

# ESTIMATIVA DO DESEMPENHO DE PROGÊNIES F<sub>2</sub> E F<sub>3</sub> COM BASE NO COMPORTAMENTO DOS GENITORES E DOS HÍBRIDOS F<sub>1</sub> EM AVEIA (1)

CLAUDIR LORENCETTI (2); FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO (3);  
ANTÔNIO COSTA DE OLIVEIRA (3); IGOR PIREZ VALÉRIO (4); EDUARDO ALANO VIEIRA (5);  
JOSÉ ANTÔNIO GONZALEZ DA SILVA (4); GUILHERME RIBEIRO (6)

## RESUMO

Várias técnicas vêm sendo propostas para elevar a probabilidade de obtenção de populações segregantes promissoras, concentrando grande esforço dos pesquisadores. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência da utilização da média dos genitores, da heterose e heterobeltiose do F<sub>1</sub> e da distância genética morfológica e molecular na predição do rendimento de grãos em aveia, nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, provenientes do cruzamento dialélico envolvendo cinco genitores, a partir do caráter rendimento de grãos e seus componentes primários. Os dados utilizados foram obtidos em dois experimentos instalados no Centro Agropecuário da Palma, na área experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, localizado no município de Capão do Leão (RS), em 2002 e 2003. Pelos resultados, verificou-se que o desempenho das populações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, não pôde ser adequadamente previsto com base na geração F<sub>1</sub>. O rendimento de grãos das gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, não pôde ser previsto por meio da utilização da distância genética obtida por caracteres morfológicos e marcadores moleculares. Também pode ser observado que o cruzamento de genótipos com médias elevadas de rendimento de grãos nem sempre produz descendentes com segregação transgressiva positiva.

**Palavras-chave:** aveia branca; heterose; distância genética; melhoramento genético.

## ABSTRACT

### ESTIMATION OF PERFORMANCE OF F<sub>2</sub> AND F<sub>3</sub> OAT PROGENIES BASED ON THEIR PARENTS AND F<sub>1</sub> HYBRIDS

Many techniques have been proposed to increase the probability of obtaining superior segregating populations, and major efforts have been invested by researchers worldwide. In this sense, the present work had as objective to verify the efficiency of using parental average, F<sub>1</sub> heterosis and heterobeltiosis and the morphological and molecular genetic distance in the prediction of grain yield in oat. Grain yield and its primary components, were measured in F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations originated from the diallel cross involving five parents. Data were obtained from two experiments carried out in the Centro Agropecuário da Palma, in Capão do Leão County, RS, Brazil, in 2002 and 2003. The results indicate that the performance F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> populations can not be adequately predicted on the basis of the performance of F<sub>1</sub> generation. Grain yield of F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> populations could not be predicted by the genetic distance calculated by morphology or molecular markers. Crosses of high-yielding genotypes did not always yield offsprings with positive transgressive segregation.

**Key words:** White oat; heterosis; genetic distance; plant breeding.

(1) Recebido para publicação em 4 de maio de 2005 e aceito em 13 de fevereiro de 2006.

(2) Supervisor de Pesquisa Genética, DIMON do Brasil Tabacos Ltda., Departamento de Pesquisa e Melhoramento de Plantas, Rua Thomas Gonzaga, 666, 96880-000 Vera Cruz (RS).

(3) Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas (RS). Autor correspondente. E-mail: carvalho@ufpel.tche.br.

(4) Estudante do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Fitomelhoramento), FAEM/UFPel.

(5) Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Caixa Postal 08223, 73310-970 Planaltina (DF).

(6) Graduando em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, FAEM/UFPel.

## 1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de prever o desempenho da progênie de um cruzamento é de grande valia para os programas de melhoramento, o que permitiria aos melhoristas focar naquelas combinações com maior potencial de melhoramento (SOUZA e SORRELS, 1991). Várias técnicas têm sido propostas para elevar a probabilidade de obtenção de populações segregantes promissoras, nas quais o esforço dos pesquisadores será concentrado. Dentre elas pode ser destacada a heterose na geração  $F_1$  (GALANOPOULOU-SENDOUCA e ROUPAKIAS, 1999), a média dos genitores (MOLL E STUBER, 1974; ANTUNES et al., 1998) e a distância genética entre os genitores (MARTINEZ et al., 1983).

Em diversas espécies tem sido observada variação na redução da heterose de  $F_1$  para as gerações posteriores (MEREDITH e BROWN, 1998). A existência destes híbridos é muito importante porque possibilita a utilização de tais populações como fontes de genótipos superiores. Em algodão, o desempenho de populações  $F_2$  é usado em cerca de 24% dos programas de melhoramento nos EUA para teste de geração precoce e identificação das populações nas quais será focada a seleção artificial (BOWMAN, 2000).

Dois procedimentos para expressar o desempenho dos híbridos têm sido utilizados: 1) a heterose expressa como a superioridade do híbrido em relação à média dos genitores, e 2) a expressão da heterose feita como o incremento do rendimento de grãos ou outros caracteres em relação ao melhor genitor para aquele caráter, também denominada de heterobeltiose (MORGAN, 1998). Outros autores têm proposto a utilização da média dos genitores para estimar o potencial de rendimento de um cruzamento. Para MOLL STUBER (1974), o sucesso da utilização dessas técnicas está alicerçado na premissa de que a ação gênica aditiva predomina, ao ser considerada a herança do rendimento de grãos. Esse fato tem sido considerado válido para a maioria das espécies autógamas. Em feijão, HAMBLIN e EVANS (1976) relataram que, usando densidade normal e eliminando fatores estranhos à produtividade, a média dos genitores em quaisquer das gerações precoces desenvolvidas em bulk, permitiu estimativas precisas do potencial de cruzamentos como fonte de progênies homozigóticas. Resultados semelhantes foram obtidos por HAMBLIN e ROSIELLE (1978). Igualmente, QUIÑONES (1969), observou correlações positivas e significativas para rendimento de grãos entre a média dos genitores e populações  $F_3$  e  $F_8$ . De acordo com ANTUNES et al. (1998), a predição de uma população  $F_2$ , por meio da média dos genitores para os componentes primários do rendimento de grãos, depende do ambiente considerado, sendo possível

a previsão do rendimento de grãos de uma população  $F_2$  por meio da média dos genitores.

É esperado que a variância genética em populações segregantes esteja correlacionada à distância genética entre os genitores, porque quanto maior a distância genética, maior a proporção de locos segregando nas gerações de autofecundação (MARTINEZ et al., 1983; VIEIRA et al., 2005). Assume-se que todos os locos contribuem igualmente para a expressão genética das plantas e que a segregação de um número limitado de genes maiores não pode produzir variância genética similar à segregação de grande número de genes menores. Essa premissa provavelmente não é válida, a menos que exista distribuição uniforme dos genes maiores entre os genitores. COWEN e FREY (1987) verificaram correlação de distância genética entre os genitores, com base em análise multivariada morfológica com caracteres de rendimento em famílias  $F_4$  e  $F_5$  de aveia, mas reduzida associação com caracteres individuais componentes do rendimento de grãos.

O presente trabalho teve por objetivo verificar a eficiência da utilização da média dos genitores, da heterose e heterobeltiose do  $F_1$  e da distância genética morfológica e molecular na predição do rendimento de grãos em aveia, nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , provenientes do cruzamento dialélico entre cinco genitores, a partir dos caracteres rendimento de grãos e seus componentes primários.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram obtidos de dois experimentos instalados no Centro Agropecuário da Palma, na área experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, localizado no município de Capão do Leão (RS), em 2002 e 2003. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude Sul e 52° 21' 24" de longitude e altitude de 13,24 m. O solo é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, adubado de acordo com análise de solo. Foi efetuado controle de moléstias da parte aérea, com duas aplicações de fungicida Tebuconazole, na dose de 0,75 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial. A primeira aplicação foi no surgimento das primeiras pústulas da ferrugem da folha (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*) e a segunda, no ressurgimento.

Cinco genótipos de aveia (UPF 16, UPF 18, UFRGS 7, UFRGS 17 e URPel 95/015) foram cruzados de forma dialélica, sem a realização dos cruzamentos recíprocos. Os genitores foram escolhidos com base no rendimento de grãos e caracteres agrônômicos de interesse, bem como pela sua divergência morfológica.

As sementes híbridas foram obtidas durante a estação fria de 2001, por meio de cruzamentos artificiais. As populações  $F_2$  foram produzidas pela autofecundação de plantas  $F_1$  durante o verão de 2001/2002 em casa de vegetação.

Em 2002, as populações  $F_1$ ,  $F_2$  e os genitores foram implantados em delineamento completamente casualizado. Cada planta foi considerada uma unidade experimental. As plantas foram cultivadas em linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,3 m entre plantas e entre linhas. O número de indivíduos variou conforme a geração e o cruzamento. Para os genitores e seus respectivos híbridos na geração  $F_1$  o número de plantas variou de 24 a 30. Na geração  $F_2$ , dois cruzamentos (UPF 18 x UFRGS 17 e UFRGS 17 x URPel 95/015) tiveram populações menores com 134 e 136 indivíduos, respectivamente, devido a problemas ocorridos durante a autofecundação dos  $F_1$ . Para os demais cruzamentos, a quantidade foi superior a 206 plantas. De cada população  $F_2$  foram selecionadas 20% das melhores plantas, por meio do critério de maior rendimento de grãos. As sementes destas plantas foram colhidas em bulk e utilizadas na composição das populações  $F_3$ .

Em 2003, as populações  $F_1$ ,  $F_3$  e os respectivos genitores foram instalados em campo, com procedimento idêntico ao descrito anteriormente. O número de plantas dos genitores e da geração  $F_1$  ficou entre 20 e 28 plantas. Para a geração  $F_3$  o número de indivíduos variou de 98 a 118 plantas, dependendo do cruzamento.

Nos dois anos de realização do experimento, durante o período de florescimento, a panícula principal de cada planta foi identificada em campo, por meio da utilização de uma fita. As plantas foram colhidas individualmente. Em laboratório, foi separada a panícula principal e contado o número de panículas por planta (NPP). Exceto a panícula principal, as demais foram trilhadas juntas para compor a produtividade de grãos da planta (RG); por meio da panícula principal determinou-se a massa de panícula (PP), o número de grãos por panícula (NGP) e a massa de mil grãos (PMG), pela razão entre a massa de grãos da panícula e número de grãos.

Os dados dos caracteres aferidos foram utilizados nas estimativas da média dos genitores, das gerações  $F_2$  e  $F_3$  e da heterose e heterobeliose dos híbridos  $F_1$ . A distância genética, com base em caracteres morfológicos entre os genitores, foi estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis ( $D_2$ ), a partir de médias padronizadas, por meio do programa Genes (CRUZ, 2001).

O DNA genômico utilizado na quantificação da similaridade genética entre os cinco genótipos, com base em marcadores moleculares, foi extraído de acordo com o protocolo descrito por SAGHAI-MARROF et al. (1984). Os reagentes e procedimentos requeridos

para análise com AFLP foram obtidos junto a "In Vitrogen", na forma de kit completo (KIT AFLP Analysis I). No trabalho, foram utilizadas cinco combinações de iniciadores (C1: E-ACC/M-CAA; C2: E-ACC/M-CAG; C3: E-ACC/M-CTC; C4: E-AGC/M-CAA; C5: E-AGC/M-CTC; onde  $C_i$ : i-ésima combinação de primers; E: EcoRI e M: MseI). Os fragmentos amplificados foram separados eletroforéticamente em gel desnaturante de poliacrilamida (6%) à potência constante de 60W por um período de aproximadamente 1 hora e 40 minutos. Para a visualização dos fragmentos amplificados e separados eletroforéticamente foi utilizada a coloração com nitrato de prata, de acordo com o protocolo descrito por CRESTE et al. (2001).

As bandas geradas pela técnica de AFLP foram classificadas como presente (1) e ausente (0) para os diferentes genitores. A similaridade genética (SG) foi estimada de acordo com NEI e LI (1979):  $SG_{ij} = \frac{2N_{ij}}{N_i + N_j}$ , em que:  $N_{ij}$  é o número de bandas presentes em ambos os genótipos  $i$  e  $j$ ;  $N_i$  é o número de bandas presentes no genótipo  $i$ , e  $N_j$  é o número de bandas presente no genótipo  $j$ ; utilizando o programa NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 1989). A dissimilaridade genética (dg) foi estimada por meio do complemento da similaridade genética, subtraindo o valor de SG da unidade (1 - SG).

Os coeficientes de correlação de Pearson entre média dos genitores, dissimilaridade genética morfológica e molecular, heterose, heterobeliose com as progênies  $F_2$  e  $F_3$  para os diferentes caracteres, com significância testada pela estatística  $t$  a 5% de probabilidade de erro, foram estimados por meio do programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão incluídos os coeficientes de correlação de Pearson entre as médias dos genitores, heterose e heterobeliose, com os respectivos valores das gerações  $F_2$  e  $F_3$  em 2002 e 2003. Os dados revelaram que o coeficiente de correlação entre a média de rendimento de grãos dos genitores e da geração  $F_2$  foi elevado (0,84), demonstrando a possibilidade de prever o desempenho dessa geração por meio do comportamento dos genitores. A análise de previsão do rendimento de grãos (RG) da população  $F_2$  por meio dos componentes primários revelaram que o RG pode ser previsto pela média dos genitores para o caráter número de panículas/planta (NPP), ou seja, cruzamentos em que os genitores produzem média elevada de número de afilhos férteis, também expressam progênies  $F_2$  com média de RG superior, hipótese embasada na elevada correlação simples e efeitos diretos de análise de trilha entre NPP x RG, relatado por BENIN et al. (2003) e comprovado por LORENCETTI (2004).

**Tabela 1.** Coeficientes de correlação de Pearson entre as médias dos genitores (MG), heterose e heterobeltiose da  $F_1$  versus respectivas progênies  $F_2$  e  $F_3$ , avaliadas nos anos de 2002 e 2003, para os caracteres rendimento de grãos (RG), número de panículas/planta (NPP), massa de panícula (MP), número de grãos/panícula (NGP) e massa de mil grãos (MMG), em um cruzamento dialélico envolvendo cinco genótipos de aveia (*Avena sativa* L.). Pelotas, RS, 2005

Critério ( <sup>1</sup> )	Geração	RG	NPP	MP	NGP	MMG
MG 02	F <sub>2</sub>	0,84*	0,78*	-0,47	-0,53	0,30
Heterose 02		0,28	-0,27	0,83*	0,88*	-0,47
Heterobeltiose 02		0,25	-0,03	0,63*	0,52	-0,42
MG 02	F <sub>3</sub>	0,64*	0,25	-0,32	-0,51	0,36
MG 03		0,81*	0,76*	0,58	0,30	0,46
Heterose 02		-0,10	0,21	0,04	0,25	-0,42
Heterose 03		-0,16	0,32	-0,17	-0,23	0,15
Heterobeltiose 02		-0,47	0,63*	-0,29	0,57	-0,21
Heterobeltiose 03		-0,42	0,16	0,07	-0,10	-0,23
F <sub>2</sub> x F <sub>3</sub>		0,63*	0,68*	0,76*	0,58	0,58

<sup>1</sup> MG 02 e MG 03 = média dos genitores avaliados em 2002 e 2003, respectivamente; Heterose 02 e Heterose 03 = estimativa de heterose avaliada em 2002 e 2003, respectivamente; Heterobeltiose 02 e Heterobeltiose 03 = estimativa da heterobeltiose avaliada em 2002 e 2003 respectivamente;

\* Significativo a 5% pelo teste t.

Os autores ressaltam a existência de uma verdadeira associação entre esses caracteres em planta espaçada. Assim, os melhoristas interessados em obter plantas com maior rendimento de grãos podem intensificar a seleção sobre plantas com elevado número de filhos férteis, porém, YAN E WALLACE (1995) enfatizam que além do número de panículas/planta deve ser considerada a sensibilidade ao incremento da densidade dos genótipos; entretanto, a média de NPP dos genitores avaliada em 2002, revelou correlação não significativa (0,25) com RG da geração F<sub>3</sub> avaliada em 2003, fato que inviabiliza qualquer previsão sobre o comportamento dessas populações em gerações subsequentes.

A ocorrência de componentes de rendimento influenciando de forma diferenciada o rendimento de grãos foi descrito por THOMAS e GRAFIUS (1976), que observaram na geração F<sub>1</sub> de cruzamentos dialélicos em trigo, ter sido o número de espigas/planta aquele que mais determinou alteração do caráter rendimento de grãos, enquanto na geração F<sub>2</sub>, o número de espiguetas foi o componente de maior importância nas modificações da produtividade de grãos. Em aveia, GRAFIUS e THOMAS (1971) relataram que o número de grãos por panícula foi o componente mais importante em dois ambientes analisados. Resultados diferentes foram revelados por meio da análise de trilha por LOURENCETTI (2005), sendo demonstrada a maior importância do NPP na determinação do RG. A causa de tal associação pode estar no aporte de recursos nutricionais à planta durante sua ontogenia.

A predição do RG das populações F<sub>2</sub> por meio da média dos genitores dos demais componentes do rendimento não foi possível, uma vez que os caracteres massa de panícula (PP) e número de grãos/panícula (NGP) revelaram correlação negativa, apesar de não significativa, com o RG da geração F<sub>2</sub> (Tabela 1). Esse fato demonstra um efeito compensatório entre os componentes do rendimento, onde os genitores com maior número de filhos e possivelmente com panículas menores tenderam a produzir progênies F<sub>2</sub> superiores em rendimento de grãos.

Os critérios de heterose ou heterobeltiose dos híbridos F<sub>1</sub> do próprio caráter rendimento de grãos não possibilitou uma predição com maior precisão do desempenho das populações F<sub>2</sub> para RG, ou seja, não houve correlação entre a heterose ou heterobeltiose de RG do F<sub>1</sub> com o desempenho das populações F<sub>2</sub>. Por outro lado, a heterose observada em caracteres componentes do RG como MP e NGP, expressaram correlação com a média das gerações F<sub>2</sub>. Para a heterobeltiose, MP evidenciou correlação com o desempenho das referidas populações segregantes, revelando a possibilidade de utilização da heterose de MP para predição do desempenho das populações F<sub>2</sub> avaliadas em 2002 (Tabela 1). Um dos objetivos deste trabalho foi observar se o desempenho de populações segregantes poderia ser previsto por meio da heterose ou heterobeltiose dos híbridos F<sub>1</sub>; pelos resultados, com base nos dez cruzamentos testados, observou-se que o desempenho dessas populações (F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>) não podem ser adequadamente previsto com base na geração F<sub>1</sub>. Resultados semelhantes foram

reportados em algodão por GALANOPOULOU-SENDOUCA e ROUPAKIAS (1999). Contudo, nos cruzamentos cuja depressão endogâmica em F<sub>2</sub> é menor, podem ocorrer populações promissoras a serem utilizadas como fontes para a seleção.

A média dos genitores avaliados em 2002 (MG 02) e em 2003 (MG 03) permitiram prever o RG das populações F<sub>3</sub>, revelando coeficientes de correlação de 0,64 e 0,81 respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por SAMPSON (1972) em aveia e por NASS (1979) em trigo, em que a média dos genitores foi bom parâmetro para prever o desempenho de populações F<sub>2</sub>. Por outro lado, por meio da média dos genitores para os componentes do rendimento, apenas o caráter NPP, avaliado no mesmo ano que F<sub>3</sub>, permitiu prever o desempenho dessas populações. O mesmo caráter (NPP), avaliado nos genitores em 2002, quando utilizado na tentativa de prever o desempenho das populações F<sub>3</sub> em 2003, não expressou resultados satisfatórios. Trabalhando com feijão, Antunes et al. (1998) reportaram resultados semelhantes, observando que a predição da média de populações F<sub>2</sub> por meio da média dos genitores para os componentes primários do rendimento de grãos foi dependente do ambiente considerado.

Em relação a heterose e heterobeltiose de F<sub>1</sub> para os componentes do rendimento, apenas a heterobeltiose avaliada em 2002 para NPP revelou correlação significativa com a predição do desempenho do F<sub>3</sub>, revelando novamente a importância do número de filhos férteis na determinação do rendimento de grãos de plantas espaçadas em aveia. Assim, genótipos com maior número de filhos férteis associados com heterobeltiose, para este caráter, tendem a produzir

gerações promissoras para a obtenção de constituições genéticas superiores.

O caráter MMG não evidenciou associação por meio da média dos genitores, com a heterose ou heterobeltiose dos híbridos e com o desempenho das populações segregantes F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> (Tabela 1). Essa falta de associação com a geração F<sub>3</sub>, seria de se esperar, em virtude de não ter sido levado em conta o caráter MMG na seleção realizada em F<sub>2</sub>; realizou-se apenas a seleção direta para rendimento de grãos, o que pode vir a obter uma média reduzida de outros caracteres importantes. Contudo, essa falta de associação da média dos genitores com as gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> pode ter ocorrido em função da reduzida variabilidade desse caráter nas populações em estudo, comparado aos demais, fazendo com que não se tenha revelado bom parâmetro para prever o comportamento dessas populações segregantes.

Ainda na tabela 1 pode ser observada a correlação entre as populações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> para todos os caracteres avaliados. Os resultados evidenciaram boa concordância entre todos os caracteres nas duas gerações avaliadas, contrariamente ao ocorrido entre a predição dessas populações a partir da heterose e heterobeltiose dos híbridos ou mesmo de forma indireta via componentes primários do rendimento de grãos. Esse fato permite estabelecer a hipótese de que as populações segregantes, formadas por genótipos diferentes, resultantes da recombinação gênica tendem a exercerem poder tampão, possuindo maior estabilidade fenotípica entre diferentes ambientes. MEREDITH e BRIDG (1973), na cultura do algodão, observaram boa concordância entre rendimento e qualidade avaliados em F<sub>2</sub> e F<sub>7</sub>, permitindo a previsão das gerações mais avançadas por meio das primeiras gerações segregantes.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação entre dissimilaridade genética, medida através de caracteres morfológicos (*dm*) e dados moleculares gerados pela técnica de AFLP (*dg*) com a média das gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, para os caracteres rendimento de grãos (RG), número de panículas/planta (NPP), massa de panícula (MP), número de grãos/panícula (NGP) e massa de mil grãos (MMG), em cruzamento dialélico envolvendo cinco genótipos de aveia (*Avena sativa* L.). Pelotas, RS, 2005

	RG	NPP	PP	NGP	PMG
<i>dm</i> x F <sub>2</sub>	-0,45	-0,28	-0,03	-0,03	0,13
<i>dg</i> x F <sub>2</sub>	0,44	0,09	0,29	0,15	0,75*
<i>dm</i> x F <sub>3</sub>	0,17	-0,43	0,32	0,32	0,10
<i>dg</i> x F <sub>3</sub>	0,38	0,17	0,22	0,19	0,81*

\* Significativo a 5% pelo teste t.

Na tabela 2, estão incluídos os coeficientes de correlação entre distancia genética, baseada em caracteres morfológicos (*dm*) e dados moleculares (*dg*; 189 bandas polimórficas) com RG e seus componentes primários para as gerações  $F_2$  e  $F_3$ .

Os dados revelam que ambas as medidas de dissimilaridade genética utilizadas não indicam associação com a média de RG e seus componentes primários, exceto para MMG. Resultados semelhantes foram observados por MEREDITH e BROWN (1998), em algodão, em que a correlação de *dg* estimada por meio de marcadores moleculares RFLP, com rendimento de populações  $F_2$  e heterose foi próxima a zero. Conseqüentemente, essas evidências expressam dificuldades na utilização de medidas de distância genética para prever o desempenho de populações segregantes em aveia hexaplóide, indicando a necessidade de testes de gerações precoces para avaliação do potencial genético dos cruzamentos. Porém, é de extrema importância observar que o número (dez) de cruzamentos utilizados foi reduzido. Assim, experimentos testando maior número de combinações híbridas e genitores geneticamente mais divergentes podem ser necessários para confirmar os resultados deste trabalho.

Além disso, verificou-se que os valores dos coeficientes de correlação de *dg* com os caracteres avaliados foram mais próximos quando a geração foi modificada, ou seja, de  $F_2$  para  $F_3$  do que em relação a *dm*. De acordo com SOUZA e SORRELLS (1991) os caracteres morfológicos quantitativos em aveia, são fortemente afetados por alguns caracteres de herança simples como, por exemplo, fotoperíodo, temperatura e estatura de plantas e com grande efeito epistático. Os mesmos autores afirmaram que a reduzida correlação poderia ser causada pela parcial e insuficiente representação do genoma quando são usados dados morfológicos. Assim, em razão do número relativamente baixo de caracteres morfológicos avaliados (nove) para estimar a *dm* e aos efeitos de ambiente que atuam sobre os mesmos poderia ser esperado menor consistência da *dm* de geração para geração do que a *dg*. Por outro lado, os reduzidos valores de correlação de *dg* com RG, para ambas as gerações, possivelmente pode ter ocorrido devido ao tipo de marcadores utilizados. BOPPENMAIER et al. (1993) sugerem que a utilização de marcadores associados significativamente com o caráter (QTLs) podem ser mais eficiente do que aqueles acessando aleatoriamente o genoma, como utilizado neste trabalho.

**Tabela 3.** Estimativa de rendimento de grãos dos genitores, média dos genitores (MG) e das populações  $F_3$  de aveia (*Avena sativa* L.), em g planta<sup>-1</sup>, percentagem e amplitude de variação dos segregantes transgressivos (ST) negativos (com rendimento inferior ao pior genitor), positivos (superior ao melhor genitor) e estimativa de correlação entre MG e % de ST. Pelotas, RS, 2005

Número do cruzamento / <sup>1</sup>	Média de rendimento de grãos				Porcentagem e amplitude de variação dos segregantes transgressivos na geração $F_3$			
	Genitor 1	Genitor 2	Média dos genitores	Média de $F_3$	Negativo		Positivo	
	g				%	Amplitude g	%	Amplitude g
C1	22,3	16,1	19,2	21,1	35	6,91 - 16,1	38	22,0 - 55,4
C2	42,4	17,5	29,9	30,5	11	1,45 - 17,3	12	43,2 - 63,5
C3	20,3	28,6	24,4	23,1	39	2,41 - 10,2	26	29,0 - 46,6
C4	28,6	19,8	24,2	24,3	38	3,61 - 19,5	33	28,8 - 54,9
C5	25,1	23,9	24,5	20,7	52	0,25 - 23,2	20	26,2 - 62,3
C6	16,1	26,3	21,2	23,5	24	3,12 - 15,3	39	26,8 - 53,5
C7	32,5	24,0	28,2	24,6	53	14,0 - 23,9	23	32,6 - 62,5
C8	28,2	15,7	21,9	22,4	24	5,22 - 15,0	24	28,3 - 58,4
C9	25,2	19,1	22,2	20,7	45	1,85 - 18,9	27	26,3 - 46,0
C10	32,5	24,1	28,3	29,8	30	3,51 - 22,8	31	33,0 - 67,7
r <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	-0,11	-	-0,67*	-

(<sup>1</sup>) C1 = UPF 16 x UPF 18; C2 = UPF 16 x UFRGS 7; C3 = UPF 16 x UFRGS 17; C4 = UPF 16 x URPeI 95/015; C5 = UPF 18 x UFRGS 7; C6 = UPF 18 x UFRGS 17; C7 = UPF 18 x URPeI 95/015; C8 = UFRGS 7 x UFRGS 17; C9 = UFRGS 7 x URPeI 95/015 e C10 = UFRGS 17 x URPeI 95/015;

(<sup>2</sup>) r = Estimativa do coeficiente de correlação entre média dos genitores e número de segregantes transgressivos negativos e positivos, respectivamente;

\* Significativo a 5% pelo teste t.

Estimativas de RG dos genitores, bulks  $F_3$  e % de indivíduos revelando segregação transgressiva (ST) e sua amplitude de variação estão apresentados na tabela 3. A média de RG de  $F_3$  foi maior que a média dos genitores em 60% dos cruzamentos, possivelmente devido ao fato da seleção ter sido realizada de forma direta para o caráter rendimento de grãos na geração  $F_2$ , desta forma, nenhum dos bulks  $F_3$  produziu menos do que o genitor de menor rendimento.

A associação da média dos genitores com segregantes transgressivos (ST) negativos para RG não foi significativa (-0,11); entretanto, com ST positivos foi significativamente negativa, atestando que quanto maior a média dos genitores menor o número de segregantes transgressivos positivos, principalmente quando existir diferença elevada entre os genitores para o caráter em seleção (rendimento de grãos). Contudo, poderá surgir genótipos superiores, como revelam quatro cruzamentos (2, 5, 7 e 10) cujos genitores expressaram as maiores médias de rendimento de grãos e evidenciaram constituições genéticas com os maiores valores de rendimento, com 63,5, 62,3, 62,5 e 67,7 g planta<sup>-1</sup> respectivamente. Esses resultados revelam que o cruzamento de genótipos com médias elevadas de rendimento de grãos produz reduzida proporção de descendentes com segregação transgressiva, principalmente quando os genitores apresentam elevada diferença na média para rendimento de grãos, como evidenciado neste trabalho. Entretanto, há possibilidade de obtenção de combinações genéticas superiores, possivelmente devido à ação de genes complementares, fator de extrema importância ao melhoramento genético.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Não há correlação entre a heterose expressa pelos híbridos  $F_1$  e o desempenho das primeiras gerações segregantes em aveia hexaplóide, quando avaliadas em plantas espaçadas.

2. A média de rendimento de grãos das gerações  $F_2$  e  $F_3$  pode ser estimada por meio do comportamento médio dos genitores para o referido caráter.

3. O rendimento de grãos das gerações  $F_2$  e  $F_3$  não pode ser previsto por meio da utilização da distância genética obtida por caracteres morfológicos e marcadores moleculares.

4. O cruzamento entre genitores com média elevada para rendimento de grãos nem sempre produz segregantes transgressivos positivos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS, ao CNPq e à CAPES pelos auxílios recebidos e bolsas de pós-graduação e produtividade em pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

- BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARCHIORO, V.S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A.; SILVA, J.A.G.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critério de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.1, p.09-16, 2003.
- BOPPENMAIER, J.; MELCHINGER, A.E.; SEITZ, G.; GEIGER, H.H.; HERRMANN, R.G. Genetic diversity for RFLPs in European maize inbreds. III. Performance of crosses within versus between heterotic groups for grain traits. **Plant Breeding**, Berlin, v.111, n.3, p.217-226, 1993.
- BOWMAN, D.T. Attributes of public and private cotton breeding programs. **Journal of Cotton Science**, Bossier, v.4, n.1, p.130-136, 2000.
- COWEN, N.M.; FREY, K.J. Relationship between three measures of genetic distance and breeding behavior in oats (*Avena sativa* L.). **Genome**, Ottawa, v.29, n.1, p.97-106, 1987.
- CRESTE, S.; TULMANN-NETO, A.; FIGUEIRA, A. Detection of single sequence repeat polymorphism in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. **Plant Molecular Biology Reporter**, Athens, v.19, n.4, p.1-8, 2001.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.
- GALANOPOULUN-SENDOUCA, S.; ROUPAKIAS, D. Performance of cotton  $F_1$  hybrids and its relation to the mean yield of advanced bulk generations. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.11, n.1, p.53-62, 1999.
- GRAFIUS, J.E.; THOMAS, R.L. The case for indirect genetic control of sequential traits and the strategy of deployment of environmental resources by the plant. **Heredity**, New York, v.26, n.3, p.433-442, 1971.
- HAMBLIN, J.; EVANS, A.M. The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Netherlands, v.25, n.2, p.515-520, 1976.
- HAMBLIN, J.; ROSIELLE, A.A. Effect of intergenotypic competition on genetic parameter estimation. **Crop Science**, Madison, v.18, n.1, p.51-54, 1978.
- LORENCETTI, C. **Capacidade combinatória de genitores e suas implicações no desenvolvimento de progênies superiores em aveia (*Avena sativa* L.)**. Pelotas, 2004. 102p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2004.

- MARTINEZ, O.J.; GOODMAN, M.M; TIMOTHY, D.H. Measuring racial differentiation in maize using multivariate distance measures standardized by variation in  $F_2$  populations. **Crop Science**, Madison, v.23, n.4, p.775-781, 1983.
- MEREDITH Jr., W.R.; BROWN, J.S. Heterosis and combining ability of cotton originating from different regions of the United States. **Journal of Cotton Science**, Bossier, v.2, n.1, p.77-84, 1998.
- MEREDITH Jr., W.R; BRIDG, R.R. The relationship between  $F_2$  and selected  $F_3$  progenies in cotton *Gossypium hirsutum* L. **Crop Science**, Madison, v.13, n.3, p.354-356, 1973.
- MOLL, R.H.; STUBER, C.W. Quantitative genetics-empirical results relevant to plant breeding. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.26, p.277-313, 1974.
- MORGAN, C.L. Mid-parent advantage and heterosis in  $F_1$  hybrids of wheat from crosses among old and modern varieties. **Journal of Agricultural Science**, New York, v.130, n.1, p.287-295, 1998.
- NASS, H.G. Selecting superior spring wheat crosses in early generations. **Euphytica**, Netherlands, v.28, n.1, p.161-167, 1979.
- QUIÑONES, F.A. Relationships between parents and selections in crosses of dry beans, *Phaseolus vulgaris* L. **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.673-675, 1969.
- ROHLF, F.J. **NTSYS - pc numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York: Exeter Publishing, 1989.
- SAMPSON, D.R. Evaluation of nine oat varieties as parents in breeding for short stout straw with high grain yield using  $F_1$ ,  $F_2$  and  $F_3$  bulked progenies. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v.52, n.1, p.21-28, 1972.
- SOUZA, E.; SORRELLS, M.E. Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, v.82, n.2, p.233-241, 1991.
- THOMAS, R.L; GRAFIUS, J.E. Prediction of heterosis levels from parental information. In: **HETEROSIS IN PLANT BREEDING**, s/n.o, 1976, Bradford. **Proceedings...** Bradford, 1976. p.173-180.
- VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; ZIMMER, P.D.; SILVA, J.A.G.; MARTINS, A.F.; BERTAN, I.; SILVA, G.O.; SCHMIDT, D.A.M. Comparação entre medidas de distância genealógica, morfológica e molecular em aveia em experimentos com e sem a aplicação de fungicida. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.51-60, 2005.
- YAN, W.; WALLACE, D.H. Breeding for negatively associated traits. **Plant Breeding Reviews**, Berlin, v.13, n.1, p.141-177, 1995.