sup>ns</sup> | -6,57  |
| P30F53 x GNZ 2004       | 2,50*              | 3,26 | 0,03 <sup>ns</sup>  | 1,52  | 1,49*               | 12,86 | -0,03 <sup>ns</sup> | -1,24 | -0,14*              | -10,14 |
| P30F53 x Penta          | 2,00*              | 2,59 | 0,05 <sup>ns</sup>  | 4,95  | 1,95*               | 16,68 | -0,09 <sup>ns</sup> | -3,80 | -0,04 <sup>ns</sup> | -2,80  |
| P30F53 x Premium Flex   | 2,00*              | 2,59 | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,95  | 0,44 <sup>ns</sup>  | 3,71  | -0,05 <sup>ns</sup> | -2,08 | -0,10 <sup>ns</sup> | -6,71  |
| P30F53 x Sprint         | 0,50 <sup>ns</sup> | 7,38 | -0,04 <sup>ns</sup> | -4,04 | 2,37*               | 21,14 | -0,03 <sup>ns</sup> | -1,31 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00   |
| P30F53 x AS 1575        | 3,00*              | 3,89 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 4,08  | 0,73 <sup>ns</sup>  | 5,82  | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,42 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00   |
| P30F53 x 2B587          | 3,50*              | 4,57 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00  | -0,24 <sup>ns</sup> | -1,91 | -0,10*              | -4,27 | -0,12 <sup>ns</sup> | -8,70  |
| P30F53 x 2B688          | 2,00*              | 2,56 | 0,08*               | 8,16  | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,08 | -0,09 <sup>ns</sup> | -3,80 | -0,12 <sup>ns</sup> | -8,76  |
| P30F53 x DKB 234        | 3,00*              | 4,00 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 3,60  | 0,41 <sup>ns</sup>  | 3,61  | -0,12*              | -4,90 | -0,10 <sup>ns</sup> | -7,14  |
| P30F44 x AG 8021        | 2,50 <sup>ns</sup> | 3,27 | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,87  | 1,28*               | 11,72 | -0,06 <sup>ns</sup> | -2,45 | -0,11 <sup>ns</sup> | -7,38  |
| P30F44 x GNZ 2005       | 2,50*              | 3,27 | 0,07*               | 7,00  | 1,79*               | 16,95 | -0,04 <sup>ns</sup> | -1,68 | -0,06 <sup>ns</sup> | -4,38  |
| P30F44 x GNZ 2004       | 3,00*              | 3,90 | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,87  | 1,70*               | 15,52 | 0,09 <sup>ns</sup>  | 3,72  | -0,09 <sup>ns</sup> | -6,52  |
| P30F44 x Penta          | 1,50*              | 1,93 | 0,03 <sup>ns</sup>  | 2,86  | 0,89 <sup>ns</sup>  | 8,05  | -0,06 <sup>ns</sup> | -2,53 | -0,02 <sup>ns</sup> | -1,39  |
| P30F44 x Premium Flex   | 2,50*              | 3,22 | 0,09*               | 8,25  | 1,96*               | 17,47 | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,42 | -0,03 <sup>ns</sup> | -2,00  |
| P30F44 x Sprint         | 4,00*              | 5,33 | 0,10*               | 9,71  | 3,76*               | 35,53 | 0,07 <sup>ns</sup>  | 3,06  | -0,08 <sup>ns</sup> | -6,06  |
| P30F44 x AS 1575        | 3,50*              | 4,52 | -0,02 <sup>ns</sup> | -1,96 | 1,30*               | 10,91 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 1,67  | -0,02 <sup>ns</sup> | -1,37  |
| P30F44 x 2B587          | 2,00*              | 3,59 | 0,08*               | 7,48  | 0,67 <sup>ns</sup>  | 5,60  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,85  | -0,03 <sup>ns</sup> | -2,16  |
| P30F44 x 2B688          | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,06 | 0,05 <sup>ns</sup>  | 4,90  | 1,59*               | 13,18 | -0,15*              | -6,33 | -0,17*              | -12,32 |
| P30F44 x DKB 234        | 1,50*              | 1,98 | 0,03 <sup>ns</sup>  | 2,60  | 1,93*               | 18,02 | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,82 | -0,06 <sup>ns</sup> | -4,29  |
| AG 8021 x GNZ 2005      | 4,00*              | 5,33 | 0,05 <sup>ns</sup>  | 5,00  | 2,60*               | 25,67 | 0,07 <sup>ns</sup>  | 2,81  | -0,05 <sup>ns</sup> | -3,38  |
| AG 8021 x GNZ 2004      | 3,50*              | 4,63 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00  | 1,57*               | 14,92 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00  | -0,09 <sup>ns</sup> | -6,04  |
| AG 8021 x Penta         | 2,00*              | 2,63 | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,96  | 1,51*               | 14,20 | -0,03 <sup>ns</sup> | -1,21 | -0,13*              | -8,44  |
| AG 8021 x Premium Flex  | 3,00*              | 3,95 | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,92  | 1,98*               | 18,35 | 0,10*               | 3,98  | -0,04 <sup>ns</sup> | -2,50  |
| AG 8021 x Sprint        | 4,50*              | 6,12 | 0,06 <sup>ns</sup>  | 5,82  | 2,15*               | 21,18 | 0,21*               | 8,75  | 0,26*               | 18,30  |
| AG 8021 x AS 1575       | 4,00*              | 5,26 | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,99 | 0,88 <sup>ns</sup>  | 7,66  | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00  | 0,10 <sup>ns</sup>  | 6,41   |
| AG 8021 x 2B587         | 4,50*              | 5,96 | 0,08*               | 5,90  | 0,69 <sup>ns</sup>  | 5,98  | -0,07 <sup>ns</sup> | -2,86 | -0,11 <sup>ns</sup> | -7,38  |
| AG 8021 x 2B688         | 1,00 <sup>ns</sup> | 1,30 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 3,96  | 0,10 <sup>ns</sup>  | 0,86  | -0,04 <sup>ns</sup> | -1,61 | -0,12 <sup>ns</sup> | -8,11  |
| AG 8021 x DKB 234       | 3,00*              | 4,05 | -0,08*              | -6,96 | 1,54*               | 14,98 | -0,13*              | -5,08 | -0,12 <sup>ns</sup> | -7,95  |
| GNZ 2005 x GNZ 2004     | 5,50*              | 7,28 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 4,00  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 0,59  | -0,10*              | -4,06 | -0,11 <sup>ns</sup> | 8,03   |
| GNZ 2005 x Penta        | 3,00*              | 3,95 | 0,15*               | 15,30 | 2,24*               | 21,50 | -0,04 <sup>ns</sup> | -1,66 | -0,03 <sup>ns</sup> | -2,10  |
| GNZ 2005 x Premium Flex | 4,00*              | 5,26 | 0,08*               | 8,16  | 1,95*               | 19,92 | 0,09 <sup>ns</sup>  | 3,70  | -0,07 <sup>ns</sup> | -4,70  |
| GNZ 2005 x Sprint       | 6,50*              | 8,84 | 0,15*               | 15,46 | 2,60*               | 23,38 | 0,06 <sup>ns</sup>  | 2,57  | 0,05 <sup>ns</sup>  | 3,82   |
| GNZ 2005 x AS 1575      | 4,00*              | 5,26 | 0,11*               | 11,58 | 1,40*               | 12,55 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 1,65  | -0,04 <sup>ns</sup> | -2,76  |
| GNZ 2005 x 2B587        | 4,50*              | 5,96 | 0,05 <sup>ns</sup>  | 5,00  | 1,28*               | 11,62 | 0,05 <sup>ns</sup>  | 2,11  | -0,08 <sup>ns</sup> | -5,80  |
| GNZ 2005 x 2B688        | 4,00*              | 5,19 | -0,06 <sup>ns</sup> | -6,31 | 0,21 <sup>ns</sup>  | 2,12  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,83  | -0,05 <sup>ns</sup> | -3,65  |

Tabela 25. Continuação ...

|                         |                    |       |                     |       |                     |        |                     |       |                     |        |
|-------------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|--------|---------------------|-------|---------------------|--------|
| GNZ 2005 x DKB 234      | 3,00*              | 4,05  | 0,03 <sup>ns</sup>  | 2,78  | 1,79*               | 16,79  | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,40 | -0,06 <sup>ns</sup> | -4,32  |
| GNZ 2004 x Penta        | 2,50*              | 3,27  | 0,07*               | 6,73  | 2,44*               | 22,55  | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,82 | -0,05 <sup>ns</sup> | -3,47  |
| GNZ 2004 x Premium Flex | 3,50*              | 4,57  | -0,06 <sup>ns</sup> | -5,56 | 2,39*               | 23,48  | 0,04 <sup>ns</sup>  | 1,61  | 0,07 <sup>ns</sup>  | 4,67   |
| GNZ 2004 x Sprint       | 6,00*              | 8,16  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 5,82  | 1,68*               | 14,58  | 0,18*               | 7,59  | 0,10 <sup>ns</sup>  | 7,58   |
| GNZ 2004 x AS 1575      | 4,50*              | 5,88  | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,99  | 1,28*               | 11,07  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 2,43  | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,68  |
| GNZ 2004 x 2B587        | 4,00*              | 5,26  | 0,05 <sup>ns</sup>  | 4,67  | 1,56*               | 13,38  | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,83 | -0,08 <sup>ns</sup> | -5,76  |
| GNZ 2004 x 2B688        | 2,50*              | 3,22  | 0,05 <sup>ns</sup>  | 4,95  | 1,43*               | 13,87  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,82  | -0,08 <sup>ns</sup> | -5,80  |
| GNZ 2004 x DKB 234      | 3,50*              | 4,70  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,74  | 1,32*               | 12,08  | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,39  | -0,06 <sup>ns</sup> | -4,29  |
| Penta x Premium Flex    | 3,00*              | 3,90  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,89  | 0,29 <sup>ns</sup>  | 2,65   | 0,11*               | -4,53 | -0,18*              | -11,61 |
| Penta x Sprint          | 5,50*              | 7,38  | 0,03 <sup>ns</sup>  | 2,97  | -0,59 <sup>ns</sup> | -5,73  | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,86 | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,73   |
| Penta x AS 1575         | 3,00*              | 3,90  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 6,06  | 0,40 <sup>ns</sup>  | 3,44   | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,41 | -0,02 <sup>ns</sup> | -1,32  |
| Penta x 2B587           | 2,50*              | 3,27  | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,96  | 0,89 <sup>ns</sup>  | 7,63   | -0,12*              | -5,06 | -0,16*              | -11,11 |
| Penta x 2B688           | 1,00 <sup>ns</sup> | 1,28  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 6,06  | 1,58*               | 13,42  | -0,15*              | -6,25 | -0,12 <sup>ns</sup> | -8,39  |
| Penta x DKB 234         | 2,00*              | 2,67  | -0,04 <sup>ns</sup> | -3,57 | 1,36*               | 13,05  | -0,08 <sup>ns</sup> | -3,23 | -0,09 <sup>ns</sup> | -6,16  |
| Premium Flex x Sprint   | 7,50*              | 10,07 | 0,04 <sup>ns</sup>  | 3,85  | -2,22*              | -21,24 | -0,05 <sup>ns</sup> | -2,13 | 0,00 <sup>ns</sup>  | 0,00   |
| Premium Flex x AS 1575  | 4,00*              | 5,19  | 0,10*               | 9,71  | 0,33 <sup>ns</sup>  | 2,80   | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,82  | -0,07 <sup>ns</sup> | -4,46  |
| Premium Flex x 2B587    | 3,50*              | 4,57  | 0,04 <sup>ns</sup>  | 3,70  | 1,58*               | 13,37  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,84  | -0,13*              | -9,85  |
| Premium Flex x 2B688    | 2,00*              | 2,65  | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,97  | 0,99 <sup>ns</sup>  | 8,30   | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,82 | -0,13*              | -9,92  |
| Premium Flex x DKB 234  | 1,00 <sup>ns</sup> | 1,33  | -0,05 <sup>ns</sup> | -4,31 | 0,68 <sup>ns</sup>  | 6,43   | -0,07 <sup>ns</sup> | -2,80 | -0,15*              | -9,87  |
| Sprint x AS 1575        | 6,50*              | 8,72  | 0,08*               | 8,25  | 1,09 <sup>ns</sup>  | 9,78   | 0,17*               | 7,26  | 0,39*               | 28,06  |
| Sprint x 2B587          | 6,00*              | 8,11  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,96  | 1,85*               | 16,55  | 0,12*               | 2,62  | 0,09 <sup>ns</sup>  | 6,82   |
| Sprint x 2B688          | 3,50*              | 4,63  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 6,12  | 1,04 <sup>ns</sup>  | 9,21   | 0,02 <sup>ns</sup>  | 0,86  | 0,02 <sup>ns</sup>  | 1,53   |
| Sprint x DKB 234        | 5,50*              | 7,59  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 5,40  | 1,85*               | 18,61  | -0,09 <sup>ns</sup> | -3,75 | 0,10 <sup>ns</sup>  | 7,46   |
| AS 1575 x 2B587         | 4,50*              | 5,88  | 0,03 <sup>ns</sup>  | 2,97  | 0,80 <sup>ns</sup>  | 6,39   | -0,05 <sup>ns</sup> | -2,09 | 0,10 <sup>ns</sup>  | 6,85   |
| AS 1575 x 2B688         | 1,00 <sup>ns</sup> | 1,28  | 0,06 <sup>ns</sup>  | 5,94  | 1,18*               | 9,34   | -0,02 <sup>ns</sup> | -0,83 | 0,08 <sup>ns</sup>  | 5,52   |
| AS 1575 x DKB 234       | 3,00*              | 4,00  | 0,04 <sup>ns</sup>  | 3,67  | 0,79 <sup>ns</sup>  | 7,01   | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,04 | -0,06 <sup>ns</sup> | -4,05  |
| 2B587 x 2B688           | 3,50*              | 4,52  | -0,01 <sup>ns</sup> | -0,99 | -0,87 <sup>ns</sup> | -6,87  | 0,04 <sup>ns</sup>  | 1,69  | -0,13*              | -9,42  |
| 2B587 x DKB 234         | 3,50*              | 4,70  | -0,04 <sup>ns</sup> | -3,51 | 0,90 <sup>ns</sup>  | 7,96   | -0,10*              | -4,10 | -0,16*              | -11,35 |
| 2B688 x DKB 234         | 2,00 <sup>ns</sup> | 2,63  | 0,01 <sup>ns</sup>  | 0,92  | 1,90*               | 16,65  | -0,03 <sup>ns</sup> | -1,21 | -0,05 <sup>ns</sup> | -3,57  |

ne/np: número de espigas/número de plantas; m: metros; \*, <sup>ns</sup>: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste *t*.

O cruzamento Premium Flex x Sprint revelou o maior valor de heterose para FM, ou seja, 7,50 dias (10,07%) (Tabela 25), o que era esperado, uma vez que esse cruzamento representou a maior estimativa positiva da  $\hat{s}_{ij}$  para esse caráter (Tabela 16).

Para o caráter PR apenas 14 cruzamentos apresentaram valores significativos da heterose, estatisticamente diferente de zero, pelo teste *t*, variando de -0,08 (-6,96%) a 0,15(15,46%) (Tabela 25), portanto, nesse caso, houve manifestação de desvios bidirecionais da dominância. A maior estimativa positiva foi apresentada pelos cruzamentos GNZ 2005 x Sprint e GNZ 2005 x Penta, demonstrando comportamento desejável para o aumento do número médio de espigas por planta.

Para o caráter PE apenas uma estimativa negativa da heterose foi significativa pelo teste *t*, manifestada no cruzamento Premium Flex x Sprint (-2,22 t ha<sup>-1</sup> ou -21,24%). Todas as estimativas da heterose dos cruzamentos que envolvem dois genitores de uma mesma empresa (P30F53 x P30F44, GNZ 2005 x GNZ 2004, Penta x Premium Flex, Premium Flex x Sprint, Penta x Sprint e 2B587 x 2B688) foram negativas ou nulas (Tabela 25), seguindo a mesma tendência das estimativas da  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 20), em consequência da baixa complementaridade genética para os locos com efeitos não aditivos.

Estimativas positivas e significativas da heterose para PE foram verificadas para 38 cruzamentos, com variação de 1,18 (9,34%) para a combinação AS 1575 x 2B688 a 3,76 t ha<sup>-1</sup> (35,53%) para a combinação P30F44 x Sprint (Tabela 25). Com base na análise conjunta, o cruzamento P30F44 x Sprint ficou entre os genótipos de maior PE, atingindo 14,34 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 8) e expressou a maior estimativa da CEC (2,237 t ha<sup>-1</sup>) da análise dialélica conjunta (Tabela 20).

Hallauer e Miranda Filho (1995) ao avaliarem o fenômeno da heterose verificaram que, além da existência de genes com grau parcial a completo de dominância, controlando determinado caráter, a expressão da heterose também depende do grau de diversidade entre os genótipos, sendo necessário diferenças nas frequências alélicas nos locos envolvidos na expressão do caráter. Falconer e Makay (1996) também relataram a ocorrência da existência de dominância no controle do caráter e também pela divergência entre as linhagens ao estudarem o fenômeno da heterose.

Em relação a AP, quinze estimativas da heterose foram significativas pelo teste *t*, sendo seis positivas variando de 0,10 (3,98%) a 0,21 m (8,75%) e nove negativas variando de -0,10m (-4,06%) a -0,15m (-6,2%). O cruzamento AG 8021 x Sprint foi responsável pelo maior valor positivo da heterose (Tabela 25) e também pela maior estimativa da  $\hat{s}_{ij}$  para AP (Tabela 22). Os cruzamentos P30F44 x 2B688 e Penta x 2B688 expressaram os maiores valores de heterose negativa para AP (Tabela 25) e estimativas negativas da  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 22).

Para a variável AE, 11 cruzamentos apresentaram estimativas significativas da heterose, sendo nove negativas. O cruzamento Penta x Premium Flex apresentou valor negativo de maior magnitude, ou seja, -0,18 m ou -11,61% (Tabela 25), coincidindo com a estimativa negativa da  $\hat{s}_{ij}$  (Tabela 24). O cruzamento Sprint x AS 1575 apresentou a maior heterose positiva, com plantas medindo 0,39 m (28,06%) acima da média dos seus genitores (Tabela 25). Já a maior heterose negativa foi manifestada no cruzamento P30F44 x 2B688 (-0,17m ou -12,32%), a exemplo do ocorrido para a AP.

## 5.6. Divergência genética

### 5.6.1 Análise de variância

Os resumos das análises de variância individuais para Laranjeiras do Sul e Guarapuava e da análise de variância conjunta com os valores dos quadrados médios, as médias e os coeficientes de variação de 25 características avaliadas nos 12 genitores do dialelo encontram-se nas Tabelas 26 e 27.

Tabela 26. Resumo das análises de variância dos experimentos de Laranjeiras do Sul (LS) e Guarapuava (G) para 25 características na avaliação dos doze genitores do dialelo. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Variável | QM      |         |                      |                      |        |         | Média |       | CV (%) |       |
|----------|---------|---------|----------------------|----------------------|--------|---------|-------|-------|--------|-------|
|          | Bloco   |         | Genótipo             |                      | Erro   |         |       |       |        |       |
|          | LS      | G       | LS                   | G                    | LS     | G       | LS    | G     | LS     | G     |
| FM       | 2,3333  | 95,5833 | 9,2803*              | 28,4924*             | 3,8181 | 12,2803 | 69,75 | 81,08 | 2,80   | 4,32  |
| PR       | 0,0025  | 0,0062  | 0,0081 <sup>ns</sup> | 0,0323*              | 0,0037 | 0,0071  | 1,04  | 1,07  | 5,84   | 7,91  |
| PE       | 4,8318  | 1,7080  | 6,8228*              | 8,9118 <sup>ns</sup> | 1,1460 | 4,5798  | 12,49 | 10,91 | 8,56   | 19,61 |
| AP       | 0,0392  | 0,0794  | 0,0414 <sup>ns</sup> | 0,0307 <sup>ns</sup> | 0,0121 | 0,0160  | 2,31  | 2,64  | 4,74   | 4,77  |
| AE       | 0,0110  | 0,1131  | 0,0470*              | 0,0362*              | 0,0065 | 0,0096  | 1,36  | 1,63  | 5,94   | 6,00  |
| NI       | 0,6711  | 3,0144  | 1,5814*              | 2,0917*              | 0,0917 | 0,3623  | 14,28 | 16,34 | 2,11   | 3,68  |
| CI       | 0,6806  | 1,1395  | 4,9858*              | 5,6996*              | 0,7899 | 0,5535  | 16,68 | 16,34 | 5,32   | 4,55  |
| DC       | 0,0550  | 0,4000  | 0,0589 <sup>ns</sup> | 0,0487*              | 0,0510 | 0,0175  | 1,27  | 1,31  | 17,71  | 10,03 |
| CF       | 0,0650  | 0,0012  | 0,0767 <sup>ns</sup> | 0,0088*              | 0,0703 | 0,0011  | 0,90  | 0,99  | 29,22  | 3,35  |
| LF       | 4,0808  | 0,2424  | 1,4764 <sup>ns</sup> | 1,2629*              | 1,3641 | 0,0936  | 9,59  | 10,81 | 12,17  | 2,82  |
| NFa      | 0,1377  | 0,13    | 0,7632*              | 0,7842*              | 0,0711 | 0,0924  | 5,81  | 6,36  | 4,58   | 4,77  |
| NFA      | 0,2844  | 2,4211  | 1,1414*              | 1,3535*              | 0,1389 | 0,2259  | 8,47  | 9,97  | 4,39   | 4,76  |
| AF       | 0,0744  | 0,1733  | 0,1926 <sup>ns</sup> | 0,6145*              | 0,4708 | 0,2133  | 3,03  | 2,83  | 22,57  | 16,30 |
| CHP      | 37,2984 | 30,1662 | 37,8991*             | 32,1998*             | 4,0303 | 6,9218  | 41,36 | 43,84 | 4,85   | 6,00  |
| CHS      | 72,4560 | 1,9032  | 16,2017*             | 17,3342*             | 6,4432 | 5,0900  | 19,17 | 23,47 | 13,23  | 9,61  |
| NRS      | 0,07    | 0,4011  | 0,4206*              | 1,0435*              | 0,0978 | 0,1405  | 1,36  | 1,47  | 22,89  | 25,46 |
| AHS      | 5,92    | 5,13    | 9,6957*              | 21,8848*             | 1,3284 | 1,9493  | 8,83  | 10,16 | 13,04  | 13,73 |
| POE      | 0,4477  | 0,5211  | 0,7235*              | 0,4905*              | 0,1459 | 0,1150  | 2,46  | 2,55  | 15,52  | 13,27 |
| E        | 0,1877  | 0,2877  | 1,3077*              | 1,1089*              | 0,3102 | 0,2671  | 2,23  | 1,67  | 24,87  | 30,90 |
| NFG      | 0,09    | 2,9733  | 11,3893*             | 9,0*                 | 0,4512 | 0,8496  | 15,35 | 16,36 | 4,37   | 5,63  |
| NGF      | 6,5077  | 3,5144  | 16,9998*             | 13,5002*             | 4,9283 | 3,5083  | 35,30 | 36,58 | 6,28   | 5,11  |
| CE       | 2,1201  | 2,0797  | 4,3340*              | 2,7421*              | 1,5531 | 0,7468  | 17,43 | 17,51 | 7,14   | 4,93  |
| DE       | 0,0508  | 0,0595  | 0,4201*              | 0,5127*              | 0,0222 | 0,0237  | 4,56  | 4,44  | 3,26   | 3,47  |
| DS       | 0,0434  | 0,0015  | 0,2610*              | 0,2185*              | 0,0071 | 0,0068  | 2,38  | 2,27  | 3,55   | 3,62  |
| CS       | 0,2433  | 0,0411  | 0,3890*              | 0,3817*              | 0,0942 | 0,1029  | 4,50  | 4,53  | 6,82   | 7,06  |

FM=florescimento masculino, PR=prolificidade, PE=produção de espigas despalhadas, AP=altura de planta, AE=altura de espiga, NI=número de internódios, CI=comprimento do internódio, DI=diâmetro de colmo, CF=comprimento de folha, LF=largura de folha, NFa=número de folhas abaixo da espiga, NFA=número de folhas acima da espiga, AF=ângulo da folha, CHP=comprimento da haste principal do pendão, CHS=comprimento da haste secundária do pendão, NHS=número de hastes secundárias do pendão, AHS=ângulo da haste secundária do pendão, POE=posição da espiga, E=empalhamento, NFG=número de fileiras de grãos na espiga, NGF=número de grãos por fileira, CE=comprimento da espiga, DE=diâmetro da espiga, DS=diâmetro do sabugo, CS=cor do sabugo.

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

Tabela 27. Resumo das análises de variância conjunta de 25 características avaliadas nos doze genitores do dialelo. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Variável | QM      |                      |                       |        | Média | CV (%) |
|----------|---------|----------------------|-----------------------|--------|-------|--------|
|          | Bloco   | Genótipos            | Genótipos x Locais    | Erro   |       |        |
| FM       | 43,0416 | 21,6515*             | 16,1212 <sup>ns</sup> | 8,0492 | 75,41 | 3,76   |
| PR       | 0,0073  | 0,0343*              | 0,0061 <sup>ns</sup>  | 0,0054 | 1,05  | 6,97   |
| PE       | 1,7601  | 9,9931*              | 2,8629*               | 2,8629 | 11,70 | 14,45  |
| AP       | 0,0261  | 0,0558 <sup>ns</sup> | 0,0162 <sup>ns</sup>  | 0,0140 | 2,48  | 4,77   |
| AE       | 0,0634  | 0,0728*              | 0,0104 <sup>ns</sup>  | 0,0081 | 1,49  | 6,00   |
| NI       | 3,065   | 3,3*                 | 0,3731 <sup>ns</sup>  | 0,2270 | 15,31 | 3,11   |
| CI       | 1,1426  | 9,9797*              | 0,7057 <sup>ns</sup>  | 0,6717 | 16,51 | 4,96   |
| DC       | 0,3709  | 0,0843*              | 0,0232 <sup>ns</sup>  | 0,0343 | 1,29  | 14,27  |
| CF       | 0,0311  | 0,0527 <sup>ns</sup> | 0,0328 <sup>ns</sup>  | 0,0683 | 0,95  | 27,45  |
| LF       | 1,6301  | 1,9227 <sup>ns</sup> | 0,8167 <sup>ns</sup>  | 1,2828 | 10,20 | 11,10  |
| NFa      | 0,2105  | 1,4634*              | 0,0840 <sup>ns</sup>  | 0,0817 | 6,08  | 4,69   |
| NFA      | 1,9838  | 2,1513*              | 0,3436 <sup>ns</sup>  | 0,1824 | 9,22  | 4,62   |
| AF       | 0,0738  | 0,5751*              | 0,2320 <sup>ns</sup>  | 0,3420 | 2,93  | 19,91  |
| CHP      | 63,4289 | 62,4149*             | 7,6839 <sup>ns</sup>  | 5,4761 | 42,60 | 5,49   |
| CHS      | 48,8845 | 25,0825*             | 8,4534 <sup>ns</sup>  | 5,7666 | 21,32 | 11,26  |
| NRS      | 0,2288  | 1,2357*              | 0,2284 <sup>ns</sup>  | 0,1191 | 1,41  | 24,32  |
| AHS      | 6,605   | 28,5503*             | 3,0303 <sup>ns</sup>  | 1,6389 | 9,5   | 13,47  |
| POE      | 0,8066  | 0,8001*              | 0,4138 <sup>ns</sup>  | 0,1305 | 2,50  | 14,40  |
| E        | 0,2538  | 1,7301*              | 0,6866 <sup>ns</sup>  | 0,2886 | 1,95  | 27,47  |
| NFG      | 1,5316  | 19,9589*             | 0,4304*               | 0,6504 | 15,85 | 5,08   |
| NGF      | 1,3772  | 23,4744*             | 7,0256*               | 4,2183 | 35,94 | 5,71   |
| CE       | 2,0150  | 4,7888*              | 2,2873 <sup>ns</sup>  | 1,15   | 17,47 | 6,13   |
| DE       | 0,0683  | 0,8935*              | 0,0398 <sup>ns</sup>  | 0,023  | 4,50  | 3,36   |
| DS       | 0,0222  | 0,4627*              | 0,0168*               | 0,007  | 2,33  | 3,58   |
| CS       | 0,0422  | 0,7254*              | 0,0454 <sup>ns</sup>  | 0,0985 | 4,51  | 6,94   |

FM=florescimento masculino, PR=prolificidade, PE=produção de espigas despalhadas, AP=altura de planta, AE=altura de espiga, NI=número de internódios, CI=comprimento do internódio, DC=diâmetro de colmo, CF=comprimento de folha, LF=largura de folha, NFa=número de folhas abaixo da espiga, NFA=número de folhas acima da espiga, AF=ângulo da folha, CHP=comprimento da haste principal do pendão, CHS=comprimento da haste secundária do pendão, NHS=número de hastes secundárias do pendão, AHS=ângulo da haste secundária do pendão, POE=posição da espiga, E=empalhamento, NFG=número de fileiras de grãos na espiga, NGF=número de grãos por fileira, CE=comprimento da espiga, DE=diâmetro da espiga, DS=diâmetro do sabugo, CS=cor do sabugo.

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

Os coeficientes de variação variaram de 2,11% para o número de internódios (NI) em Guarapuava a 30,90% para empalhamento (E) em Laranjeiras do Sul (Tabela 26). Na análise de variância conjunta os coeficientes de variação variaram de 3,11 para número de internódios (NI) a 27,47% para empalhamento (E) (Tabela 27).

Não foram verificados efeitos significativos para as características prolificidade (PR), altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF) e ângulo de folha (AF) em Laranjeiras do Sul. Em Guarapuava as

características produção de espigas despalhadas (PE) e altura de plantas (AP) foram as únicas que não demonstram significância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) (Tabela 26).

Para a avaliação da divergência genética entre os genitores foram utilizados os valores da análise conjunta envolvendo a média dos dois locais, uma vez que para a maioria das características avaliadas não houve efeito significativo da interação genótipos x locais, o qual foi verificado apenas para quatro características (PE, NFG, NGF e DS) (Tabela 27).

A análise de variância conjunta revelou efeito não significativo para altura de planta (AP), comprimento de folha (CF) e largura de folha (LF), indicando não haver diferenças genéticas entre os genótipos para essas características (Tabela 27). Dessa forma essas variáveis foram desconsideradas na avaliação da divergência genética por meio da distância de Mahalanobis ( $D^2$ ) e na análise de agrupamento.

### **5.6.2. Distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ )**

A amplitude das distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ) oscilou entre o máximo valor de 406,7 entre os pares de genitores 2B688 e DKB 234 e o mínimo de 26,8 entre os genitores Penta e Premium Flex (Tabela 28). Em termos genéticos, conclui-se que os genitores 2B688 e DKB 234 são os mais divergentes, e Penta e Premium Flex, os mais similares. Na seqüência, as maiores magnitudes de divergência encontradas, em ordem decrescente, foram entre os pares de genitores AG 8021 e Sprint, GNZ 2005 e DKB 234, Sprint e DKB 234 e o par GNZ 2004 e 2B688. Na seqüência das menores estimativas de divergência encontram-se os pares P30F44 e Penta, Premium Flex e 2B587, seguidos por P30F44 e Premium Flex.

Miranda et al. (2003) ao avaliarem o potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca, relataram que as estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis ( $D^2$ ) indicaram com clareza os pares de cultivares mais distantes e aos pares de cultivares mais similares geneticamente. Fonseca e Silva (1999) consideraram eficaz o emprego da técnica de agrupamento, com medidas de divergência genética representada pela distância de Mahalanobis para a identificação de duplicidades de acessos de feijão.

Tabela 28. Medidas de dissimilaridade genética entre pares envolvendo os 12 genitores do dialelo, considerando 22 características morfoagronômicas com base na distância de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Genótipos | P30F44 | AG8021 | G2005 | G2004 | Penta | P.Flex | Sprint | AS1575 | 2B587 | 2B688 | DKB234 |
|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| P30F53    | 65,5   | 141,2  | 136,4 | 96,8  | 84,2  | 92,9   | 107,4  | 141,9  | 100,1 | 130,7 | 162,9  |
| P30F44    |        | 148,6  | 106,5 | 141,6 | 53,0  | 58,3   | 90,3   | 168,5  | 71,9  | 165,8 | 201,1  |
| AG8021    |        |        | 222,8 | 132,8 | 180,0 | 157,4  | 321,8  | 191,9  | 117,9 | 245,3 | 129,4  |
| G2005     |        |        |       | 160,2 | 64,7  | 80,7   | 98,7   | 128,2  | 99,1  | 151,7 | 321,6  |
| G2004     |        |        |       |       | 174,5 | 169,1  | 218,8  | 177,3  | 141,7 | 256,3 | 158,7  |
| Penta     |        |        |       |       |       | 26,8   | 92,3   | 75,7   | 87,9  | 127,8 | 237,0  |
| P.Flex    |        |        |       |       |       |        | 127,2  | 105,0  | 54,2  | 112,2 | 253,4  |
| Sprint    |        |        |       |       |       |        |        | 193,7  | 139,7 | 183,0 | 299,2  |
| AS1575    |        |        |       |       |       |        |        |        | 134,9 | 217,5 | 254,4  |
| 2B587     |        |        |       |       |       |        |        |        |       | 150,0 | 192,8  |
| 2B688     |        |        |       |       |       |        |        |        |       |       | 406,7  |

Ao comparar os valores de dissimilaridade entre os genótipos mais divergentes, 2B688 e DKB 234, com as médias obtidas para PE, a respectiva combinação obteve um incremento de  $1,90 \text{ t ha}^{-1}$  em relação à média desses dois genitores, manifestando heterose de 16,65% (Tabela 25). Já o cruzamento entre os genitores P30F44 e Sprint, que apresentaram entre si a quinta maior estimativa de divergência genética (Tabela 28), teve PE de  $14,34 \text{ t ha}^{-1}$ , o que representa um acréscimo de  $3,76 \text{ t ha}^{-1}$  em relação à média dos genitores, correspondendo a heterose de 35,53% (Tabela 25). Esses dados indicam que somente os valores da divergência genética podem não ser suficientes para revelar qual(is) genótipo(s) em combinações servem para a escolha ou indicação para trabalhos de melhoramento, devendo-se avaliar conjuntamente os dados referentes às médias, heterose e CEC.

Segundo Hallauer e Miranda Filho (1995) maior atenção deve ser dada a cruzamentos entre genitores que apresentem médias elevadas e divergência ampla nas características de interesse, contudo se houver a necessidade de se optar entre genótipos com média de produção intermediária e ampla diversidade ou outros com alta produção e diversidade intermediária, deve prevalecer a última opção.

Com base nas distâncias multivariadas entre as 12 cultivares de milho utilizadas como genitores foi realizada a análise de agrupamento pelo método do vizinho mais próximo (Figura 1), a partir da matriz de dissimilaridade. Esse tipo de análise divide os genótipos em grupos conforme a divergência genética existente entre eles. Este método tem sido muito utilizado em vários trabalhos e com várias culturas, como milho (Melo et al., 2001; Ferreira, 1993; Fuzatto et al., 2002), feijão (Abreu, 1997) e soja (Miranda, 1998).

A separação em grupos nesse tipo de gráfico é feita de maneira subjetiva escolhendo-se um ponto de corte na escala de distância (Johnson e Wichern, 1988). Dessa forma, adotando-se um nível de corte na escala de distância igual a 0,6 o dendrograma revelou a formação de seis grupos.

Esses grupos foram especificados em função da magnitude de divergência dos mesmos em relação aos demais, da seguinte forma: grupo I composto pelo genótipo DKB 234, grupo II pelo genótipo AG 8021, grupo III por 2B688, grupo IV por GNZ 2004, o grupo V por Sprint e o grupo VI é composto pelos genótipos Penta, Premium Flex, P30F44, 2B587, GNZ 2005, P30F53 e AS 1575 cuja divergência interna foi inferior ao nível de corte considerado. O grupo VI possui as cultivares geneticamente menos divergentes, levando a crer que suas recombinações deveriam proporcionar variabilidades inferiores, se comparadas as dos demais grupos.

Pfann et al. (2009) verificaram  $d_{ij}$  negativa para produção de grãos entre o cruzamento Penta x Premium Flex em dialelo avaliado em dois locais da região centro sul do Paraná, Guarapuava e Goioxim, corroborando com os dados obtidos no presente trabalho. De acordo com os resultados obtidos por Guimarães et al. (2007), as maiores magnitudes de distância genética são demonstradas pelos cruzamentos entre genótipos de grupos heteróticos distintos.

A comparação dos resultados do método do vizinho mais próximo com os valores do método da ligação média entre grupo (UPGMA) revelou resultado semelhante, sendo formado o mesmo número de grupos e, em cada grupo, os mesmos genótipos. Concordância na discriminação de grupos entre dois métodos também foi verificada por Soares (1991) com batata-baroa, Amaral Júnior (1994) com moranga e Vidigal et al. (1997) na cultura da mandioca.

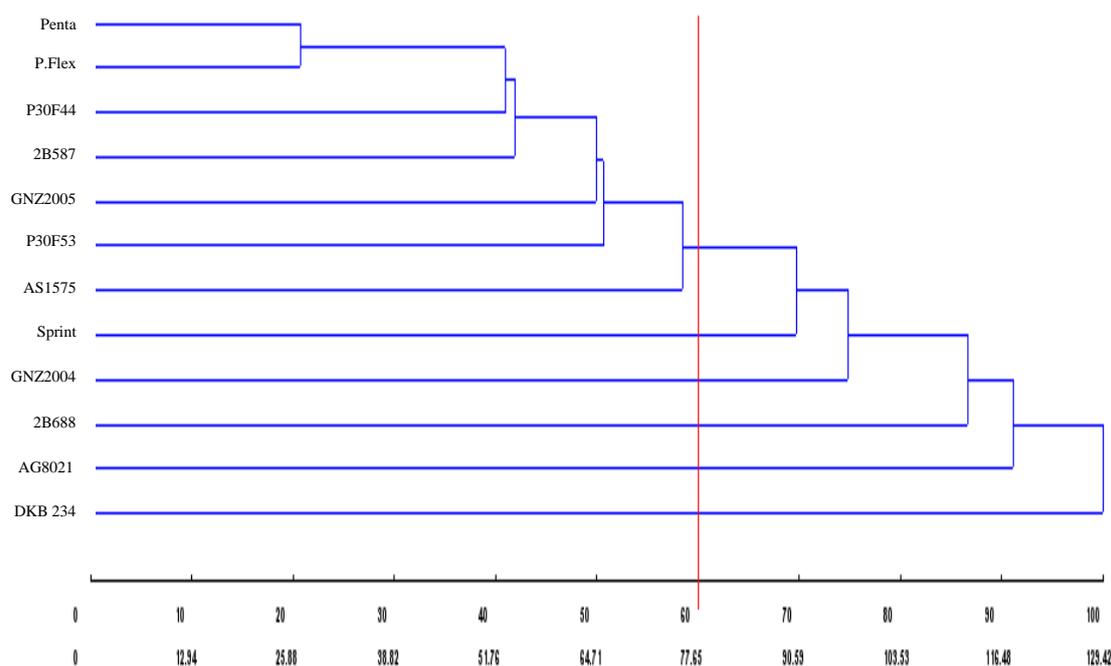


Figura 1. Dendrograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, estabelecido através de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo, considerando a distancia generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), com base em 22 características morfoagronômicas entre os 12 genitores: 1 = P30F53, 2 = P30F44, 3 = AG 8021, 4 = GNZ 2005, 5 = GNZ 2004, 6 = Penta, 7 = Premium Flex, 8 =Sprint, 9 = AS 1575, 10 = 2B587, 11 = 2B688, 12 = DKB 234. Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

#### 5.6.4. Contribuição relativa de cada característica

A contribuição relativa de cada característica para a diversidade genética entre os 12 genitores (Tabela 29) por ordem decrescente foi: diâmetro do sabugo (24,23%), diâmetro da espiga (13,24%), número de ramificações secundárias do pendão (8,48%), comprimento de internódio (7,76%), número de grãos por fileira (5,67%), ângulo de folha (4,72%), ângulo da haste secundária do pendão (4,66%), comprimento haste principal de pendão (4,28%), cor de sabugo (4,12%), altura de espiga (3,07%), número de internódios (3,04%) e ângulo de espiga (2,78%). Assim, o somatório das contribuições dessas características atinge 80,23% da distribuição total, sendo consideradas importantes no presente estudo.

Tabela 29. Estimativas da contribuição relativa de cada característica ( $\hat{s}_j$ ) para a divergência genética entre os 12 genitores do dialelo, com base na participação total da distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava: UNICENTRO, 2008.

| Parâmetro  | $\hat{S}_j$ | Valor em % |
|--|-------------|------------|
| Florescimento masculino (dias)                     | 32,342      | 0,32       |
| Prolificidade (%)                                  | 262,020     | 2,60       |
| Produção espigas despalhadas (t ha <sup>-1</sup> ) | 88,244      | 0,87       |
| Altura espigas (m)                                 | 308,817     | 3,07       |
| Número internódios                                 | 305,590     | 3,04       |
| Comprimento internódio (cm)                        | 779,493     | 7,76       |
| Diâmetro internódio (cm)                           | 189,656     | 1,88       |
| Número folhas abaixo espiga principal              | 30,133      | 0,30       |
| Número folhas acima espiga principal               | 165,507     | 1,64       |
| Ângulo folha da espiga (nota)                      | 474,748     | 4,72       |
| Comprimento haste principal pendão (cm)            | 430,219     | 4,28       |
| Comprimento haste secundária pendão (cm)           | 91,956      | 0,91       |
| Ângulo haste secundária pendão (nota)              | 468,595     | 4,66       |
| Número ramificações secundária pendão              | 852,295     | 8,48       |
| Ângulo espiga (nota)                               | 280,053     | 2,78       |
| Empalhamento (nota)                                | 101,376     | 1,00       |
| Número fileiras de grão/espiga                     | 266,167     | 2,65       |
| Número de grãos/fileira                            | 570,054     | 5,67       |
| Comprimento espiga (cm)                            | 165,965     | 1,65       |
| Diâmetro espiga (cm)                               | 1329,114    | 13,24      |
| Diâmetro sabugo (cm)                               | 2433,114    | 24,23      |
| Cor sabugo (nota)                                  | 414,303     | 4,12       |

A característica número de folhas abaixo da espiga, juntamente com o florescimento masculino, produção de espigas despalhadas e comprimento de haste secundária do pendão apresentaram as menores estimativas de  $\hat{s}_j$  (Tabela 29), deste modo, não foram importantes para a avaliação da divergência geral entre os genitores.

### 5.7. Correlação entre os parâmetros estimados

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as estimativas da média, capacidade específica de combinação ( $\hat{\xi}_{ij}$ ), heterose para o caráter produção de espigas despalhadas e a  $D^2$  envolvendo as 66 combinações, estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Coeficientes de correlação linear de Pearson estimados para as 66 combinações híbridas, obtidas entre as estimativas de quatro parâmetros: médias, estimativas da  $\hat{s}_{ij}$ , heterose e distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ). Guarapuava, UNICENTRO, 2008.

|                | $\hat{s}_{ij}$ | Heterose | ( $D^2$ ) |
|----------------|----------------|----------|-----------|
| Médias         | 0,818*         | 0,646*   | -0,279    |
| $\hat{s}_{ij}$ |                | 0,885*   | 0,105     |
| Heterose       |                |          | 0,161     |

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste *t*.

As estimativas de correlação de Pearson foram significativas ( $p < 0,05$ ) com coeficientes elevados entre  $\hat{s}_{ij}$  e heterose (0,885), média e  $\hat{s}_{ij}$  (0,818) e com valor menor para a correlação entre média e heterose (0,646) (Tabela 30). Já as estimativas das correlações entre  $D^2$  e os demais parâmetros foram todas não significativas ( $p > 0,05$ ) pelo teste *t*, evidenciando haver uma baixa previsibilidade entre os parâmetros multivariados e o comportamento dos cruzamentos quanto a PE. Ferreira (1993) também obteve estimativas pouco expressivas para as correlações entre a  $D^2$  e os demais parâmetros na cultura do milho. Fuzatto (1999) encontrou baixos valores das correlações entre as estimativas de  $D^2$  e  $\hat{s}_{ij}$  (0,051),  $D^2$  e heterose (0,398),  $D^2$  e média (0,082). Smith e Smith (1989) obtiveram correlação entre  $D^2$  e a média da produção de grãos de milho equivalente a 0,35.

Na literatura é comum encontrar afirmativas de que a heterose e capacidade de combinação dependem diretamente da divergência genética existente entre os genitores, sendo que maiores são as chances de se encontrar combinações promissoras quando são utilizados materiais mais divergentes (Ferreira, 1993; Paternieni et al., 2008). Entretanto, nesse trabalho as correlações entre a divergência genética  $D^2$  e a heterose e entre  $D^2$  e  $\hat{s}_{ij}$  foram não significativas (Tabela 30) contrariando a idéia de que para que um cruzamento expresse alta heterose é necessário que os genitores envolvidos no cruzamento sejam divergentes. Um fato importante é que a divergência genética é uma condição necessária para que haja heterose, mas não significa que seja uma condição suficiente para garantir a sua ocorrência, pois a heterose depende não só das diferenças das frequências alélicas, como também da dominância (Cress, 1966) e das interações epistáticas que nesse trabalho foram desprezadas.

A ausência de correlação entre a  $\hat{s}_{ij}$  e a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) pode ser confirmada por meio das combinações GNZ 2005 x Penta, Premium Flex x

2B587 e P30F53 x Penta que tiveram altas estimativas positivas da  $\hat{s}_{ij}$  para PE (1,291, 1,208 e 1,200 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, Tabela 20) e, no entanto, pertencem ao mesmo grupo (Figura 1), ou seja, são pouco divergentes. Por outro lado, cruzamentos entre genitores divergentes, classificados em grupos distintos (Figura 1), nem sempre apresentam  $\hat{s}_{ij}$  satisfatória, a exemplo dos cruzamentos P30F53 x AG 8021, P30F53 x DKB 234, P30F53 x 2B688, AG 8021 x 2B688, GNZ 2005 x GNZ 2004, GNZ 2005 x 2B688, GNZ 2004 x Premium Flex e 2B587 x 2B688, que apresentaram  $\hat{s}_{ij}$  negativas para PE (Tabela 20). Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Melo et al. (2001) e Paterniani et al. (2008), que mencionam que o fato de alguns genótipos apresentarem altas estimativas de divergência, não garante que cruzamento entre eles proporcione alta heterose, resultando em valores altos de CEC e vice versa.

Guimarães et al. (2007) relatam a ocorrência de correlação não significativa entre as médias de produtividade e distância genética de híbridos obtidos por cruzamentos dialélicos. Paterniani et al. (2008) relatam que não houve correlação entre heterose, capacidade específica de combinação e produtividade dos híbridos com a distância genética obtida por marcadores AFLP e SSR, indicando que não foi possível fazer inferências sobre o comportamento dos híbridos de milho a partir da divergência genética entre as linhagens parentais utilizadas.

Um ponto importante a ser considerado diz respeito ao número de combinações híbridas envolvidas na estimativa da correlação. Nesse sentido, quanto menor é o número de combinações híbridas que estão sendo correlacionadas, mais fácil é encontrar altas correlações entre os parâmetros. Cruz (1990) encontrou correlações de 0,73 entre  $D^2$  e heterose e de 0,77 entre  $D^2$  e média entre dez híbridos de milho. Ferreira (1993) usando 378 combinações híbridas de milho e Fuzatto et al. (2002) usando 289 combinações encontraram correlações não significativas ou de baixa magnitude entre a  $D^2$  e a heterose e entre  $D^2$  e  $\hat{s}_{ij}$ .

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram que a divergência genética não foi suficiente por si só para garantir heterose e  $\hat{s}_{ij}$  favoráveis. Uma hipótese para explicar esse fato é que em se tratando de um caráter quantitativo, como é o caso da produção, pode-se deparar em casos onde exista dominância bidirecional, ou seja, alguns locos são dominantes em uma direção e outros locos em direção oposta (Falconer, 1981). Outra hipótese é que alguns caracteres utilizados para estimar a divergência pouco influenciam o caráter produção de grãos.

## 6. CONCLUSÕES

Os híbridos P30F53, P30F44, AS1575 e 2B688 apresentaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  para peso de espigas despalhadas nos três locais e estão entre os de maior produtividade média, mostrando-se promissores para geração de populações com elevado potencial para seleção de linhagens superiores.

A combinação híbrida P30F44 x 2B688 se destacaram, pois apresentaram elevada produtividade de espigas despalhadas e alto valor de CEC, além de possuírem pelo menos um genitor com elevada CGC.

O cruzamento P30F44 x 2B688, além de estimativas favoráveis de média e capacidade combinatória para produtividade, apresentou as médias mais baixas para altura de planta e altura de espiga.

Houve predominância dos efeitos não aditivos para florescimento masculino (FM), produção de espigas despalhadas e altura de planta, enquanto que para prolificidade prevaleceram os efeitos aditivos.

As estimativas de divergência genética baseada em caracteres morfológicos por meio da distância de Mahalanobis e o agrupamento pelo método do vizinho mais próximo não foram eficientes na predição dos cruzamentos mais heteróticos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. 1997. 79p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AGUIAR, A.M.; GARCIA, L.A.C.; SILVA, A.R.; SANTOS, M.F.; GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Combining ability of inbred lines of maize and stability their respective single-crosses. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 83–89, 2003.

AGUIAR, C. G.; SCAPIM, C.A.; PINTO, R.J.B.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SILVÉRIO, L.; ANDRADE, C.A.B. Análise dialéctica de linhagens de milho na safrinha. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1731–1737, 2004.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.

AMARAL JÚNIOR, A.T. **Análise multivariada e isozimática da divergência genética entre acessos de moranga (*Cucurbita maxima* Duchesne)**. 1994. 95p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BERGER, J. **Maize production and the manuring of maizes**. Enter d'Estudo de l'Azote. p.38-41, 1962.

BISON, O.; RAMALHO, M.A.P.; RAPOSO, F.V. Potencial de híbridos simples de milho para extração de linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348–355, 2003.

BORDALLO, P.N.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GABRIEL, A.P.C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 123–127, 2005.

CARVALHO, A.D.F. de. **Capacidade de combinação de linhagens parcialmente endogâmicas obtidos comercialmente de milho**. 2004. 55p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHO, A.D.,F. de; SOUZA, J.C.; RIBEIRO, P.H.E. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 985–990, 2003a.

CARVALHO, L. P. de; LANZA, M. A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J.W. dos. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1149-1155, 2003b.

COSTA, M.N.da. **Análise dialélica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e multivariadas de divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis L.*)**. 2006. 132p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

COSTA PINTO, R.M.; GARCIA, A.A.F.; SOUZA JR., C.L.; Alocação de linhagens de milho derivadas das populações BR-105 e BR-106 em grupos heteróticos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, 2001.

CRESS, C.E. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. **Genetics**, v. 53, p. 269-274, 1966.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV. 2001. 648p.

CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Análise dialélica. In.: **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Ed. UFV. Viçosa. 2<sup>a</sup> ed. 1997. p. 131–285.

CRUZ, C. D. **Algumas técnicas de análise multivariada no melhoramento de plantas**. 1987. 75 f. (Monografia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CURI, P.R. Análise de agrupamento: métodos seqüenciais, aglomerativos e hierárquicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1416-1429, 1983.

DAS, P.K.; GUPTA, T.D. Multivariate analysis in black grain (*Vigna mungo* L. Herpper). **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 44, n. 7, p. 243-247, 1984.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa solos, Rio de Janeiro, 2ª ed. 2006, 306p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4<sup>th</sup> ed. Edinburgh: Longman, 1996. 462p.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1981. 279p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia da Produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho, estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: FAPA, 2000. p. 103-114.

FERREIRA, D.F. **Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos**. 1993. 72p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

FONSECA, J.R.; SILVA, H.T. da. Identificação de duplicidades de acessos de feijão por meio de técnicas multivariadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, 1999.

FREITAS JÚNIOR, S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1599-1607, 2006.

FUZATTO, S.R. **Divergência genética e sua correlação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho**. 1999. 65p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FUZATTO, S.R.; FERREIRA, DF.; RAMALHO, M.A.P.; RIBEIRO, P.H.E. Divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 22–32, 2002.

GADHERI, A.; ADAMS, M.W.; NASSIB, A.M. Relationship between genetic distance and heterosis for yield and morphological traits in dry Edible Bean and Faba Bean. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 37-42, 1984.

GAMA, E.E.G.; HALLAUER, A.R.; FERRÃO, R.G.; BARBOSA, D.M. Heterosis in maize single crosses derived from a yellow Tuxpeño variety in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 18, p. 81-85, 1995.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Raleigh, v. 22, p. 439-452, 1966.

GERAGE, A.C. A cultura do milho no Paraná. In: SANDINI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho: estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: FAPA, 2000. p. 23–32.

GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.V.; LIMA, T.G. Análise dialélica da degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 108–119, 2004.

GOMES, M.S.; VON PINHO, E.V.R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M.G.C. Estimativas da capacidade de combinação de linhagens de milho tropical para qualidade fisiológica de sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, Ed. especial, p. 41–49, 2000.

GORGULHO, E.P.; MIRANDA FILHO, J.B. Estudo da capacidade combinatória de variedades de milho no esquema de cruzamento dialélico parcial **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 01-08, 2001.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES, P.de.S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais**. 2007. 111p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP.

GUIMARÃES, P.de.S.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; LÜDERS, R.R.; SOUZA, N.A.P.de.; LABORDA, P.R.; OLIVEIRA, K.M. Correlação da heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 811-816, 2007.

HALLAUER, A.R. **Methods used in developing maize inbreds**. Iowa State University of Science and Technology, Ames (USA). Dept. of Agronomy. p. 1-16, 1990.

HALLAUER, A.R. Temperate maize and heterosis. In: COORS, J.G.; PANDEY, S. (ed.) **Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops**. Madison: American Society of Agronomy, p.353–361. 1999.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2<sup>nd</sup> ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468p.

HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809, 1954.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuária>>. Acesso em 18 de out. 2008.

JOHNSON, R.A. WICKERN. D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2. ed. New York. Englewood Cliffs. Prentice Hall. 1988. 607p.

KUREK, A.J.; CARVALHO, F.I.F.; ASSMANN, I.C.; CRUZ, P.J. Capacidade combinatória como critério de eficiência na seleção de genitores em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 645–651, 2001.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; MENEZES, D.; SANTOS, V.F.; TABOSA, J.N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superprecoce em um dialélo completo. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 167–170, 2002.

LOCATELLI, A.B.; FEDERIZZI, L.C.; NASPOLINI FILHO, V. Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.) em dois ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 365–370, 2002.

LOPES, M.A.; GAMA, E.E.G.; VIANNA, R.T.; SOUZA, I.R.P. Heterose e capacidade de combinação para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis variedades de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 349-354, 1985.

MARIANI, G.; DESIDÉRIO, E. Grain yield and prolificacy in maize. 2. A diallel analysis of eight inbreds from the O.P. variety Nostrono Dell' Isola at two densities. **Maydica**, v. 20, p. 95-110, 1975.

MARQUES JÚNIOR, O.; PEREIRA, R.S.B. Condução de um programa de melhoramento para obtenção de híbridos de milho. In: V SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS – GENÉTICA E MELHORAMENTO DO MILHO, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001, p. 51–54.

MELO, W.M.C. **Divergência genética e capacidade de combinação entre híbridos comerciais de milho**. 2000. 73p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MELO, W.M.C.; VON PINHO, R.G.; FERREIRA, D.F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 821–830, 2001.

MIRANDA FILHO, J.B.; GORGULHO, E.P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos Genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 649-670.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção de milho**. Volume I. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 277-340.

MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores**. 1998. 117p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MIRANDA, G.V.; COIMBRA, R.R.; GODOY, C.L.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.; MELO, A.V. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 681-688, 2003.

MIRANDA, J. E. C. de; COSTA, C. P. da; CRUZ, C. D. Análise dialélica em pimentão. Capacidade combinatória. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 431- 440. 1988.

MOREIRA, J.A.N.; LIMA, E.F.; FARIAS, F.J.C.; AZEVÊDO, D.M.P. de. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: EMBRAPA-Algodão, 1996. 29p. (Documentos. 44).

NASPOLINI FILHO, V.; GAMA, E.E.G.; VIANNA, R.T.; MÔRO, J.R. General and specific combining ability for yield in a diallel cross among 18 maize populations (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 4, p. 571-577, 1981.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; FERREIRA, R.P. de; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.A.V.; LOPES, F.C.F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rumem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 2, p. 230-234, 1999.

OLIVEIRA, J.P.; CHAVES, L.C.; DUARTE, J.B.; BRASIL, E.M.; FERREIRA JÚNIOR, L.T.; RIBEIRO, K.O. Teor de proteína no grão em população de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 45–51. 2004.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; REIFSCHS-NEIDER, F.J.B.; GUIMARÃES, P.E.O. Avaliação da capacidade de combinação de dez linhagens de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 71-73, 1991.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In: BOREN, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 429–478.

PATERNIANI, E. **Estudos recentes sobre heterose**. São Paulo: Fundação Cargill, 1974. 36 p. (Boletim n. 1).

PATERNIANI, M.E.A.G.Z; GUIMARÃES, P.S.; LÜDERS, R.R.; GALLO, P.B.; SOUZA, A.P.; LABORDA, P.R.; OLIVEIRA, K.M. Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 639-648, 2008.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Classificação de Köppen. In: **AGROMETOROLOGIA**. Fundamentos e aplicações práticas. Livraria e Editora Agropecuária Guaíba, 2001. p. 304-308.

PFANN, A.Z.; FARIA, M.V.; ANDRADE, A.A.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, C.M.D.R.; BRINGHENTTI, R.M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 635-641, 2009.

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

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

RODRIGUES, F. **Análise dialélica de linhagens visando à produção de milho verde**. 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; TONET, A.; BRACCINI, A.D.L.; PINTO, R.J.B. Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p. 219-230, 2002.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P. de; 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, 1995.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO PARANÁ – SEAB. Agricultura e Evolução. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos>>. Acesso em 18 de out. 2008.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B. de. Heterose em cruzamentos entre populações de milho: peso de espigas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 519-524, 2003.

SMITH, J.S.C.; SMITH, O.S. The description and assessment of distances between inbred lines of maize, II. The utility of morphological, biochemical, and Genetic descriptors and a Scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines. **Maydica**, Bergamo, v. 34, n. 2, p. 151-161, 1989.

SOARES, L. Melhoramento de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). **Divergência genética entre clones com base em procedimentos multivariados e estimativas de parâmetros genéticos**. 1991. 75p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUZA JÚNIOR, C.L. Contribuições da genética quantitativa para o melhoramento de milho: passado, presente e futuro. In: V SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS – GENÉTICA E MELHORAMENTO DO MILHO, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 26-34.

SOUZA SOBRINHO, F. **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. 96p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. **Corn and corn improvement**. 3th Ed. Madison, Wisconsin: AGRONOMY, n. 18, 1988. 986p.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

STELL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980. 633p.

TEIXEIRA, F.F.; SOUZA, I.R. P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, 2001. p. 483-488.

TROYER, A.F. Background of U.S. hybrid corn. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 3, p. 601-626, 1999.

VACARO, E.; BARBOSA NETO, J.F.; PEGORARO, D.G.; NUSS, C.N. CONCEIÇÃO. L.D.H. Combining ability of twelve maize populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 67-72, 2002.

VEIGA, R.D.; FERREIRA, D.F.; RAMALHO, M.A.P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1395-1406, 2000.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. 1970. 59p. (Tese de Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E; VIÉGAS, G.P. (ed). **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill. 1987. p. 137-214.

VIDIGAL, M.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; ALESSANDRO DE LUCCA E BRACCINI. A.L. Divergência genética entre cultivares de mandioca por meio de estatística multivariada. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 2, 1997.