

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

MARY TÚLIA VARGAS LOBATO

Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de cruzamentos
de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e
linhagens irradiadas

Piracicaba
2010

MARY TÚLIA VARGAS LOBATO

Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de cruzamentos de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens irradiadas

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*)

Piracicaba
2010

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Lobato, Mary Túlia Vargas

Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialéctica de cruzamentos de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens irradiadas / Mary Túlia Vargas Lobato; orientador Augusto Tulmann Neto; co-orientador Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*). - Piracicaba, 2010.

85 p.: fig.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Correlação genética e ambiental 2. Cruzamentos dialécticos
3. Herdabilidade 4. Melhoramento genético vegetal 5. Raios gama 6. Raiz
I. Título

CDU 633.11:631.52

Ao Prof. Dr. Carlos de Oliveira Camargo,
pelos ensinamentos e confiança na minha
capacidade,

DEDICO

Aos meus filhos, Camila e Pedro,
razões da minha vida.

Aos meus pais, Emília e Pedro,
exemplos de vida.

Ao meu marido Marcos,
pela força, amor e incentivo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, por me mostrar o caminho a seguir e estar comigo em todos os momentos.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem e acreditarem no meu potencial.

Aos meus amados filhos, Camila e Pedro, por seus sorrisos, que sempre me iluminaram me dando força, por compreenderem o tempo que deixei de dedicar a eles.

Ao meu marido, Marcos Guedes, pelo apoio incondicional, pela força e principalmente pelo seu amor.

Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinhos e a toda minha família, por estarem perto mesmo estando longe.

Em especial agradeço ao Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo, que iniciou este trabalho comigo e não pode ver a sua conclusão. Sei que onde ele estiver estará feliz em ver esta etapa da minha vida concluída e este trabalho terminado. Muito obrigada, Dr. Carlos, por ver em mim uma pesquisadora e sempre me incentivar a continuar, me ouvindo, me fazendo acreditar em mim, me cobrando respostas que eu não me via capaz de dar.

Ao meu orientador Dr. Augusto Tulmann Neto pela orientação e amizade durante todo este trabalho.

À professora e amiga Dra. Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani, pois sem ela seria muito mais difícil levar este trabalho até o final. Obrigada, professora!

Aos pesquisadores do Centro de Grãos e Fibras do IAC, especialmente ao Dr. Antônio Wilson Penteado Ferreira Filho, pelo apoio e amizade.

Aos professores da Pós-graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) e da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), pela transmissão de conhecimento, dedicação e amizade.

Aos funcionários do Centro de Grãos e Fibras, especialmente a sra. Maria de Fátima Monteiro Borge, pela importante ajuda no ensaio de campo.

Aos meus colegas de curso e aos meus amigos que sempre me deram força. Em especial agradeço ao Allan, Fabiana, Paula, Cris, Anita, Edivaldo e Gustavo.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por me dar condições de infraestrutura para o feitiço deste trabalho.

À FAPESP, pela concessão da bolsa de mestrado.

À banca examinadora pelas valiosas sugestões.

À Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP),
por me propiciar esta grande oportunidade.

RESUMO

LOBATO, M. T. V. **Estimativas de parâmetros genéticos e análise dialélica de cruzamentos de trigo (*Triticum aestivum* L.) envolvendo a cultivar BH-1146 e linhagens irradiadas.** 2010. 85 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Visando avaliar o potencial de populações segregantes de trigo obtidas de parentais portadores de características agronômicas contrastantes, quanto ao comprimento da raiz primária, produção de grãos e caracteres agronômicos; estimar a herdabilidade no sentido amplo e restrito para populações F_2 obtidas, além das associações das características em estudo; confirmar os genitores mais promissores para utilização em programas de melhoramento de trigo e estimar a capacidade geral e específica de combinação dos genótipos de trigo, foram efetuados cruzamentos, em forma dialélica, entre quatro genótipos de trigo: BH-1146, Anahuac M-1, IAC-287/IAC-24 M-1 e MON“S”/ALD“S”// IAC-24 M-3. Foram obtidos híbridos em geração F_1 e F_2 e os retrocruzamentos RC_1 e RC_2 , que foram avaliados quanto ao comprimento da raiz em solução nutritiva, conforme Camargo e Ferreira Filho (2005a). Após a medição das raízes, as plântulas foram transplantadas para telado do Centro de Grãos e Fibras do IAC sob delineamento de blocos ao acaso, com 28 tratamentos (os 4 parentais, os 6 F_1 's, F_2 's, RC_1 's e RC_2 's), com 6 repetições. Avaliaram-se os caracteres comprimento da raiz primária, altura das plantas, comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, grãos por espiga, grãos por espiguetas, massa de cem grãos, comprimento do internódio da raque, número de espigas por planta, produção de grãos por planta e florescimento. Para análise dialélica foi utilizado o Modelo de Griffing (1956) Os valores estimados para a herdabilidade em sentido amplo, para os seis cruzamentos, foram altas para altura de plantas; médios, na maioria dos cruzamentos, para comprimento da raiz, comprimento da espiga, números de espigas por planta e grãos por espiga, produção de grãos por planta e florescimento; de médios a altos para comprimento do internódio da raque e número de espiguetas por espiga e de médios a baixos para massa de cem grãos e número de grãos por espiguetas. Esses valores indicaram que grande parte das variações encontradas foi de origem genética. As estimativas de herdabilidade no sentido restrito (h^2_r) mostraram grande variação de magnitude nos diferentes cruzamentos para todos os caracteres avaliados. Ressaltou-se o cruzamento P_1/P_4 , com parentais divergentes, com elevados valores de herdabilidade no sentido restrito. Altos valores de h^2_r foram estimados para altura de plantas em todos os cruzamentos, indicando que a seleção será efetiva nas primeiras gerações segregantes. As correlações fenotípicas revelaram haver uma tendência da seleção de plantas com maior comprimento da raiz primária estar associada com maior produção de grãos por planta e maior precocidade para o florescimento. BH-1146 demonstrou ser fonte genética de tolerância à seca no estágio inicial da cultura do trigo. As análises dialélicas corroboraram os resultados dos ensaios de genótipos, destacando os genótipos P_4 como fonte de redução de altura das plantas e o P_1 como fonte de aumento do comprimento da raiz; para produção de grãos evidenciaram-se P_1 e P_2 com elevados valores de capacidade geral de combinação. Detectaram-se efeitos significativos da CEC e CGC, evidenciando a ação de genes preponderantemente aditiva e de dominância na manifestação dos na maioria dos caracteres estudados.

Palavras-chave: Trigo. Herdabilidade. Comprimento da raiz primária. Correlações. Capacidade combinatória.

ABSTRACT

LOBATO, M. T. V. **Estimates of genetic parameters and diallel analysis of wheat crossings (*Triticum aestivum* L.) with cultivar BH-1146 and irradiated strains.** 2010. 85 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2010.

Diallel crossing was made with four wheat genotypes: BH-1146, Anahuac M-1, IAC-287/IAC-24 M-1 and MON“S”/ALD“S”// IAC-24 M-3, bearing agronomically contrasting characteristics, to evaluate the potential of segregating populations of wheat obtained from parents bearing contrasting agronomic characteristics for primary root length, grain yield and agronomic characteristics; to estimate the heritability, in the broad and narrow senses, for F_2 obtained populations in addition to the association of the traits under study; to confirm the more promising parents for use in wheat improvement programs and to estimate the general and specific combining abilities of wheat genotypes. Hybrid were obtained in F_1 and F_2 generation of RC_1 and RC_2 backcrossing, which were evaluated for their root length in nutrient solution, according to Camargo's and Ferreira Filho's method (2005a). After root measuring, plantules were transplanted to screens of the IAC Center for Grain and Fibers in blocks at random, with 28 treatments (4 parents, the 6 F_1 's, the 6 F_2 's, the 6 RC_1 's and the 6 RC_2 's), with 6 repetitions. Characteristics such as primary root length, plant length, and spike length, number of spikelet per spike, grains per spike, grains per spikelet, 100 grain weight, length of the rachis internode height, number of spike per plant, grain yield per plant and flowering were evaluated. The Griffing Model (1956) was used for the diallel analysis. Heritability estimates were obtained. The heritability estimates in the broad sense for the six crossings were high for plant height in all of them; moderate, in most of the crossings for root growth, spike height, number of spikes per plant and grain per spike, grain yield per plant and flowering; were moderate to high for rachis internode height and the number of spikelet per spike and moderate to low for 100 grain weight per spikelet. These values indicated that a large part of the variability found was of genetic origin. Heritability estimates in the narrow sense showed large variability in magnitude in the different crossings for the studied traits. P_1/P_4 crossing with different parents showed high heritability in the narrow sense. High heritability values in the narrow sense were estimated for plant height in all crossings, indicating that the selection will be effective for the first segregating generations. Phenotype correlations showed a tendency for the selection of plants with larger height for the primary root being associated with a higher grain yield per plant and higher early flowering. BH-1146 proved to be a genetic source of tolerance to drought in the initial stage of the wheat breeding. Diallel analysis confirm the results of experiments with genotypes, showing high values in the combining ability of P_4 genotypes as being the source of reduction of plant height, and P_1 as source of the increase in root length; P_1 and P_2 were found with high values of g_i for the production of grain. CEC and CGC, showed the action of genes of major additive effects and prevalence of the traits studies.

Key-words: Wheat. Heritability. Primary root length. Correlations. Combining ability

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 18 |
| 2.1 Herdabilidade..... | 18 |
| 2.3 Correlações | 22 |
| 2.4 Conceitos da análise de cruzamentos dialélicos | 24 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 3.1 Genótipos utilizados | 29 |
| 3.2 Obtenção dos híbridos em geração F_1 | 30 |
| 3.3 Obtenção dos híbridos em geração F_2 e dos retrocruzamentos | 32 |
| 3.4 Ensaio comparativo entre os genótipos..... | 33 |
| 3.5 Coeficientes de herdabilidade | 38 |
| 3.6 Correlações | 39 |
| 3.7 Análise dialélica pelo Método de Griffing..... | 40 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 41 |
| 4.1 Análises de variância e testes de médias..... | 41 |
| 4.2 Herdabilidade..... | 42 |
| 4.3 Correlações..... | 59 |
| 4.4 Análises dialélicas..... | 69 |
| 5 CONCLUSÕES | 78 |
| REFERÊNCIAS | 80 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Cruzamentos e retrocruzamentos realizados no telado, 2006..... | 33 |
| Figura 2 - Vista geral do experimento empregando soluções nutritivas | 34 |
| Figura 3 - Raízes com 10 dias de crescimento nas soluções nutritivas..... | 35 |
| Figura 4 - Plantas separadas por genótipo e transplantadas no telado..... | 35 |
| Figura 5 - Data do florescimento | 36 |
| Figura 6 - Obtenção do comprimento da espiga, número de espiguetas e de grãos por espiga..... | 37 |
| Figura 7 - Obtenção do número de espigas por planta e da produção de grãos | 38 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... 42
- Tabela 2- Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... 43
- Tabela 3- Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... 44
- Tabela 4- Médias e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres comprimento das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007..... 45
- Tabela 5- Médias e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007..... 48
- Tabela 6- Médias e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007..... 50
- Tabela 7- Estimativas dos coeficientes de herdabilidade em sentido amplo para os caracteres derivados de dados obtidos com base em plantas individuais dos parentais, F₁'s, F₂'s, RC₁'s e RC₂'s para cada cruzamento envolvendo os genótipos de trigo BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄) em Campinas, em 2007..... 52
- Tabela 8- Estimativas dos coeficientes de herdabilidade em sentido restrito para

os caracteres derivados de dados obtidos com base em plantas individuais dos parentais, F_1 's, F_2 's, RC_1 's e RC_2 's para cada cruzamento envolvendo os genótipos de trigo BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON" S"/ALD" S"/IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4), em Campinas, em 2007..... 58

Tabela 9- Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P_1) e Anahuac M-1 (P_2), em Campinas, em 2007..... 60

Tabela 10- Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P_1) e MON" S"/ ALD" S"/IAC-24 M-3 (P_3), em Campinas, em 2007..... 61

Tabela 11- Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P_1) e IAC-287 / IAC-24 M-1 (P_4), em Campinas, em 2007..... 62

Tabela 12- Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais Anahuac M-1 (P_2) e MON" S" /ALD" S"/IAC-24 M-3 (P_3), em Campinas, em 2007..... 63

Tabela 13- Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de

| | | |
|------------|--|----|
| | grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais Anahuac M-1 (P ₂) e IAC-287 /IAC-24 M-1 (P ₄), em Campinas, em 2007..... | 65 |
| Tabela 14- | Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r _A), fenotípica (r _F) e genética (r _G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄), em Campinas, em 2007..... | 66 |
| Tabela 15- | Análises de variância dialélicas dos caracteres comprimento médio das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007.. | 70 |
| Tabela 16- | Análise das variâncias dialélicas dos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por plantas dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... | 70 |
| Tabela 17- | Análise das variâncias dialélicas dos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... | 70 |
| Tabela 18- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Geral de Combinação (g _i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres comprimento das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... | 72 |
| Tabela 19- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Geral de Combinação (g _i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos dos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... | 72 |
| Tabela 20- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Geral de Combinação (g _i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007..... | 73 |
| Tabela 21- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Específica de Combinação (s _{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres comprimento das | |

| | | |
|------------|--|----|
| | raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque avaliados nos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) e híbridos F ₁ 's, em Campinas, em 2007..... | 74 |
| Tabela 22- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Específica de Combinação (s _{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos avaliados nos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) e híbridos F ₁ 's, em Campinas, em 2007..... | 75 |
| Tabela 23- | Estimativas dos efeitos da Capacidade Específica de Combinação (s _{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento avaliados nos parentais BH-1146 (P ₁), Anahuac M-1 (P ₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P ₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P ₄) e híbridos F ₁ 's, em Campinas, em 2007..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas alimentares mais importantes do mundo. Aumentar a sua produção ainda é um grande desafio em diversos países, visando suprir a demanda crescente de alimentos da população (KARAGOZ; ZENCIRCI, 2005).

A produção média brasileira, prevista para a safra 2009/2010 é de 5.026 mil toneladas, não sendo suficiente para suprir a demanda interna, sendo necessária ainda uma grande importação deste cereal (CONAB, 2010).

O programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo (IAC) já lançou dezenas de cultivares melhoradas aos agricultores do Estado de São Paulo desde 1970, contribuindo para aumentar a área semeada e a produtividade. Há, entretanto um longo caminho para ser vencido até o Brasil parar de importar trigo de outros países (CAMARGO; FELÍCIO; FERREIRA FILHO, 1996; CAMARGO; FERREIRA FILHO, 2000).

Como o trigo é cultivado na estação seca do ano no Estado de São Paulo, além da tolerância ao Al³⁺, as novas cultivares devem apresentar raízes primárias longas nos primeiros estádios de desenvolvimento, para permitir um bom estabelecimento da cultura, considerando o curto período de semeadura (abril) onde é freqüente a ocorrência de estresse hídrico.

A obtenção de cultivares até recentemente no IAC tem sido baseada nos métodos tradicionais de melhoramento a partir de cruzamentos, mas é reconhecido que ferramentas como a indução de mutação e outras biotecnologias podem contribuir para aumentar a variabilidade genética e ou reduzir o número de anos para liberar novas cultivares. De fato, levantamentos contínuos indicam que por meio da indução de mutação, 2.252 cultivares foram liberadas para os agricultores de 59 países, sendo que, a maioria (64,5%) foi originada do tratamento com raios-gama. Destas novas cultivares, 214 foram obtidas em *Triticum* e nesse caso, como também ocorre para outros cereais, nota-se que a maioria das novas cultivares foi obtida diretamente após a seleção em gerações provenientes das sementes tratadas com mutagênico. Porém, há dezenas de casos em que as novas cultivares foram obtidas pelo cruzamento de linhagens selecionadas do tratamento com mutagênicos, após sua introdução em programa de melhoramento (MALUSZYNSKI et al., 2000).

Em cooperação com o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e com apoio financeiro da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), Viena, Áustria, o programa do IAC empregou o método de melhoramento por indução de mutação para aumentar a variabilidade genética em cruzamentos ou para melhorar algumas cultivares comerciais. Várias linhagens mutantes foram obtidas e avaliadas em ensaios finais visando um eventual lançamento aos agricultores ou estão sendo utilizadas como fontes genéticas de características de interesse nos cruzamentos de trigo do programa (CAMARGO; TULMANN NETO; FERREIRA FILHO, 1997; TULMANN NETO et al., 1995a; 1995b; 1996; 2001).

Para o desenvolvimento de um programa de melhoramento eficaz, há necessidade de conhecer a herança e o tipo de ação gênica envolvida nos caracteres estudados, bem como a natureza da associação entre eles (IBRAIM, 1983). A produção de grãos é uma característica de herança complexa pela associação de muitos fatores genéticos e ambientais.

A seleção de parentais em um programa de melhoramento é um dos aspectos mais críticos, uma vez que o sucesso do programa depende diretamente desta etapa. Várias metodologias tem sido propostas para auxiliar o melhorista na escolha de parentais, sempre levando em consideração a divergência genética e a capacidade de combinação dos genitores, além de caracteres específicos de interesse.

Após o desenvolvimento de métodos para análise de cruzamentos dialélicos, este tem sido o método mais amplamente utilizado para se conhecer o valor genético dos genitores, bem como sua capacidade de se combinar para originar populações segregantes com potencial para seleção. Por meio da análise de tabelas dialélicas também é possível conhecer o controle genético dos caracteres de interesse, possibilitando a condução das populações segregantes de maneira mais técnica (PULCINELLI, 1997).

A herdabilidade de uma característica agrônômica descreve a extensão pela qual ela é transmitida de uma geração para outra; entretanto, depende do ambiente no qual os indivíduos estão sendo selecionados (FALCONER, 1970; KETATA; EDWARDS; SMITH, 1976).

As correlações ambientais, fenotípicas e genéticas, entre a produção de grãos e as características agronômicas, auxiliam no direcionamento da seleção de plantas, pois revelam se os caracteres são ou não geneticamente dependentes (JOHNSON et al., 1966; FONSECA; PATTERSON, 1968; KETATA; EDWARDS; SMITH, 1976).

O presente trabalho, utilizando populações híbridas envolvendo quatro genótipos de trigo portadores de caracteres agronômicos contrastantes, cruzados entre si de forma dialélica, tem por objetivos:

a) Avaliar o potencial de populações segregantes de trigo obtidas de parentais (de genótipos de trigo) portadores de características agronômicas contrastantes, quanto à produção de grãos e caracteres agronômicos.

b) Estimar a herdabilidade no sentido amplo e restrito para as populações F_2 obtidas, além das associações das características em estudo.

c) Confirmar os genitores mais promissores para utilização em programas de melhoramento de trigo.

d) Estimar a capacidade geral e específica de combinação dos genótipos de trigo, bem como fazer inferências sobre o modo de ação gênica no controle das características em estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Herdabilidade

A herdabilidade no sentido amplo estima a proporção da variância genética total em relação à fenotípica (BRIGGS; KNOWLES, 1977).

Por outro lado, o conhecimento da herdabilidade, no sentido restrito, é particularmente importante ao melhorista durante os trabalhos de seleção de plantas ou espigas que originarão novas cultivares, porque leva em consideração os efeitos aditivos de genes (PEPE; HEINER, 1975).

A estimativa da herdabilidade no sentido amplo, em quinze cruzamentos dialélicos, entre seis variedades de aveia, revelou baixas porcentagens e elevados níveis de ação de dominância para duas características agrônômicas – rendimento de grãos e número de panículas por planta – indicando que a seleção para esses atributos deveria começar nas gerações mais avançadas. Por outro lado, os elevados valores encontrados para as características altura das plantas, comprimento da panícula e número de espiguetas por panícula indicaram que grande parte das variações encontradas eram de origem genética (PETR; FREY, 1966).

Alta herdabilidade em sentido restrito para a altura das plantas, estimada para quatro cruzamentos em soja, indicou que a seleção para essa característica seria efetiva em geração F_2 (GILIOLI, ALMEIDA; KIIHL, 1980).

A herdabilidade estimada para peso de grãos em sentido amplo, em treze populações híbridas de aveia, variou entre 63 e 91%, revelando que esse caráter é altamente herdável (PIXLEY; FREY, 1991).

Na Colômbia, Singh e Urrea (1994), avaliando as populações segregantes provenientes dos cruzamentos entre vinte variedades de feijão, estimaram a herdabilidade em sentido restrito das seguintes características agrônômicas: rendimento de grãos, peso de cem grãos e dias para a maturação. O valor mais alto da herdabilidade foi encontrado no peso de cem grãos (0,61) e o mais baixo, foi na duração para enchimento de grãos (0,20). Para as outras características, obtiveram valores moderados, os quais, juntamente com as correlações, comprovaram a eficiência de seleções nas primeiras gerações.

As porcentagens da herdabilidade em sentido restrito e amplo foram estimadas mediante cruzamentos entre dois cultivares de trigo de inverno, para as características: altura das plantas, comprimento da espiga e do internódio da raque, dias para o florescimento, número de espigas por planta e peso e rendimento de grãos. Na maioria dos casos, a herdabilidade em sentido restrito foi menor que a correspondente em sentido amplo. As estimativas da herdabilidade em sentido restrito para altura da planta, comprimento da espiga, dias para o florescimento e peso de grãos foram suficientemente altas, indicando que a seleção para esses caracteres em geração F_2 seria efetiva (JOHNSON et al., 1966).

A fim de estudar a herança dos caracteres: dias para o espigamento, altura de planta e peso de grãos, Bhatt (1972) pesquisou dois cruzamentos de trigo envolvendo três cultivares. As estimativas da herdabilidade em sentido amplo (altas) e restrito (médias e altas), e os avanços genéticos indicaram que consideráveis progressos poderiam ser obtidos aplicando pressão de seleção para os três caracteres. Indicaram, também, que a ação gênica parecia ser aditiva na expressão dessas características agrônômicas.

Em um cruzamento de trigo de inverno, envolvendo dois parentais de origens e tipos de plantas diferentes, foi estimada a herdabilidade em sentido restrito e os efeitos da ação gênica para oito caracteres. A herdabilidade foi alta para data de espigamento, peso de grãos e altura de planta, e moderada para número de espigas por planta. Por outro lado, as estimativas da herdabilidade para número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga e por espiguetas, e rendimento de grãos apresentaram baixos valores. Efeitos de aditividade foram a principal fonte de variação genética para peso de grãos, indicando que seleção nas primeiras gerações segregantes seria efetiva para esse caráter. Para os demais caracteres com baixa herdabilidade, a seleção nas primeiras gerações não seria indicada, além da ocorrência de ação gênica aditiva (KETATA, EDWARDS; SMITH, 1976).

A possibilidade da redução da altura das plantas de trigo para melhorar a resistência ao acamamento e, possivelmente, aumentar a produção de grãos, tem atraído a atenção de pesquisadores, que realizaram cruzamentos entre uma cultivar de porte alto com quatro fontes de nanismo. Os valores da herdabilidade em sentido amplo e restrito para altura de plantas foram altos e para produção de grãos, baixos, considerando em conjunto os quatro cruzamentos. Esses dados sugeriram que a seleção para altura de planta seria efetiva nas gerações iniciais e, para produção de

grãos, deveria ser postergada para gerações mais avançadas, nas quais testes de progênes poderiam ser realizados (CAMARGO; OLIVEIRA, 1981).

Outros autores, como Carvalho et al. (1981), também desenvolveram trabalhos para estimar a herdabilidade em sentido restrito do caráter altura das plantas, empregando linhas F_3 ou F_4 ou RC_1F_2 de diversos cruzamentos de trigo. Os resultados mostraram que aquele caráter foi herdado de forma expressiva de uma geração para outra.

Camargo e Ramos (1989) realizaram cruzamentos entre cinco cultivares de trigo: um deles de porte alto, três de porte anão e um, semi-anão. Os valores da herdabilidade em sentido amplo foram médios para altura de plantas (0,52) e número de grãos por espiguetas (0,45); e baixo para produção de grãos (0,25). Esses dados mostraram que grande parte das variâncias para os dois primeiros caracteres era de origem genética, nas populações estudadas. Para o caráter altura de plantas e número de grãos por espiguetas, os valores da herdabilidade em sentido restrito foram de 0,81 e 0,39 respectivamente, indicando que grande parte da variabilidade estava associada a uma ação aditiva dos genes. Quando se considerou a produção de grãos, os valores da herdabilidade em sentido amplo e restrito foram baixos, sugerindo que a seleção para esse caráter deveria ser realizada nas últimas gerações.

Na Universidade Estadual de Oregon (EUA), em cruzamentos dialélicos entre uma cultivar de trigo de porte alto e três de porte anão, verificaram-se para altura das plantas, valores moderadamente altos da herdabilidade em sentido restrito, para três dos cruzamentos (0,55 a 0,74), médios para dois (0,41 e 0,43) e baixo para um somente (0,24). Dos seis cruzamentos estudados, foram obtidos baixos valores da herdabilidade em sentido restrito para os caracteres: número de espigas por planta e grãos por espiga em dois cruzamentos; e peso de cem grãos e produção de grãos em quatro. Para os cruzamentos que exibiram caracteres com baixos valores da herdabilidade, o autor sugeriu que a seleção deveria ser feita nas gerações mais avançadas (CAMARGO, 1989, 1993).

Segundo Van Sanford e Utomo (1995) o número de perfilhos é importante componente no rendimento de grãos de trigo de inverno. Como não existiam, na literatura, trabalhos consistentes sobre progresso genético do número de perfilhos por planta de trigo, os autores realizaram um estudo em híbridos dessa espécie, no qual foi estimada a herdabilidade em sentido amplo (0,05 a 0,38) para o número de

perfilhos por planta, peso de grãos e rendimento de grãos. Por esses resultados, seleções para tais caracteres deveriam ser realizadas nas gerações mais avançadas e uma seleção indireta para número de perfilhos por planta, através de escalas visuais, seria apropriada para as gerações iniciais.

A estimativa da herdabilidade em sentido restrito foi elevada para altura das plantas e número de espiguetas por espiga em três populações de trigo providas de cruzamentos entre a cultivar BH-1146 e três linhagens mexicanas. Para comprimento da espiga (em dois cruzamentos), massa de cem grãos e comprimento do internódio da raque, os valores estimados foram de médios a altos, mostrando que a seleção para essas características seria possível nas gerações F_2 ou F_3 de cada cruzamento. Quanto ao número de espigas por planta, número de grãos por espiga (em dois cruzamentos), número de grãos por espiguetas e produção de grãos os valores sugeriram que a seleção para esses caracteres deveria ser postergada para gerações mais avançadas (FERREIRA FILHO, 1996).

Empregando cruzamentos entre a cultivar de trigo IAC-227, de porte alto, e quatro linhagens mexicanas, de porte baixo verificou-se que os valores da herdabilidade em sentido restrito, referente à altura da planta (0,61-0,86), comprimento da espiga (0,40-0,67), comprimento do internódio da raque (0,55-0,78) e produção de grãos (0,42-0,55) indicaram que grande parte da variabilidade genética verificada nas populações híbridas quanto a essas características foi causada por genes com ação aditiva (CAMARGO, FERREIRA FILHO; FELÍCIO, 2000).

Altos valores da herdabilidade em sentido restrito para tolerância à toxicidade de alumínio, empregando soluções nutritivas, foram estimados por Camargo (1984a) e Vieira (1990) indicando a possibilidade da seleção de genótipos tolerantes ao alumínio nas primeiras gerações segregantes após o cruzamento.

Os valores estimados da herdabilidade em sentido amplo para o crescimento das raízes nos primeiros estádios de desenvolvimento (7 e 15 dias), em soluções nutritivas, considerando populações híbridas de trigo, indicaram ser de origem genética grande parte da variação observada. A herdabilidade no sentido restrito indicou que grande parte da variabilidade genética total para esta característica deve-se a poucos genes que se comportaram de maneira aditiva. Os dados sugeriram com base na estimativa do coeficiente de determinação que a seleção

para esta característica seria efetiva se realizada nas primeiras gerações segregantes (CAMARGO; FERREIRA FILHO, 2005a).

Foram feitos cruzamentos entre o genótipo BH-1146 que apresentou grande crescimento radicular nos primeiros estádios de desenvolvimento (7 e 15 dias) em soluções nutritivas e o genótipo KAUZ“S”/IAC-24 M-4 que mostrou reduzido crescimento radicular nas mesmas condições. Sementes em geração F_2 e F_3 desses cruzamentos e em geração F_2 dos retrocruzamentos para ambos os genitores foram também obtidas. Avaliaram-se plântulas desses genótipos mais dos parentais quanto ao crescimento das raízes primárias, em soluções nutritivas completas com $3,875 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo, pH de 4,0 e temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 10 dias. Os valores estimados da herdabilidade em sentido amplo para o crescimento das raízes indicaram ser de origem genética grande parte da variação observada nas populações estudadas. A herdabilidade no sentido restrito indicou que grande parte da variabilidade genética total para esta característica deve-se a poucos genes que se comportaram de maneira aditiva. Os dados sugeriram com base na estimativa do coeficiente de determinação que a seleção para esta característica seria efetiva se realizada nas primeiras gerações segregantes (CAMARGO; FERREIRA FILHO, 2005b).

Herdabilidades estimadas a partir de dados obtidos de plantas individuais oriundas de cruzamentos envolvendo as cultivares de trigo BH-1146 e IAC-24 permitiram concluir que seleções para as características comprimento da raiz primária, altura da planta, comprimento da espiga e número de grãos por espiga no cruzamento foram efetivas nas gerações segregantes iniciais e que seleções para espigas por planta, massa de cem grãos e produção de grãos deveriam ser feitas em gerações mais avançadas baseando-se em testes de progênies (CAMARGO et al., 2007).

2.2 Correlações

As correlações genéticas, fenotípicas e ambientais são usadas para estimar o grau de associação entre as características agrônômicas de uma população híbrida. De acordo com Falconer (1970) as correlações nas quais foram utilizados dados de F_1 são consideradas ambientais; aquelas usando dados de F_2 , fenotípicas, e as

genéticas, são estimadas levando-se em consideração os valores das herdabilidades em sentido restrito e das correlações fenotípicas e ambientais.

Os coeficientes de correlações fenotípica, ambiental e genética entre a produção de grãos e sete outros caracteres para as populações híbridas de trigo estudadas por Camargo et al. (1984), em condições de solo corrigido e adubado, indicaram associações de origem fenotípica e de ambiente, positivas e significativas, de produção de grãos com porte alto, maior número de espigas por planta, espigas mais longas e com maior número de espiguetas. As correlações genéticas mostraram que a produção de grãos foi associada positivamente com altura da planta ($r_G = 0,38$), número de espiguetas por espiga ($r_G = 0,22$), número de espigas por planta ($r_G = 0,92$) e peso de cem grãos ($r_G = 0,81$). Seleções para maior número de grãos por espiga e por espiguetas poderiam influir negativamente na produção de grãos ($r_G = -0,87$ e $r_G = -0,81$). Não se verificou associação de origem genética entre produção de grãos e comprimento da espiga ($r_G = -0,07$).

Visando estimar as correlações fenotípicas de produção de grãos com sete caracteres agrônômicos, Camargo (1984b) efetuou cruzamentos entre um cultivar de porte semi-anão e três de porte alto. Nas populações obtidas, a característica produção de grãos foi correlacionada significativamente com todos os caracteres estudados, com exceção do número de espiguetas por espiga. Considerando essas correlações, o autor verificou que seria possível selecionar nessas populações segregantes, plantas de porte médio, com maior fertilidade da espiga e com bom potencial produtivo. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos de Camargo (1987a,1987b), os quais vieram confirmar as conclusões do autor.

Busch e Rauch (1993) determinaram os coeficientes de correlação entre os caracteres agrônômicos dias para o espigamento, altura de plantas e rendimento de grãos, em quatro populações de trigo de primavera. As correlações fenotípicas entre altura de plantas e rendimento de grãos foram não significativas para todos os cruzamentos. A única correlação positiva e significativa entre os três caracteres foi entre altura de planta e dias para espigamento em um cruzamento. Os dados mostraram que a seleção de linhagens semi-anãs mais altas não revelou eficiência para aumentar a produção de grãos.

Empregando cruzamentos entre a cultivar IAC-227, de porte alto, e quatro linhagens mexicanas, de porte baixo foi verificado que as correlações fenotípicas entre altura da planta e produção de grãos e entre comprimento da espiga e

comprimento do internódio da raque foram positivas e significativas em todos os cruzamentos considerados, o que mostra haver associação entre esses caracteres; portanto, os resultados obtidos sugerem que o estudo de grandes populações F_2 seria de interesse para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis, originando plantas semi-anãs com elevado potencial produtivo (CAMARGO, FERREIRA FILHO; FELÍCIO, 2000).

Os resultados de correlações fenotípicas estimadas entre várias características agronômicas, em populações derivadas de cruzamentos, em forma dialélica, envolvendo as cultivares BH-1146, IAC-161 e Anahuac, sugeriram que seria possível selecionar nessas populações plantas tolerantes ao Al^{3+} , com maior produtividade e melhores características agronômicas (CAMARGO, 1999).

Ferreira Filho, Camargo e Ayala-Osuna (2002) considerando cruzamentos da cultivar BH-1146 com três linhagens mexicanas estimaram correlações fenotípicas entre produção de grãos e número de espigas por planta significativas em dois cruzamentos (uma positiva e a outra negativa) e não significativo em outro cruzamento. Foram também estimadas correlações fenotípicas significativas entre produção de grãos e número de grãos por espiga (negativas), e com peso de cem grãos (positivas) para todos os cruzamentos.

CAMARGO et al. (2007), com o objetivo de estimar parâmetros genéticos, dentre eles as correlações entre produção de grãos com comprimento da raiz primária, altura da planta, comprimento da espiga e alguns componentes da produção de grãos, realizaram cruzamentos entre 'BH-1146' de porte alto e raízes primárias longas e IAC-24, de porte semi-anão e raízes primárias curtas. Além dos genitores, integraram o ensaio as gerações F_1 e F_2 e os retrocruzamentos para ambos os pais (RC_1 e RC_2). Puderam concluir que houve uma tendência de as plantas com raízes primárias mais compridas, terem maior número de espigas por planta, maior altura da planta e maior produção de grãos.

2.3 Conceitos da análise de cruzamentos dialélicos

O desenvolvimento da teoria de análise dialélica teve início após a introdução dos conceitos de capacidade geral e específica de combinação por Sprague e Tatum (1942). Os autores definiram como capacidade geral de combinação (CGC) o comportamento médio de uma linhagem, cultivar ou outro material genético, em um

conjunto de cruzamentos, e como capacidade específica de combinação (CEC) o resultado de uma combinação híbrida em particular que difere do que se poderia prever com base no desempenho médio dos respectivos parentais.

Dentre os vários métodos propostos para a análise dialélica pode-se citar como os mais importantes os métodos de Jinks e Hayman (1953), o desenvolvido por Griffing (1956), e o proposto por Gardner e Eberhart (1966). Basicamente os três métodos permitem estimar os efeitos genéticos aditivos e de dominância, os componentes da variância genética, bem como parâmetros genéticos como herdabilidades no sentido amplo e restrito e grau médio de dominância.

A metodologia proposta por Griffing (1956) utiliza um modelo estatístico-genético apropriado para serem obtidas estimativas das capacidades geral e específica de combinação dos parentais do cruzamento dialélico. Esta metodologia foi desenvolvida para quatro tipos de tabelas dialélicas, correspondendo aos quatro métodos discutidos pelo autor, podendo se considerar ainda, o modelo fixo ou aleatório, dependendo dos genótipos utilizados como genitores. O modelo fixo supõe que os parentais foram escolhidos criteriosamente em relação a uma população de referência, e, portanto, as estimativas obtidas da análise dialélica não podem ser extrapoladas para a população. Já no modelo aleatório, os parentais escolhidos ao acaso representam a população de referência, neste caso podendo ser extrapoladas às estimativas obtidas à população.

Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) avaliaram as implicações da escolha do modelo mais apropriado, afirmando que quando o modelo é fixo, o interesse do melhorista está centrado nos componentes genéticos e ambientais que são estimados na análise.

Em espécies autógamas onde são utilizadas linhas puras como material melhorado, o conhecimento da capacidade geral de combinação, que é função dos efeitos aditivos dos genes, torna-se de grande interesse. Ramalho, Santos e Zimmermann (1993) também citam a capacidade geral de combinação como o parâmetro de maior importância prática ao melhorista, uma vez que, a partir dela podem ser obtidas informações sobre participação dos efeitos aditivos dos genes na amplitude de variação das gerações segregantes de um dado cruzamento, permitindo traçar as melhores estratégias para um programa de melhoramento.

Com o propósito de estimar parâmetros genéticos visando à escolha de parentais para o início de um programa de melhoramento de soja vários autores

sintetizaram cruzamentos dialélicos entre parentais. As análises das tabelas dialélicas para vários caracteres se basearam na metodologia de Griffing (1956), método 2 e modelo 1 (BHATADE, SINGH, TIWAR, 1977; SRIVASTAVA et al., 1978; KAW; MENON, 1981; NASS, 1989; PIMENTEL, 1991; SHARMA, MEHT; SOOD 1993; PULCINELLI, 1997). Os resultados obtidos evidenciaram para a maioria dos caracteres considerados, efeitos altamente significativos para capacidade geral de combinação, indicando a importância dos efeitos aditivos dos genes para tais características.

Kurek et al. (2001) visando a seleção de parentais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), estimaram a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) dos componentes do rendimento através de cruzamentos dialélicos entre seis genótipos, sem os recíprocos, utilizando o método 2, modelo B, proposto por Griffing (1956).

A análise dialélica envolvendo nove genótipos de trigo, seus F_1 e recíprocos, utilizando as metodologias de Hayman (1954a, 1954b) e Griffing (1956), mostrou que os efeitos da capacidade geral de combinação foram maiores que os da capacidade específica de combinação para vários caracteres agrônômicos estudados. Os genótipos BH-1146, Trigo BR-26-São Gotardo e EMBRAPA-22, apresentaram os maiores efeitos positivos da capacidade geral de combinação (ASSMANN, 1999). Para a maioria dos caracteres estudados, o efeito genético aditivo não foi o mais importante, segundo a metodologia de Hayman (1954a, 1954b).

Barbieri et al. (2001), estudaram um cruzamento dialélico com seis cultivares de trigo para avaliar as capacidades geral e específica de combinação quanto à herança da tolerância ao vírus do nanismo amarelo de cevada. O método da análise dialélica empregado foi o desenvolvido por Griffing (1956), modelo fixo e método 2. Os parentais BR-34 e BR-35 se destacaram com melhores valores de capacidade geral de combinação, e é recomendado seu uso como genitores em programas de melhoramento de trigo que visem à obtenção de combinações genéticas com tolerância ao citado vírus.

A análise dialélica envolvendo nove genótipos de trigo, seus F_1 e recíprocos, utilizando as metodologias de Hayman (1954a, b) e Griffing (1956), mostrou que os efeitos da capacidade geral de combinação foram maiores que os da capacidade específica de combinação para vários caracteres agrônômicos estudados. Os

genótipos BH-1146, Trigo BR-26-São Gotardo e EMBRAPA-22, apresentaram os maiores efeitos positivos da capacidade geral de combinação (ASSMANN, 1999). Para a maioria dos caracteres estudados, o efeito genético aditivo não foi o mais importante, segundo a metodologia de Hayman (1954a, b).

Os resultados dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação obtidos de um cruzamento dialélico, envolvendo dez parentais, foram estudados através dos F_1 's, não utilizando os recíprocos segundo a metodologia de Griffing (1956). Os seguintes dados foram obtidos levando-se em consideração plantas individuais: produção de grãos, número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e peso do grão. Os últimos quatro caracteres foram considerados como componentes da produção. Um sexto caráter medido foi altura das plantas. A análise dialélica para capacidade combinatória indicou que uma grande parte da variância genética total observada para os componentes de produção, produção de grãos e altura das plantas estavam associadas com um efeito significativo da capacidade geral de combinação. Os efeitos da capacidade específica de combinação foram muito pequenos ou não detectados para os componentes da produção. Entretanto, o vigor híbrido ou heterose nos cruzamentos foram notados pelo aumento do F_1 sobre o melhor parental em certos cruzamentos neste estudo e uma significativa capacidade específica de combinação foi notada para produção de grãos e altura das plantas. A análise da capacidade combinatória parece ser uma técnica promissora para classificar linhas parentais de grãos pequenos, em função do desempenho dos seus híbridos e para ganhar um maior conhecimento da natureza de caracteres herdados qualitativamente, tal como produção de grãos (KRONSTAND; FOOTE, 1964).

As progênies F_1 e F_2 de um cruzamento dialélico envolvendo dez parentais de trigo (excetuando-se os recíprocos) foram analisadas para capacidade combinatória para caracteres quantitativos e qualitativos. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os parentais para capacidade geral de combinação e cruzamentos para capacidade específica de combinação, para todos os cruzamentos estudados. Os componentes de variância para capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação foram significativos para todos os caracteres. Entretanto, o componente da variância da capacidade geral de combinação foi predominante, indicando a predominância de efeitos aditivos de genes para os caracteres estudados (JOSHI et al., 2004).

Barbieri et al. (2001), estudaram um cruzamento dialélico com seis cultivares de trigo para avaliar as capacidades geral e específica de combinação quanto à herança da tolerância ao vírus do nanismo amarelo de cevada. O método da análise dialélica empregado foi o desenvolvido por Griffing (1956), método 2 e modelo fixo. Os parentais BR-34 e BR-35 se destacaram com melhores valores de capacidade geral de combinação, e é recomendado seu uso como genitores em programas de melhoramento de trigo que visem à obtenção de combinações genéticas com tolerância ao citado vírus.

Estimativa de capacidade geral de combinação (g_i) estão relacionadas a efeitos predominantemente aditivos na expressão dos caracteres. Baixos valores sugerem que a média dos híbridos em que o parental i participa não difere da média geral do dialelo. Altas estimativas, sejam elas positivas ou negativas, indicam que o genótipo em questão, quando em cruzamentos, tem o potencial de elevar ou reduzir a expressão do caráter, sendo superiores ou inferiores aos demais parentais incluídos no dialelo. Sendo assim, o parental com maior frequência de alelos favoráveis, conseqüentemente apresentará maiores estimativas de g_i (CRUZ; VENCOSKY, 1989).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Genótipos utilizados

Os genótipos utilizados no presente trabalho foram escolhidos por apresentar grandes contrastes, para importantes características agronômicas, dentro de uma ampla coleção à disposição no IAC.

Nos cruzamentos feitos em forma dialélica, foram usados como parentais quatro genótipos de trigo: BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4). Não foram feitos cruzamentos recíprocos, portanto a herança e o tipo de ação gênica envolvida no presente trabalho não levarão em consideração os fatores genéticos citoplasmáticos, prática essa também utilizada em estudos similares por vários autores (JOHNSON et al., 1966; CAMARGO, 1999; FERREIRA FILHO, 1996; FERREIRA FILHO; CAMARGO; AYALA-OSUNA, 2002).

BH-1146, de origem nacional, proveniente do cruzamento entre Fronteira/Mentana//PG1, foi lançado em 1955 pelo Instituto Agronômico de Belo Horizonte, por Ildelfonso Correa (LAGOS, 1983). É uma cultivar de ciclo precoce (110 a 120 dias), da emergência à maturação, porte alto (90 a 110 cm), tolerante à toxicidade de alumínio, apresenta raízes primárias longas nos primeiros estádios de desenvolvimento e, em condições de irrigação, altamente suscetível ao acamamento (CAMARGO, 1972; 1998; CAMARGO; FERREIRA FILHO, 2005a).

Anahuac M-1, linhagem mutante com tolerância à toxicidade de Al^{3+} obtida por seleção efetuada em populações da cultivar Anahuac (II 12300/Lerma Rojo 65/8156/3/ Norteño 67), originárias de tratamento de sementes com raios-gama (260Gy). A cultivar Anahuac é sensível à toxicidade de alumínio e foi introduzida do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), México. Anahuac M-1 tem ciclo médio (120 a 130 dias), da emergência à maturação, porte semi-anão (65 a 85 cm), apresenta raízes primárias longas nos primeiros estádios de desenvolvimento e, em condições de irrigação, é resistente ao acamamento (CAMARGO, 1998; CAMARGO; FERREIRA FILHO; SALOMON, 2004).

MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3, proveniente de seleções realizadas a partir do híbrido entre a linhagem mexicana MON“S”/ALD“S” e a cultivar nacional IAC-24,

cujas sementes em geração F_2 foram submetidas à irradiação gama. Apresenta ciclo médio (120 a 130 dias), da emergência à maturação, porte semi-anão (65 a 85 cm), tolerância à toxicidade de alumínio, apresenta raízes primárias curtas nos primeiros estádios de desenvolvimento e, em condições de irrigação, resistência ao acamamento (CAMARGO; FERREIRA FILHO; SALOMON, 2004).

IAC-287/IAC-24 M-1, linhagem duplo haplóide selecionada em população proveniente da duplicação de plântulas haplóides, originárias do cultivo de anteras de plantas híbridas entre a cultivar IAC-287 de origem mexicana, e a cultivar nacional IAC-24, cujas sementes em geração F_1 foram submetidas à irradiação gama. É um genótipo de ciclo médio (120 a 130 dias), da emergência à maturação, porte anão (50 a 65 cm), tolerante à toxicidade de alumínio, apresenta raízes primárias curtas nos primeiros estádios de desenvolvimento e, em condições de irrigação, resistente ao acamamento (CAMARGO; FERREIRA FILHO, 2005b).

3.2 Obtenção dos híbridos em geração F_1

A semeadura foi feita em três épocas distintas, a partir de março de 2006, com diferença de dez dias, uma da outra, para coincidência do florescimento, viabilizando a realização dos cruzamentos propostos e também como precaução contra alguma alteração climática que pudesse prejudicar a execução dos trabalhos.

As sementes de cada parental foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio a 10% e colocadas em placa de Petri em geladeira por 72 horas. Após a germinação (emissão da radícula), foram escolhidas as sementes mais vigorosas e uniformes. Estas foram semeadas em telas de nylon, postas em contato com solução nutritiva completa, em potes plásticos. Permaneceram nesta solução por volta de uma semana e então foram transplantadas para os vasos no telado do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do IAC, localizado no Centro Experimental Central (CEC), Campinas, com o objetivo de se evitar o ataque de pássaros. Este mesmo procedimento foi feito para as três épocas.

Em cada época, foram usados quinze vasos para cada parental, totalizando 180. Os vasos, de aproximadamente 0,20 m de altura e 0,20 m de diâmetro, foram dispostos em linhas espaçadas uma da outra de 0,40 m e preenchidos com solo devidamente corrigido quanto ao pH e adubado.

Devido ao ciclo tardio do parental P_4 , foram semeadas mais três épocas dos pais: P_1 , P_2 e P_3 , para coincidência do florescimento e possível cruzamento. Nesse caso as sementes foram colocadas diretamente no vaso, utilizando-se aproximadamente 15 sementes por vaso e posteriormente desbastadas, deixando-se quatro plantas.

Para a realização dos cruzamentos: P_1/P_2 , P_1/P_3 , P_1/P_4 , P_2/P_3 , P_2/P_4 e P_3/P_4 , foram efetuadas as seguintes operações:

a) Emasculação – Consistiu-se na retirada dos órgãos masculinos (anteras) das espigas deixando-se a parte feminina. Ao realizar esta operação, as espigas a serem emasculadas estavam na fase final de emborrachamento, isto é, no estágio 10.1 da escala de Feeks-Large (LARGE, 1954). Foram emasculadas todas as espiguetas da espiga em questão. Estas foram cortadas na parte média, transversalmente, em relação ao comprimento da raque. Desse modo, cada espiguetas continha de duas a três flores. Nesta fase, as anteras, em número de três por flor, encontravam-se ainda imaturas (cor verde) e com tamanho adequado, para facilitar-lhes a retirada. Nesse processo, procurou-se não danificar a parte feminina. Assim, as anteras, de todas as flores de cada espiga, foram cuidadosamente retiradas com auxílio de uma pinça, evitando o risco de ocorrência de autofecundação; a seguir, cada espiga foi ensacada, marcando-se a data da emasculação.

b) Polinização – Decorridos três a cinco dias da emasculação, foi realizada a polinização. Foram escolhidas e retiradas as espigas com anteras maduras, isto é, no estágio 10.5.1-10.5.2 da escala de Feeks-Large (LARGE, 1954), das plantas dos genótipos polinizadores. Estas espigas tiveram suas espiguetas cortadas na parte média, transversalmente ao comprimento da raque e, a seguir, expostas ao sol para facilitar a saída das anteras. Esse processo foi realizado em dia de sol e no período mais quente do dia, entre 10 e 14 horas. Quando as anteras estavam liberadas, as espigas foram levadas, cuidadosamente, para a espiga da planta anteriormente emasculada, visando à operação de polinização. O saquinho que envolvia a espiga emasculada foi cortado na parte superior e, em seguida, a espiga com as anteras maduras foi introduzida, agitando-se de maneira que os grãos de pólen fossem liberados, polinizando-se os estigmas. Após este procedimento, os saquinhos de papel foram fechados e grampeados, colocando-se uma etiqueta indicando o

cruzamento efetuado e sua data. Nesse procedimento foram utilizadas várias espigas, obtendo-se assim as sementes necessárias ao trabalho.

c) Colheita das sementes híbridas em geração F_1 – Na época da maturação, julho - agosto de 2006, as espigas que estavam ensacadas e devidamente identificadas, provenientes dos seis cruzamentos, foram colhidas e secas em condições ambientais, e a seguir, debulhadas manualmente e as suas sementes contadas e guardadas em geladeira para posterior utilização.

Foram feitas adubações de cobertura com nitrogênio e controle fitossanitário durante todo o período de condução do bloco de cruzamentos.

3.3 Obtenção dos híbridos em geração F_2 e dos retrocruzamentos

As sementes dos parentais (P_1 , P_2 , P_3 e P_4) e parte das sementes dos híbridos em geração F_1 (P_1/P_2 , P_1/P_3 , P_1/P_4 , P_2/P_3 , P_2/P_4 e P_3/P_4) foram semeadas, a partir de julho de 2006, em vasos plásticos no mesmo telado do CEC. Os genótipos foram assim distribuídos em relação às épocas de semeadura, separadas uma da outra de aproximadamente dez dias para a coincidência do florescimento: 1^a, 2^a e 3^a, somente o P_4 ; 4^a época, todos os quatro pais; na 5^a e na 6^a, os quatro pais e os seis F_1 's visando à obtenção dos retrocruzamentos: $RC_{1s} = P_1/P_2//P_1$, $P_1/P_3//P_1$, $P_1/P_4//P_1$, $P_2/P_3//P_2$, $P_2/P_4//P_2$ e $P_3/P_4//P_3$ e $RC_{2s} = P_1/P_2//P_2$, $P_1/P_3//P_3$, $P_1/P_4//P_4$, $P_2/P_3//P_3$, $P_2/P_4//P_4$ e $P_3/P_4//P_4$ e por fim, na 7^a, os pais P_1 , P_2 e P_3 . A 1^a, 2^a, 3^a e 7^a épocas foram semeadas diretamente nos vasos, desbastadas, ficando de duas a quatro plantas por vaso e dez vasos por parental, e a 5^a e a 6^a foram plantadas com mudas após desenvolvimento das mesmas em soluções nutritivas como já mostrado, com uma a quatro plantas por vaso. O preparo dos vasos foi feito como descrito para obtenção dos F_1 's. Os cruzamentos foram feitos de maneira semelhante aos que foram realizados anteriormente (Figura 1). Desse modo, foram obtidas as sementes dos retrocruzamentos RC_1 's e RC_2 's. As sementes dos híbridos em geração F_2 foram obtidas por autofecundação natural.



Figura 1 - Cruzamentos e retrocruzamentos realizados no telado, 2006

3.4 Ensaio comparativo entre os genótipos

Os parentais, F_1 's, F_2 's, RC_1 's e RC_2 's foram avaliados quanto ao comprimento da raiz primária central em solução nutritiva, conforme método descrito a seguir: escolheram-se 144 sementes uniformes de cada cultivar a ser utilizada como parental; 144 sementes de cada cruzamento em geração F_1 ; 360 sementes de cada cruzamento em geração F_2 e 180 sementes de cada retrocruzamento. Para que não houvesse interferência do tamanho das sementes no crescimento das raízes procedeu-se da seguinte maneira: nos parentais e nos F_2 's utilizaram-se sementes oriundas de espigas autofecundadas que tiveram parte de suas glumas removidas de maneira semelhante às espigas que foram emasculadas para obtenção dos F_1 's e retrocruzamentos.

As sementes foram divididas em seis partes iguais, constituindo cada uma delas uma repetição. Em cada repetição as sementes das 28 populações estudadas foram submergidas em solução de hipoclorito de sódio a 10% por aproximadamente 2 minutos e posteriormente lavadas com água destilada, e colocadas em placas de Petri para germinar em refrigerador a uma temperatura de 12°C por 72 horas, período necessário para a emergência das raízes.

Foram utilizados quatro potes plásticos com 8,3 L de capacidade, sobre os quais foram adaptadas telas de náilon com malha de aproximadamente 1 mm².

As sementes germinadas de cada um dos 28 genótipos estudados foram colocadas com auxílio de uma pinça sobre a tela de náilon dos potes com a solução

nutritiva de tratamento. As raízes emergentes das sementes entram em contato com a solução, obtendo um pronto suprimento de água e nutrientes. A tela foi coberta durante 24 horas com um filme plástico visando manter uma alta umidade relativa favorecendo o crescimento uniforme das plântulas.

A composição da solução nutritiva de tratamento foi a utilizada por Camargo e Ferreira Filho (2005a).

Durante todo o período experimental, as soluções dos potes foram arejadas e diariamente seus volumes completados com água destilada e o pH ajustado para 4,0 com ajustes diários com H_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ou NaOH mol L^{-1} . Os potes foram mantidos em banho-maria à temperatura de $24 \pm 1^\circ\text{C}$, sob condição de laboratório com controle de temperatura ambiente. O experimento foi mantido sob luz fluorescente ($80 \mu\text{mol.m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em sua totalidade (Figura 2).

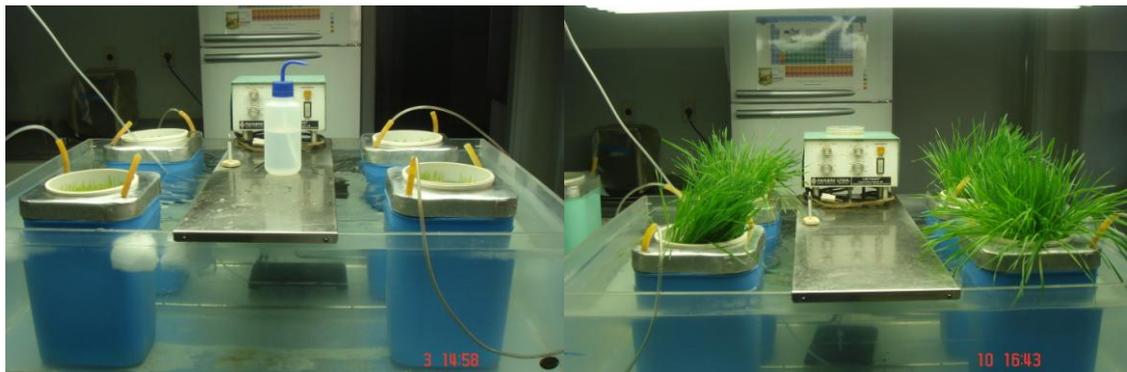


Figura 2 - Vista geral do experimento empregando soluções nutritivas

Após 10 dias da instalação do experimento, as plântulas de cada genótipo nos potes foram coletadas e os comprimentos das raízes primárias centrais medidas com o uso de régua (Figura 3).

Após a medição das raízes, as plântulas, devidamente identificadas e etiquetadas, foram transplantadas para vasos preenchidos com solo adubado e corrigido com calcário, de acordo com análises do solo previamente realizadas em laboratório do IAC, devidamente identificados, localizados no telado. Foram colocadas três plântulas por vaso, dispostas no sentido horário (Figura 4).



Figura 3 - Raízes com 10 dias de crescimento nas soluções nutritivas



Figura 4 - Plantas separadas por genótipo e transplantadas no telado

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com 28 tratamentos, os quais incluem os 4 parentais, os 6 F_1 's, os 6 F_2 's, os 6 RC_1 's e os 6 RC_2 's, com seis repetições. As repetições foram plantadas em dias diferentes a partir de abril de 2007.

Em função da germinação das sementes, cada repetição foi constituída por 7 a 12 vasos com três plantas para os parentais e F_1 's; por 10 a 29 vasos para os F_2 's;

e por 7 a 12 vasos para os RC's. O conjunto das seis repetições foi constituído de 1.835 vasos de plástico com aproximadamente 5.500 plantas.

As plantas do ensaio que morreram após o plantio nos vasos foram substituídas por outras de trigo duro, cultivar IAC-1003, visando manter a competição.

Foi plantada uma linha adicional de vasos, contornando o experimento, para minimizar os efeitos de bordadura.

A adubação nitrogenada foi semanal, do plantio até o início do florescimento, utilizando-se sulfato de amônio.

Tratamentos com fungicidas e inseticidas foram realizados quando necessário para o controle de doenças e pragas.

Foram obtidos com base em plantas individuais:

Comprimento da raiz primária – Considerada como comprimento, em milímetros, da raiz primária central, após 10 dias de crescimento na solução nutritiva.

Florescimento – Contando-se o número de dias da emergência da planta até o estágio de antese da primeira espiga. No ensaio, anotou-se em etiqueta a data de florescimento da primeira espiga a florescer de cada planta. A seguir essa etiqueta foi adaptada com auxílio de barbante na primeira espiga a florescer de cada planta. Na época da colheita, esta etiqueta foi colocada no saco de papel junto com as espigas da planta. Por ocasião da época de debulha e ventilação da planta para a obtenção da produção de grãos, a data assinalada na etiqueta foi anotada para posterior contagem do número de dias da emergência ao florescimento (Figura 5).



Figura 5 – Data do florescimento

Altura da planta – Medida, em centímetros, do nível do solo até o ápice da espiga do colmo principal, excluindo-se as aristas.

As espigas do colmo principal de todas as plantas avaliadas foram colhidas individualmente visando as seguintes avaliações:

Comprimento da espiga – Medida, em centímetros, da espiga do colmo principal, excluindo-se as aristas (Figura 6).

Número de espiguetas por espiga – Contando as espiguetas da espiga do colmo principal (Figura 6).

Grãos por espiga – Número total de grãos da espiga do colmo principal (Figura 6).

Grãos por espiguetas – Número calculado pela relação entre o total de grãos da espiga do colmo principal e o total de espiguetas da mesma espiga.

Massa de cem grãos – Peso, em gramas, de cem grãos coletados ao acaso da produção total de cada planta.

Comprimento do internódio da raque – Calculado pela relação entre o comprimento, em centímetros, da espiga do colmo principal, excluindo as aristas e o número de espiguetas da espiga do colmo principal.



Figura 6 - Obtenção do comprimento da espiga, número de espiguetas e de grãos por espiga

Número de espigas por planta – Computando somente o número de colmos com espigas férteis (Figura 7).

As espigas de cada planta foram também colhidas visando a determinação do seguinte parâmetro:

Produção de grãos – Peso, em gramas, da produção total de grãos de cada planta (Figura 7).



Figura 7- Obtenção do número de espigas por planta e da produção de grãos

As médias, das onze características estudadas das plantas de cada um dos 28 genótipos, em cada uma das seis repetições, foram submetidas à análise da variância, sendo o teste F utilizado para avaliar os níveis de significância estatística. Os efeitos de geração na análise de variância serão divididos em componentes para detectar diferenças entre e dentro de gerações.

3.5 Coeficientes de herdabilidade

Os coeficientes de herdabilidade em sentido amplo e restrito foram estimados para todas as características agrônômicas estudadas derivadas de dados obtidos de plantas individuais nas gerações parentais, F_1 's, F_2 's, RC_1 's e RC_2 's, para cada um dos cruzamentos avaliados.

A estimativa da herdabilidade no sentido amplo – h^2_{BS} (relação da variância genética total e a fenotípica) foi obtida conforme o método de Briggs e Knowles (1977), ou seja:

$$h^2_{BS} = \{[VF_2 - (VP_i + VP_j + VF_1)/3]/VF_2\}$$

onde:

h^2_{BS} = herdabilidade no sentido amplo;

VF_2 = variância do híbrido em geração F_2 ;

VP_i = variância do pai i;

VP_j = variância do pai j;

VF_1 = variância do híbrido em geração F_1 .

A estimativa da herdabilidade no sentido restrito - h^2_{NS} (proporção entre a variância genética aditiva e a fenotípica) foi calculada pelo método de Warner (1952), pela seguinte fórmula:

$$h^2_{NS} = \{[2 VF_2 - (VRC_1 + VRC_2)] / VF_2\}$$

onde:

h^2_{NS} = herdabilidade no sentido restrito;

VF_2 = variância do híbrido em geração F_2 ;

VRC_1 = variância do retrocruzamento 1;

VRC_2 = variância do retrocruzamento 2.

O erro padrão para h^2_{NS} foi obtido pela raiz quadrada da seguinte fórmula:

$$V(h^2_{NS}) = 2 \{[(VRC_1 + VRC_2)^2 / GLF_2] + (V^2RC_1/GLRC_1) + (V^2RC_2/GLRC_2)\} / V^2F_2$$

onde:

$V(h^2_{NS})$ = variância da herdabilidade no sentido restrito;

VRC_1 = variância do retrocruzamento 1;

VRC_2 = variância do retrocruzamento 2;

VF_2 = variância do híbrido em geração F_2 ;

$GLRC_1$ = graus de liberdade associados com VRC_1 ;

$GLRC_2$ = graus de liberdade associados com VRC_2 ;

GLF_2 = graus de liberdade associados com VF_2 .

3.6 Correlações

As correlações fenotípicas, genéticas e ambientais foram usadas para estimar o grau de associação entre os doze caracteres agronômicos para cada uma das populações P_1/P_2 , P_1/P_3 , P_1/P_4 , P_2/P_3 , P_2/P_4 e P_3/P_4 .

Como sugerido por Falconer (1970), as correlações usando dados das gerações F_1 's foram consideradas ambientais, aquelas com dados das gerações F_2 's, como fenotípicas, sendo as genéticas calculadas pela seguinte fórmula:

$$r_G = [(r_F - \sqrt{E_i} \sqrt{E_j} r_A) / \sqrt{H_i} \sqrt{H_j}]$$

onde:

r_G = coeficiente de correlação genética entre i e j;

r_F = coeficiente de correlação fenotípica entre i e j;

r_A = coeficiente de correlação ambiental entre i e j;

H = estimativa da herdabilidade no sentido restrito, com subscrito i ou j, conforme o caráter.

$E = 1 - H$, também subscritos, de acordo com a característica em estudo.

Foi utilizado o teste “t” para a avaliação das correlações.

3.7 Análise dialélica pelo Método de Griffing:

Foram realizadas análises dialélicas e estatístico-genéticas das linhagens de trigo em geração F_1 , considerando-se o efeito de tratamentos fixo. .

Para análise dialélica e obtenção das estimativas da capacidade geral e específica de combinação das linhagens, foi utilizado o Método de Griffing, método 2 (1956), de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i=j$)

m: é a média geral

g_i : é o efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor;

g_j : é o efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor;

s_{ij} : é o efeito da capacidade específica de combinação entre as linhagens de ordem i e j, respectivamente;

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

As análises dialélicas foram efetuadas empregando o programa Genes (CRUZ, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de variância e testes de médias

As análises de variância para os onze caracteres avaliados encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3.

Os resultados mostraram que houve efeitos significativos para repetições, pelo teste F, ao nível de 5%, para todos os caracteres avaliados, confirmando assim a necessidade de se instalar o ensaio em blocos ao acaso. Os efeitos de genótipos foram significativos para todos os caracteres, exceto produção de grãos por planta. Também foram significativos para todos os caracteres, entre e dentro de gerações, exceto entre gerações para espiga por planta. Os pais só apresentaram efeito não significativo para grãos por espigeta. Espiga por planta não apresentou significância pelo teste F nos F_1 's, F_2 's e RC_2 's. Os efeitos para os RC_1 's foram significativos para todos os onze caracteres em estudo.

Os efeitos significativos apontados para genótipos, entre e dentro de gerações, e pais, seriam esperados em função da escolha dos parentais com caracteres contrastantes.

Encontram-se na Tabela 4, as médias de cada genótipo para comprimento da raiz, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque.

Verificou-se que todos os parentais diferiram entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) no comprimento da raiz primária, o que era de se esperar, pois foram escolhidos com caracteres contrastantes para este trabalho. Os híbridos P_2/P_3 e todos os F_1 's provenientes de cruzamento com P_1 apresentaram um maior crescimento da raiz primária, não diferindo entre si e diferindo estatisticamente dos outros híbridos F_1 's. A geração F_2 , proveniente do cruzamento P_1/P_2 , apresentou maior crescimento da raiz, diferindo das demais e a F_2 oriundo do cruzamento P_3/P_4 , apresentaram um menor crescimento, diferindo dos demais estatisticamente. Todos os RC_1 's não diferiram entre si, exceto o $P_3/P_4 // P_3$, que apresentou um menor crescimento da raiz, diferindo dos demais ao nível de 5% de significância. Dentre os RC_2 's, $P_1/P_2 // P_2$, apresentou um maior crescimento da raiz primária, diferindo dos demais híbridos. Com estes resultados pode-se observar a maior capacidade do P_1 de transmitir o maior comprimento da raiz primária aos seus descendentes.

Tabela 1 – Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres comprimento médio das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | Comprimento da raiz | mm | | |
|---------------------------------|-----|---------------------|------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | | Altura da planta | Comprimento da espiga | Comprimento do internódio da raque |
| | | | cm | | |
| Repetições | 05 | 1779,50* | 51,84* | 0,58* | 0,0018* |
| Genótipos | 27 | 3048,10* | 1584,16* | 2,00* | 0,0043* |
| Entre gerações | 04 | 1986,21* | 947,31* | 1,11* | 0,0026* |
| Dentro de gerações | 23 | 3232,78* | 1694,91* | 2,16* | 0,0046* |
| Pais | 03 | 7594,04* | 3069,30* | 2,49* | 0,0073* |
| F ₁ 's | 05 | 4533,98* | 1727,36* | 1,63* | 0,0033* |
| F ₂ 's | 05 | 1961,24* | 1482,76* | 3,05* | 0,0049* |
| RC ₁ 's | 05 | 2559,38* | 1618,10* | 1,95* | 0,0026* |
| RC ₂ 's | 05 | 1259,76* | 1126,79* | 1,80* | 0,0060* |
| Pais x repetições | 15 | 122,14 | 7,12 | 0,19 | 0,0004 |
| F ₁ 's x repetições | 25 | 202,11 | 4,51 | 0,04 | 0,0001 |
| F ₂ 's x repetições | 25 | 88,95 | 7,90 | 0,16 | 0,0002 |
| RC ₁ 's x repetições | 25 | 210,71 | 6,22 | 0,09 | 0,0002 |
| RC ₂ 's x repetições | 25 | 143,76 | 13,51 | 0,20 | 0,0003 |
| Entre gerações x repetições | 20 | 274,75 | 8,60 | 0,13 | 0,0002 |
| Gerações x repetições | 115 | 156,27 | 7,91 | 0,13 | 0,0002 |
| Genótipos x repetições | 135 | 173,82 | 8,02 | 0,13 | 0,0002 |
| Total | 167 | | | | |
| CV% | | 7,71 | 3,34 | 3,91 | 3,59 |

*Significativo ao nível de 5%.

Tabela 2 – Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por planta dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | n.º | | g | |
|---------------------------------|-----|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| | | Espigas por planta | Grãos por espiga | Massa de cem grãos | Produção de grãos por planta |
| Repetições | 05 | 7,05* | 227,37* | 1,38* | 27,27* |
| Genótipos | 27 | 1,08* | 126,34* | 1,48* | 8,72 |
| Entre gerações | 04 | 0,80 | 154,40* | 1,73* | 19,95* |
| Dentro de gerações | 23 | 1,13* | 121,46* | 1,43* | 6,77* |
| Pais | 03 | 2,10* | 125,67* | 2,17* | 12,36* |
| F ₁ 's | 05 | 0,62 | 86,25* | 1,08* | 9,31* |
| F ₂ 's | 05 | 1,56 | 120,86* | 1,22* | 1,83 |
| RC ₁ 's | 05 | 1,46* | 62,54* | 0,84* | 8,24* |
| RC ₂ 's | 05 | 0,30 | 213,67* | 2,14* | 4,36* |
| Pais x repetições | 15 | 0,54 | 23,71 | 0,10 | 3,02 |
| F ₁ 's x repetições | 25 | 0,62 | 7,11 | 0,02 | 1,68 |
| F ₂ 's x repetições | 25 | 0,92 | 11,72 | 0,25 | 2,42 |
| RC ₁ 's x repetições | 25 | 0,49 | 9,14 | 0,07 | 2,07 |
| RC ₂ 's x repetições | 25 | 0,69 | 16,82 | 0,07 | 1,67 |
| Entre gerações x repetições | 20 | 0,44 | 7,87 | 0,09 | 2,03 |
| Gerações x repetições | 115 | 0,66 | 12,83 | 0,10 | 2,10 |
| Genótipos x repetições | 135 | 0,63 | 12,09 | 0,10 | 2,09 |
| Total | 167 | | | | |
| CV% | | 9,03 | 7,42 | 7,41 | 10,66 |

*Significativo ao nível de 5%.

Tabela 3 – Quadrados médios obtidos na análise da variância para os caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287//IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | Espiguetas por espiga | n.º | |
|---------------------------------|-----|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| | | | Grãos por espiguetas | Florescimento — dias — |
| Repetições | 05 | 1,99* | 0,61* | 43,79* |
| Genótipos | 27 | 9,39* | 0,09* | 239,77* |
| Entre gerações | 04 | 9,03* | 0,13* | 307,65* |
| Dentro de gerações | 23 | 9,45* | 0,09* | 227,97* |
| Pais | 03 | 20,11* | 0,02 | 718,62* |
| F ₁ 's | 05 | 3,18* | 0,07* | 75,78* |
| F ₂ 's | 05 | 11,13* | 0,10* | 188,53* |
| RC ₁ 's | 05 | 3,42* | 0,07* | 50,58* |
| RC ₂ 's | 05 | 13,69* | 0,14* | 302,60* |
| Pais x repetições | 15 | 1,04 | 0,07 | 22,36 |
| F ₁ 's x repetições | 25 | 0,08 | 0,01 | 2,62 |
| F ₂ 's x repetições | 25 | 0,45 | 0,02 | 7,78 |
| RC ₁ 's x repetições | 25 | 0,14 | 0,02 | 3,85 |
| RC ₂ 's x repetições | 25 | 0,67 | 0,03 | 19,83 |
| Entre gerações x repetições | 20 | 0,62 | 0,02 | 10,05 |
| Gerações x repetições | 115 | 0,43 | 0,03 | 10,33 |
| Genótipos x repetições | 135 | 0,46 | 0,03 | 10,29 |
| Total | 167 | | | |
| CV% | | 3,03 | 7,66 | 4,13 |

*Significativo ao nível de 5%.

Tabela 4 – Médias⁽¹⁾ e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres comprimento das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007

| Genótipos | Comprimento da raiz | Altura das plantas | Comprimento da espiga | Comprimento do internódio da raque |
|---|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | mm | | cm | |
| (P ₁) | 212a | 115a | 9,38b | 0,44a |
| (P ₂) | 189b | 82b | 10,12a | 0,45a |
| (P ₃) | 153c | 80b | 8,56c | 0,40b |
| (P ₄) | 132d | 60c | 9,54ab | 0,38b |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 18 | 4 | 0,72 | 0,03 |
| (P ₁ X P ₂) F ₁ | 200a | 110a | 9,56a | 0,45a |
| (P ₁ X P ₃) F ₁ | 191a | 99b | 8,15c | 0,39c |
| (P ₁ X P ₄) F ₁ | 187a | 92c | 8,87b | 0,40bc |
| (P ₂ X P ₃) F ₁ | 182a | 79d | 8,71b | 0,40bc |
| (P ₂ X P ₄) F ₁ | 152b | 69e | 9,48a | 0,42b |
| (P ₃ X P ₄) F ₁ | 128b | 69e | 8,93b | 0,39c |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 25 | 4 | 0,34 | 0,02 |
| (P ₁ X P ₂) F ₂ | 197a | 107a | 9,59abc | 0,45a |
| (P ₁ X P ₃) F ₂ | 176b | 94b | 8,30de | 0,40b |
| (P ₁ X P ₄) F ₂ | 156cd | 67e | 8,12e | 0,38c |
| (P ₂ X P ₃) F ₂ | 169bc | 82c | 9,73a | 0,44a |
| (P ₂ X P ₄) F ₂ | 155cd | 73d | 9,64ab | 0,40b |
| (P ₃ X P ₄) F ₂ | 14 d | 70de | 8,90bcd | 0,38c |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 17 | 5 | 0,71 | 0,02 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₁ - RC ₁ | 202a | 111a | 9,35bc | 0,45a |
| (P ₁ X P ₃) X P ₁ - RC ₁ | 202a | 107b | 8,86cd | 0,42b |
| (P ₁ X P ₄) X P ₁ - RC ₁ | 184a | 102c | 8,71d | 0,41bc |
| (P ₂ X P ₃) X P ₂ - RC ₁ | 180a | 84d | 9,86ab | 0,44a |
| (P ₂ X P ₄) X P ₂ - RC ₁ | 178a | 76e | 10,03a | 0,44a |
| (P ₃ X P ₄) X P ₃ - RC ₁ | 146b | 74e | 8,80d | 0,40c |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 26 | 4 | 0,52 | 0,02 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₂ - RC ₂ | 188a | 98a | 10,19a | 0,46a |
| (P ₁ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 162b | 89b | 8,71c | 0,41bc |
| (P ₁ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 152b | 68c | 8,93bc | 0,38d |
| (P ₂ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 161b | 84b | 9,22bc | 0,43b |
| (P ₂ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 162b | 68c | 9,66ab | 0,39cd |
| (P ₃ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 146b | 65c | 9,02bc | 0,37d |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 21 | 7 | 0,79 | 0,03 |

⁽¹⁾ Médias seguidas de uma letra em comum não diferem, entre si.

Em relação às médias da altura das plantas os parentais foram divididos em três grupos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), sendo o P_1 mais alto, o P_2 e o P_3 de altura intermediária, e o P_4 , de porte mais baixo. O híbrido resultante do cruzamento P_1/P_2 tanto na geração F_1 quanto na F_2 foi o mais alto, diferindo dos demais. Em geração F_1 , os híbridos resultantes de P_2/P_3 e P_3/P_4 apresentaram menor altura, não diferindo entre si e diferindo dos demais. Os RC_1 's, tanto para P_1 quanto P_2 , apresentaram-se mais altos, diferindo significativamente de quando se utilizou o P_3 para se fazer o retrocruzamento. Nos RC_2 's, com a utilização do P_3 e do P_4 se reduziu a altura, e não houve diferença significativa entre eles, mas houve diferença significativa de quando se utilizou o P_2 . Pode-se concluir então, que com a utilização do P_1 e do P_2 não houve redução na altura das plantas, como aconteceu com a utilização do P_3 e do P_4 , tanto nos cruzamentos como nos retrocruzamentos (Tabela 4).

Em relação ao comprimento da espiga, o P_2 apresentou espigas mais longas, não diferindo pelo teste de média do P_4 e diferindo dos demais parentais. Os híbridos provenientes dos cruzamentos P_1/P_2 e P_2/P_4 em geração F_1 , apresentaram espigas mais compridas, diferindo dos outros híbridos. Em geração F_2 , o híbrido P_2/P_3 , apresentou um maior comprimento, não diferindo do híbrido P_2/P_4 e diferindo dos demais. Em relação aos RC_1 's e RC_2 's, destacaram-se com espigas mais longas os RC_1 's para o P_2 , que não diferiram entre si e diferiram dos demais e os RC_2 's $P_1/P_2//P_2$ e $P_2/P_4//P_4$ que tiveram um maior comprimento da espiga e não diferiram entre si pelo teste de Tukey utilizado. Estes resultados sugerem que a utilização dos parentais P_2 e P_4 em cruzamentos visando o aumento desta característica seria eficiente.

Com a aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias do comprimento do internódio da raque pode-se verificar que os parentais P_1 e P_2 tiveram as espigas menos densas, ou seja, um maior comprimento do internódio da raque, diferindo dos outros dois parentais em estudo. Na geração F_1 , destacou-se com as espigas menos densas o cruzamento P_1/P_2 , que diferiu dos demais e, na geração F_2 , os cruzamentos que tiveram as espigas menos densas foram o P_1/P_2 e o P_2/P_3 , diferindo dos outros F_2 , que tiveram as espigas mais densas. Tanto o RC_1 quanto o RC_2 de P_1/P_2 destacaram-se com os maiores comprimentos da raque, não diferindo de P_2/P_3 e P_2/P_4 quando retrocruzados com o P_2 e diferindo dos demais RC_1 's. Nos RC_2 's, $P_1/P_2//P_2$ diferiu de todos ou outros. Poderíamos de posse destes

resultados, sugerir a utilização do P_2 para utilização em cruzamentos visando ao aumento desta característica.

Na Tabela 5 encontram-se as médias de cada genótipo em relação aos caracteres espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por planta.

O parental P_2 se destacou para a característica espigas por planta, diferindo apenas do parental P_1 , quando suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As gerações F_1 , F_2 e RC_2 's não apresentaram diferenças significativas entre os híbridos quando avaliados pelo teste de médias. Já nos RC_1 's, o híbrido que se destacou foi o $P_2/P_3//P_2$, diferindo significativamente apenas de $P_1/P_2//P_1$ e $P_1/P_3//P_1$.

Em relação ao número de grãos por espiga, o parental de maior destaque foi o P_4 , que diferiu pelo teste de médias do parental P_3 e quando utilizado nos cruzamentos e nos retrocruzamentos aumentou esta característica nos híbridos, podendo ser utilizado em programas de melhoramento de trigo com o objetivo de aumentar o número de grãos por espiga. O híbrido que mais se destacou tanto na geração F_1 e F_2 foi o P_3/P_4 , não diferindo apenas do P_1/P_4 em F_1 e do P_1/P_4 e P_2/P_4 em geração F_2 . Nos RC_1 's destacou-se com o maior número de grãos por espiga o $P_3/P_4//P_3$, que diferiu de $P_1/P_3//P_1$ e $P_1/P_4//P_1$ e nos RC_2 's sobressaíram os retrocruzados com o P_4 , diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 5).

P_4 destacou-se entre dos parentais, diferindo deles significativamente, quando comparadas as suas médias de massa de cem grãos, tendo os grãos mais leves. A presença do P_4 no cruzamento ou retrocruzamento diminui a média desta característica. Os híbridos das gerações F_1 e F_2 que mais se destacaram com os grãos mais pesados foram P_1/P_2 e P_1/P_3 , em F_1 diferindo dos demais e em F_2 diferindo apenas de P_2/P_3 e P_3/P_4 . Nos RC_1 's, os híbridos retrocruzados com o P_1 foram os que se destacaram com a maior massa de cem grãos, não diferindo estatisticamente do $P_2/P_3//P_2$ e nos RC_2 's os híbridos retrocruzados com o P_4 apresentaram menor massa de cem grãos, diferindo dos demais. O parental P_1 mostrou-se fonte adequada para aumento da massa de cem grãos.

Em relação às médias do caráter produção de grãos por planta pode-se observar que o P_1 apresentou uma maior produção, apenas diferindo pelo teste de Tukey do P_4 , que apresentou a menor produção. Na geração F_1 , o híbrido que mais se destacou foi P_1/P_3 , que diferiu de P_2/P_4 e P_3/P_4 . Em F_2 e nos RC_2 's não houve

Tabela 5 – Médias⁽¹⁾ e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por planta dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄).), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007

| Genótipos | Espigas por planta | Grãos por espiga | Massa de cem grãos | Produção de grãos por planta |
|---|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| | n.º | | g | |
| (P ₁) | 8,1b | 43,7ab | 4,68a | 13,32a |
| (P ₂) | 9,4a | 44,4ab | 4,21a | 13,11ab |
| (P ₃) | 8,3ab | 40,9b | 4,36a | 11,66ab |
| (P ₄) | 8,9ab | 51,7a | 3,28b | 10,24b |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,2 | 8,1 | 0,53 | 2,89 |
| (P ₁ X P ₂) F ₁ | 9,1a | 44,5cd | 4,88a | 14,90abc |
| (P ₁ X P ₃) F ₁ | 8,6a | 42,4d | 5,07a | 15,47a |
| (P ₁ X P ₄) F ₁ | 9,2a | 49,2ab | 4,56b | 15,33ab |
| (P ₂ X P ₃) F ₁ | 9,0a | 46,7bcd | 4,57b | 15,18ab |
| (P ₂ X P ₄) F ₁ | 9,1a | 48,5cd | 4,18c | 13,07bc |
| (P ₃ X P ₄) F ₁ | 8,4a | 53,2a | 3,93c | 12,63c |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,4 | 4,7 | 0,28 | 2,31 |
| (P ₁ X P ₂) F ₂ | 9,0a | 43,7bcd | 4,72a | 14,11a |
| (P ₁ X P ₃) F ₂ | 8,6a | 40,0d | 4,68a | 13,79a |
| (P ₁ X P ₄) F ₂ | 8,7a | 47,2abc | 4,02ab | 12,88a |
| (P ₂ X P ₃) F ₂ | 8,5a | 43,1cd | 3,96ab | 13,57a |
| (P ₂ X P ₄) F ₂ | 9,9a | 49,5ab | 3,80b | 14,25a |
| (P ₃ X P ₄) F ₂ | 9,1a | 52,1a | 3,66b | 13,06a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,7 | 6,1 | 0,88 | 2,77 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₁ - RC ₁ | 8,1b | 44,4abc | 4,75a | 13,56ab |
| (P ₁ X P ₃) X P ₁ - RC ₁ | 8,2b | 40,0c | 4,86a | 13,11ab |
| (P ₁ X P ₄) X P ₁ - RC ₁ | 8,7ab | 43,5bc | 4,92a | 14,78a |
| (P ₂ X P ₃) X P ₂ - RC ₁ | 9,5a | 46,1ab | 4,46ab | 15,27a |
| (P ₂ X P ₄) X P ₂ - RC ₁ | 8,5ab | 46,4ab | 4,11b | 12,21b |
| (P ₃ X P ₄) X P ₃ - RC ₁ | 8,5ab | 49,6a | 4,07b | 12,87ab |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,3 | 5,4 | 0,47 | 2,56 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₂ - RC ₂ | 8,9a | 47,3b | 4,59a | 14,72a |
| (P ₁ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 8,4a | 42,4b | 4,83a | 13,75a |
| (P ₁ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 9,0a | 54,9a | 3,61b | 12,93a |
| (P ₂ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 8,8a | 44,9b | 4,48a | 14,26a |
| (P ₂ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 9,0a | 55,2a | 3,55b | 12,95a |
| (P ₃ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 8,8a | 56,0a | 3,53b | 12,56a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,5 | 7,3 | 0,49 | 2,30 |

⁽¹⁾ Médias seguidas de uma letra em comum não diferem, entre si.

diferença significativa entre os híbridos. Os RC₁'s P₁/P₄//P₁ e P₂/P₃//P₂ apresentaram uma maior produção, diferindo apenas de P₂/P₄//P₂ pelo teste de médias (Tabela 5).

Na Tabela 6 encontram-se as médias de cada genótipo em relação aos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e dias para o florescimento.

As médias do número de espiguetas por espiga não mostraram diferenças significativas entre os parentais P₁, P₂ e P₃, apenas o P₄ apresentou um maior número de espiguetas por espiga, sendo estatisticamente diferente dos demais. Nas gerações F₁ e F₂, os híbridos P₂/P₄ e P₃/P₄ apresentaram um maior número de espiguetas por espiga, diferindo de todos os outros híbridos. Nos RC₁'s, os híbridos que mais se destacaram para esta característica foram os retrocruzados com os parentais P₂ e P₃ que diferiram estatisticamente dos retrocruzados com o parental P₁. Nos RC₂'s os híbridos que utilizaram o parental P₄ para retrocruzar apresentaram um maior número de espiguetas por espiga. O P₄ de acordo com estes resultados seria uma fonte promissora de aumento do número de espiguetas por espiga (Tabela 6).

Com a aplicação do teste de Tukey para a comparação das médias do número de grãos por espiguetas verificou-se que os quatro parentais não diferiram estatisticamente entre si. O híbrido P₃/P₄ se destacou nas gerações F₁ e F₂, apresentando um maior número de grãos por espiguetas, não diferindo de P₁/P₄ e P₂/P₃ em F₁, e diferindo de P₁/P₃ e P₂/P₃ em F₂. O retrocruzamento P₃/P₄//P₃ se destacou entre os RC₁'s, diferindo apenas do P₁/P₃//P₁ e entre os RC₂'s o P₁/P₄//P₄ apresentou o maior número de grãos por espiguetas diferindo somente de P₁/P₃//P₃ e P₂/P₃//P₃.

Em relação aos dias para o florescimento o P₄ apresentou-se como mais tardio, diferindo dos outros três parentais que se apresentaram mais precoces. Nas gerações F₁ e F₂, os híbridos P₂/P₄ e P₃/P₄ mostraram-se mais tardios, diferindo dos demais estatisticamente com a utilização do teste de médias. Os retrocruzamentos P₂/P₄//P₂ e P₃/P₄//P₃ apresentaram-se mais tardios, não diferindo apenas de P₂/P₃//P₂. Nos RC₂'s, quando foram retrocruzados com o P₄, houve um aumento do período em dias para o florescimento, e estes híbridos diferiram dos demais que se apresentaram mais precoces (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias⁽¹⁾ e diferenças mínimas significativas (d.m.s.) dos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), dos cruzamentos em geração F₁ e F₂, e dos RC₁ e RC₂ de trigo, em Campinas, em 2007

| Genótipos | Espiguetas por espiga | Grãos por espiguetas | Florescimento |
|---|-----------------------|----------------------|---------------|
| | n.º | | dias |
| (P ₁) | 21,2b | 2,08a | 70,8b |
| (P ₂) | 22,4b | 1,98a | 76,1b |
| (P ₃) | 21,4b | 1,98a | 78,5b |
| (P ₄) | 25,2a | 2,06a | 96,1a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,7 | 0,44 | 7,9 |
| (P ₁ X P ₂) F ₁ | 21,3d | 2,10b | 70,9c |
| (P ₁ X P ₃) F ₁ | 21,2d | 2,01b | 71,4bc |
| (P ₁ X P ₄) F ₁ | 22,3b | 2,21ab | 73,1bc |
| (P ₂ X P ₃) F ₁ | 21,8c | 2,14ab | 74,2b |
| (P ₂ X P ₄) F ₁ | 22,8a | 2,12b | 77,7a |
| (P ₃ X P ₄) F ₁ | 22,8a | 2,33a | 79,8a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 0,5 | 0,21 | 2,9 |
| (P ₁ X P ₂) F ₂ | 21,4bc | 2,05abc | 72,4d |
| (P ₁ X P ₃) F ₂ | 20,7c | 1,93c | 73,4d |
| (P ₁ X P ₄) F ₂ | 21,3bc | 2,22ab | 78,7bc |
| (P ₂ X P ₃) F ₂ | 22,1b | 1,95c | 77,0cd |
| (P ₂ X P ₄) F ₂ | 24,2a | 2,05abc | 85,7a |
| (P ₃ X P ₄) F ₂ | 23,5a | 2,24a | 84,8a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,2 | 0,24 | 5,0 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₁ - RC ₁ | 21,0b | 2,12ab | 71,7c |
| (P ₁ X P ₃) X P ₁ - RC ₁ | 21,1b | 1,90b | 72,0c |
| (P ₁ X P ₄) X P ₁ - RC ₁ | 21,4b | 2,04ab | 73,3bc |
| (P ₂ X P ₃) X P ₂ - RC ₁ | 22,3a | 2,07ab | 75,8ab |
| (P ₂ X P ₄) X P ₂ - RC ₁ | 22,8a | 2,04ab | 77,9a |
| (P ₃ X P ₄) X P ₃ - RC ₁ | 22,2a | 2,23a | 78,3a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 0,7 | 0,25 | 3,5 |
| (P ₁ X P ₂) X P ₂ - RC ₂ | 22,3cd | 2,12abc | 73,5b |
| (P ₁ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 21,5d | 1,97c | 75,5b |
| (P ₁ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 23,3bc | 2,38a | 83,8a |
| (P ₂ X P ₃) X P ₃ - RC ₂ | 21,7d | 2,07bc | 75,1b |
| (P ₂ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 25,1a | 2,23abc | 87,1a |
| (P ₃ X P ₄) X P ₄ - RC ₂ | 24,6ab | 2,30ab | 90,3a |
| d.m.s (Tukey a 5%) | 1,5 | 0,31 | 7,9 |

⁽¹⁾ Médias seguidas de uma letra em comum não diferem, entre si.

4.2 Herdabilidade

As estimativas do coeficiente de herdabilidade em sentido amplo (h^2_{SA}), para os caracteres estudados, obtidos a partir dos parentais, gerações F_1 's e F_2 's e dos retrocruzamentos, das seis populações híbridas, encontram-se na Tabela 7.

Para o caráter comprimento da raiz, os valores estimados para herdabilidade no sentido amplo variaram de 0,28 a 0,59. Nos cruzamentos entre os parentais com raízes primárias curtas (P_3 e P_4) com os de raízes longas (P_1 e P_2) nos primeiros estádios de desenvolvimento, os valores estimados de h^2_{SA} foram mais altos (0,40 a 0,59), mostrando, portanto, uma maior variabilidade genética quando comparados com os cruzamentos entre os parentais (P_1/P_2) de raízes longas (0,28) e os parentais (P_3/P_4) de raízes curtas (0,30). Camargo e Ferreira Filho (2005a) fizeram cruzamentos entre as cultivares BH-1146 e KAUZ "S"/IAC-24 M_4 com grande e reduzido crescimento das raízes primárias respectivamente.

Concluíram ser o controle do crescimento das raízes primárias uma herança quantitativa. Os valores da herdabilidade em sentido amplo (50,4% a 72,6%) para o crescimento das raízes indicaram ser de origem genética grande parte da variação observada nas populações. Com base nos resultados, sugerem que a seleção para esta característica seria efetiva mesmo se realizada nas primeiras gerações segregantes (Tabela 7).

Os valores estimados para h^2_{SA} foram elevados para altura das plantas em todos os cruzamentos (0,72 a 0,90), mostrando, portanto grande variabilidade genética para altura das plantas. Valores altos de herdabilidade em sentido amplo também foram observados por Camargo e Oliveira (1981), que realizaram cruzamentos entre uma cultivar de porte alto com quatro fontes de nanismo e Ferreira Filho et al. (1997), avaliando cruzamentos entre 'BH-1146' nacional, de porte alto e cultivares mexicanas de porte médio e baixo obtiveram os valores estimados h^2_{SA} , ao nível de plantas individuais, altos em todos os cruzamentos, variando de 0,86 a 0,91. Foi estimada grande variabilidade genética para altura de plantas para três populações híbridas de trigo envolvendo cruzamentos entre um parental de porte alto e três de porte baixo (FERREIRA FILHO, 1996).

Para o caráter comprimento da espiga foram estimados valores de h^2_{SA} variando de 0,29 a 0,75. A maior h^2_{SA} foi estimada no cruzamento P_1/P_3 (0,75), mostrando, portanto, grande variabilidade genética e a menor (0,29), estimada no

Tabela 7 - Estimativas dos coeficientes de herdabilidade em sentido amplo para os caracteres derivados de dados obtidos com base em plantas individuais dos parentais, F₁'s, F₂'s, RC₁'s e RC₂'s para cada cruzamento envolvendo os genótipos de trigo BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON"S"/ALD"S"/IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄) em Campinas, em 2007

| Caracteres | P ₁ xP ₂ | P ₁ xP ₃ | P ₁ xP ₄ | P ₂ xP ₃ | P ₂ xP ₄ | P ₃ xP ₄ |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Comprimento da raiz (cm) | 0,28 | 0,59 | 0,41 | 0,46 | 0,40 | 0,30 |
| Altura da planta (cm) | 0,72 | 0,74 | 0,81 | 0,90 | 0,85 | 0,81 |
| Comprimento da espiga (cm) | 0,29 | 0,75 | 0,45 | 0,65 | 0,38 | 0,63 |
| Comprimento do internódio da raque (cm) | 0,41 | 0,72 | 0,54 | 0,76 | 0,54 | 0,71 |
| Número de espigas por planta (n.º) | 0,22 | 0,32 | 0,41 | 0,33 | 0,55 | 0,39 |
| Número de grãos por espiga (n.º) | 0,19 | 0,37 | 0,21 | 0,57 | 0,53 | 0,37 |
| Massa de cem grãos (g) | 0,14 | 0,18 | 0,45 | 0,52 | 0,49 | 0,63 |
| Produção de grãos por planta (g) | 0,23 | 0,38 | 0,64 | 0,54 | 0,68 | 0,66 |
| Número de espiguetas por espiga (n.º) | 0,11 | 0,46 | 0,60 | 0,40 | 0,72 | 0,72 |
| Número de grãos por espiguetas (n.º) | 0,12 | 0,26 | 0,16 | 0,58 | 0,42 | 0,34 |
| Florescimento (dias) | 0,34 | 0,64 | 0,65 | 0,64 | 0,73 | 0,44 |

cruzamento P_1/P_2 , neste caso, mostrando uma menor variabilidade genética entre os parentais. Johnson et al., (1966), estudando um cruzamento de trigo com parentais de diferentes comprimentos da espiga, obteve uma estimativa de herdabilidade no sentido amplo de 0,61 e Camargo (1987a), avaliando cruzamentos entre três cultivares de trigo que diferiram entre si em relação às médias do comprimento da espiga, obteve uma alta herdabilidade no sentido amplo (0,69), confirmando os resultados de Johnson et al. (1966). Estes valores indicam que grande parte das variações obtidas é de origem genética, nas populações estudadas.

Em relação ao caráter comprimento do internódio da raque, os valores estimados de h^2_{SA} variaram entre 0,41 e 0,71. Os maiores valores foram nos cruzamentos P_2/P_3 e P_1/P_3 (0,76 e 0,72). A grande variabilidade genética estimada nesses cruzamentos sugere a possibilidade de se fazer seleções para o aumento desse caráter nas gerações iniciais. Ferreira Filho (1996), estudando cruzamentos entre genótipos com comprimentos do internódio da raque diferentes entre si, obteve herdabilidades em sentido amplo variando entre 0,60 e 0,78, corroborando assim com os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 7).

Para o número de espigas por planta, as h^2_{SA} estimadas para todos os cruzamentos foram baixas (0,22 a 0,49), com exceção do cruzamento P_2/P_4 que foi média (0,55), concordando com os dados obtidos por Van Sanford & Utomo (1995). Esses valores mostraram que grande parte da variabilidade existente nas populações híbridas estudadas foi de origem ambiental, devendo ser selecionados nas gerações mais avançadas, possivelmente este caráter é controlado por muitos genes. Camargo et al. (1984), estudando populações híbridas de trigo em diferentes localidades estimaram herdabilidades no sentido amplo variando entre 0,12 a 0,50, valores estes que concordam com os autores citados anteriormente.

Valores de baixos a médios foram estimados para h^2_{SA} para número de grãos por espiga (0,19 a 0,57), concordando com Camargo (1987a), que obteve valor 0,09 quando estudou genótipos provenientes do cruzamento entre três cultivares de trigo, sugerindo que a seleção para este caráter será mais eficiente quando feita em gerações mais avançadas.

No caso do caráter massa de cem grãos houve dois grupos de cruzamentos com comportamento distinto. Nos cruzamentos P_1/P_2 e P_1/P_3 foram estimadas baixas herdabilidades no sentido amplo (0,14 e 0,18 respectivamente) e nos outros cruzamentos as herdabilidades foram médias (0,45 a 0,63). Isto talvez por ser o P_4 o

único parental com média estatisticamente diferente. No cruzamento em que o parental P_4 participou, houve uma maior variabilidade do que nos cruzamentos envolvendo parentais cujas médias não diferiram estaticamente, havendo assim menor variabilidade e menor herdabilidade no sentido amplo. Camargo et al. (1984), obtiveram estimativas da herdabilidade no sentido amplo variando de 0,13 a 0,48, de acordo com o local onde foram instalados os experimentos, mostrando que este caráter é influenciado pelo ambiente e Ferreira Filho (1996), obteve h^2_{SA} variando de 0,63 a 0,80. No primeiro caso, os parentais não foram diferentes para esta característica, ficando assim pouca variabilidade e baixa herdabilidade, já no segundo caso, os pais foram diferentes estatisticamente, resultando numa maior variabilidade e maior herdabilidade (Tabela 7).

Os valores estimados para a herdabilidade em sentido amplo da produção de grãos por planta foram baixos para P_1/P_2 e P_1/P_3 (0,23 e 0,38 respectivamente), indicando pouca variabilidade, e que a seleção para este caráter seria mais efetiva em gerações mais avançadas. Nos outros cruzamentos as estimativas foram médias, variando de 0,54 a 0,68, indicando uma maior variabilidade. Valores intermediários (0,63 a 0,70) foram obtidos por Ferreira Filho (1996), trabalhando com populações híbridas de trigo e altos valores obtidos por Braun, Pfeiffer e Pollmer (1992), trabalhando com trigo em diferentes ambientes.

Valores médios (P_1/P_3 e P_2/P_3) e altos (na presença do P_4 no cruzamento) de h^2_{SA} foram estimados para o caráter número de espiguetas por espiga (0,46 a 0,72). O valor 0,11 encontrado apenas para o cruzamento P_1/P_2 pode indicar maior interferência do ambiente. O P_4 teve a maior média para este caráter, diferindo estatisticamente dos demais, tendo, portanto maior variabilidade genética quando faz parte do cruzamento e obtendo uma maior herdabilidade no sentido amplo. Vieira (1990) estimou alto valor de herdabilidade no sentido amplo quando cruzou parentais com grande variação para este caráter, sugerindo que seleções visando um aumento deste caráter poderiam ser efetivas nas primeiras gerações segregantes. Médios a altos valores foram estimados também por Ferreira Filho (1996) que trabalhou com genótipos divergentes para este caráter. Camargo et al. (1984) verificou de baixas a altas herdabilidades no sentido amplo (0,19 a 0,86) quando estudou populações segregantes de um cruzamento em diferentes locais, concluindo que as cultivares em estudo apresentaram largo espectro de diversidade genética para número de espiguetas por espiga.

O número de grãos por espiguetas apresentou estimativas de herdabilidade em sentido amplo de médio a baixos (0,58 a 0,12), mostrando pouca variabilidade das populações segregantes, visto que as médias dos quatro parentais não diferiram entre si para este caráter. Ferreira Filho (1996) também obteve estimativas de h^2_{SA} de médias a baixas para o número de espiguetas por espiga quando avaliou três cruzamentos de trigo. Camargo (1987a) obteve média h^2_{SA} avaliando populações obtidas de cruzamentos entre genótipos com variabilidade para este caráter.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo para o número de dias para o florescimento foram de média a alta (0,34 a 0,73), sendo a mais alta a estimada do cruzamento P_3/P_4 , pois o P_4 diferiu dos demais por ser muito mais tardio (Tabela 7). Johnson et al. (1966) obteve alta herdabilidade no sentido amplo quando avaliou populações segregantes provenientes de um cruzamento de trigo de cultivares contrastantes para este caráter.

As estimativas de herdabilidade em sentido restrito (h^2_{SR}), para os onze caracteres avaliados, obtidas a partir dos parentais, F_1 's, F_2 's, RC_1 's dos RC_2 's, das seis populações híbridas encontram-se na Tabela 8.

Em relação ao comprimento da raiz, os valores estimados da herdabilidade no sentido restrito foram de baixos a altos (0,06 a 0,72). No caso de P_1/P_2 , os parentais têm raízes compridas, explicando assim esta baixa herdabilidade no sentido restrito. As maiores herdabilidades no sentido restrito estimadas foram dos cruzamentos que envolveram parentais contrastantes, como por exemplo, P_1/P_2 e P_1/P_4 (0,73 e 0,72 respectivamente) (Tabela 8). Camargo, Ferreira Filho (2005a), estudando o comprimento das raízes primárias em um cruzamento com parentais contrastantes para este caráter, obteve herdabilidade 0,75 (alta) no sentido restrito indicando que grande parte da variabilidade genética total para esta característica deve-se a poucos genes, e que o ambiente influencia pouco no caráter e que a seleção para esta característica seria efetiva mesmo se realizada nas primeiras gerações segregantes, concordando com os dados obtidos neste trabalho.

As estimativas de h^2_{SR} para altura das plantas (Tabela 8) foram altas, com exceção do cruzamento P_1/P_2 que foi média, indicando que esse caráter é controlado por poucos genes (de efeitos aditivos). Camargo, Ferreira Filho e Felício (2000) estudando populações de trigo obtiveram altas herdabilidades no sentido restrito para altura das plantas, que indicaram ser grande parte da variabilidade genética verificada nas populações híbridas quanto a esta característica causada

Tabela 8 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade em sentido restrito para os caracteres derivados de dados obtidos com base em plantas individuais dos parentais, F₁'s, F₂'s, RC₁'s e RC₂'s para cada cruzamento envolvendo os genótipos de trigo BH-1146 (P₁), Anahuac M-1 (P₂), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), em Campinas, em 2007

| Caracteres | P ₁ xP ₂ | P ₁ xP ₃ | P ₁ xP ₄ | P ₂ xP ₃ | P ₂ xP ₄ | P ₃ xP ₄ |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Comprimento da raiz (cm) | 0,06±0,20 | 0,73±0,15 | 0,72±0,14 | -0,25±0,24 | 0,39±0,17 | -0,12±0,24 |
| Altura da planta (cm) | 0,40±0,18 | 0,81±0,14 | 0,77±0,14 | 0,86±0,14 | 0,87±0,12 | 0,63±0,16 |
| Comprimento da espiga (cm) | 0,33±0,18 | 0,61±0,16 | 0,43±0,18 | 0,61±0,16 | 0,21±0,20 | 0,21±0,21 |
| Comprimento do internódio da raque (cm) | 0,53±0,16 | 0,54±0,17 | 0,87±0,13 | 0,62±0,15 | 0,55±0,17 | 0,32±0,20 |
| Número de espigas por planta (n.º) | -0,04±0,22 | 0,41±0,19 | 0,69±0,15 | 0,18±0,21 | 0,97±0,12 | 0,82±0,14 |
| Número de grãos por espiga (n.º) | 0,32±0,18 | 0,03±0,23 | 0,64±0,16 | 0,61±0,16 | 0,60±0,16 | 0,45±0,18 |
| Massa de cem grãos (g) | 0,05±0,21 | 0,16±0,21 | 0,76±0,14 | 0,47±0,17 | 0,30±0,19 | 1,01±0,12 |
| Produção de grãos de grãos (g) | -0,01±0,22 | 0,26±0,20 | 0,67±0,15 | 0,36±0,18 | 0,96±0,12 | 1,02±0,11 |
| Número de espiguetas por espiga (n.º) | 0,21±0,19 | 0,59±0,17 | 0,79±0,15 | 0,36±0,18 | 0,75±0,15 | 0,43±0,20 |
| Número de grãos por espiguetas (n.º) | 0,30±0,18 | -0,11±0,25 | 0,48±0,19 | 0,58±0,16 | 0,40±0,18 | 0,46±0,18 |
| Florescimento (dias) | 0,05±0,21 | 0,69±0,16 | 0,56±0,16 | 0,69±0,15 | 0,79±0,16 | 0,44±0,21 |

por genes de ação aditiva, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Em relação ao comprimento da espiga (Tabela 8) pode-se observar que as estimativas de h^2_{SR} foram de baixas a médias (0,21 a 0,61). Valores médios a altos (0,39 a 0,85) foram encontrados para este caráter em cruzamentos em forma dialélica incluindo as cultivares BH-1146, IAC-161 e Anahuac, sugerindo que as seleções seriam efetivas já nas primeiras gerações segregantes (CAMARGO; FERREIRA FILHO, 1999).

As estimativas de h^2_{SR} para o comprimento do internódio da raque apresentaram-se de média a altas (0,32 a 0,87). Para o P_3/P_4 onde se estimou a menor h^2_{SR} (0,39), os dados sugerem que exista um grande número de genes e que então a seleção não seria tão eficiente nas primeiras gerações segregantes como seria para os outros cruzamentos (Tabela 8). Estes resultados concordam com os obtidos por Ferreira Filho (1996), que estimou h^2_{SR} médias a altas, em populações híbridas avaliadas e também com os obtidos por Johnson et al. (1966) que estimou uma baixa h^2_{SR} (0,09) para este caráter em estudo em população obtida do cruzamento entre cultivares contrastantes, uma coreana e uma americana.

Houve uma grande variação nos cruzamentos em relação à h^2_{SR} , variando de baixa a alta para número de espigas por planta. O P_1/P_2 e P_2/P_3 foram os que apresentaram menores herdabilidades no sentido restrito, sugerindo assim que este caráter foi controlado por muitos genes, e as seleções deveriam ser realizadas nas últimas gerações quando o valor genético da progênie seria mais precisamente determinado. Já no cruzamento P_2/P_4 , a herdabilidade no sentido restrito foi alta (0,97), sugerindo que o controle genético desse caráter seria devido a poucos genes e que a seleção nas gerações segregantes iniciais seria eficiente. Camargo, Ferreira Filho e Felício (1998) encontraram valores de h^2_{SR} de baixos a médios, quando estudaram populações provenientes de cruzamentos entre uma cultivar de porte alto e quatro de porte baixo. Ferreira Filho (1996) estimou h^2_{SR} de médias a altas e Ketata, Edwards e Smith (1976) estimaram altas h^2_{SR} nas populações segregantes que estudaram.

Da mesma maneira, o número de grãos por espiga também mostrou grande variação nas h^2_{SR} 's, variando de baixa a média (0,03 a 0,64). No P_1/P_3 que apresentou a menor herdabilidade a seleção seria bem sucedida já nas primeiras gerações segregantes e nos outros cruzamentos em gerações mais avançadas.

Ferreira Filho (1996) em três cruzamentos de trigo estimou valores de h^2_{SR} que também variaram (0,28 a 0,71).

Foram estimados valores de h^2_{SR} de baixa a alta também no caráter massa de cem grãos. Variaram de 0,05 a praticamente 1,00. P_1/P_4 e P_3/P_4 foram os cruzamentos que apresentaram maior h^2_{SR} , indicando que seleções nas gerações iniciais seriam bem sucedidas, caráter controlado por poucos genes e parentais muito contrastantes para este caráter. No cruzamento P_1/P_2 com parentais iguais estatisticamente para este caráter, com baixa h^2_{SR} e caráter controlado por muitos genes, a seleção seria mais eficiente em gerações mais avançadas. Estes resultados concordam com os obtidos por Camargo (1989) que estimou h^2_{SR} 's de baixas a intermediárias e com os de Ferreira Filho (1996) que estimou altas e intermediárias herdabilidades no sentido restrito nos seus estudos.

As estimativas de h^2_{SR} para produção de grãos por planta variaram de praticamente 0,00 a 1,00, mostrando que para as gerações segregantes provenientes dos cruzamentos P_1/P_2 , P_1/P_3 e P_2/P_3 este caráter foi controlado por poucos genes e nos demais por muitos genes (Tabela 8). No primeiro grupo, as seleções já seriam efetivas nas primeiras gerações enquanto que no segundo seria efetiva nas gerações mais avançadas. Valores das estimativas de h^2_{SR} intermediários a baixos foram obtidos por Camargo (1999) estudando os cruzamentos de trigo: BH-1146 com Anahuac e com IAC-161. Em outros trabalhos foram estimadas baixas herdabilidades em sentido restrito para produção de grãos (CAMARGO, 1984; CAMARGO; FERREIRA FILHO, 1999; CAMARGO; FERREIRA FILHO; FELÍCIO, 2000; CAMARGO; FERREIRA FILHO; ROCHA JÚNIOR, 1992).

Houve variação nas estimativas de h^2_{SR} para o caráter número de espiguetas por espiga, de baixas a altas (0,21 a 0,79). Nos cruzamentos com maior h^2_{SR} , seleções seriam eficientes já nas primeiras gerações segregantes enquanto que naqueles com baixas h^2_{SR} as seleções deveriam ser postergadas para gerações mais avançadas. Estes resultados concordam com os obtidos por Camargo, Ferreira Filho e Felício (1998), que estudando populações híbridas de trigo também obtiveram variações entre as suas herdabilidades, variando entre 0,24 a 0,76 nos diferentes cruzamentos.

Para o caráter número de grãos por espiguetas as estimativas de h^2_{SR} variaram de médias a baixas (0,58 a ~0,00), mostrando ser este caráter controlado por muitos genes, sendo a seleção indicada em gerações mais avançadas (Tabela 8).

Resultados parecidos foram obtidos por Camargo, Ferreira Filho e Felício (1998), nos cruzamentos avaliados, onde estimaram h^2_{SR} com valores que variaram de 0,24 a 0,76.

Dias para o florescimento mostrou grande variação das estimativas de h^2_{SR} (0,05 a 0,79) nos seis cruzamentos avaliados. No cruzamento P_1/P_2 foi estimada a menor h^2_{SR} , indicando que neste caso o caráter foi controlado por muitos genes e que a seleção só será efetiva em gerações mais avançadas. Concordando com Johnson et al. (1966), que avaliando um cruzamento entre uma cultivar coreana e uma americana estimou uma baixa h^2_{SR} (0,36) para esta característica. E para o cruzamento P_2/P_4 , a herdabilidade no sentido restrito foi a maior, isto talvez por ser o P_4 o mais tardio.

4.3 Correlações

As correlações ambientais (r_A), fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) usadas para estimar o grau de associação entre os onze caracteres estudados em seis cruzamentos de trigo, P_1/P_2 , P_1/P_3 , P_1/P_4 , P_2/P_3 , P_2/P_4 e P_3/P_4 , encontram-se nas Tabelas de 9 a 14.

Considerando as correlações fenotípicas referentes ao híbrido P_1/P_2 , verificou-se que as plantas mais produtivas estavam associadas aquelas com maiores: comprimento da raiz primária, altura das plantas, comprimento da espiga, componentes da produção (números de espigas, de espiguetas, de grãos por espiga e por espiguetas e massa de cem grãos), comprimento do internódio da raque, pois foram obtidos valores de correlações positivos e significativos (1%). Com dias pra florescimento, foi correlacionada inversamente ($r_F = - 0,11$), ou seja, maior número de dias para o florescimento (maior ciclo), menor produção. A correlação entre o comprimento da raiz e a produção de grãos, grãos por espiga e por espiguetas também foram positivas e significativas, enquanto que com a massa de cem grãos ($r_F = - 0,11$), e florescimento ($r_F = - 0,38$), foi significativa e negativa. As mais tardias para o florescimento produziram menos, tiveram menores raízes primárias nos estágios iniciais de desenvolvimento (Tabela 9). De acordo com Camargo e Ferreira Filho (2005a; b) este fato, de existir uma tendência de as plantas com raízes mais longas serem mais produtivas é de grande relevância se considerar que o trigo é cultivado no Estado de São Paulo na estação seca do ano, e que além da tolerância

Tabela 9 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P_1) e Anahuac M-1 (P_2), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G | Flo |
|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|-------|-----|
| AP | r_A | 0,12 | | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,14** | | | | | | | | | | |
| | r_G | 0,13 | | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,25** | 0,29** | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,08 | 0,41** | | | | | | | | | |
| | r_G | -0,29 | 0,21 | | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | 0,05 | 0,26** | 0,18* | | | | | | | | |
| | r_F | -0,04 | 0,29** | 0,24** | | | | | | | | |
| | r_G | -0,16 | 0,08 | 0,09 | | | | | | | | |
| CIR | r_A | 0,18* | 0,09 | 0,76** | -0,51** | | | | | | | |
| | r_F | 0,09 | 0,20** | 0,78** | -0,41** | | | | | | | |
| | r_G | -0,08 | 0,18 | 0,45 | 0,49 | | | | | | | |
| G/E | r_A | 0,22* | 0,21* | 0,71** | -0,20* | 0,76** | | | | | | |
| | r_F | 0,20** | 0,39** | 0,68** | 0,13* | 0,55** | | | | | | |
| | r_G | 0,06 | 0,23 | 0,20 | 0,34 | 0,10 | | | | | | |
| G/e | r_A | 0,19* | 0,13 | 0,61** | -0,42** | 0,81** | 0,97** | | | | | |
| | r_F | 0,21** | 0,31** | 0,61** | -0,16** | 0,67** | 0,96** | | | | | |
| | r_G | 0,14 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,28 | | | | | |
| NE | r_A | 0,11 | 0,23** | 0,16 | 0,18* | 0,02 | 0,08 | 0,04 | | | | |
| | r_F | 0,10 | -0,02 | 0,08 | 0,26** | -0,09 | 0,04 | -0,03 | | | | |
| | r_G | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| PG | r_A | 0,10 | 0,49** | 0,29** | 0,26** | 0,09 | 0,26** | 0,19* | 0,79** | | | |
| | r_F | 0,19** | 0,43** | 0,40** | 0,37** | 0,14** | 0,43** | 0,33** | 0,70** | | | |
| | r_G | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| M100G | r_A | -0,21* | 0,20* | -0,07 | 0,02 | -0,07 | -0,13 | -0,12 | 0,13 | 0,19* | | |
| | r_F | -0,11* | 0,41** | 0,11* | 0,13* | 0,02 | 0,01 | -0,02 | 0,07 | 0,28** | | |
| | r_G | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | - | - | | |
| Flo | r_A | -0,44** | -0,20* | -0,33** | -0,06 | -0,25** | -0,31** | -0,27** | -0,25* | -0,28** | -0,02 | |
| | r_F | -0,38** | -0,25** | -0,19** | 0,04 | -0,20** | -0,32** | -0,33** | -0,11* | -0,33** | -0,06 | |
| | r_G | 0,03 | -0,03 | 0,03 | 0,04 | -0,01 | -0,03 | -0,05 | - | - | -0,04 | |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 10 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P_1) e MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G |
|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| AP | r_A | 0,03 | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,30** | | | | | | | | | |
| | r_G | 0,31 | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,04 | -0,03 | | | | | | | | |
| | r_F | 0,38** | 0,57** | | | | | | | | |
| | r_G | 0,33 | 0,50 | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | 0,17* | 0,18** | 0,28** | | | | | | | |
| | r_F | 0,03 | 0,27** | 0,37** | | | | | | | |
| | r_G | -0,02 | 0,19 | 0,26 | | | | | | | |
| CIR | r_A | -0,07 | -0,14 | 0,78** | -0,37** | | | | | | |
| | r_F | 0,39** | 0,47** | 0,87** | -0,12* | | | | | | |
| | r_G | 0,36 | 0,42 | 0,51 | 0,04 | | | | | | |
| G/E | r_A | -0,004 | 0,13 | 0,54** | 0,01 | 0,52** | | | | | |
| | r_F | 0,24** | 0,55** | 0,60** | 0,27** | 0,50** | | | | | |
| | r_G | 0,05 | 0,09 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | | | | | |
| G/e | r_A | -0,07 | 0,06 | 0,41** | -0,33** | 0,61** | 0,94** | | | | |
| | r_F | 0,24** | 0,48** | 0,51** | -0,03 | 0,56** | 0,95** | | | | |
| | r_G | - | - | - | - | - | - | | | | |
| NE | r_A | 0,17* | 0,01 | 0,34** | 0,18* | 0,22** | 0,11 | 0,04 | | | |
| | r_F | 0,12* | 0,14* | 0,21** | 0,28** | 0,08 | 0,20** | 0,12* | | | |
| | r_G | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,16 | -0,03 | 0,44 | - | | | |
| PG | r_A | 0,09 | 0,14 | 0,52** | 0,25** | 0,34** | 0,31** | 0,21* | 0,83** | | |
| | r_F | 0,16** | 0,51** | 0,41** | 0,38** | 0,24** | 0,57** | 0,46** | 0,75** | | |
| | r_G | 0,07 | 0,26 | 0,09 | 0,16 | 0,03 | 0,91 | - | 0,16 | | |
| M100G | r_A | 0,08 | 0,08 | -0,05 | -0,03 | -0,03 | 0,05 | 0,06 | -0,08 | 0,12 | |
| | r_F | -0,18** | 0,15* | -0,12* | 0,04 | -0,16** | 0,12* | 0,12* | 0,09 | 0,27** | |
| | r_G | -0,10 | 0,05 | -0,05 | 0,03 | -0,08 | 0,17 | - | 0,09 | 0,14 | |
| Flo | r_A | 0,08 | 0,15 | -0,28** | -0,01 | -0,27** | -0,25** | -0,24** | -0,26** | -0,42** | 0,01 |
| | r_F | -0,20** | -0,34** | -0,28** | -0,10 | -0,25** | -0,44** | -0,42** | -0,15* | -0,43** | -0,06 |
| | r_G | -0,22 | -0,35 | -0,19 | -0,10 | -0,17 | - | - | -0,05 | -0,37 | -0,14 |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 11 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais BH-1146 (P₁) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G |
|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| AP | r_A | 0,16* | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,30** | | | | | | | | | |
| | r_G | 0,27 | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,12 | 0,31** | | | | | | | | |
| | r_F | 0,38** | 0,57** | | | | | | | | |
| | r_G | 0,26 | 0,34 | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | -0,04 | 0,09 | 0,23** | | | | | | | |
| | r_F | 0,03 | 0,27** | 0,37** | | | | | | | |
| | r_G | 0,04 | 0,26 | 0,40 | | | | | | | |
| CIR | r_A | 0,14 | 0,27** | 0,87** | -0,29** | | | | | | |
| | r_F | 0,39** | 0,47** | 0,87** | -0,12* | | | | | | |
| | r_G | 0,40 | 0,45 | 0,91 | -0,07 | | | | | | |
| G/E | r_A | 0,37** | 0,24** | 0,45** | 0,01 | 0,44** | | | | | |
| | r_F | 0,24** | 0,55** | 0,60** | 0,27** | 0,50** | | | | | |
| | r_G | 0,12 | 0,44 | 0,49 | 0,26 | 0,35 | | | | | |
| G/e | r_A | 0,37** | 0,22** | 0,39** | -0,18* | 0,48** | 0,98** | | | | |
| | r_F | 0,24** | 0,48** | 0,51** | -0,03 | 0,56** | 0,95** | | | | |
| | r_G | 0,08 | 0,32 | 0,32 | 0,04 | 0,33 | 0,46 | | | | |
| NE | r_A | 0,10 | 0,14 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,11 | 0,08 | | | |
| | r_F | 0,12* | 0,14* | 0,21** | 0,28** | 0,08 | 0,20** | 0,12* | | | |
| | r_G | 0,09 | 0,10 | 0,18 | 0,24 | 0,05 | 0,17 | 0,10 | | | |
| PG | r_A | 0,21* | 0,39** | 0,40** | 0,08 | 0,35** | 0,43** | 0,41** | 0,76** | | |
| | r_F | 0,16** | 0,51** | 0,41** | 0,38** | 0,24** | 0,57** | 0,46** | 0,75** | | |
| | r_G | 0,10 | 0,37 | 0,30 | 0,35 | 0,15 | 0,43 | 0,35 | 0,50 | | |
| M100g | r_A | 0,10 | 0,27** | -0,20* | 0,16* | -0,28* | -0,11 | -0,14 | 0,08 | 0,24** | |
| | r_F | -0,18** | 0,15* | -0,12* | 0,04 | -0,16** | 0,12* | 0,12* | 0,09 | 0,27** | |
| | r_G | -0,21 | 0,08 | -0,07 | -0,01 | -0,11 | 0,16 | 0,21 | 0,7 | 0,22 | |
| Flo | r_A | -0,34** | -0,03 | -0,17** | -0,04 | -0,15 | -0,46** | -0,45** | -0,32** | -0,45** | -0,07 |
| | r_F | -0,20** | -0,34** | -0,28** | -0,10 | -0,25** | -0,44** | -0,42** | -0,15* | -0,43** | -0,06 |
| | r_G | -0,07 | -0,29 | -0,22 | -0,08 | -0,17 | -0,24 | -0,23 | -0,03 | -0,24 | -0,04 |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 12 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais Anahuac M-1 (P_2) e MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G |
|------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| AP | r_A | -0,06 | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,36** | | | | | | | | | |
| | r_G | - | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,29** | 0,22* | | | | | | | | |
| | r_F | 0,15** | 0,31** | | | | | | | | |
| | r_G | - | 0,22 | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | 0,10 | 0,17* | 0,57** | | | | | | | |
| | r_F | 0,13 | 0,19** | 0,34** | | | | | | | |
| | r_G | - | 0,09 | 0,4 | | | | | | | |
| CIR | r_A | 0,29** | 0,14 | 0,79** | -0,06 | | | | | | |
| | r_F | 0,08 | 0,23** | 0,87** | -0,18** | | | | | | |
| | r_G | - | 0,16 | 0,57 | -0,19 | | | | | | |
| G/E | r_A | 0,33** | 0,16* | 0,49** | 0,21* | 0,44** | | | | | |
| | r_F | 0,22** | 0,50** | 0,46** | 0,28** | 0,33** | | | | | |
| | r_G | - | 0,40 | 0,27 | 0,23 | 0,16 | | | | | |
| G/e | r_A | 0,29** | 0,10 | 0,30** | -0,14 | 0,47** | 0,94** | | | | |
| | r_F | 0,21** | 0,48** | 0,40** | 0,08 | 0,38** | 0,97** | | | | |
| | r_G | - | 0,38 | 0,28 | 0,19 | 0,19 | 0,58 | | | | |
| NE | r_A | 0,27** | 0,02 | 0,28** | 0,31** | 0,12 | 0,17* | 0,07 | | | |
| | r_F | 0,07 | 0,13* | 0,12* | 0,16** | 0,05 | 0,18** | 0,14** | | | |
| | r_G | - | 0,06 | -0,02 | -0,04 | -0,01 | 0,04 | 0,06 | | | |
| PG | r_A | 0,25** | 0,36** | 0,37** | 0,30** | 0,22** | 0,38** | 0,28** | 0,75** | | |
| | r_F | 0,25** | 0,59** | 0,31** | 0,30** | 0,16** | 0,60** | 0,56** | 0,65** | | |
| | r_G | - | 0,31 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0,32 | 0,32 | 0,15 | | |
| M100G | r_A | -0,31** | 0,22* | -0,31** | -0,07 | -0,32** | -0,26** | -0,24* | -0,11 | 0,07 | |
| | r_F | -0,02 | 0,23** | -0,14** | -0,08 | -0,10 | -0,15** | -0,15** | 0,04 | 0,24** | |
| | r_G | - | 0,12 | 0,003 | -0,04 | 0,04 | -0,03 | -0,03 | 0,18 | 0,22 | |
| Flo | r_A | -0,52** | 0,05 | -0,33** | -0,17* | -0,28** | -0,32** | -0,27* | -0,28** | -0,30** | 0,39** |
| | r_F | -0,31** | -0,30** | -0,15** | -0,07 | -0,12* | -0,39** | -0,39** | -0,16** | -0,37** | 0,03 |
| | r_G | - | -0,28 | -0,04 | 0,02 | -0,03 | -0,29 | -0,32 | -0,04 | -0,33 | -0,15 |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 13 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais Anahuac M-1 (P_2) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G |
|------------|-------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| AP | r_A | 0,10 | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,13* | | | | | | | | | |
| | r_G | 0,15 | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,35** | 0,35** | | | | | | | | |
| | r_F | 0,09 | 0,46** | | | | | | | | |
| | r_G | -0,11 | 0,17 | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | 0,25** | 0,16 | 0,60** | | | | | | | |
| | r_F | 0,04 | 0,34** | 0,54** | | | | | | | |
| | r_G | -0,08 | 0,29 | 0,52 | | | | | | | |
| CIR | r_A | 0,27** | 0,33** | 0,84** | 0,08 | | | | | | |
| | r_F | 0,04 | 0,11* | 0,41** | -0,53** | | | | | | |
| | r_G | -0,12 | 0,02 | -0,14 | -0,48 | | | | | | |
| G/E | r_A | 0,35** | 0,37** | 0,45** | 0,23** | 0,42** | | | | | |
| | r_F | 0,12* | 0,66** | 0,57** | 0,37** | 0,19** | | | | | |
| | r_G | -0,06 | 0,48 | 0,54 | 0,26 | 0,02 | | | | | |
| G/e | r_A | 0,30** | 0,34** | 0,33** | 0,01 | 0,41** | 0,97** | | | | |
| | r_F | 0,11* | 0,56** | 0,38** | -0,04 | 0,44** | 0,91** | | | | |
| | r_G | -0,07 | 0,31 | 0,22 | -0,03 | 0,19 | 0,35 | | | | |
| NE | r_A | 0,32** | 0,15 | 0,12 | -0,09 | 0,22** | 0,23** | 0,26** | | | |
| | r_F | 0,04 | 0,39** | 0,22** | 0,41** | -0,20** | 0,37** | 0,20** | | | |
| | r_G | -0,01 | 0,41 | 0,43 | 0,48 | -0,31 | 0,44 | 0,25 | | | |
| PG | r_A | 0,30** | 0,41** | 0,34** | 0,01 | 0,42** | 0,35** | 0,36** | 0,83** | | |
| | r_F | 0,14** | 0,72** | 0,43** | 0,46** | -0,04 | 0,64** | 0,46** | 0,80** | | |
| | r_G | 0,15 | 0,73 | 0,79 | 0,52 | -0,13 | 0,75 | 0,63 | 0,77 | | |
| M100G | r_A | -0,17* | 0,25** | -0,10 | 0,001 | -0,12 | -0,39** | -0,40** | -0,14 | 0,07 | |
| | r_F | 0,08 | 0,43** | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,19** | 0,41** | |
| | r_G | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,04 | 0,07 | 0,18 | 0,23 | 0,12 | 0,22 | |
| Flo | r_A | -0,47** | -0,12 | -0,33** | -0,12 | -0,34** | -0,50** | -0,48** | -0,45** | -0,46** | 0,40** |
| | r_F | -0,07 | 0,13 | 0,24** | 0,79** | -0,59** | 0,05 | -0,29** | 0,30** | 0,22** | 0,01 |
| | r_G | 0,14 | 0,14 | 0,73 | 0,83 | -0,59 | 0,22 | -0,17 | 0,30 | 0,24 | -0,24 |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 14 - Estimativas dos coeficientes de correlação ambiental (r_A), fenotípica (r_F) e genética (r_G) entre os caracteres comprimento da raiz (CR), altura das plantas (AP), comprimento da espiga (CE), comprimento do internódio da raque (CIR), número de espigas por planta (NE), número de grãos por espiga (G/E), massa de cem grãos (M100G), produção de grãos por planta (PG), número de espiguetas por espiga (Nesp), número de grãos por espiguetas (G/e) e florescimento (Flo), em ensaios provenientes do cruzamento entre os parentais MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P₃) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P₄), em Campinas, em 2007

| Caracteres | | CR | AP | CE | Nesp | CIR | G/E | G/e | NE | PG | M100G |
|------------|-------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| AP | r_A | -0,05 | | | | | | | | | |
| | r_F | 0,17** | | | | | | | | | |
| | r_G | - | | | | | | | | | |
| CE | r_A | 0,12 | 0,09 | | | | | | | | |
| | r_F | 0,18** | 0,43** | | | | | | | | |
| | r_G | - | 0,22 | | | | | | | | |
| Nesp | r_A | 0,06 | -0,16 | 0,40** | | | | | | | |
| | r_F | -0,02 | 0,32** | 0,49** | | | | | | | |
| | r_G | - | 0,32 | 0,32 | | | | | | | |
| CIR | r_A | 0,10 | 0,19* | 0,87** | -0,10 | | | | | | |
| | r_F | 0,21** | 0,16* | 0,62** | -0,38** | | | | | | |
| | r_G | - | 0,04 | -0,09 | -0,27 | | | | | | |
| G/E | r_A | 0,14 | 0,17* | 0,51** | 0,11 | 0,50** | | | | | |
| | r_F | 0,14* | 0,36** | 0,43** | 0,22** | 0,26** | | | | | |
| | r_G | - | 0,24 | 0,14 | 0,16 | -0,05 | | | | | |
| G/e | r_A | 0,13 | 0,20* | 0,45** | -0,05 | 0,52** | 0,99** | | | | |
| | r_F | 0,14* | 0,20** | 0,22** | -0,20** | 0,42** | 0,90** | | | | |
| | r_G | - | 0,10 | -0,10 | -0,17 | 0,13 | 0,37 | | | | |
| NE | r_A | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,02 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | | | |
| | r_F | 0,17** | 0,33** | 0,31** | 0,25** | 0,12 | 0,36** | 0,25** | | | |
| | r_G | - | 0,36 | 0,54 | 0,34 | 0,14 | 0,47 | 0,32 | | | |
| PG | r_A | 0,14 | 0,30** | 0,17* | 0,09 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,81** | | |
| | r_F | 0,19** | 0,56** | 0,40** | 0,24** | 0,21** | 0,52** | 0,41** | 0,82** | | |
| | r_G | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| M100G | r_A | 0,04 | 0,29** | -0,37** | -0,08 | -0,36** | -0,51** | -0,50** | -0,002 | 0,25** | |
| | r_F | 0,17** | 0,47** | 0,08 | -0,02 | 0,09 | -0,12 | -0,12 | 0,13 | 0,38** | |
| | r_G | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Flo | r_A | -0,24** | -0,10 | -0,33** | -0,04 | -0,34** | -0,46** | -0,46** | -0,29** | -0,30** | 0,28** |
| | r_F | -0,23** | 0,09 | 0,17** | 0,75** | -0,47** | -0,06 | -0,37** | 0,05 | -0,02 | -0,13* |
| | r_G | - | 0,12 | 0,56 | 0,78 | -0,31 | 0,20 | -0,11 | 0,10 | - | - |

* e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade

ao alumínio, as novas cultivares devem apresentar raízes primárias longas nos primeiros estádios de desenvolvimento, para permitir um bom estabelecimento da cultura, considerando o curto período de semeadura (abril), onde é freqüente a ocorrência de estresse hídrico.

Ao analisar os dados, pode-se concluir que ao se fazer seleção para o aumento de qualquer um dos componentes de produção, da altura das plantas, do comprimento da raiz primária, do comprimento da espiga ou do comprimento do internódio da raque, estaria sendo feita seleção indiretamente para o aumento da produção de grãos. Seriam necessárias grandes populações F_2 para se obter os genótipos desejados, de porte baixo e produtivos. A correlação negativa e significativa indica uma tendência de genótipos com menor número de dias para o florescimento terem uma maior produção de grãos. Camargo (1984), estudando correlações fenotípicas em populações provenientes de cruzamentos entre genótipos de trigo com alturas de planta diferentes, concluíram ser possível selecionar plantas de porte médio, com maior número de grãos por espiga e produtivas em grandes populações segregantes.

Neste cruzamento (P_1/P_2), obtive-se valores de herdabilidade no sentido restrito de $-0,01 \pm 0,22$ (Tabela 9), indicando muita influência da variância do ambiente, assim sendo, não foi possível calcular as correlações genéticas (r_G) entre a produção de grãos por planta e os outros caracteres.

Em relação ao híbrido P_1/P_3 , pôde-se verificar correlações fenotípicas positivas e significativas entre comprimento da raiz primária e todos os caracteres estudados, excetuando-se massa de cem grãos e florescimento, que foram negativas e significativas e número de espiguetas por planta que não se correlacionou significativamente (Tabela 10). As correlações fenotípicas entre produção de grãos por planta foram positivas e significativas com os componentes de produção, sugerindo que a seleção para um deles implica no aumento da produção de grãos por planta. O florescimento se correlacionou negativamente com todos os caracteres estudados, exceto para número de espiguetas por espiga e massa de cem grãos que não teve correlação significativa. Resultados parcialmente semelhantes foram obtidos por Ferreira Filho, (1996).

As correlações genéticas revelaram que houve uma tendência de plantas com raízes mais compridas estarem associadas com as de porte mais alto. Também se verificou que houve associações positivas entre número de grãos por espiga com

número de espigas por planta e produção de grãos por planta (Tabela 10). Ferreira Filho, Camargo e Ayala-Osuna (2002) obtiveram correlações genéticas mostrando uma tendência de planta mais produtivas estarem associadas com menor número de espigas por planta, menor número de grãos por espiga e maior massa de grãos.

As correlações fenotípicas (r_F), referentes ao cruzamento P_1/P_4 (Tabela 11), indicaram que as plantas mais produtivas, exibiram maiores comprimento da raiz, comprimento das espigas e componentes de produção e menor número de dias para o florescimento. Correlações fenotípicas positivas e significativas foram encontradas por Johnson et al. (1966) e Camargo (1984a) entre altura de plantas com características agrônômicas de populações originárias de vários cruzamentos, como comprimento da espiga, massa de cem grãos, número de espigas por planta e produção de grãos por planta, Busch e Rauch (1993), em quatro cruzamentos de trigo obtiveram correlações fenotípicas não significativas entre altura de plantas e produção de grãos.

Na Tabela 11 pode-se observar que as estimativas dos coeficientes das correlações genéticas (r_G) mostraram uma tendência de plantas com maior comprimento da raiz estarem associadas com àquelas com maior comprimento do internódio da raque e menor massa de cem grãos. Correlações genéticas positivas também foram verificadas entre comprimento da espiga e número de espiguetas por espiga e comprimento do internódio da raque. Plantas com maior massa de cem grãos estariam associadas geneticamente com maior número de grãos por espiguetas e maior número de espiguetas por planta. Camargo (1987a) obteve correlações genéticas positivas entre comprimento da raiz e massa de cem grãos, envolvendo genótipos tolerantes e moderadamente tolerantes ao alumínio tóxico.

Considerando o cruzamento P_2/P_3 verificaram-se associações positivas e significativas entre produção de grãos por planta e todos os caracteres avaliados, com exceção do caráter dias para o florescimento que foi significativo e negativo, ou seja, ao selecionar para uma maior produção está se selecionando para um menor número de dias para o florescimento e com exceção da massa de cem grãos, que não apresentou associação neste caso. A altura de plantas correlacionou fenotipicamente e positivamente com todos os caracteres avaliados, exceto com dias para o florescimento que foi significativo e negativo. O comprimento da raiz também apresentou correlações positivas e significativas com a maioria dos caracteres (excetuando-se dias para florescimento, que foi negativo) e não foi

correlacionado com número de espiguetas por espiga, comprimento do internódio da raque, número de espigas por planta e massa de cem grãos (Tabela 12). Camargo (1989) e Camargo, Ferreira Filho e Felício (2000), encontraram resultados semelhantes em populações de trigo, permitindo concluir que seria necessária a obtenção de populações numerosas na geração F_2 , a fim de assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis.

Para o cruzamento P_2/P_4 (Tabela 13) foram obtidas correlações positivas e significativas entre o comprimento da raiz e altura das plantas, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas e produção de grãos por planta. Altura das plantas e produção de grãos por planta correlacionaram positivamente com todas as características avaliadas (exceto altura das plantas com florescimento e produção de grãos por planta com comprimento do internódio da raque). Pode-se concluir com estes dados que plantas com maior produção de grãos têm uma tendência de apresentar maior comprimento da raiz, maior altura das plantas, maior número de espigas por planta, maiores números de grãos por espiga e por espiguetas, maior comprimento da espiga, maior número de espiguetas por espiga, grãos mais pesados e maior número de dias para o florescimento. Para se obter plantas produtivas e com menor porte seria necessária grande população F_2 para se obter recombinantes desejados. Camargo e Oliveira (1981) e Camargo (1984a) obtiveram coeficientes de correlações fenotípicas positivas e significativas entre altura das plantas com produção de grãos e com outros caracteres de importância agrônômica.

Ainda em relação ao cruzamento P_2/P_4 foram verificadas correlações genéticas positivas entre produção de grãos por planta e a maioria dos caracteres avaliados, entre eles, altura de plantas e comprimento da raiz. Observaram-se também associações positivas entre número de espigas por planta e todos os caracteres avaliados, exceto comprimento da raiz, produção de grãos por planta e massa de cem grãos. Camargo (1984b) trabalhando com cruzamentos de trigo também obteve correlações genéticas positivas entre produção de grãos com a maioria das características agrônômicas avaliadas, com exceção daquela com número de espiguetas por espiga que foi negativa.

As correlações fenotípicas entre os onze caracteres do cruzamento P_3/P_4 encontram-se na Tabela 14. Os resultados mostraram que as plantas com maior comprimento da raiz primária estão associadas com maior altura das plantas, maior comprimento da espiga, maior comprimento do internódio da raque, maiores número

de grãos por espiga e por espiguetas, maior número de espigas por planta, com plantas mais produtivas e com grãos mais pesados e com precocidade para o florescimento. Todos os caracteres correlacionaram fenotipicamente com produção de grãos por planta com valores de r significativos, exceto com dias para o florescimento ($r_F = -0,02$). Associações semelhantes foram obtidas por Camargo (1984a), considerando cruzamentos de trigo. As correlações fenotípicas indicaram que, para selecionar planta de trigo de porte médio a baixo, com raízes primárias longas, com maior número de espigas por planta, espigas longas, maior número de espiguetas por espiga, maior número de grãos por espiguetas, com grãos mais pesados, maior comprimento do internódio da raque e alta produtividade, seria necessário dispor de grandes populações segregantes F_2 .

As correlações fenotípicas e genéticas apresentaram-se concordantes, em parte, nos diferentes cruzamentos. Entretanto, em alguns, as correlações genéticas e fenotípicas diferiram em magnitude e até em sinal. Diferenças muito grandes, especialmente de sinais, indicam que as fontes de variação genéticas e ambientais afetaram os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (FALCONER, 1970).

4.4 Análises dialélicas

Nas Tabelas 15, 16 e 17 estão apresentados os resultados da análise dialélica do ensaio de genótipos (híbridos, F_1 's e parentais) instalado em Campinas em 2007.

Foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$) entre os tratamentos para comprimento da raiz, altura das plantas, grãos por espigas, produção de grãos por planta e florescimento. Os efeitos de tratamentos foram desdobrados em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), conforme Griffing (1956). Houve significância para CGC ($p < 0,01$) para os mesmos caracteres citados anteriormente, indicando que os parentais contribuíram de forma diferente nos cruzamentos em que participaram e que a herança de comprimento da raiz, altura das plantas, número de grãos por espiga produção de grãos por planta e florescimento é determinada por genes de efeito predominantemente aditivo nos cruzamentos em questão. Foram verificados efeitos significativos de dominância (CEC) para comprimento da raiz ($p < 0,05$), altura

Tabela 15 – Análises de variância dialélicas dos caracteres comprimento médio das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | Quadrados Médios | | | |
|--------------------|----|---------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | Comprimento da raiz mm | Altura da planta | Comprimento da espiga cm | Comprimento do internódio da raque |
| Tratamento | 9 | 5101,6** | 1992,0** | 2,06 | 0,004 |
| CGC | 3 | 14094,0** | 5729,29** | 4,53 | 0,010 |
| CEC | 6 | 605,4* | 123,36** | 0,82 | 0,001 |
| Resíduo | 25 | 202,0 | 11,00 | 51,0 | 1,0 |
| Total | | | | | |

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

Tabela 16 – Análises de variâncias dialélicas dos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por plantas dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | Quadrados Médios | | | |
|--------------------|----|---------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|
| | | Espigas por planta n.º | Grãos por espiga | Massa de cem grãos | Produção de grãos por planta g |
| Tratamento | 9 | 1,40 | 100,27** | 1,58 | 18,10** |
| CGC | 3 | 1,67 | 218,00** | 3,73 | 21,20** |
| CEC | 6 | 1,27 | 41,40** | 0,50 | 16,55** |
| Resíduo | 25 | 1,0 | 4,0 | 68,0 | 2,0 |
| Total | | | | | |

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

Tabela 17 – Análises de variâncias dialélicas dos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos genótipos avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Fontes de Variação | GL | Quadrados Médios | | |
|--------------------|----|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Espiguetas por espiga n.º | Grãos por espiguetas | Florescimento dias |
| Tratamento | 9 | 9,9 | 0,07 | 3371** |
| CGC | 3 | 23,7 | 0,38 | 780,0** |
| CEC | 6 | 1,1 | 0,09 | 115,6** |
| Resíduo | 25 | 62,0 | 1,00 | 4,00 |
| Total | | | | |

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

da plantas, número de grãos por espiga, produção de grãos por planta, e número de dias para o florescimento (0,01).

A significância de CGC indica que parentais contribuíram de forma diferenciada nos cruzamentos em que estiveram envolvidos. Já a significância de CEC pressupõe a existência de combinações híbridas com desempenho superior ou inferior ao que era esperado com base na capacidade combinatória dos parentais. Assmann (1999) utilizando cultivares de trigo, também obteve efeitos significativos de CGC e CEC ($p < 0,01$), para altura das plantas, número de grãos por espiga e produtividade de grãos e indicando a predominância dos efeitos aditivos. Scheerenm, Carvalho e Federizzi (1995) observaram que os efeitos aditivos tiveram significativa influência na expressão dos caracteres estatura de planta, peso de grãos por planta, entre outros. Identificaram ainda efeitos não-aditivos significativos para os caracteres comprimento do pedúnculo, número de espiguetas férteis por espiga e número máximo de grãos por espiguetas, corroborando os resultados deste trabalho.

As estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação dos parentais estão nas Tabelas de 18 a 20. Para o caráter comprimento da raiz, teve destaque o P_1 , por apresentar maior valor, contribuindo para aumento no comprimento da raiz. Esta cultivar (BH-1146), que já vem sendo utilizada como fonte de tolerância à toxicidade de alumínio em programas de melhoramento de trigo, poderá se constituir como parental em cruzamentos, como fonte de tolerância à seca na fase inicial de cultivo. Em relação à altura das plantas, o P_3 se destacou, com g_i negativo, sendo importante em programas de melhoramento para diminuir a altura de plantas quando usado nos cruzamentos. Para aumentar o comprimento da espiga e do internódio da raque, o P_2 foi o de maior destaque. Visando ao aumento da produção de grãos por planta e da massa de cem grãos o P_1 obteve o maior g_i positivo, sendo o que melhor contribuiria para o aumento destas características. O P_1 apresentou o maior valor negativo de g_i , indicando assim uma maior contribuição para precocidade no florescimento. Em relação aos componentes de produção: número de grãos por espiga e por espiguetas e número de espiguetas por espiga, teve destaque o P_4 (de porte anão), com valores positivos de g_i , contribuindo para o aumento dos mesmos nos cruzamentos em que estiver envolvido. O P_2 apresentou o maior valor de g_i para número de espigas por planta. Assmann (1999), estudando um dialelo de trigo em

Tabela 18 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres comprimento das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque dos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Parentais | Comprimento da raiz | Altura das plantas | Comprimento da espiga | Comprimento do internódio da raque |
|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | mm | | cm | |
| (P_1) | 23,17 | 17,27 | -0,52 | 0,01 |
| (P_2) | 8,17 | -0,95 | 0,39 | 0,02 |
| (P_3) | -9,33 | -3,40 | -0,46 | -0,01 |
| (P_4) | -22,00 | -12,92 | 0,12 | -0,02 |
| DP g_i | 2,05 | 0,48 | 1,03 | 0,14 |
| DP (g_i-g_j) | 3,35 | 0,78 | 1,68 | 0,24 |

Tabela 19 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos dos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Parentais | Espigas por planta | Grãos por espiga | Massa de cem grãos | Produção de grãos por planta |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| | n. ^o | | g | |
| (P_1) | -0,83 | -1,50 | 0,34 | 0,81 |
| (P_2) | 0,25 | -0,83 | 0,03 | 0,32 |
| (P_3) | -0,25 | -1,33 | 0,07 | -0,14 |
| (P_4) | 0,08 | 3,67 | -0,44 | -0,99 |
| DP g_i | 0,14 | 0,29 | 1,19 | 0,20 |
| DP (g_i-g_j) | 0,24 | 0,47 | 1,94 | 0,33 |

Tabela 20 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento dos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4) avaliados no ensaio instalado no Centro Experimental Central, Campinas, em 2007

| Parentais | Espiguetas por espiga | Grãos por espiguetas | Florescimento |
|------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| | | | |
| (P_1) | -0,75 | -0,004 | -4,50 |
| (P_2) | -0,08 | -0,03 | -1,50 |
| (P_3) | -0,42 | -0,01 | -0,50 |
| (P_4) | 1,25 | 0,46 | 6,50 |
| DP g_i | 1,14 | 0,14 | 0,29 |
| DP (g_i-g_j) | 1,86 | 0,24 | 0,47 |

que o P_1 (BH-1146) participou como parental, também concluiu que foi o que apresentou o maior efeito positivo para produtividade e o maior efeito negativo para florescimento, aumentando assim a produtividade e a precocidade nos cruzamentos que participou. Sprague e Tatum (1942) relatam que altas estimativas de g_i , em valores absolutos, são indicadores de que o genitor em questão é muito melhor ou pior, em relação ao comportamento médio dos cruzamentos.

A capacidade específica de combinação representa a predominância de efeitos de ação gênica dominante na expressão dos caracteres. Estimativas de capacidade específica de combinação (s_{ij}) que apresentam altos valores, sejam positivos ou negativos, indicam a existência de combinações híbridas melhores ou piores do que com base na CGC dos parentais (SPRAGUE; TATUM, 1942).

Os híbridos que se destacam com maiores valores de CEC, em análises dialélicas devem ser selecionados, sobretudo se os parentais que o constituem apresentam altas estimativas de capacidade geral de combinação. Nas Tabelas de 21 a 23 estão apresentados os efeitos da estimativa s_{ij} dos caracteres avaliados. O cruzamento P_1/P_2 se destacou com maiores s_{ij} 's para altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque. P_2/P_4 também se destacou para contribuir para o aumento do comprimento do internódio da raque. O cruzamento P_1/P_3 apresentou valores altos e positivos para número de espigas por

Tabela 21 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres comprimento das raízes primárias, altura das plantas, comprimento da espiga e comprimento do internódio da raque avaliados nos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287//IAC-24 M-1 (P_4) e híbridos F_1 's, em Campinas, em 2007

| Cruzamentos | Comprimento da raiz | Altura das plantas | Comprimento da espiga | Comprimento do internódio da raque |
|------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | mm | | cm | |
| P_1/P_1 | -6,93 | -5,23 | 0,35 | 0,01 |
| P_2/P_2 | 0,07 | -1,80 | 0,21 | 0,001 |
| P_3/P_3 | -0,93 | 1,50 | 0,34 | 0,02 |
| P_4/P_4 | 3,39 | 0,53 | 0,17 | -0,002 |
| P_1/P_2 | -3,93 | 8,48 | 0,92 | 0,01 |
| P_1/P_3 | 4,57 | -0,37 | -0,47 | -0,02 |
| P_1/P_4 | 13,23 | 2,35 | -0,32 | -0,01 |
| P_2/P_3 | 10,57 | -2,05 | -0,35 | -0,02 |
| P_2/P_4 | -6,77 | -2,83 | -0,16 | 0,01 |
| P_3/P_4 | -13,27 | -0,58 | 0,14 | 0,01 |
| DP (s_{ii}) | 3,67 | 0,86 | 1,84 | 0,26 |
| DP (s_{ij}) | 4,97 | 1,16 | 2,50 | 0,35 |
| DP ($s_{ii}-s_{ij}$) | 4,74 | 1,11 | 2,38 | 0,33 |
| DP ($s_{ij}-s_{ik}$) | 7,49 | 1,75 | 3,76 | 0,53 |
| DP ($s_{ij}-s_{kl}$) | 6,70 | 1,56 | 3,37 | 0,47 |

Tabela 22 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produção de grãos por planta avaliados nos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4) e híbridos F_1 's, em Campinas, em 2007

| Cruzamentos | Espigas por planta | Grãos por espiga | Massa de cem grãos | Produção de grãos por planta |
|------------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| | n. ^o | | g | |
| P_1/P_1 | -0,53 | 0,60 | -0,36 | -1,80 |
| P_2/P_2 | -0,20 | -0,73 | -0,23 | -1,02 |
| P_3/P_3 | -0,02 | -2,73 | -0,16 | -1,55 |
| P_4/P_4 | 0,13 | -1,73 | -0,22 | -1,27 |
| P_1/P_2 | 0,13 | -0,07 | 0,14 | 0,28 |
| P_1/P_3 | 0,63 | -1,57 | 0,29 | 1,31 |
| P_1/P_4 | 0,03 | 0,43 | 0,29 | 2,01 |
| P_2/P_3 | 0,30 | 2,77 | 0,09 | 1,51 |
| P_2/P_4 | -0,03 | -1,23 | 0,21 | 0,25 |
| P_3/P_4 | -0,53 | 4,27 | -0,05 | 0,27 |
| DP (s_{ii}) | 0,26 | 0,52 | 2,13 | 0,37 |
| DP (s_{ij}) | 0,35 | 0,70 | 2,88 | 0,49 |
| DP ($s_{ii}-s_{ij}$) | 0,33 | 0,67 | 2,75 | 0,47 |
| DP ($s_{ij}-s_{ik}$) | 0,53 | 1,05 | 4,35 | 0,74 |
| DP ($s_{ij}-s_{kl}$) | 0,47 | 0,94 | 3,89 | 0,67 |

Tabela 23 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}), segundo GRIFING (1956), quanto aos caracteres número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e florescimento avaliados nos parentais BH-1146 (P_1), Anahuac M-1 (P_2), MON“S”/ALD“S”//IAC-24 M-3 (P_3) e IAC-287//IAC-24 M-1 (P_4) e híbridos F_1 's, em Campinas, em 2007

| Cruzamentos | Espiguetas por espiga | Grãos por espiguetas | Florescimento |
|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| | | | |
| P_1/P_1 | 0,40 | -0,01 | 3,2 |
| P_2/P_2 | -0,67 | -0,06 | 2,20 |
| P_3/P_3 | -0,27 | -0,10 | 2,20 |
| P_4/P_4 | 0,40 | -0,13 | 6,20 |
| P_1/P_2 | -0,27 | 0,03 | 0,20 |
| P_1/P_3 | 0,07 | -0,08 | -0,80 |
| P_1/P_4 | -0,60 | 0,07 | -5,80 |
| P_2/P_3 | 0,40 | 0,08 | -0,80 |
| P_2/P_4 | -0,27 | 0,004 | -3,80 |
| P_3/P_4 | 0,67 | 0,19 | -2,80 |
| DP (s_{ii}) | 2,03 | 0,26 | 0,52 |
| DP (s_{ij}) | 2,75 | 0,35 | 0,70 |
| DP ($s_{ii}-s_{ij}$) | 2,62 | 0,33 | 0,67 |
| DP ($s_{ij}-s_{ik}$) | 4,15 | 0,53 | 1,05 |
| DP ($s_{ij}-s_{kl}$) | 3,71 | 0,47 | 0,94 |

planta e massa de cem grãos, constituindo-se uma boa combinação para tais caracteres. Para aumento do comprimento da raiz, da massa de cem grãos, da produção de grãos por planta o cruzamento P_1/P_4 foi o que mais se destacou. Este último também se destacou para diminuir o número de dias para o florescimento, diminuindo o ciclo, foi o que apresentou o valor mais negativo de s_{ij} . O cruzamento P_3/P_4 foi o apresentou maiores valores positivos para comprimento do internódio da raque, número de grãos por espiga e por espigueta, número de grãos por espiga e número de espigas por planta.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos avaliados apresentaram grande diversidade genética para todos os caracteres agronômicos avaliados. BH-1146 (P_1) revelou-se germoplasma valioso para programas de melhoramento de trigo como fonte genética para maior comprimento da raiz primária, maior comprimento do internódio da raque e grãos mais pesados, além de ser um dos genótipos mais produtivos; Anahuac M-1 (P_2), como fonte genética para maior comprimento do internódio da raque, maior número de espigas por planta e grãos mais pesados; MON“S”/ALD“S”/IAC-24 M-3 (P_3), como fonte genética para maior massa de grãos e IAC-287/IAC-24 M-1 (P_4), para obtenção de plantas com maior ciclo, maior número de grãos por espiga e espiguetas por espiga e como fonte genética para redução da altura das plantas.

Os valores estimados para a herdabilidade em sentido amplo, para os seis cruzamentos, foram altas para altura de plantas; médios, na maioria dos cruzamentos, para comprimento da raiz, comprimento da espiga, números de espigas por planta e grãos por espiga, produção de grãos por planta e para florescimento; foram de médios a altos para comprimento do internódio da raque e número de espiguetas por espiga e de médios a baixos para massa de cem grãos e número de grãos por espiguetas. Esses valores indicaram que grande parte das variações encontradas foi de origem genética.

As estimativas de herdabilidade no sentido restrito mostraram grande variação de magnitude nos diferentes cruzamentos para todos os caracteres avaliados. Ressaltou-se o cruzamento P_1/P_4 (BH-1146/ IAC-287/IAC-24 M-1), com parentais divergentes, com elevados valores de herdabilidade no sentido restrito, indicando sucesso no ganho de seleção.

Altos valores de herdabilidade no sentido restrito foram estimados para altura de plantas em todos os cruzamentos, indicando que a seleção será efetiva nas primeiras gerações segregantes.

As correlações fenotípicas revelaram haver uma tendência para a seleção de plantas com maior comprimento da raiz primária estar associada com maior produção de grãos por planta e maior precocidade para o florescimento.

BH-1146 demonstrou ser fonte genética de tolerância à seca no estágio inicial da cultura do trigo.

A análise dialélica demonstrou a existência de efeitos predominantemente aditivos e de dominância na herança dos caracteres comprimento da raiz, altura das plantas, número de grãos por espiga, produção de grãos por planta e florescimento.

Os efeitos da capacidade geral de combinação (g_i) corroboraram o parental P_4 ser fonte de redução de altura das plantas, e o P_1 fonte de aumento do comprimento da raiz; para produção de grãos evidenciaram-se P_1 e P_2 (BH-1146/ Anahuac M-1) com elevados valores de g_i .

REFERÊNCIAS

- ASSMANN, I.C. **Diversidade genética e análise dialélica em trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell.)**. Viçosa, 1999. 118p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- BARBIERI, R.L.; CARVALHO, F.I.F.; BARBOSA NETO, J.F.; CAETANO, V.R.; MARCHIORO, V.S.; AZEVEDO, R.; LONRECETTI, C. Análise dialélica para tolerância ao vírus do nanismo amarelo da cevada em cultivares brasileiras de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 131-135, 2001.
- BHATADE, S.S.; SINGH, C.B.; TIWAR, A.S. Diallel analysis of yield and its components in soybean. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.47. p.322-324, 1977.
- BHATT, G.M. Inheritance of heading date, plant height and kernel weight in two spring wheat crosses. **Crop Science**, v.12, p.95-98, 1972.
- BRAUN, H.J., PFEIFFER, W.H., POLLMER, W.G. Environments for selecting widely adapted spring wheat. **Crop Science**, v.32,p.1420-1427, 1992.
- BRIGGS, F.N., KNOWLES, P.F. **Introduction to plant breeding**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1977. 426p.
- BUSCH, R.H., RAUCH, T.L. Agronomic performance of tall versus short semidwarf lines of spring wheat. **Crop Science**, v.33, p.941-943, 1993.
- CAMARGO, C.E. de O. **Estudos de variedades de trigo para o Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1972. 136p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- _____. Melhoramento do trigo. X. Estimativas de herdabilidade e correlação entre tolerância à toxicidade de alumínio e produção de grãos com outros caracteres agrônômicos em trigo. **Bragantia**, v.43, p.615-628, 1984a.
- _____. Trigo. In; FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.P. (Ed.) **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. cap.12, p.433-488.
- _____. Controle genético da tolerância do trigo à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. **Bragantia**, v.57, p.215-225, 1998.
- _____. Componentes da produção e tolerância à toxicidade de alumínio em populações híbridas de trigo: estimativas de variâncias, herdabilidades e correlações. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.500-509, 1999.
- _____; FELICIO, J.C.; FERREIRA-FILHO, A.W.P. **Variedades de trigo para o Estado de São Paulo**, Campinas, Instituto Agrônomo, 1996. 20p. (Boletim Técnico, 163)

_____; FERREIRA-FILHO, A.W.P. Tolerância ao alumínio e características agronômicas em populações híbridas de trigo: estimativas de variância, herdabilidades e correlações. **Scientia Agricola**, v.56, p.449-457, 1999.

_____; _____ São Paulo State Brazil Wheat Pool. In: BONJEAN, A.P. & ANGUS, W.J., (Ed). **The World Wheat Book - A History of Wheat Breeding**. Paris, 2000. Cap. 21, p. 549-577.

_____; _____ Genetic control of wheat seedling root growth. **Scientia Agricola**, v.62, p.325-330, 2005a.

_____; _____ Influência da concentração de fósforo e da temperatura das soluções nutritivas no crescimento das raízes primárias de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.279-284, 2005b.

_____; _____; BARROS, B.C.; FELÍCIO, J.C.; GALLO, P.B.; LOBATO, M.T.V.; BIUDES, G.B. Desempenho de linhagens de trigo, oriundas de hibridações, em duas condições de cultivo do Estado de São Paulo e tolerância à toxicidade de alumínio em laboratório. **Bragantia**, v.67, p.613-625, 2007.

_____; _____; FELICIO, J.C. Herdabilidades e características agronômicas em populações híbridas de trigo. **Bragantia**, v.57, p. 95-104, 1998

_____; _____; _____, J.C. Herdabilidades e correlações quanto à produção de grãos e outras características agronômicas em populações de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 369-379, 2000.

_____; _____; ROCHA JÚNIOR, L.S. Melhoramento do trigo: XXVII. Estimativas de variância, herdabilidade e correlações em populações híbridas para produção de grãos, tolerância à toxicidade de alumínio e altura das plantas. **Bragantia**, v.51, p. 21-30, 1992.

_____; _____; SALOMON, M.V. Temperature and pH of the nutrient solution on wheat primary root growth. **Scientia Agricola**, v.61, p.313-318, 2004.

_____; _____; _____ Efeito da concentração salina e pH de soluções nutritivas no crescimento radicular de plântulas de trigo. **Bragantia**, v.64, p.315-321, 2005.

_____; OLIVEIRA, O.F. Melhoramento do trigo. II. Estudo genético de fontes de nanismo para a cultura do trigo. **Bragantia**, v.40, p.77-91, 1981.

_____; _____; FERREIRA-FILHO, A.W.P.; CASTRO, J.L. de; RAMOS, V.J. Melhoramento do trigo. VII. Herdabilidade e coeficiente de correlação entre caracteres agronômicos em populações híbridas de trigo, em diferentes solos paulistas. **Bragantia**, v.43, p.293-312, 1984.

_____; RAMOS, V.J. Herdabilidade e associações entre número de grãos por espiguetas, altura das plantas e produção de grãos em populações híbridas de trigo, envolvendo diferentes fontes de nanismo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p. 1513-1521, 1989.

_____; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Novos genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtidos por irradiação gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, p. 195-202, 1997.

CARVALHO, F.I.F. de; UITDEWILLIGEN, W.P.M.; FEDERIZZI, L.C.; GOMES, E.P.; PFEIFER, A.B.; MATOS, M.A.O. Herdabilidade do caráter estatura de planta de trigo: estimativa através do coeficiente de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, p. 55-67, 1981.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção brasileira de grãos. Disponível em: www.agricultura.gov.br., acesso em 15/01/2010.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: versão Windows, aplicativo computacional em genética estatística**. Viçosa: UFV, 2004. 648p.

_____; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438, 1989

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York, Ronald Press, 1970. 365p.

FERREIRA FILHO, A.W.P. **Estimativas da herdabilidade e dos coeficientes de correlação, entre características agrônômicas, em populações híbridas de trigo**. Jaboticabal, 1996. 68p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

_____; CAMARGO, C.E.O. e AYALA-OSUNA, J.. Melhoramento do trigo: XXXI. Herdabilidades e correlações entre três características agrônômicas em populações híbridas. **Bragantia**, v.56, p. 273-280, 1997.

_____;_____;_____. Heritability estimates and correlations between grain yield and other wheat agronomic characters. **Científica**, v.30, p.39-51, 2002.

FONSECA, S.; PATTERSON, F.L. Yield components, heritability and interrelationship in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Science**, v.8, p.614-617, 1968.

GARDNER, C. O., EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-52, 1966.

GILIOLI, J.L.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S. **Aspectos sobre o melhoramento da soja**. Londrina, EMBRAPA, 1980. 20p. (Série Miscelânea, 1).

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

HAYMAN, B.I. The analysis of variance of diallel tables. **Biometrics**, v.10, p.235-244, 1954a.

_____. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, v.39, p.789-809, 1954b.

JINKS, J.L.; HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetics Cooperation Newsletter**, v.27, p.48-54, 1953.

JOHNSON, V.A.; BIEVER, K.J.; HAUNOLD, A.; SCHMIDT, J.W. Inheritance of plant height, yield of grain, and other plant and seed characteristics in a cross of hard red winter wheat, *Triticum aestivum* L. **Crop Science**, v.6, p.336-338, 1966.

JOSHI, S.K.; SHARMA, S.N.; SINGHANIA, D.L.; SAIN, R.S. Combining ability in the F₁ and F₂ generation of diallel cross hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). **Hereditas**, v.141, p.115-121, 2004.

KARAGÖZ, A.; N. ZENCIRCI. Variation in wheat (*Triticum* spp.) landraces from different altitudes of three regions of Turkey. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 52, p.775–785, . 2005.

KAW, R.N.; MENON, M. Combining ability for development traits in soybean. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, p.303-308, 1981.

KETATA, H.; EDWARDS, L.H.; SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. **Crop Science**, v.16, p.19-22, 1976.

KRONSTAD, W.E.; FOOTE, W.H. General and specific combining ability estimates in winter wheat (*Triticum aestivum* Vill., Hot). **Crop Science**, v.4, p.616-619, 1964.

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

LAGOS, M.B. **História do melhoramento do trigo no Brasil**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1983. 80p.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals, illustration of the feeks scale. **Plant Pathology**. V.3, p. 128-129, 1954.

MALUSZYNSKY, M.; NICTERLEIN, K.; VAN ZANTEN, L., AHLOOWALIA, S. Officially released mutant varieties – The FAO/IAEA data base. **Mutation Breeding Review**, v.12, p.1-84, 2000.

NASS, L.L. **Potencialidade de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) para cultivo de inverno através de cruzamentos dialélicos**. Piracicaba, 1989. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PEPE, J.F.; HEINER, R.E. Plant height protein percentage and yield relationship in spring wheat. **Crop Science**, v.15, p.793-797, 1975.

PETR, F.C.; FREY, K.J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, v.6, p.259-262, 1966.

PIMENTEL, A.M. **Cruzamentos dialélicos em soja com ênfase em teor de proteína e produção de grãos**. Piracicaba, 1991. 150p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PIXLEY, K.V.; FREY, K.J. Inheritance of test weight and its relationship with grain yield of oat. **Crop Science**, v.31, p.36-40, 1991.

PULCINELLI, C.E. **Avaliação de cruzamentos dialélicos de soja em gerações avançadas de endogamia**. Piracicaba, 1997. 165p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 1993. 271p.

SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Análise da capacidade combinatorial de seis caracteres adaptativos em trigo (*Triticum aestivum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.831-846, 1995.

SHARMA, S.K.; MEHTA, H.; SOOD, V.K. Effect of cropping systems on combining ability and gene action for grain yield and its components in soybean. **Field Crops Research**, v.34, p.15-22, 1993.

SINGH, S.P.; URREA, C.A. Selection for seed yield and other traits among early generations of infra and anterracial populations of the common bean. **Revista Brasileira de Genética**, v.17, p.299-303, 1994.

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, p.923-932, 1942.

SRIVASTAVA, R.L.; SAXENA, J.K.; AHAMAD, Z.; BHATIA, R.S. Genetics of yield and yield components traits in soybean. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.38, p.7-10, 1978.

VAN SANFORD, D.A.; UTOMO, H. Inheritance of tillering in a winter wheat population. **Crop Science**, v.35, p.1566-1569, 1995.

VIEIRA, C.M. **Análise genética da tolerância ao Al³⁺, características agrônômicas e qualidade fisiológica de sementes em populações de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Jaboticabal, 1990. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

TULMANN NETO, A.; CAMARGO, C.E. de O.; ALVES, M.C.; CASTRO, J.L. de; GALLO, P.B. Indução de mutação visando à redução de altura de planta e

resistência às doenças no cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) IAC-17. **Scientia Agricola**, v.52, p.287-293, 1995a.

_____; _____; ALVES, M.C.; SANTOS, R.R. dos; FREITAS, J.G. de. Indução de mutação visando à obtenção de resistência às doenças na cultivar de trigo IAC-24. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.497-504, 1995b.

_____; _____; CASTRO, J.L. de; FERREIRA FILHO, A.W.P. New Wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes tolerant to aluminum toxicity obtained by mutation breeding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.61-70, 2001.

_____; _____; PETTINELLI JR., A.; FERREIRA FILHO, A.W.P. Plant height reduction and disease resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar IAC-18 by gamma irradiation-induced mutations. **Revista Brasileira de Genética**, v.19, p.275-281, 1996.

WARNER, J.N. A method for estimating heritability. **Agronomy Journal**, v.7, p.427-430, 1952.