

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200, SUMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

RICARDO GONÇALVES SILVA¹, GLAUCO VIEIRA MIRANDA², COSME DAMIÃO CRUZ², JOÃO CARLOS CARDOSO GALVÃO² e DÉBORA GONÇALVES SILVA³

¹*Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão, Campus IV, Chapadinha – MA, CEP: 65.500-000, rgoncalves@ufma.br*

²*Professor da Universidade Federal de Viçosa.*

³*Acadêmica do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa.*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 7, n.1, p. 57-67, 2008

RESUMO - Objetivando estimar os parâmetros genéticos quanto ao caráter peso de grãos de duas populações de milho, a fim de verificar seu potencial genético em condições contrastantes quanto à disponibilidade de água, foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meio-irmãos (FMI) de cada uma das populações UFVM 100 e UFVM 200, para avaliar a tolerância ao déficit hídrico com a utilização de dois conjuntos de experimentos, representando déficit hídrico e condições ótimas de irrigação. Os experimentos foram instalados no delineamento em látice 7 x 7, com duas repetições. A irrigação foi aplicada por aspersão e, para seu manejo, utilizou-se o tensiômetro. Os experimentos foram irrigados sempre que o potencial hídrico do solo apresentava $-0,03$ MPa; no entanto, os experimentos sob estresse hídrico não foram irrigados durante sete dias, até que o potencial hídrico do solo ficasse entre $-0,09$ e $-0,1$ MPa, nas fases vegetativa, de florescimento e enchimento de grãos. A parcela experimental foi formada por uma fileira com 5 m de comprimento e espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas dentro das fileiras. Avaliou-se a produção de grãos em cada parcela. Realizou-se a análise de variância relativa às 49 FMI de cada população, em cada sistema de produção, bem como as estimativas dos parâmetros genéticos. Após as análises individuais, foram selecionadas, em cada sistema de produção, as 15% FMI mais produtivas, para estimar o ganho de seleção esperado, ao recombiná-las. O trabalho permitiu concluir que: não foi possível detectar variação genética indicando a possibilidade de melhoramento sob estresse hídrico, nas duas populações; houve baixo grau de concordância entre o desempenho das famílias em irrigação normal e déficit hídrico.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Déficit hídrico, Parâmetros genéticos

ESTIMATING GENETIC PARAMETERS FOR GRAIN YIELD IN THE MAIZE POPULATIONS UFVM 100 AND UFVM 200 SUBJECTED TO WATER DEFICIT

ABSTRACT – This study was carried out to estimate the genetic parameters for grain weight of two maize populations, for verifying their genetic potential under

contrasting conditions concerning water availability. Forty nine half-sib families (HSF) were randomly taken from each of the two populations, UFVM 100 and UFVM 200, in order to evaluate the tolerance to water deficit, using two sets of experiments representing water deficit and optimum irrigation conditions. The experiments were set up under a 7 x 7 lattice design, with two replications. Sprinkler irrigation was applied and a tensiometer used for its management. The experiments were irrigated whenever the soil water potential showed -0.03 MPa. However, the experiments under water stress were not irrigated during seven days, until the soil water potential reaches -0.09 to -0.1 Mpa, at vegetative, flowering and grain filling stages. The experimental plot comprised a row length 5m, 0.90m row spacing and plants spaced 0.20m within rows. Grain yield was determined for each plot. Analysis of variance was performed, involving the 49 HSF of each population, in each production system, and corresponding estimates of the genetic parameters were obtained. Within each production systems, genetic progress was estimated for each population assuming selection of the 15% superior HSF and subsequent recombination. Results showed that the experiments did not reveal sufficient genetic variation, in both populations, able to be explored in selection programs under water deficit conditions and also a low concordance level between the performance of the families under normal irrigation and water deficit.

Key words: *Zea mays* L., Water deficit, Genetic parameters

O veranico é a maior fonte de instabilidade do rendimento de grãos de milho, em áreas de cerrado. As estimativas de perdas na produção de milho, causadas pelo déficit hídrico, estão entre 14% e 28% do total produzido (SANTOS et al., 2003). Nesse contexto, populações e cultivares de milho tolerantes ao déficit hídrico poderão aumentar o rendimento nessas regiões.

Grant et al. (1989), Bolaños & Edmeades (1993 a, b), Durães et al. (1993, 1999) mostraram que, quando o período de veranico ocorre durante a fase de florescimento, as perdas na produção de grãos podem ultrapassar 50%. As perdas resultam da redução no número de sementes por planta, devido à inibição do florescimento, falhas na fertilização e aborto de embriões (HALL et al., 1982; WESTGATE & BOYER, 1985, 1986).

O estresse causado pelo déficit hídrico não pode ser assumido como problema simples

ou bem definido. Os trabalhos de melhoramento têm demonstrado que o problema é bastante amplo. Além disso, freqüentemente é difícil distinguir entre os efeitos diretos do déficit hídrico e de outros fatores, como fungos de solo, baixa fertilidade do solo e altas temperaturas.

A tolerância ao déficit hídrico tem sido obtida mediante a avaliação de diversos mecanismos, como profundidade de raízes, espessura de cutícula, precocidade e sincronismo no intervalo entre o florescimento masculino e feminino (IFMF). Para o milho, o IFMF é considerado um eficaz indicativo fenotípico de tolerância ao déficit hídrico por evitamento, quando imposto durante o florescimento. Ele vem sendo utilizado em programas de melhoramento que visam aumentar a estabilidade na produção sob condições de déficit hídrico (DURÃES et al., 1999). De acordo com Edmeades et al. (1993), a seleção para IFMF sob déficit hídrico, na fase

de florescimento, promove um efetivo e rápido procedimento no sentido de aumentar o rendimento e a estabilidade da produção de grãos em milho. Entretanto, há poucas informações sobre os mecanismos de controle genético do intervalo entre o florescimento masculino e feminino.

Em programas de melhoramento visando tolerância ao déficit hídrico, deve-se considerar que as práticas agrônômicas para diferenciar cultivares em condições de não-estresse frequentemente falham em detectar diferenças sob estresse, devido à intensificação dos efeitos da heterogeneidade do solo e da distribuição da água de irrigação.

A estratégia de seleção, em que se combinam ambientes sem e com estresse hídrico, foi considerada como a mais adequada por Byrne et al. (1995), após comparação de duas populações de milho, sendo uma selecionada somente em condições de estresse e a outra selecionada nas duas situações.

O presente trabalho teve por objetivo estimar parâmetros genéticos quanto ao caráter peso de grãos de duas populações de milho, procurando verificar seu potencial genético em condições contrastantes quanto à disponibilidade de água.

Material e Métodos

Foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meio-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200, para serem avaliadas quanto à tolerância ao déficit hídrico, sendo utilizados dois conjuntos de experimentos, representando déficit hídrico e condições ótimas de irrigação.

Os experimentos foram instalados em março de 2005, num solo classificado como

Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2006), no Campus Experimental Morada Nova, pertencente à Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí (FACTU), município de Unaí – MG, com latitude de 16°22'45"S, longitude de 46°53'45"O e altitude de 576m. Os dados climáticos, referentes aos meses de março a agosto de 2005 encontram-se na Tabela 1.

Utilizou-se o delineamento experimental em látice simples parcialmente balanceado 7 x 7, com duas repetições. A parcela experimental foi constituída por uma fileira com cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas dentro de fileiras, representando uma população de aproximadamente 55.000 plantas por hectare.

Na adubação de plantio, utilizaram-se 500 kg/ha da fórmula 08–28–16 + Zn. Realizaram-se duas adubações em cobertura (40 kg/ha de N aos 15 dias após a emergência – DAE; 40 kg/ha de N aos 30 DAE).

O monitoramento da umidade do solo foi feito com tensiômetros de coluna de mercúrio, cujas leituras foram utilizadas para definir o momento de irrigar. As irrigações foram feitas sempre que o potencial da água no solo a 0,20 m de profundidade era de -0,03 MPa. Entretanto, os experimentos em condições de déficit hídrico não foram irrigados durante sete dias (até que o potencial hídrico do solo ficasse entre -0,09 e -0,1 MPa), em três estádios de desenvolvimento: vegetativo, florescimento e enchimento de grãos. O período de déficit hídrico foi de 21 dias, durante o ciclo.

Durante o cultivo, foram realizadas práticas recomendadas para condução da lavoura, tais como o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais e o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

TABELA 1 . Precipitação total, insolação média diária, evaporação média diária, temperatura média diária e umidade relativa média nos meses de março a agosto do ano de 2005, em Unai - MG

	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto
Precipitação total (mm)	195,9	83,8	28,0	8,7	6,4	13,5
Insolação média (horas)	5,9	7,2	7,0	7,0	6,7	5,0
Evaporação média (mm)	2,8	3,3	3,3	3,3	4,0	5,0
Temperatura média (°C)	24,0	23,6	21,0	19,3	19,1	21,0
Umidade relativa média (%)	73,0	70,0	68,0	63,0	58,0	52,0

Fonte: Estação Climatológica de Unai - MG.

A produção de grãos foi avaliada em cada parcela. Realizou-se a análise de variância conjunta e a análise de variância relativa às 49 FMI de cada população, em cada sistema de produção, conforme recomendação de Cochran & Cox (1957), enquanto que as estimativas dos parâmetros genéticos, da análise de cada sistema de produção, foram feitas segundo o método 1, apresentado por Silva et al. (1999), considerando experimentos em látice. Para a análise intrablocos do látice, considerou-se o seguinte modelo: $y_{il(j)} = \mu + t_i + r_j + (b/r)_{l(j)} + e_{il(j)}$ em que $y_{il(j)}$ é o valor observado do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, v = k^2$), no bloco incompleto l ($l = 1, 2, \dots, k$), da repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$); μ é uma constante inerente a todas as observações; t_i é o efeito do tratamento i ; r_j o efeito da repetição j ; $e_{il(j)}$ é o erro aleatório associado à observação $y_{il(j)}$.

Estimou-se o coeficiente de correlação genotípico de acordo com Cruz (2006), por meio das expressões descritas a seguir:

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{gy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}}, \text{ sendo que } \hat{\sigma}_{gy} = \frac{PMT_{xy} - PMR_{xy}}{r};$$

$$\hat{\sigma}_{gx}^2 = \frac{QMT_x - QMR_x}{r}; \hat{\sigma}_{gy}^2 = \frac{QMT_y - QMR_y}{r} \text{ em}$$

que $\hat{\sigma}_{gy}$ é o estimador da covariância genotípica

das FMI de cada população entre os ambientes X e Y; $\hat{\sigma}_{gx}^2$ e $\hat{\sigma}_{gy}^2$ são os estimadores das variâncias genotípicas das FMI de cada população nos ambientes X e Y, respectivamente.

Após as análises conjuntas e individuais foram selecionadas, em cada sistema de produção, as 15% FMI mais produtivas, a fim de verificar a repetibilidade em condições de déficit hídrico e irrigação normal, bem como estimar o ganho de seleção esperado, ao recombiná-las. O ganho de seleção esperado foi determinado a partir do seguinte estimador: $GS = i.p.\sigma_A.h$ o ganho genético esperado com a seleção de 15% entre famílias de meio-irmãos em kg/ha; i é a intensidade de seleção; p é o controle parental; $\hat{\sigma}_A$ é o desvio-padrão aditivo; e h é a raiz quadrada da herdabilidade.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, são apresentados os resumos da análise de variância conjunta. O teste F mostrou significância a 5% de probabilidade apenas para as fontes de variação famílias e ambientes. Para a interação família X ambiente, verificou-se que não houve efeito significativo, indicando que as famílias das duas populações, nos dois sistemas de produção, apresentaram comportamento semelhante. Estimou-se a correla-

TABELA 2. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) da característica rendimento de grãos (kg/ha) na análise conjunta dos dois ambientes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a dois manejos de irrigação, irrigação normal e déficit hídrico, em três estádios de desenvolvimento

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		UFVM 100	UFVM 200
Famílias	48	1.073.881,10*	756.646,39*
Ambientes	1	42.712.760,25**	10.415.373,08**
Famílias x Ambientes	48	781.070,05n.s.	573.787,63n.s.
Erro Efetivo Médio	72	535.755,59	491.136,36
Média		5.152	4.455
CV (%)		14,2	15,7

** Significativo e ^{n.s.}. Não Significativo (p<0,05).

ção genética das duas populações entre os dois sistemas de produção, sendo que a população UFVM 100 apresentou correlação genética entre os dois sistemas de produção de 0,23, enquanto que a população UFVM 200 apresentou 0,043, indicando baixa concordância entre os rendimentos das FMI, de um ambiente para outro.

Na Tabela 3, são apresentados os resumos das análises de variância relativa a cada ensaio

com irrigação normal e déficit hídrico. O teste F revelou significância a 5% de probabilidade apenas para os tratamentos dos ensaios com famílias de meio-irmãos da população UFVM 100, sob irrigação normal, indicando haver variabilidade genética entre essas famílias. Os coeficientes de variação experimental foram baixos nos ensaios sem déficit hídrico, mas altos nos ensaios sob estresses (GOMES, 1990). Em

TABELA 3. Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) do rendimento de grãos (kg/ha) nas análises individuais, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200) submetidas a dois manejos de irrigação, irrigação normal e déficit hídrico, em três estádios de desenvolvimento

F.V.	G.L.	UFVM 100		UFVM 200	
		Normal	Déficit	Normal	Déficit
Famílias	48	1.226.515,49*	970.945,15n.s.	441.843,72n.s.	760.419,08n.s.
Erro efetivo	36	552.479,71	638.399,22	421.804,68	491.285,44
CVe (%)		13,2	23,7	13,9	16,6
Eficiência do látice(%)		106,9	127,0	105,0	101,9

* Significativo e ^{n.s.}. Não Significativo (p<0,05).

condições de estresse, valores dessa natureza ou mais elevados têm sido relatados na literatura (CHAPMAN *et al.* 1997), sendo que, em condições sem déficit, podem ser considerados normais e de acordo com o esperado (SCAPIM *et al.* 1995). Com relação à eficiência do látice, verificou-se que foi mais eficiente do que a análise em blocos casualizados, em todos os ensaios, variando de 1,9% a 27%.

No ensaio com as FMI da população UFVM 100, submetidas à irrigação normal, o rendimento das 15% FMI mais produtivas variou de 6.596 a 7.615 kg/ha, enquanto em déficit hídrico foi de 4.159 a 5.201 kg/ha. Para as FMI tomadas ao acaso da população UFVM 200, sob irrigação normal, o rendimento das 15% FMI selecionadas variou de 5.220 a 6.070 kg/ha, enquanto submetida ao déficit hídrico variou de 4.815 a 6.067 kg/ha. As médias de rendimento de grãos das 15% famílias mais produtivas de cada população em déficit

hídrico e irrigação normal são apresentadas na Tabela 4.

Observou-se que, na população UFVM 100, duas das sete famílias selecionadas são comuns aos dois níveis de irrigação, normal e déficit hídrico, representando 29% dessas famílias. A média geral das famílias, avaliadas em irrigação normal, foi de 5.619 kg/ha e, em déficit, de 3.375 kg/ha. A redução de rendimento do ensaio sem déficit hídrico, em relação ao ensaio sob déficit hídrico, foi de 40%.

Para os ensaios em que foram utilizadas as FMI oriundas da população UFVM 200, observou-se, também, que duas famílias são comuns aos dois níveis de irrigação, o que também representa 29% das famílias selecionadas. A média geral das famílias avaliadas em irrigação normal foi de 4.686 kg/ha e, em déficit hídrico, de 4.225 kg/ha, constatando-se uma redução de rendimento de

TABELA 4. Valores médios obtidos, considerando o rendimento de grãos (kg/ha) em 15% das famílias de meio-irmãos selecionadas, oriundas das populações UFVM 100 e UFVM 200, submetidas à irrigação normal e ao déficit hídrico, em três estádios de desenvolvimento, em comparação com a média geral do ensaio, em Unaí – MG

UFVM 100				UFVM 200			
Irrigação normal		Déficit hídrico		Irrigação normal		Déficit hídrico	
Famílias	kg/ha	Famílias	kg/ha	Famílias	kg/ha	Famílias	kg/ha
29	7.615	27	5.201	13	6.070	1	6.067
19	7.256	7	4.975	4	5.562	20	5.642
12	7.006	11	4.897	30	5.391	29	5.369
28	6.754	20	4.397	32	5.296	24	5.276
14	6.743	16	4.259	16	5.268	2	5.193
20	6.645	28	4.214	28	5.264	13	5.006
32	6.596	47	4.159	14	5.220	28	4.815
Média*	5.619	Média	3.375	Média	4.686	Média	4.225

* Média das 49 FMI avaliadas

10% em déficit hídrico.

Têm sido encontrados resultados na literatura em que são mencionadas reduções na produtividade variando de 14% a 63% (SAIN-DASS et al., 2001; SANTOS et al., 2003), porém, não são relatados o modo como foi efetuado o controle de umidade, o estádio em que foi dado o estresse e sua duração. A possível explicação para o comportamento distinto das famílias oriundas das duas populações, em relação à redução de rendimento sob déficit hídrico, ou seja, o fato de as FMI oriundas da população UFVM 100 apresentarem maior redução no rendimento, em comparação com as FMI da população UFVM 200, pode estar relacionada ao fato de a população UFVM 200 ter background genético diferente da UFVM 100. Resultados apresentados por Edmeades et al. (1993) indicaram, entre vários parâmetros, que a sincronia de florescimento masculino e feminino está associada, negativamente, à produção sob condições de estresse. Vários outros resultados, apresentados por Bolaños & Edmeades (1993 a, b) e Chapman et al. (1997, 1999), confirmam que a sincronia entre o florescimento masculino e feminino correlacionou-se com a produção sob estresse de água.

Para as famílias oriundas da população UFVM 200, verifica-se, que não houve redução no potencial genético das famílias selecionadas sob irrigação normal e déficit hídrico, contrariando Blum, (1988) e Johnson & Geadelmann, (1989). No entanto, para que um programa de melhoramento tenha sucesso, é necessário que exista variabilidade genética na população. As estimativas dos parâmetros genéticos obtidas no caráter rendimento de grãos (kg/ha), considerando-se os ensaios conduzidos sob irrigação e déficit hídrico, são apresentadas na Tabela 5. Para as FMI oriundas da população

UFVM 100, a estimativa da variância genética aditiva em irrigação normal foi 540.653,21 (kg/ha)² e, em déficit hídrico, 760.104,98 (kg/ha)². Quanto ao coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, as estimativas foram 56,27% e 34,81%, nos ensaios conduzidos sob irrigação normal e déficit hídrico, respectivamente. A estimativa da variância aditiva, para as FMI oriundas da população UFVM 200, sem o déficit hídrico, foi de 45.803,53 (kg/ha)² e, em déficit hídrico, foi de 615.162,60 (kg/ha)², sendo que o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, quando submetidas à irrigação normal e deficiência hídrica, foi de 4,7 % e 36,43%, respectivamente.

Tais estimativas, com exceção da população UFM 200, sob irrigação normal, podem ser consideradas de médias a altas, corroborando os trabalhos realizados por Santos et al. (2003), porém, não foram concordantes com a hipótese de Blum (1988).

Para as FMI oriundas da população UFVM 100, as estimativas do ganho genético com seleção de 15% entre famílias foram de 1.445 kg/ha (25,7%), sem estresse hídrico, e de 799 kg/ha (23,7%), com estresse hídrico, embora esse ganho genético deva ser não significativo, uma vez que não houve significância para os efeitos de famílias. As FMI oriundas da população UFVM 200, também, apresentaram estimativas do ganho genético não significativo com a seleção de 15% entre famílias. O ganho foi de 72 kg/ha (1,5%) sob irrigação normal e de 736 kg/ha (17,4%) sob déficit hídrico, indicando que, mesmo não havendo variância genética significativa, as maiores estimativas de ganho foram obtidas, selecionando-se genótipos sob déficit hídrico (BOYER, 1996; CHAPMAN et al., 1997; SANTOS et al., 2003).

A maior estimativa de ganho na

TABELA 5. Estimativas dos parâmetros genéticos do rendimento de grãos (kg/ha) considerando as famílias de meio-irmãos, oriundas das populações UFVM 100 e UFVM 200, submetidas à irrigação normal e ao déficit hídrico em três estádios de desenvolvimento, em Unai – MG

Estimador ¹	UFVM 100		UFVM 200	
	Irrigação normal	Déficit hídrico	Irrigação normal	Déficit hídrico
$\hat{\sigma}^2$	552.479,71	638.399,22	421.804,68	491.285,44
$\hat{\sigma}_F^2$	684.438,23	545.892,75	243.037,35	422.179,67
$\hat{\sigma}_g^2$	385.163,30*	190.026,24n.s.	11.450,88n.s.	153.790,65n.s.
$\hat{\sigma}_A^2$	1.540.653,21	760.104,98	45.803,53	615.162,60
$h_r^2\%$	56,27	34,81	4,7	36,43
CVg/CVe	0,7	0,5	0,2	0,6
GS (Kg/ha)	1.445	799	72	736
GS%	25,7	23,7	1,5	17,4
$\bar{X}_{\text{preditiva}}$	7.064	4.174	4.758	4.961

¹ $\hat{\sigma}^2$ = Variância ambiental entre as parcelas; $\hat{\sigma}_F^2$ = Variância fenotípica entre as médias das famílias; $\hat{\sigma}_g^2$ = Variância genética entre as famílias; $\hat{\sigma}_A^2$ = Variância genética aditiva, h_r^2 = Herdabilidade no sentido restrito; CVg/CVe = Índice de variação; GS (kg/ha) = Ganho genético esperado com a seleção de 15% entre famílias em kg/ha; GS (%) = Ganho genético esperado com a seleção de 15% entre famílias em%; $\bar{X}_{\text{preditiva}} = \bar{X}_0 + GS$.

população UFVM 100 pode ter ocorrido porque é ciclo original de seleção, como é o caso em questão, onde toda a variabilidade genética livre é liberada (RAMALHO, 1977), enquanto a população UFVM 200 já havia passado por ciclos de seleção. Valores altos de variância genética aditiva foram encontrados em populações com ciclos iniciais de seleção (SUBANDI & COMPTON, 1974), mostrando a quantidade de variação genética que poderia ser explorada nos programas de melhoramento.

Em geral, as estimativas de variâncias genéticas têm sido utilizadas para comparar a variabilidade entre populações, mas as diferenças observadas entre populações com diferentes ciclos, entre densidades de plantio

e entre os diferentes ambientes de avaliação e outros podem ser altas ou baixas e interferir nas conclusões.

Vencovsky (1978) propôs a utilização do índice CVg/CVe , que dá a proporção da variância genética em relação ao erro residual, não havendo, portanto, influência da média populacional. Observando a Tabela 5, para as FMI oriundas da população UFVM 100, nota-se que o valor do índice CVg/CVe , no ensaio sem déficit hídrico, foi de 0,7, enquanto com déficit hídrico foi de 0,5, indicando suficiente variabilidade genética a ser aproveitada com a continuidade do programa. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Ramalho (1977) e Carvalho et al. (1994). As FMI da população

UFVM 200 apresentaram o valor do índice CVg/CVe , no ensaio com irrigação normal, de 0,2, enquanto que, sob déficit hídrico, de 0,6, indicando redução na variabilidade genética para ser aproveitada com a continuidade do programa, na população sob irrigação normal e aumento na variabilidade genética a ser aproveitada na população sob déficit hídrico.

Conclusões

- Não foi possível detectar variação genética indicando a possibilidade de melhoramento sob estresse hídrico, nas duas populações.
- A população UFVM 100 apresenta variabilidade genética para ser explorada por seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, em condições de suprimento hídrico normal.
- Existe baixo grau de concordância entre o desempenho das famílias em irrigação normal e déficit hídrico.

Agradecimentos

Ao CNPq, as bolsas de doutorado e produtividade de pesquisa e à FAPEMIG o financiamento do projeto.

Literatura Citada

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 223p.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomasses, and radiation utilization. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.233-252, 1993 a.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.253-268, 1993 b.

BOYER, J.S. Advances in drought tolerance in plants. **Advances in Agronomy**, New York, v.56, p.187-218, 1996.

BYRNE, P.F.; BOLAÑOS J.; EDMEADES, G.O.; EATON, D.L. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. **Crop Science**, Madison, v.35, p.63-69, 1995.

CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R. Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho BR 5028-São Francisco no Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1727-1733, 1994.

CHAPMAN, S.C.; CROSSA, J.; EDMEADES, G.O. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize. II. Two mode pattern analysis of yield. **Euphytica**, Wageningen, v.95, p. 1-9, 1997.

CHAPMAN, S.C.; EDMEADES, G.O. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. II. Direct and correlated responses among secondary traits. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 1315-1324, 1999.

COCHRAN, G.W.; COX, C.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: J. Wile, 1957. 611p.
CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística**

experimental e matrizes. Viçosa: Editora UFV, 2006.285p.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C.; FANCELLI, A.C.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações do rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionadas com a fonte-dreno. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.5, n.1, p.1-12, 1993.

DURÃES, F.O.M.; MACHADO, R.A.F.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, M.X.; SILVA, R.; MOLINA, M. Adaptação de milho às condições de seca: 1. Caracterização de genótipos contrastantes quanto ao parâmetro fenotípico IFMF. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.11 (suplemento), p.53, 1999.

EDMEADES, G.O.; BOLAÑOS, J.; HERNANDEZ, M.; BELLO, S. Causes for silk delay in lowland tropical maize. **Crop Science**, Madison, v.33, p.1029-1035, 1993.

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

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental.** 13ª ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

GRANT, R.F.; JACKSON, B.S.; KINIRY, J.R.; ARKIN, G.F.; Water deficit timing effects on yield components in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.61-65, 1989.

HALL, A.J.; VILLELA, F.; TRAPANI, N.; CHIMENT, C. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding

and silking in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.5, p.349-363, 1982.

JOHNSON, S.S.; GEADELMANN, J.J. Influence of water stress on grain response to recurrent selection in maize. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 558-565, 1989.

RAMALHO, M.A.P. **Eficiência relativa de alguns processos de seleção intra populacional no milho baseados em famílias não endógamas.** 1977. 122p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1977.

SAIN-DASS.; PAWAN-ARORA.; MEENA-KUMARI.; DHARAM-PAL.; DASS-S.; ARORA-P.; PAL-D. Morphological traits determining drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Indian Journal of Agriculture Research**, Haryana, v.35, n.3, p.190-193, 2001.

SANTOS, M.X.; ANDRADE, C.L.T.; OLIVEIRA, A.C.; LEITE, C.E.P.; CARVALHO, H.W.L.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N. Comportamento de híbridos de milho selecionados e não selecionados para ASI sob estresse de água no florescimento e enchimento de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.71-81, 2003.

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

SILVA, H.D.; REGAZZI, A.J.; CRUZ, C.D.;

VIANA, J.M.S. Análise de experimentos em látice de quadrado com ênfase em componentes de variância. I. Análises individuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1811-1822, 1999.

SUBANDI, W.; COMPTON, W.A. Genetic studies in an exotic population of corn grown under two plant densities. I. Estimates of genetic parameters. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.44, p.153-159, 1974.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In:

PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. p.122-201.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potential in maize. **Crop Science**, Madison, v.25, p.762-769, 1985.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v.26, p.951-956, 1986.