

RICARDO GONÇALVES SILVA

**DESEMPENHO DE POPULAÇÕES DE MILHO SOB ESTRESSE
HÍDRICO E DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Genética e
Melhoramento, para obtenção do título de
Doctor Scientiae


**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006**


RICARDO GONÇALVES SILVA

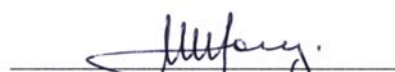
**DESEMPENHO DE POPULAÇÕES DE MILHO SOB ESTRESSE
HÍDRICO E DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

APROVADA: 10 de novembro de 2006.


Prof. Ronaldo Rodrigues Coimbra


Prof. João Carlos Cardoso Galvão
(Co-orientador)


Prof. Moacil Alves de Souza


Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro


Prof. Cosme Damião Cruz
(Presidente da Banca)

A Deus,

À Dindinho (*in memoriam*) e Vovó Gabriela (*in memoriam*),

Aos meus pais Roberto e Maria do Carmo,

Aos meus irmãos, sobrinha e afilhados,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre junto a mim mesmo nos momentos em que me distancio dele.

À minha companheira Marcia Marisa Gnoatto, pelo companheirismo, pela dedicação, pela compreensão e pelo amor incondicional.

Ao meu pai Roberto e minha mãe Maria do Carmo, pela força em todos os momentos, pela dedicação incondicional e pelo amor, responsáveis por minha formação.

Aos meus irmãos Daniele, Débora, Rodrigo, Maria e minha sobrinha Maria Isabel, pelo incentivo em todos os momentos.

Aos meus avôs Chico e Zé e minha avó Nucha, pelos ensinamentos e pelo exemplo de perseverança.

Aos meus tios, tias e primos, que acreditaram em mim.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade em realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pela amizade, pela compreensão, pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Cosme Damião Cruz, pela amizade, pela co-orientação, pelos conselhos e ensinamentos.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela amizade, pelos conselhos e ensinamentos.

Ao professor José Eustáquio de Souza Carneiro, pela amizade, pelo aconselhamento e valiosas sugestões.

Ao professor Moacil Alves de Souza, pela amizade, pela atenção, pelas críticas e sugestões.

Ao professor Ronaldo Rodrigues Coimbra, pela amizade, pela atenção e sugestões.

Aos amigos professores André Torres, Cícero Célio, Cristiano Zinato, Carlos Henrique, Sebastião Ferreira e colegas do curso, que colaboraram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos Gilda, Edson Frazão, Karen e Eliene, pelo estímulo em todos os momentos.

Aos paracatuenses Carlinhos e Weldman e demais amigos, pela amizade.

Aos estagiários Danilo Eugênio e Wesley Assis, pela amizade, pela colaboração na condução dos ensaios no campo.

À Conceição, Rita e Rosimeire, secretárias do programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela amizade e pela prontidão em todos os momentos.

A todos os funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí, principalmente da Fazenda Experimental, sob a responsabilidade do Tim, pela amizade, colaboração e, principalmente, pelo apoio na condução dos experimentos de campo.

Ao meu País, Brasil, que financiou toda minha formação acadêmica.

BIOGRAFIA

RICARDO GONÇALVES SILVA, filho de Roberto da Silva Alves e Maria do Carmo Gonçalves Silva, nasceu em 23 de julho de 1976, em Paracatu-Minas Gerais.

Em janeiro de 2000, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-Minas Gerais.

Em março de 2000, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na UFV, defendendo dissertação em abril de 2002.

Em abril de 2002, iniciou o Curso de Doutorado em Genética e Melhoramento na UFV, submetendo-se à defesa de tese em novembro de 2006.

SUMARIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
ARTIGO 1.....	10
POTENCIAL GENÉTICO DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200 AVALIADAS EM SOLOS COM DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4. CONCLUSÕES.....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
TABELAS.....	28
ARTIGO 2.....	30
ESTIMATIVAS DE PARÂMTEROS GENÉTICOS DE PRODUÇÃO DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200 SUBMETIDAS AO	30

DÉFICIT HÍDRICO.....	
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4. CONCLUSÕES.....	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
TABELAS.....	47
ARTIGO 3.....	49
ADAPTABILIDADE DE FAMÍLIAS DE MEIO-IRMÃOS DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200 SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO E A SOLOS COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO.....	49
RESUMO.....	49
ABSTRACT.....	51
1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4. CONCLUSÕES.....	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
TABELAS.....	69
FIGURA.....	74
CONCLUSÕES GERAIS.....	76

RESUMO

SILVA, Ricardo Gonçalves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2006, **Desempenho de populações de milho sob estresse hídrico e de nitrogênio**. Orientador: Glauco Vieira Miranda. Co-orientadores: João Carlos Cardoso Galvão e Maurício Bernades Coelho.

Objetivando avaliar o desempenho de populações de milho sob estresse hídrico e de nitrogênio, foram instalados oito experimentos, em Unaí – MG, em março de 2005. Quatro experimentos foram constituídos por 49 famílias de meio-irmãos (FMI), tomadas ao acaso da população UFVM 100 e quatro experimentos foram constituídos por 49 FMI, tomadas ao acaso da população UFVM 200. Em cada experimento, utilizou-se o delineamento em látice 7 x 7, com duas repetições. A parcela experimental foi aproveitada integralmente, sendo constituída de 1 linha com 5 metros de comprimento e o espaçamento de 0,9 metros, com 25 plantas por linha, representando uma população aproximada de 55.000 plantas por hectare. Para avaliar o desempenho das duas populações sob condição de estresse hídrico, ambas foram submetidas a condições ótimas de irrigação e déficit hídrico (suspensão da irrigação), em períodos críticos de desenvolvimento. Para avaliar o desempenho dessas populações em estresse de nitrogênio, estas foram submetidas a dois níveis de adubação nitrogenada (alta e

baixa disponibilidade de nitrogênio). Nos oito experimentos, foram avaliadas as produções de grãos de milho em cada parcela e posterior conversão em produções de grãos de milho, por hectare. Assim, ficou comprovado que existe baixa concordância entre o desempenho das famílias de meio-irmãos, em condições de déficit hídrico e irrigação normal e em condições de alta e baixa disponibilidade de nitrogênio, indicando a necessidade de condução de programa de um melhoramento específico no sentido de obter material adaptado a condições de estresse.

ABSTRACT

SILVA, Ricardo Gonçalves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2006. **Performance of maize populations under water and nitrogen stresses.** Adviser: Glauco Vieira Miranda. Co-advisers: João Carlos Cardoso Galvão and Maurício Bernades Coelho.

In order to evaluate the performance of some maize populations under water and nitrogen stresses, eight experiments were set up in Unaí county-MG, on March 2005. So, four experiments were constituted by 49 half-sib families (FMI) randomly taken from the population UFVM 100, whereas other four ones were constituted by 49 FMI randomly taken from the population UFVM 200. The 7 x7 lattice design was used with two replicates, in each experiment. The experimental plot was integrally used, as being constituted by one line with 5m length and 0.9m spacing, with 25 plants per line, so representing an approximate population of 55,000 plants by hectare. To evaluate the performance of both populations under water stress condition, they were subjected to optimum conditions of irrigation and water deficit (irrigation interruption) during critical development periods. Both populations were submitted to two nitrogen fertilization levels (high and low nitrogen availabilities) in order to evaluate their performance

under nitrogen stress. In those eight experiments, the yield of the maize grains in each plot and subsequent conversion into maize grain yield by hectare were evaluated. So, the occurrence of low concordance between the performance of the half-sib families under water deficit conditions and normal irrigation, as well as under high and low nitrogen availability conditions was proved, therefore indicating the need for a specific improvement program in order to obtain a material adapted to stress conditions.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a produção de sementes híbridas de milho desenvolveu-se principalmente na região centro-sul, favorecendo a ampliação do número e capacidade produtiva das empresas privadas produtoras de sementes (FERREIRA FILHO & PIRES, 1988; VON PINHO, 1995). O deslocamento das empresas produtoras de sementes, em relação ao Brasil Central, ocorreu devido às perspectivas predominantes na região.

Em regiões tropicais, a obtenção de aumentos na produção por meio da expansão de área cultivada é uma estratégia de primordial importância, que depende do desenvolvimento de genótipos cada vez mais eficientes e adaptados à condição de estresse abiótico, isto é, ambiente com temperatura elevada, baixa disponibilidade de nutrientes no solo, déficit hídrico e outras limitações, que causam desvio significativo da condição ótima para a vida (LARCHER, 2000).

As estimativas de perda na produção de milho causadas pelo déficit hídrico, nas regiões de baixa altitude, estão entre 14 e 28% do total produzido (SANTOS *et al.*, 1996). Nesta realidade, populações e cultivares de milho tolerantes ao

estresse hídrico e eficientes no uso de nitrogênio, que são os principais limitantes da produção, poderão aumentar a produtividade 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 o florescimento, as perdas na produção de grãos podem ultrapassar 50%. As perdas resultam da redução do número de sementes por plantas, 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. Em trabalhos de melhoramento, tem sido demonstrado que o problema é bastante amplo, variando de um local para outro. Além disso, freqüentemente, é difícil distinguir os efeitos diretos do déficit hídrico de outros fatores como fungos, baixa fertilidade do solo e altas temperaturas (WHITE & SINGH, 1991).

A principal dificuldade e o trabalho mais importante no planejamento de um programa de melhoramento, para regiões de baixa altitude, é o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao estresse hídrico. A questão primária refere-se à decisão quanto às características fenológicas efetivas para manter a produção e, ou sobrevivência deste sob estresse hídrico.

A tolerância ao estresse hídrico tem sido avaliada por meio de diversos fatores, como profundidade e volume de raízes, espessura de cutícula, precocidade e sincronismo no intervalo entre o florescimento masculino e feminino (IFMF). Para o milho, o IFMF é considerado eficaz indicativo fenotípico de tolerância ao déficit hídrico, quando imposto no florescimento, sendo que é utilizado nos programas de melhoramento, que visam aumentar a estabilidade na produção sob condições de déficit hídrico (DURÃES *et al.*, 1993). De acordo com Edmeades *et al.* (1993), a seleção para IFMF sob déficit hídrico, no período de florescimento, promove efetivo e rápido procedimento para aumentar a produtividade e a estabilidade do rendimento de grãos em milho. Entretanto, há poucas informações sobre os mecanismos de controle genético do intervalo entre o florescimento masculino e feminino.

Segundo White & Singh (1991), em programas de melhoramento visando tolerância ao estresse hídrico, deve-se considerar que as práticas agronômicas para diferenciar cultivares em condições de não-estresse, freqüentemente, falham para detectar diferenças quanto ao estresse, devido aos efeitos da heterogeneidade do solo e da distribuição da água de irrigação. BÄNZIGER *et al.* (1999) relataram a ineficiência da seleção de genótipos de milho, tolerantes ao estresse hídrico, com base no aumento da absorção de água ou no uso eficiente de água.

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

Têm-se obtido progressos genéticos com diversos germoplasmas (BÄNZIGER *et al.* 1999; EDMEADES *et al.*, 1993). Dependendo do método e da intensidade de seleção utilizada, a produtividade tem aumentado de 59 a 233 kg/ha/ciclo. Estes ganhos têm sido similares em condições ótimas e sob estresse hídrico. A obtenção de híbridos com produções superiores (30 a 50% superiores à média) ocorreu, quando as linhagens foram extraídas de populações tolerantes à seca quando avaliados sob esse estresse (EDMEADES *et al.*, 1993).

White & Singh (1991) consideraram que, para obter maior ganho na seleção por ciclo, é fundamental trabalhar com cultivares tolerantes e susceptíveis ao estresse hídrico, sendo necessária a identificação desses cultivares em vários ensaios bem conduzidos.

No contexto de áreas de baixa altitude, é muito importante a obtenção de genótipos, que utilizem eficientemente os nutrientes (CECCARELLI, 1996). Para a cultura do milho, esta necessidade se agrava por que os solos dessas áreas são deficientes em nutrientes, principalmente, nitrogênio (N) e fósforo (P).

Do ponto de vista nutricional, as respostas diferenciadas dos genótipos podem decorrer da maior eficiência de absorção ou de utilização de um ou mais nutrientes (GERLOFF & GABELMAN, 1983; MARTINEZ *et al.*, 1993). Os melhores critérios e métodos, usados para avaliar as plantas mais eficientes quanto à absorção e uso de nutriente, têm sido aqueles que utilizam o

crescimento de plantas de diferentes genótipos em condições de baixo nível de nutriente, verificando se tais diferenças são devidas ao mecanismo de absorção e, ou de utilização do nutriente para produção de matéria seca (Fleming, 1983, citado por FURLANI *et al.*, 1985).

Muitas características são utilizadas para avaliar as plantas mais eficientes quanto à absorção e utilização de um nutriente: concentração nos tecidos, conteúdo nas plantas, massa seca e quantidade do nutriente na fitomassa (GERLOFF, 1976). Entretanto, a relação de eficiência deve estar relacionada à fitomassa, para evitar a seleção de planta com alta eficiência de absorção e baixa produção de massa seca.

O melhoramento de populações de milho para solos com baixo nitrogênio tem sido obtido, realizando-se a seleção simultânea de famílias produtivas sob estresse (LAFITTE *et al.*, 1996). Os ganhos obtidos em populações no CIMMYT, após cinco ciclos de seleção de famílias de irmãos completos, foram de 84 kg de grãos/ha/ano (4,5% por ano) em solos com baixo N e 120 kg de grãos/ha/ano (2,3% por ano) em solos com alto N.

No caso do melhoramento, visando a obtenção de genótipos adaptados às regiões de baixa altitude e com pouca disponibilidade de nitrogênio, as características utilizadas na avaliação de genótipos são de natureza quantitativa e estão correlacionadas geneticamente, de forma que a seleção em uma provoca mudanças nas outras. Segundo Johnson & Wichern (1998), a análise dessas variáveis isoladamente poderá não ser suficiente para modelar o fenômeno, porque perde valiosas informações ao se desconsiderar as correlações existentes entre as variáveis envolvidas.

Para resolver esta dificuldade, utilizam-se as técnicas de análise multivariada.

Dentre as técnicas de análise multivariada, destaca-se a análise de componentes principais.

As análises de componentes principais são utilizadas na predição da diversidade genética entre um grupo de genitores, com o objetivo de identificar as combinações híbridas de maior efeito heterótico, de forma que, em suas gerações segregantes, alcance maior possibilidade de recuperação de genótipos superiores (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros genéticos de produção das populações de milho UFVM 100 e UFVM 200, bem como a adaptabilidade de famílias de meio-irmãos das populações submetidas ao déficit hídrico e a solos com baixa disponibilidade de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÄNZIGER, M.; MUGO, S.; EDMEDS, G.O. Breeding for drought tolerance in tropical maize-conventional approaches and challenges to molecular approaches. In: **Workshop on Molecular approaches for the genetics improvement of cereals for stable production in water-limited environments**. Athenas, Grece, 1999. p. 53-98.
- BOLAÑOS, J.; EDMEDS, G.O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, p.233-252, 1993 a.
- BOLAÑOS, J.; EDMEDS, 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.
- BYRNE, P.F.; BOLAÑOS, J.; EDMEDS, 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.
- CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, Wageningen, v.92, p.03-214, 1996.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol 2. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.

- 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.; BOLANOS, J.; HERNANDEZ, M.; BELLO, S. Causes for silk delay in lowland tropical maize. **Crop Science**, Madison, v.33, p.1029-1035, 1993.
- FERREIRA FILHO, J.B.S.; PIRES, F.C. A produção de sementes de milho no Estado de São Paulo: Setor Público x Setor Privado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.3, p.91-109, 1988.
- FURLANI, A. M. C. ; BATAGLIA, O. C. ; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.1, p.129-147, 1985.
- GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In: WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, Beltsville, Maryland, 1976, edited by Madison J. Wright - **Proceedings**. Ithaca, Cornell University, 1976. p.161-173.
- GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Eds). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology, vol. 15 B, Berlin, New York, Tokyo, Springer-Verlag, p.453-486, 1983.
- 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, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1998. 816p.

- LAFITTE, H.R.; BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G.O. Maize population improvement for low soil nitrogen. In: DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batan, Mexico. **Proceedings...** El Batan: CIMMYT, 1996. p. 85-102.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima, 2000. 531p.
- MARTINEZ, H. E. P. ; NOVAIS, R. F. ; SACRAMENTO, L. V. S. ; RODRIGUES, L. A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.239-244, 1993.
- SANTOS, M.X.; LOPES, M.A.; COELHO, A.M.; GULMARAES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; FRANÇA, G.E. Drought and low N status limiting maize production in Brazil. In: DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batan, Mexico. **Proceedings...** El Batan: CIMMYT, 1996. p. 28-56
- VON PINHO, E.V.R. **Conseqüências da autofecundação indesejáveis na produção de sementes híbridas de milho**. 1995. 130 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1995.
- 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.
- 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.
- WHITE, J.W.; SINGH, S.P.; Breeding for adaptation on drought. IN: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, J. (Eds.) **Common beans: Research for crop improvement**. Colômbia: CIAT, 1991. 980p.

ARTIGO 1

POTENCIAL GENÉTICO DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200 AVALIADAS EM SOLOS COM DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO

RESUMO

Com o objetivo de estimar o potencial genético de duas populações de milho, a fim de verificar seu potencial genético em dois sistemas de produção, com e sem estresse de nitrogênio, foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meios-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200. Utilizou-se o delineamento em látice 7 x 7, com duas repetições. O nível alto de nitrogênio foi estabelecido com a adubação de plantio mais duas adubações em cobertura, totalizando 120 kg/ha de N (40 kg/ha de N na adubação de plantio; 40 kg/ha de N aos 15 dias após a emergência – DAE; 40 kg/ha de N aos 30 DAE). O nível baixo de nitrogênio foi somente 20 kg/ha de N na adubação de plantio. A parcela experimental foi constituída por uma fileira de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas dentro de fileiras. Todos os experimentos foram submetidos ao déficit hídrico

(suspensão da irrigação) na fase de florescimento, durante um período de sete dias, até que o potencial hídrico do solo ficasse entre $-0,09$ e $-0,1$ MPa. 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, conforme recomendação de Cochran & Cox (1957), bem como as estimativas dos parâmetros genéticos, segundo o método 1 apresentado por Silva *et al.* (1999), considerando experimentos em látice. Após as análises individuais, selecionou-se, em cada sistema de produção, as 15% FMI mais produtivas a fim de estimar o ganho de seleção esperado ao recombina-las. Constatou-se que, apenas, a população UFVM 100 apresenta variabilidade genética a ser explorada pela seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, para a produção de grãos, em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio; as estimativas de parâmetros genéticos, relativas à produção de grãos, foram similares em alto e baixo nitrogênio; a consistência do grau de concordância entre o desempenho das famílias em baixa e alta disponibilidade de N foi baixa, indicando a necessidade de condução de programa de melhoramento específico, quando o objetivo é obter material adaptado a condições de estresse de nitrogênio.

ABSTRACT

GENETIC POTENTIAL OF THE MAIZE POPULATIONS UFVM 100 AND UFVM 200 EVALUATED IN SOILS WITH LOW NITROGEN AVAILABILITY

The objective of this study was to estimate the genetic potential of two maize populations, in order to verify their genetic potential under two production systems (with and without nitrogen stress). So, 49 half-sib families (FMI) of the population UFVM 100 and 49 FMI of the population UFVM 200 were randomly taken. The 7 x 7 lattice design was used, with two replicates. The high nitrogen level was established with planting fertilization more two side-dressing fertilizations, so totaling 120 kg/ha N (40 kg/ha N in planting fertilization; 40 kg/ha N at the 15 days after emergency - DAE; 40 kg/ha N at 30 DAE). The low nitrogen level was only 20 kg/ha N in planting fertilization. The experimental plot consisted of one row with 5m length and 0.90m spacing between rows and 0.20m among plants inside the rows. All experiments were subjected to water deficit (irrigation interruption) at flowering stage, during 7-day period, until soil

water potential was between -0.09 to -0.1 MPa. The grain yield was evaluated in each plot. The variance analysis relative to those 49 FMI of each population in each production system was accomplished according to recommendation by Cochran & Cox (1957), whereas the estimates of the genetic parameters were performed according to method 1 presented by Silva *et al.* (1999), when considering the lattice experiments. After the individual analyses, those 15% more productive FMI were selected in each production system to estimate the expected selection gain when recombining them. It was found that only the population UFVM 100 shows genetic variability to be explored by selection based on half-sib families, for grain production under low N availability conditions; the estimates of the genetic parameters associated to grain yield were similar as for high and low nitrogen; the consistence of the agreement level between the families' performances under low and high availability of nitrogen was low, therefore pointing out the need for conducting a specific improvement program when the objective is to obtain material adapted to nitrogen stress conditions.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte das lavouras de milho está localizada na região dos Cerrados, onde é comum a ocorrência de estiagens durante duas a três semanas, na estação chuvosa, quando o milho é cultivado. A alta demanda evapotranspirativa durante essas estiagens, aliada à baixa retenção de água dos solos de cerrado, provoca decréscimos na produtividade do milho.

O manejo da adubação nitrogenada, também, influi na intensidade dos efeitos da deficiência hídrica na cultura do milho. A aplicação de dose de N relativamente alta no plantio, geralmente, aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento no uso da água (FAGADE & DE DATTA, 1971), o que pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica na fase reprodutiva da cultura (WARD *et al.*, 1973).

Neste contexto, a obtenção de genótipos que utilizem eficientemente os nutrientes é muito importante (CECCARELLI, 1996). Para a cultura do milho, esta necessidade agrava-se por que os solos das áreas de Cerrado são deficientes em nutrientes, sobretudo nitrogênio (N) e fósforo (P).

Os programas tradicionais de melhoramento, geralmente, não efetuam seleção em ambientes pobres em N, pois, nesta situação, a variação ambiental é muito alta e, conseqüentemente, reduz a herdabilidade do caráter produção (BLUM,

1988). Esta é a principal razão pela qual a seleção tem sido efetuada em condições ótimas, mas não é consenso. Clark & Duncan (1991) argumentam que esta pode não ser a melhor estratégia para selecionar materiais, com especificidade para ambientes que têm limitação de N.

Segundo relatos disponíveis na literatura, existe variação genética entre linhagens avaliadas sob baixas condições de N no solo (BALCO & RUSSEL, 1980), entre os cultivares tropicais (THIRAPORN *et al.*, 1987) e mesmo dentro de cultivares (LAFITTE & EDMEADES, 1994). Há também evidências experimentais, em que a seleção em uma população de milho tropical foi eficiente em condições de estresse de N, mas ineficiente para produção de grãos em altos níveis de N (MURULI & PAULSEN, 1981).

O melhoramento de populações de milho, para solos com baixo nitrogênio, tem sido obtido com a seleção simultânea de famílias produtivas sob estresse (LAFITTE *et al.*, 1996). Os ganhos obtidos por meio desses critérios, aplicados em populações no CIMMYT, após cinco ciclos de seleção de famílias de irmãos completos, foram de 84 kg de grãos/ha/ano (4,5% por ano), em solos com baixo N e 120 kg/ha/ano (2,3% por ano) em solos com alto N.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o potencial genético de duas populações de milho, em dois sistemas de produção, com alta e baixa disponibilidade de nitrogênio, enfatizando o caráter peso de grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meios-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200, para serem avaliadas quanto à eficiência no uso de nitrogênio, com a utilização de dois conjuntos de experimentos, representando dois níveis de aplicação de nitrogênio no solo (alta e baixa disponibilidade de nitrogênio).

Os experimentos foram instalados em março de 2005, num solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999), no Campus Experimental Morada Nova, pertencente à Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí (FACTU) no 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.

A composição granulométrica do solo na camada de 0 a 0,20 m era 16% de areia, 17% de silte e 67% de argila. As características químicas do solo, na mesma profundidade, antes da instalação dos experimentos, são apresentadas na Tabela 2. No mês anterior à instalação dos experimentos, foi aplicada e incorporada 1,0 t/ha de calcário dolomítico, cuja necessidade de calagem foi determinada por meio do método da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (ALVAREZ & RIBEIRO, 1999).

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

O alto nível de nitrogênio (sem estresse) foi estabelecido com a adubação de plantio (500 kg/ha da fórmula 08–28–16 + Zn) mais duas adubações em cobertura, totalizando 120 kg/ha de N (40 kg/ha de N na adubação de plantio; 40 kg/ha de N aos 15 dias após a emergência – DAE; 40 kg/ha de N aos 30 DAE). O baixo nível de nitrogênio (com estresse) foi de apenas 40 kg/ha de N na adubação de plantio, utilizando-se a fórmula 08-28-16 + Zn.

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

Para o monitoramento da umidade do solo, utilizaram-se 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 -0,05 MPa.

Todos os experimentos foram submetidos ao déficit hídrico (suspensão da irrigação) na fase de florescimento masculino, durante sete dias, até que o potencial da água no solo ficasse entre -0,09 e -0,1 MPa.

A produção de grãos foi avaliada em cada parcela. Realizou-se a análise de variância relativa às 49 FMI de cada população, em cada sistema de produção e de acordo com a recomendação de Cochran & Cox (1957), sendo as estimativas dos parâmetros genéticos feitas segundo o método 1, apresentado por Silva *et al.* (1999), considerando experimentos em látice. Para a análise intrablocos do látice, foi considerado 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 é o efeito da repetição j ; $e_{il(j)}$ é o erro aleatório associado à observação $y_{il(j)}$.

Após as análises individuais foram selecionadas, em cada sistema de produção, as 15% FMI mais produtivas, a fim de verificar a repetibilidade entre o alto N (sem estresse) e baixo N (com estresse), bem como para estimar o ganho de seleção esperado ao recombiná-las. O ganho de seleção esperado foi determinado a partir do seguinte estimador: $GS = i.p.\sigma_A.h$, em que GS é 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; σ_A é o desvio-padrão aditivo; e h é a raiz quadrada da herdabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os resumos das análises de variância relativa a cada ensaio, em ambientes com alta e baixa disponibilidade de nitrogênio. O teste F revelou significância a 5% de probabilidade, apenas, para as famílias de meio-irmãos da população UFVM 100 submetidas a ambientes com alta e baixa disponibilidade de N, indicando haver variância genética na população sob seleção. Os coeficientes de variação experimental foram altos, em todos os ensaios. Nos ensaios conduzidos com alta disponibilidade de N, tal fato pode ser explicado em razão do estresse hídrico, ocorrido durante o florescimento (SANTOS *et al.*, 1998). Nos ensaios conduzidos com baixa disponibilidade de N, valores desta natureza são normais (BLUM, 1988), sendo que resultados similares ou mais altos têm sido encontrados em ensaios submetidos a estresses ambientais (MACHADO *et al.*, 1992; PARENTONI *et al.*, 1992; GAMA *et al.*, 1994). O delineamento em látice mostrou-se adequado, pois, sua eficiência em relação aos blocos completos casualizados variou de 8,7 a 21,3%.

No ensaio com as FMI tomadas ao acaso da população UFVM 100, submetidas à alta disponibilidade de N, a produtividade variou de 2.936 a 7.112 kg/ha, enquanto, em baixa disponibilidade de N, foi de 432 a 4.378 kg/ha. Para as FMI tomadas ao acaso da população UFVM 200, submetidas à alta

disponibilidade de N, a amplitude de variação da produtividade foi de 2.539 a 8.637 kg/ha, enquanto, em baixa disponibilidade de N, foi de 1.884 a 5.803 kg/ha. As médias de produtividade de grãos das 15% famílias mais produtivas de cada população, em alta e baixa disponibilidade de N, são apresentadas na Tabela 4.

Observou-se que, para a população UFVM 100, não há famílias comuns aos dois níveis de adubação nitrogenada, alta e baixa disponibilidade de N. A média geral das famílias, avaliadas em alta disponibilidade de N, foi de 4.645 kg/ha, mas em baixa disponibilidade de N foi de 2.374 kg/ha, constatando-se uma redução de 49% na produtividade, em baixa disponibilidade de N, semelhante ao encontrado por Lafitte & Edmeades (1994), quando avaliaram famílias de irmãos germanos em solos com baixa e alta disponibilidade de N.

Para os ensaios em que foram utilizadas as FMI, oriundas da população UFVM 200, observou-se que duas famílias, dentre as sete selecionadas, são comuns aos dois níveis de adubação nitrogenada, o que representa 29% das famílias. A média geral das famílias avaliadas em alto N foi de 5.511kg/ha e, em baixo N, de 3.943 kg/ha, constatando-se uma redução na produtividade de 28,4%. Este valor é bem próximo àquele encontrado por Resende (1989), ao avaliar famílias em solos contrastantes para alumínio, bem como àquele encontrado por Santos *et al.* (1998), quando avaliaram famílias de meio-irmãos em ambientes de baixa e alta disponibilidade de nitrogênio. O comportamento distinto das famílias, oriundas das duas populações, em relação à redução da produtividade em baixo N, ou seja, maior redução na produtividade das FMI oriundas da população UFVM 100, em comparação com as FMI da população UFVM 200, pode estar relacionado ao fato de a população UFVM 200 ter passado por seleção para sincronia de florescimento masculino e feminino, uma vez que esta característica está associada à quantidade de biomassa da espiga (EDMEADES *et al.*, 1993).

Em trabalho realizado por Santos *et al.* (1998), que avaliaram a produtividade média da variedade BR 106, submetida a ambientes contrastantes quanto à disponibilidade de N, foi observado que, em baixa disponibilidade de N, houve redução de 65,8% na produtividade, em relação ao alto N. Ainda que as

produções sejam mais baixas em baixo N, conforme se observa na Tabela 4, o menor custo de produção neste sistema pode compensar a desvantagem, tornando-se viável, principalmente, para pequenos produtores de baixo poder aquisitivo. Esta viabilidade tem sido comprovada, quando a produtividade da lavoura oscila entre 1.000 e 1.500 kg/ha (AGRIANUAL, 2004).

Para as famílias oriundas da população UFVM 200, verifica-se que a seleção sob estresse de N não reduziu o potencial genético das famílias, quando avaliadas sem o estresse de nitrogênio, contrariando o que constatado por Muruli & Paulsen (1981), mas corroborando com os resultados obtidos por Resende (1989), Clark & Duncan (1991), Lafitte & Edmeades (1994) e Santos *et al.* (1998).

Para que um programa de melhoramento tenha sucesso, é necessário que exista variabilidade genética na população. Na Tabela 5, são apresentadas as estimativas dos parâmetros genéticos, obtidas no caráter produtividade de grãos (kg/ha), considerando-se os ensaios conduzidos sob alta e baixa disponibilidade de N. Para as FMI oriundas da população UFVM 100, a estimativa da variância genética aditiva em alto N foi de 416.858,635 (kg/ha)² e, em baixo N, 391.277,35 (kg/ha)². Quanto ao coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, as estimativas foram 47,8% e 47,7% nos ensaios conduzidos sob alta e baixa disponibilidade de N, respectivamente. A estimativa da variância aditiva, para as FMI oriundas da população UFVM 200 em alto N foi de 1.893.488,92 (kg/ha)² e em baixo N foi de 677.402,28 (kg/ha)², e o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito submetidas à alta e baixa disponibilidade de N foi de 33,0 % e 32,6%, respectivamente. Como a variância genética entre as médias de famílias é nula, este valor de herdabilidade reflete, unicamente, o grau moderado do controle ambiental sob a característica avaliada.

As estimativas de h^2 para UFVM 100 podem ser consideradas como médias a altas, corroborando com os trabalhos realizados por Santos *et al.* (1998); entretanto, não concordam com a hipótese de Blum (1988) e indicam que a seleção entre famílias de meios irmãos é mais eficiente que a seleção massal.

Para as FMI oriundas da população UFVM 100, as estimativas do ganho genético esperado com seleção das 15% mais produtivas foram de 1.387 kg/ha

(29,9%) em alto N e de 1.343 kg/ha (56,5%) em baixo N. As FMI oriundas da população UFVM 200 apresentaram estimativas do ganho genético esperado com a seleção das 15% mais produtivas de 1.228 kg/ha (22,3%) em alto N e de 730 kg/ha (18,5%) em baixo N. Na população UFVM 200, o ganho é nulo, pois, apresentou variância genética entre médias de família (σ_G^2) igual à zero, isto é, não significativa. Resultados semelhantes foram observados por Resende (1989), embora com valores bem mais baixos de variância genética aditiva, herdabilidades e progresso genético. Este fato pode ter ocorrido por que no ciclo original de seleção, como é o caso em questão, toda variabilidade genética livre é liberada (RAMALHO, 1977), enquanto a população trabalhada por Resende (1989) já havia passado por ciclos de seleção. Valores mais altos de variância genética aditiva foram, também, encontrados em populações nos ciclos iniciais de seleção (GOODMAN, 1965; SUBANDI & COMPTON, 1974), mostrando a quantidade de variação genética, que podia ser explorada nos programas de melhoramento.

Em geral, as estimativas das variâncias genéticas aditivas têm sido utilizadas para comparar a variabilidade entre populações. Entretanto, as diferenças observadas entre populações com diferentes ciclos, entre densidades de plantio e entre os diferentes ambientes de avaliação, além de outros, podem ser altas ou baixas e interferir nas conclusões.

Para solucionar o problema, 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 ambiente de alto N foi de 0,73, enquanto em baixo N foi 0,75, indicando variabilidade genética a ser aproveitada com a seleção. Estes resultados estão de acordo com aqueles apresentados por Ramalho (1977), Carvalho *et al.* (1994) e Santos *et al.* (1998). As FMI da população UFVM 200 apresentaram o valor do índice CVg/CVe no ambiente de alto N de 0,55, enquanto em baixo N foi de 0,43, indicando pouca variabilidade genética para ser aproveitada com a seleção.

Em geral, todas as estimativas foram menores nos ensaios, conduzidos sob baixa disponibilidade de N, em decorrência do estresse ambiental e menor produtividade das famílias avaliadas; entretanto, detectou-se suficiente variabilidade genética para se obter progresso nos ciclos posteriores de seleção na população UFVM 100. Os resultados confirmam a existência de variabilidade genética para o milho, em condições de baixo N no solo e são coerentes com aqueles apresentados por Balko & Russel (1980), Thiraporn *et al.* (1987), Lafitte & Edmeades (1994) e Santos *et al.* (1998).

4. CONCLUSÕES

- A população UFVM 100 conta com variabilidade genética para produtividade de grãos a ser explorada pela seleção, baseada em famílias de meio-irmãos.
- As estimativas de parâmetros genéticos, associados à produção de grãos, foram similares com alto e baixo nitrogênio.
- A concordância entre o desempenho das famílias em baixa e alta disponibilidade de N foi baixa, indicando a necessidade de condução de programa de melhoramento específico, quando o objetivo é obter material adaptado a condições de estresse de nitrogênio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL, Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004. p.373-395.
- ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.R. Calagem. In: **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. RIBEIRO, A.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.). Viçosa: CFSEMG, 1999, p.43-60.
- BALKO, L.G.; RUSSEL, W.A. Effects of rates of nitrogen fertilizer no maize inbred lines and hybrids progeny. I. Prediction of yield response. **Maydica**, Bergamo, v.25, p.65-79, 1980.
- BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988. 223p.
- 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 progênes de meios-irmãos na população de milho BR 5028-São Francisco no Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1727-1733, 1994.
- CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, Wageningen, v.92, p.03-214, 1996.
- CLARK, R.B.; DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.27, p.219-240, 1991.

- COCHRAN, G.W.; COX, C.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1957. 611p.
- EDMEADES, G.O.; BOLANOS, 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**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FAGADE, S.O.; DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.503-506, 1971.
- GAMA, E.E.G. e; BARROS, D.G.; LEITE, C.E.P.; SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N. Avaliação do Composto CMS 54. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992/1993**, Sete Lagoas, v.6, p.201, 1994.
- GOODMAN, M.M. Estimates of genetic variance in adapted and exotic population of maize. **Crop Science**, Madison, v.5, p.87-90, 1965.
- LAFITTE, H.R.; BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G.O. Maize population improvement for low soil nitrogen. In: DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batan, Mexico. **Proceedings...** El Batan: CIMMYT, 1996. p. 85-102
- LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.39, p.1-14, 1994.
- MACHADO, A.T.; MAGALHÃES, J.R.; MAGNAVACA, R.; SILVA, M.R.; PESQUERO, J.L. Determinação da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio em diferentes genótipos de milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**, Sete Lagoas, v.5, p.134-135, 1992.
- MURULI, B.I.; PAULSEN, G.M. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. **Maydica**, v.26, p.63-73, 1981.
- PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R.; LOPES, M.A.L.; SANTOS, M.X.; MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E.; BAHIA FILHO, A.F.C. Melhoramento do Composto de milho CMS 54. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988/1991**, Sete Lagoas, v.5, p.139-140, 1992.

- 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.
- RESENDE, M.D.V. **Seleção de genótipos de milho em solos contrastantes.** 1989. 212 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1989.
- SANTOS, M.X.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; FRANÇA, G.E.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; LOPES, M.A. Melhoramento intrapopulacional no Sintético Elite Nt para solos pobres em nitrogênio. I. Parâmetros genéticos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.1, p.29-34, 1998.
- 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.
- THIRAPORN, R.; GEISLER, G.; STAMP, P. Effects of nitrogen fertilization on yield and yield components of tropical maize cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.159, p.9-14, 1987.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. p.122-201.
- WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. Plant analysis as an aid in fertilizing small grains. In: WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. **Soil testing and plant analysis.** [S.l.]: American Society of Agronomy, 1973. p.329-348.

TABELAS

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	Mai	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.

TABELA 2 - Atributos químicos do Latossolo Vermelho distrófico da área experimental antes da instalação do ensaio, em Unai, MG

Profundidade	pH	Ca	Mg	K	P	M.O.
	H ₂ O		mg/dm ³			(dag/Kg)
0-20 cm	4,8	0,8	0,6	221	0,8	2,0

TABELA 3 – Valores e significância dos quadrados médios (QM) da produtividade de grãos (kg/ha) nas análises individuais, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200) submetidas aos dois manejos de nitrogênio, alto e baixo

F.V.	G.L.	UFVM 100		UFVM 200	
		Alto N	Baixo N	Alto N	Baixo N
Famílias	48	1.508.642,00*	1.387.552,57*	2.404.142,29 ^{n.s.}	1.197.033,12 ^{n.s.}
Erro efetivo	36	779.139,39	702.817,21	1.575.740,89	900.669,62
CVe (%)		19,0	35,3	22,8	24,0
Eficiência do látice (%)		108,7	121,3	114,4	113,5

* Significativo e ^{n.s.} Não Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4 – Valores médios obtidos, considerando a produtividade de grãos (kg/ha) em 15% das famílias de meio-irmãos mais produtivas, oriundas das populações UFVM 100 e UFVM 200, submetidas ao alto e baixo nível de nitrogênio, em comparação com a média geral do ensaio, em Unaí – MG

UFVM 100				UFVM 200			
Alto N		Baixo N		Alto N		Baixo N	
Famílias	Kg/ha	Famílias	kg/ha	Famílias	kg/ha	Famílias	kg/ha
42	7.112	8	4.378	34	8.637	49	5.803
49	6.993	1	3.322	27	7.633	13	5.746
35	6.242	2	4.140	29	6.977	15	5.294
19	6.230	7	3.690	49	6.967	21	5.144
43	6.061	33	3.428	15	6.962	47	5.089
47	5.790	27	3.426	46	6.828	42	5.080
34	5.661	32	3.362	35	6.778	1	4.925
Média*	4.645	Média	2.374	Média	5.511	Média	3.943

* Média das 49 FMI avaliadas

TABELA 5 – Estimativa dos parâmetros genéticos da produtividade de grãos (kg/ha) considerando as famílias de meio-irmãos, oriundas das populações UFVM 100 e UFVM 200, submetidas ao alto e baixo nível de nitrogênio, em Unaí – MG

Estimador ¹	UFVM 100		UFVM 200	
	Alto N	Baixo N	Alto N	Baixo N
$\hat{\sigma}^2$	779.139,39	702.817,21	1.575.740,89	900.669,62
$\hat{\sigma}_F^2$	873.241,31	820.624,13	1.422.394,36	722.563,28
$\hat{\sigma}_G^2$	416.858,63*	391.277,35*	473.372,23 ^{n.s.}	169.350,57 ^{n.s.}
$\hat{\sigma}_A^2$	1.667.434,52	1.565.109,40	1.893.488,92	677.402,28
h_r^2 %	47,8	47,7	33,0	32,6
CVg / CVe	0,73	0,75	0,55	0,43
GS (kg/ha)	1.387,4	1.342,7	1.228,4	730,3
GS%	29,9	56,5	22,3	18,5
$\bar{X}_{preditiva}$	6.032,4	3.716,7	6.739,4	4.673,3

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%; $\bar{X}_{preditiva} = \bar{X}_0 + GS$; * significativo ao nível de 5% de significância; ^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de significância.

ARTIGO 2

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

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 7 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, conforme recomendação de Cochran & Cox (1957), sendo que as estimativas dos parâmetros genéticos foram feitas segundo o método 1, apresentado por Silva *et al.* (1999), considerando experimentos em látice. Após as análises individuais, foram selecionadas, em cada sistema de produção, as 15% FMI mais produtivas para estimar o ganho de seleção esperado, ao recombina-las. O trabalho permitiu concluir que: as duas populações UFVM 100 e UFVM 200 não apresentam variabilidade genética para ser explorada pela seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, para a produção de grãos, sob condições de déficit hídrico; as estimativas de parâmetros genéticos são mais baixas em populações melhoradas; e existe baixo grau de concordância entre o desempenho das famílias em irrigação normal e déficit hídrico, indicando a necessidade de condução de programa de melhoramento específico, quando o objetivo é obter material adaptado a condições de estresse hídrico.

ABSTRACT

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

This study was carried out to estimate the genetic parameters for grain weight of two maize populations, as trying to verify their genetic potential under contrasting conditions concerning to water availability. So, 49 half-sib families (FMI) were randomly taken from each population UFVM 100 and UFVM 200 in order to evaluate the tolerance to water deficit, by using two experimental groups that represented the water deficit and optimum irrigation conditions. The experiments were set up under the lattice 7 x 7 design, with two replicates. The sprinkler irrigation was performed and the tensiometer was used to managing it. The experiments were irrigated whenever the soil water potential showed -0.03 MPa. However, the experiments under water stress were not irrigated for 7 days, until the soil water potential was from -0.09 to -0.1 MPa at the vegetative, flowering and grain fulfillment stages. The experimental plot was formed by one 5m-length row with spacing of 0,90m between rows and 0,20m between the plants inside rows. The grain yield was evaluated at each plot. The variance

analysis relative to those 49 FMI of each population in each production system was performed according to recommendation by Cochran & Cox (1957), as well as the genetic parameter estimates that were accomplished according to method 1 shown by Silva *et al.* (1999), by considering the lattice experiments. After selecting the individual analyses in each production system, those 15% FMI that were more productive to estimate the expected selection gains when recombining them. According to the results, the following conclusions may be drawn: both populations UFVM 100 and UFVM 200 do not show genetic variability to be explored by selection, based on half-sib families, for grain yield under water deficit conditions; the genetic parameter estimates are lower in improved populations; and there is a low concordance level between the performance of the families under normal irrigation and water deficit, therefore indicating the need for a specific improvement program when the objective is the obtainment of material adapted to water stress conditions.

1. INTRODUÇÃO

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.*, 1996).

Neste contexto, populações e cultivares de milho tolerantes ao estresse hídrico poderão aumentar a produtividade 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 fungo de solo, baixa fertilidade do solo e altas temperaturas (WHITE & SINGH, 1991).

A tolerância ao estresse 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, 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 a produtividade e a estabilidade do rendimento de grãos em milho. Entretanto, há poucas informações sobre os mecanismos de controle genético do intervalo entre o florescimento masculino e feminino.

Segundo White & Singh (1991), em programas de melhoramento visando tolerância ao estresse hídrico, deve-se considerar que as práticas agronômicas para diferenciar cultivares em condições de não-estresse, freqüentemente, falham em detectar diferenças sobre 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 os 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.

2. 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, 1999), 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 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, utilizou-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*).

A produção de grãos foi avaliada em cada parcela. Realizou-se a análise de variância relativa às 49 FMI de cada população, em cada sistema de produção, conforme recomendação de Cochran & Cox (1957), enquanto as estimativas dos parâmetros genéticos 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 é o efeito da repetição j ; $e_{il(j)}$ é o erro aleatório associado à observação $y_{il(j)}$.

Após as análises 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: $GS = i.p.\sigma_A.h$, em que GS é 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; σ_A é o desvio-padrão aditivo; e h é a raiz quadrada da herdabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, 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 estresse hídrico, mas altos nos ensaios sob estresse hídrico (GOMES, 1990). Em condições de estresse, valores dessa natureza ou mais elevados têm sido relatados na literatura (CHAPMAN *et al.* 1997), sendo que, em condições sem estresse, esses valores podem ser considerados normais e de acordo com o esperado (SCAPIM *et al.* 1995). Com relação à eficiência do látice, verifica-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, submetida à irrigação normal, a produtividade variou de 4.284 a 7.615 kg/ha, enquanto em déficit hídrico foi de 1.777 a 5.201 kg/ha. Para as FMI tomadas ao acaso da população UFVM 200, sob irrigação normal, a produtividade variou de 3.464 a 6.070 kg/ha, enquanto submetida ao déficit hídrico variou de 3.148 a 6.067 kg/ha. As médias

de produtividade de grãos das 15% famílias mais produtivas de cada população em déficit hídrico e irrigação normal são apresentadas na Tabela 3.

Observou-se que, para população UFVM 100, duas das sete famílias selecionadas são comuns aos dois níveis de irrigação, normal e déficit hídrico, representando 29% das 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 produtividade do ensaio sem estresse hídrico, em relação ao ensaio sob estresse hídrico, foi de 40%.

Para os ensaios em que foram utilizadas as FMI oriundas da população UFVM 200, observa-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 produtividade de 10% em déficit hídrico.

Têm sido encontrados resultados na literatura, em que são mencionadas reduções na produtividade variando de 14% a 63% (ROBINS & DOMINGO, 1953; EDMEADES *et al.*, 1989; SANTOS *et al.*, 2000; SAIN-DASS *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 2003), porém, não são reportados o modo como foi efetuado o controle de umidade, o estágio 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 da produtividade sob déficit hídrico, ou seja, o fato de as FMI oriundas da população UFVM 100 apresentarem maior redução na produtividade, em comparação com as FMI da população UFVM 200, pode estar relacionada ao fato de a população UFVM 200 ter passado por seleção para sincronia de florescimento masculino e feminino. Resultados apresentados por Edmeades *et al.* (1989) 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 produtividade de grãos (kg/ha), considerando-se os ensaios conduzidos sob irrigação e déficit hídrico, são apresentadas na Tabela 4. Para as FMI oriundas da população UFVM 100, a estimativa da variância genética aditiva em irrigação normal foi 1.540.653,21 (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 estresse hídrico, foi de 45.803,53 (kg/ha)² e em estresse 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 com 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 este ganho genético deva ser nulo, uma vez que não se tem variância genética ($\sigma_G^2 = 0$). As FMI oriundas da população UFVM 200, também, apresentaram estimativas do ganho genético nulo 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.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2003).

A maior estimativa de ganho na população UFVM 100 pode ter ocorrido por que é ciclo original de seleção, como é o caso em questão, toda 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 4, para as FMI oriundas da população UFVM 100, nota-se que o valor do índice CVg/CVe no ensaio sem estresse hídrico foi de 0,7, enquanto com estresse hídrico foi de 0,5, indicando suficiente variabilidade genética a ser aproveitada com a continuidade do programa. Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Ramalho (1977), 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.

4. CONCLUSÕES

- As duas populações UFVM 100 e UFVM 200 não apresentam variabilidade genética para ser explorada por seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, em condições de déficit hídrico.
- Existe baixo grau de concordância entre o desempenho das famílias em irrigação normal e déficit hídrico, indicando a necessidade de condução de programa de melhoramento específico, quando o objetivo é obter material adaptado a condições de déficit hídrico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.; EDMENDES, 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. Wiley, 1957. 611p.
- 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.; BOLANOS, J.; HERNANDEZ, M.; BELLO, S. Causes for silk delay in lowland tropical maize. **Crop Science**, Madison, v.33, p.1029-1035, 1993.
- EDMEADES, G.O.; BOLANOS, J.; LAFITTE, H.R.; RAJARAM, S.; PFEIFFER, W.; FISCHER, R.A. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. In: **Drought Resistance in Cereals**. BAKER, F.W.G. (Ed.). ICSU and CABI, Paris and Wallingford, p.27-52, 1989.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- 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.
- ROBINS, J.S.; DOMINGO, L.E. Some effects on severe soil moisture deficits at specific stages in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.45, p.618-621, 1953.
- 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.
- SANTOS, M.X.; ANDRADE, C.L.T.; LEITE, C.E.P.; PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; CARVALHO, H.W.; MEIRELLES, W.F.; DURÃES, F.O. Avaliação de linhagens e híbridos de milho selecionados para sincronia de florescimento sob condições normais de irrigação e com estresse de umidade. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 45., REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 28, 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 240-252.
- SANTOS, M.X.; LOPES, M.A.; COELHO, A.M.; GULMARAES, P.E.º; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; Franca, G.E. Drought and low N status limiting maize production in Brazil. In: DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1996, El Batan, Mexico. **Proceedings...** El Batan: CIMMYT, 1996. p. 58-56.
- 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.
- WHITE, J.W.; SINGH, S.P.; Breeding for adaptation on drought. In: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, J. (Eds.) **Common beans: Research for crop improvement**. Colômbia: CIAT, 1991. 980p.

TABELAS

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 Unaí - MG

	Março	Abril	Mai	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 Unaí - MG.

TABELA 2 – Valores e significância dos quadrados médios (QM) da produtividade 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
Tratamentos	48	1.226.515,49*	970.945,15 ^{n.s.}	441.843,72 ^{n.s.}	760.419,08 ^{n.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 ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 – Valores médios obtidos, considerando a produtividade 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	
Tratamento	kg/ha	Tratamento	kg/ha	Tratamento	kg/ha	Tratamento	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

TABELA 4 – Estimativas dos parâmetros genéticos da produtividade 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 Unaí – 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*	190.026,24 ^{n.s.}	11.450,88 ^{n.s.}	153.790,65 ^{n.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
$\bar{X}_{preditiva}$	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%; $\bar{X}_{preditiva} = \bar{X}_0 + GS$.

ARTIGO 3

ADAPTABILIDADE DE FAMÍLIAS DE MEIO-IRMÃOS DAS POPULAÇÕES DE MILHO UFVM 100 E UFVM 200 SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO E A SOLOS COM BAIXA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO

RESUMO

Com o objetivo de estudar a adaptabilidade de famílias de meio-irmãos de duas populações de milho, em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio, utilizando-se o método centróide, com análise gráfica baseada em componentes principais, foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meio-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200. Para cada população, foram instalados quatro experimentos, cada um representando um ambiente. Nos ambientes 1 e 2, avaliou-se a eficiência ao uso de nitrogênio, representando dois níveis de aplicação de nitrogênio no solo, alto e baixo respectivamente. Nos ambientes 3 e 4, avaliaram-se a tolerância ao déficit hídrico, irrigação normal e déficit hídrico (suspensão da irrigação) durante sete dias, em três estádios de desenvolvimento da cultura. Para avaliar a

adaptabilidade das famílias de meio-irmãos das populações UFVM 100 e UFVM 200, aplicou-se a técnica multivariada de componentes principais, que possibilita obter um número reduzido de variáveis abstratas e independentes, a fim de representar, em ordem de estimação, o máximo da variação total contida nas variáveis originais. O método consiste em empregar a metodologia de componentes principais, para representar a informação da performance diferencial dos genótipos diante das alterações ambientais; portanto, o objetivo não consiste em representar a divergência entre tratamentos, como normalmente está técnica é empregada no melhoramento e em estudos de diversidade genética. Na avaliação da resposta diferencial dos genótipos, a metodologia de componentes principais foi utilizada no conjunto de dados originais, contendo a média dos $g + 4$ genótipos em cada ambiente. Permitiu-se concluir que a população UFVM 100 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio); a população UFVM 200 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade geral, uma de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e uma com baixa adaptação, sendo que, nas duas populações, a maioria das famílias de meio-irmãos apresentou comportamento consistente nos quatro ambientes.

ABSTRACT

ADAPTABILITY OF HALF-SIB FAMILIES IN THE MAIZE POPULATIONS UFVM 100 AND UFVM 200 SUBJECTED TO EITHER WATER DEFICIT AND SOILS WITH LOW NITROGEN AVAILABILITY

Aiming at the study of the adaptability of half-sib families from two maize populations under contrasting environments concerning to the availability of water and nitrogen, by using the centroid method with graphic analysis based on main components, 49 half-sib families (FMI) of the population UFVM 100 and 49 FMI of the population UFVM 200 were randomly taken. For each population, four experiments were set up, as each one representing one environment. Under the environments 1 and 2, the efficiency in using the nitrogen was evaluated, as representing two nitrogen application levels on the soil, high and low respectively. In the environments 3 and 4, the tolerance to water deficit, normal irrigation and water deficit (irrigation interruption) were evaluated over seven days in three development stages of the crop. To evaluate the adaptability of the half-sib families of the populations UFVM 100 and UFVM 200, the multivariate

main component technique that allows for obtaining a reduced number of both abstract and independent variables aiming to represent under estimation order the maximum of the total variation contained in the original variables. In this method, the main component methodology is used to represent the differential performance information of the genotypes in front of the environmental changes, but not aiming to represent the divergence among treatments as this technique is usually used in the improvement and genetic diversity studies. When evaluating the differential response by genotypes, the main component methodology was applied on original data group containing the average of the $g + 4$ genotypes in each environment. It was concluded that the population UFVM 100 showed two half-sib families with specific adaptability to unfavorable environments (water deficit and low nitrogen availability); the population UFVM 200 presented two half-sib with general adaptability, as being one with specific adaptability to unfavorable environment and another with low adaptation; and most half-sib families in both populations presented consistent behavior in those four environments.

1. INTRODUÇÃO

Nas principais regiões produtoras do Brasil, as oscilações nas safras de milho estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos (BERGONCI *et al.*, 2001; BERGAMASCHI *et al.*, 2004; BERGAMASCHI *et al.*, 2006).

A obtenção de aumentos na produção de milho, por meio da expansão da área cultivada, é uma estratégia de primordial importância, que depende do desenvolvimento de genótipos cada vez mais eficientes e adaptados à condição de estresse abiótico, isto é, ambiente com temperatura elevada, baixa disponibilidade de nutrientes no solo, déficit hídrico, entre outras limitações que causam desvio significativo da condição ótima para alcançar alta produção (LARCHER, 2000).

O manejo da adubação nitrogenada, também, influencia a intensidade dos efeitos da deficiência hídrica na cultura do milho. A aplicação de dose relativamente alta de N no plantio, geralmente, aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento no uso da água (FAGADE & DE DATTA, 1971), o que pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica na fase reprodutiva da cultura (WARD *et al.*, 1973).

Bänziger *et al.* (1999) relataram a ineficiência da seleção de genótipos de milho, tolerantes ao estresse hídrico, baseando-se no aumento da absorção de água ou no uso eficiente de água.

A estratégia de seleção, combinando ambientes sem e com estresse, foi considerada como mais indicada após a comparação de duas populações de milho, sendo uma selecionada somente em condições de estresse e a outra selecionada nas duas situações (BYRNE *et al.*, 1995).

Segundo Nunes *et al.* (2002), a principal maneira de estudar o comportamento dos cultivares é por meio de ensaios de competição, instalados em diferentes ambientes.

A acentuada interação genótipos x ambientes, presente em muitas culturas, faz com que estudos de adaptabilidade a ambientes específicos sejam parte integrante dos programas de melhoramento vegetal (ROCHA *et al.*, 2005).

Muitos autores consideram a avaliação de genótipos, visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes, como uma das etapas mais importantes de um programa de melhoramento (FARIAS *et al.*, 1997; NUNES *et al.*, 2002). A recomendação de cultivares superiores normalmente é feita, considerando-se duas estratégias principais: primeira, identificação dos genótipos com adaptabilidade geral, visando recomendação a um conjunto de ambientes heterogêneos e, segunda, a recomendação de indivíduos adaptados a ambientes específicos visando capitalizar o efeito da interação.

Na literatura disponível, existem vários métodos para estudo e quantificação da interação genótipos x ambientes, entre os quais se destacam: métodos baseados em análise da variância (PLAISTED & PETERSON, 1959; BURDON, 1977), regressão linear simples (FINLAY & WILKINSON, 1963; EBERHART & RUSSELL, 1966) regressão linear múltipla (VERMA *et al.*, 1978; CRUZ *et al.*, 1989); e métodos não-paramétricos (HUENH, 1990; LIN & BINNS, 1988). As metodologias baseadas em regressão são as mais utilizadas para estudos de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, em razão da simplicidade matemática e interpretação biológica (CROSSA, 1991; LAVORANTI, 2003).

Os métodos baseados em regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos ao efeito do ambiente, que geralmente é estimado, utilizando-se o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (CRUZ & REGAZZI, 2004). Como desvantagens destes métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise, três ambientes para os métodos que utilizam regressão linear simples e seis para os que utilizam regressão linear bissegmentada, o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística, de existência de dependência entre o índice ambiental utilizado para classificar os ambientes e a produtividade média do cultivar (CRUZ *et al.*, 1989).

Embora sejam, rotineiramente, utilizadas no melhoramento de plantas, as metodologias baseadas em componentes principais são, ainda, pouco exploradas em estudos da interação genótipo x ambiente. Esta metodologia, geralmente utilizada em estudos de diversidade genética com o intuito de redução da dimensionalidade contida nas variáveis originais (ALVES, 2002; CRUZ & REGAZZI, 2004), é utilizada neste trabalho, para representar a variação da performance dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano com poucos eixos. Esta abordagem destaca-se em razão da facilidade de interpretação dos resultados, permitindo a análise simultânea da performance de um número de genótipos relativamente.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar a adaptabilidade de famílias de meio-irmãos de duas populações de milho, em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio, utilizando-se o método centróide, com análise gráfica baseada em componentes principais.

2. 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 avaliar a adaptabilidade em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio.

Para cada população, foram instalados quatro experimentos, cada um, representando um ambiente. Nos ambientes 1 e 2, avaliou-se a eficiência no uso de nitrogênio, representando dois níveis de aplicação de nitrogênio no solo (alta e baixa disponibilidade de nitrogênio). O nível alto de nitrogênio (sem estresse) foi estabelecido com a adubação de plantio (500 kg/ha da fórmula 08-28-16 + Zn) e duas adubações em cobertura, totalizando 120 kg/ha de N (40 kg/ha de N na adubação de plantio; 40 kg/ha de N aos 15 dias após a emergência – DAE; 40 kg/ha de N aos 30 DAE). O nível baixo de nitrogênio (com estresse) foi de somente 40 kg/ha de N na adubação de plantio, utilizando-se a fórmula 08-28-16 + Zn. Nos ambientes 3 e 4, avaliou-se a tolerância ao déficit hídrico, representando déficit hídrico e condições ótimas de irrigação, respectivamente. 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; no entanto, os experimentos em condições de déficit hídrico não foram irrigados durante sete dias (até que o potencial hídrico

do solo ficasse entre $-0,09$ a $-0,1$ MPa), em três estádios de desenvolvimento: vegetativo, florescimento e enchimento de grãos. O período de déficit hídrico foi de 21 dias durante o ciclo.

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

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*).

Foi avaliada a produção de grãos, em cada parcela. Realizou-se a análise de variância conjunta, e as estimativas dos parâmetros genéticos, feitas segundo o método 4 apresentado por Regazzi *et al.* (1999), considerando-se a análise do látice como blocos casualizados completos, utilizando-se as médias ajustados dos tratamentos, da análise com recuperação da informação interblocos, tendo, como quadrado médio do resíduo, a média dos resíduos (variância efetiva média) das análises individuais, desta mesma análise com recuperação da informação interblocos.

Para avaliar a adaptabilidade das famílias de meio-irmãos das populações UFVM 100 e UFVM 200, foi utilizada a técnica multivariada de componentes principais, que possibilita a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes, a fim de representar em ordem de estimação o máximo da variação total contida nas variáveis originais. Sua principal característica é possibilitar a redução na dimensionalidade do conjunto de dados, com mínima perda da informação (CRUZ & CARNEIRO, 2003). O método consiste em empregar a metodologia de componentes principais, para representar a informação da performance diferencial dos genótipos diante das alterações ambientais; portanto, o objetivo não é representar a divergência entre tratamentos, como normalmente está técnica é empregada no melhoramento e em estudos de diversidade genética.

Com este objetivo, o método denominado centróide consiste em comparar os valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais, para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade. O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV). Para utilização deste método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis, utilizando-se o índice ambiental, conforme proposto por Finlay & Wilkinson (1963).

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

Em que Y_{ij} é média do genótipo i , no ambiente j ; $Y_{..}$ é o total das observações; a é o número de ambientes; e g é o número de genótipos.

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

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

Em que $P_{d(i,j)}$ é a probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centróide; e d_i é a distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centróide.

Para avaliação da resposta diferencial dos genótipos, a metodologia de componentes principais foi utilizada no conjunto de dados originais contendo a média dos $g + 4$ genótipos em cada ambiente, conforme descrito por Cruz & Regazzi (2004). As análises foram realizadas, utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os quadrados médios obtidos na análise de variância conjunta relativa aos quatro ambientes, bem como a média e o coeficiente de variação experimental. A análise de variância conjunta revelou a existência de variância genética significativa entre as FMI, para a característica produtividade de grãos, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. A análise de variância conjunta indica diferença significativa entre os ambientes avaliados e existência de interação genótipos x ambientes pelo teste F a 5% de probabilidade, para a característica avaliada. A existência da interação genótipos x ambientes é, a princípio, condição necessária para este estudo e indica que os genótipos podem apresentar desempenho diferenciado, nos ambientes avaliados.

Os coeficientes de variação encontrados são considerados de valores médios e indicam precisão experimental satisfatória (GOMES, 1990; SCAPIM *et al.*, 1995).

As estimativas dos componentes de variância genotípica, de variância da interação genótipos x ambientes e da variância residual são apresentadas no Tabela 2. Observa-se que o efeito da interação genótipos x ambientes é maior do que os valores do componente de variância genotípica, assim como o efeito da variação residual é alto em comparação com os outros componentes. A

constatação de efeitos significativos para genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes indica comportamento inconsistente e diferenciado entre genótipos nos ambientes.

Em vários estudos, tem sido relatada existência e discutido a importância do estudo da interação genótipos x ambientes na cultura do milho (TORRES, 1988; SOUZA, 1989; SILVA, 1991; MUNIZ *et al.*, 1996; FARIAS *et al.*, 1997; CARNEIRO, 1998; SHIMIDT, 2000; MURAKAMI, 2001), sendo que, na maioria dos trabalhos, os autores recomendam metodologias que possibilitem identificar os indivíduos de melhor adaptabilidade e maior estabilidade fenotípica.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade, utilizado no método centróide, diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (ROCHA *et al.*, 2005).

Após a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis, os ideótipos criados com base nos dados originais são acrescentados na análise (Tabela 3). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo, utiliza-se a análise de componentes principais envolvendo os genótipos iniciais e quatro outros representativos, que na análise gráfica representaram os quatro centróides em torno dos quais será avaliada a dispersão dos demais. A obtenção dos autovalores, via metodologia de componentes principais partindo dos dados originais incluídos os ideótipos, mostra que apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções próximas ou superiores a 80% da variação total, contida nos dados originais, sendo esta estimativa considerada razoável (Tabela 4). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, é possível avaliar a posição dos genótipos em um gráfico bidimensional (Figuras 1 e 2).

A alocação dos centróides no gráfico deve variar conforme os dados avaliados, o que faz com que a divisão do plano em quadrantes, como normalmente ocorre em análises de componentes principais, seja dificultada.

Neste caso, o critério mais importante a ser observado é a proximidade do genótipo a um dos quatro centróides. Observam-se pequenas alterações no posicionamento dos centróides, para a característica avaliada neste estudo; no entanto, seu posicionamento pode variar, drasticamente, em função da amplitude e variação dos dados originais (dados não apresentados).

A análise visual do gráfico de componentes principais possibilita avaliar que as FMI da população UFVM 100 apresentam distribuição bem homogênea, para a característica avaliada (Figura 1) e que existem pontos de maior proximidade a um centróide (Ideótipo III), possibilitando, ao melhorista, investir na recomendação de genótipos de adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes (CARVALHO *et al.*, 2002).

Na Figura 2, a análise visual do gráfico de componentes principais mostra que as FMI da população UFVM 200 apresentam distribuição mais heterogênea que a população UFVM 100, para a característica avaliada e que existem pontos de maior proximidade a três centróides (Ideótipos I, III e IV), possibilitando, ao melhorista, investir tanto na recomendação de genótipos de adaptabilidade geral a um conjunto de ambientes quanto na recomendação de genótipos de adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes (CARVALHO *et al.*, 2002; ROCHA *et al.*, 2005).

Nas figuras 1 e 2, além da ocorrência de genótipos de maior proximidade a um dos quatro ideótipos, observa-se distribuição de pontos na região central do gráfico. Estes pontos apresentam menor semelhança com os ideótipos de comportamento desejado, razão pela qual sua classificação é menos precisa. Para facilitar a classificação dos genótipos, sugere-se a utilização do inverso do valor de distância entre um ponto aos quatro centróides, como estimativa da confiabilidade de agrupamento dos genótipos. Assim, um ponto equidistante aos quatro pontos referenciais apresenta 25% de probabilidade de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Observa-se que valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento. As tabelas 5 e 6 apresentam a classificação dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada à sua classificação.

A Tabela 7 mostra a facilidade de análise e interpretação do fenômeno de adaptabilidade por meio da metodologia apresentada, que proporciona, como resultado, a classificação dos genótipos, tornando a recomendação bastante simplificada. Assim, a análise dos valores de probabilidade permite classificar as 49 FMI de cada população em um dos quatro grupos. Para a população UFVM 100, destacam-se as FMI de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis 1 e 2. Na população em questão, verifica-se que a distribuição dos componentes principais é homogênea (Figura 1), dificultando a classificação, isto é, a maioria dos pontos localizam-se no centro da dispersão, sendo aproximadamente, equidistantes em relação aos quatro centróides e representam os genótipos de comportamento invariante e, portanto, diferenciados em relação aos ideótipos.

Na população UFVM 200, observa-se que as FMI 13 e 14 apresentaram adaptabilidade geral, a FMI 1 apresentou adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e a FMI 3 apresentou baixa adaptação. Na Figura 2 de classificação dificultada, os pontos são aqueles que se localizam no centro da dispersão, estão aproximadamente equidistantes em relação aos quatro centróides e representam os genótipos de comportamento invariante. Nas duas populações, observa-se que as FMI apresentam tendência de aumento na média dos genótipos à medida que estes se aproximam do centróide I – adaptabilidade geral. Quanto menor for a diferença entre um genótipo qualquer e o ideótipo I, menor será a diferença entre este e as FMI de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja, necessariamente, associada ao melhor desempenho.

4. CONCLUSÕES

- A população UFVM 100 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio).
- A população UFVM 200 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade geral, uma com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e uma com baixa adaptação.
- Nas duas populações, a maioria das famílias de meio-irmãos apresentou comportamento invariante nos quatro ambientes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M., **Caracterização genética de populações de cupuazeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos.** 2002. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- BÄNZIGER, M.; MUGO, S.; EDMEADS, G.O. Breeding for drought tolerance in tropical maize-conventional approaches and challenges to molecular approaches. In: **Workshop on Molecular approaches for the genetics improvement of cereals for stable production in water-limited environments.** Athenas, Grece, 1999, p.53-98.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, O.S.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 831-839, 2004.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, O.S.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 949-956, 2001.

- BURDON, R.D. Genetic correlation as a concept for studying genotype – environment interaction in forest tree breeding. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 26, p. 168-175, 1977.
- 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.
- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1581-1588, 2002.
- CROSSA, J.; FOX, P.N.; PFEIFFER, W.H.; RAJARAM S.; GAUCH, H.G. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.81, n.1, p.27-37, 1991.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 175 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol 1. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Vol 2. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOVYSKY, R. Na alternative approach to he stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p.567-580, 1989.
- EBERHART, R.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FAGADE, S.O.; DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.3, p.503-506, 1971.
- FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CAVALHO, L. P.; MOREIRA, J. A. N.; COSTA, J. N. C. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.1-9, 1997.

- FINLAY, K.W., WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a Plant-Breeding Programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 13^a ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, Wageningen, v.47, n.3, p.189-194, 1990.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima, 2000. 531p.
- LAVORANTI, O.J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- LIN, C.S.; BINNS M.R. A method for analyzing cultivar x location x years experiments: a new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.76, n.3, p.425-430, 1988.
- MUNIZ, J.A.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, G.A. Avaliação da estabilidade de cultivares de milho em diferentes níveis de adubação e locais na região de Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.3, p.267-274, 1996.
- MURAKAMI, D.M. **Novas metodologias de análise de interação genótipo x ambientes: análise combinada de estratificação, adaptabilidade e estabilidade e análise de representatividade a ambiental**. 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- NUNES, H.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, p.78-88, 2002.
- PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C., A technique for evaluation the ability of selection the yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v.36, n.6, p.381-385, 1959.
- REGAZZI, A.J.; SILVA, H.D.; VIANA, J.M.S.; CRUZ, C.D. Análise de experimentos em látice de quadrado com ênfase em componentes de variância. II. Análise conjunta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.1987-1997, 1999.
- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAÚJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, p.255-266, 2005.

- SCAPIM, C.A.; CARCALHO, 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.
- SCHIMIDT, E.R. **Correção de rendimento de parcelas, estratificação ambiental e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho**. 2000. 178 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- SILVA, A.C.D. **Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em duas densidades de plantio e em dez ambientes, na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1991. 78 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- SOUZA, F.R.S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de plantio em Minas Gerais**. 1989. 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1989.
- TORRES, R.A.A. **Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1988.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression on analysis a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.53, p.89-91, 1978.
- WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. Plant analysis as an aid in fertilizing small grains. In: WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. **Soil testing and plant analysis**. [S.l.]: American Society of Agronomy, 1973. p.329-348.

TABELAS

TABELA 1 – Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) da característica produtividade de grãos (kg/ha) na análise conjunta dos quatro ambientes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		UFVM 100	UFVM 200
Genótipos	48	1.063.613,6281*	2.035.227,1056*
Ambientes	3	186.634.828,252*	46.036.439,1069*
Genótipos x Ambientes	144	1.400.603,9184*	1.195.040,7266*
Erro Efetivo Médio	144	687.662,9771	948.418,0187
Média		4.331	4.591
CVe (%)		19,15	21,21

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2 – Estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais da característica produtividade de grãos (kg/ha) na análise conjunta dos quatro ambientes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Estimativas de Parâmetros	Produtividade de grãos (kg/ha)	
	UFVM 100	UFVM 200
$\hat{\sigma}_G^2$	- 42.123,7863	105.023,2974
$\hat{\sigma}_{GA}^2$	356.470,4706	123.311,3540
$\hat{\sigma}^2$	687.662,9771	948.418,0187

$\hat{\sigma}_G^2$ = variância genotípica; $\hat{\sigma}_{GA}^2$ = variância da interação genótipos x ambientes; $\hat{\sigma}^2$ = variância residual

TABELA 3 – Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipo I	Ideótipo II	Ideótipo III	Ideótipo IV
UFVM 100								
1	4644,84	313,85	7111,94	2936,12	7111,94	7111,94	2936,12	2936,12
2	2374,15	-1956,84	4378,12	432,00	4378,12	432,00	4378,12	432,00
3	4685,67	354,68	6069,81	3464,35	6069,81	3464,35	6069,81	3464,35
4	5519,32	1288,32	7614,83	4283,70	7614,83	7614,83	4283,70	4283,70
UFVM 200								
1	5511,17	919,95	8636,83	2539,06	8636,83	8636,83	2539,06	2539,06
2	3943,40	-647,81	5803,09	1884,03	5803,09	1884,03	5803,09	1884,03
3	4224,63	-366,59	6067,38	2837,97	6067,38	2837,97	6067,38	2837,97
4	4685,67	94,45	6069,81	3464,35	6069,81	6069,81	3464,35	3464,35

Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

TABELA 4 – Estimativas dos autovalores da técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Estimativa dos autovalores (Produtividade de Grãos)		
Raiz	Raiz (%)	% Acumulada
UFVM 100		
1,7233	43,0834	43,08
0,9739	24,3489	67,43
0,7625	19,0620	86,49
0,5402	13,5057	100
UFVM 200		
1,6473	41,1816	41,18
1,2836	32,0905	73,27
0,6987	17,4688	90,74
0,3704	9,2590	100

TABELA 5 – Classificação das famílias de meio-irmãos oriundas da população UFVM 100, submetidas às condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação

Genótipos	Média	Grupo	Prob. (I)	Prob. (II)	Prob. (III)	Prob. (IV)
1	3972,19	III	0,0977	0,0791	0,6911	0,1322
2	4246,09	III	0,1605	0,1254	0,5265	0,1877
3	3978,77	IV	0,1815	0,1867	0,303	0,3288
4	4693,67	III	0,2513	0,2056	0,3092	0,2339
5	3741,27	IV	0,1584	0,1741	0,2739	0,3936
6	4565,46	III	0,2455	0,2175	0,2901	0,2468
7	4535,77	III	0,2305	0,1771	0,3706	0,2248
8	4568,18	III	0,2065	0,152	0,4414	0,2001
9	4245,09	II	0,2094	0,3011	0,204	0,2855
10	4344,06	II	0,2168	0,2988	0,2078	0,2766
11	4121,33	IV	0,2008	0,2586	0,2244	0,3162
12	4770,40	I	0,2822	0,2222	0,2763	0,2193
13	4736,89	II	0,2614	0,2761	0,2265	0,236
14	4817,96	II	0,2797	0,2894	0,2133	0,2175
15	4356,67	III	0,2234	0,2116	0,2954	0,2696
16	4325,15	III	0,216	0,2072	0,2995	0,2773
17	3923,79	IV	0,178	0,2359	0,2183	0,3677
18	3955,93	IV	0,1717	0,1718	0,3278	0,3286
19	5182,77	II	0,3281	0,3435	0,1633	0,1651
20	4877,99	I	0,3061	0,264	0,2241	0,2059
21	3881,16	IV	0,1765	0,2708	0,195	0,3577
22	3798,92	IV	0,1631	0,1896	0,2492	0,3982
23	4430,65	III	0,2334	0,2178	0,2884	0,2604
24	4257,86	IV	0,2097	0,2418	0,2458	0,3027
25	3868,64	III	0,1509	0,1381	0,4405	0,2706
26	4125,79	III	0,1831	0,1686	0,3682	0,2802
27	4269,06	III	0,1948	0,1655	0,394	0,2457
28	4428,58	IV	0,2259	0,2539	0,2423	0,2779
29	5103,12	I	0,3305	0,2577	0,2187	0,1931
30	4481,77	II	0,2324	0,2801	0,2232	0,2643
31	4139,24	IV	0,2097	0,2407	0,2469	0,3027
32	4786,20	III	0,2667	0,2122	0,2953	0,2258
33	4365,60	III	0,218	0,1816	0,3584	0,242
34	4817,88	I	0,2972	0,2325	0,258	0,2123
35	4618,09	II	0,23	0,3929	0,1682	0,2089
36	4372,23	IV	0,2317	0,2503	0,2475	0,2705
37	4014,26	IV	0,1802	0,1852	0,3042	0,3304
38	4338,24	II	0,2102	0,3385	0,1879	0,2634
39	3814,59	IV	0,1645	0,1956	0,2418	0,3981
40	4008,44	IV	0,1922	0,2585	0,2173	0,3319
41	4532,34	III	0,2439	0,2341	0,2674	0,2546
42	4530,85	II	0,2643	0,2647	0,2353	0,2357
43	4603,29	III	0,2642	0,2267	0,2755	0,2337
44	3740,34	IV	0,1542	0,1656	0,2881	0,3921
45	3776,00	IV	0,1586	0,1718	0,2823	0,3873
46	4152,66	IV	0,2128	0,2292	0,2626	0,2954
47	4196,77	IV	0,2211	0,2373	0,2574	0,2842
48	4077,28	IV	0,1956	0,236	0,2395	0,3288
49	4729,46	I	0,283	0,2514	0,2433	0,2223

Classe I = Adaptabilidade geral (++) ; Classe II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-) ;
Classe III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+) ; Classe IV = Pouco adaptado (--).

TABELA 6 – Classificação das famílias de meio-irmãos oriundas da população UFVM 200, submetidas às condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação

Genótipos	Média	Grupo	Prob. (I)	Prob. (II)	Prob. (III)	Prob. (IV)
1	4691,80	III	0,1842	0,1405	0,4776	0,1977
2	4229,28	III	0,1745	0,1615	0,3802	0,2838
3	3456,06	IV	0,1253	0,1361	0,2662	0,4724
4	4543,94	IV	0,2208	0,2402	0,254	0,2849
5	4595,50	III	0,2403	0,2334	0,2678	0,2584
6	5116,73	I	0,3252	0,267	0,2135	0,1942
7	5048,16	I	0,3256	0,2524	0,2256	0,1964
8	3894,49	IV	0,1729	0,2208	0,2247	0,3816
9	4102,24	IV	0,1998	0,255	0,2264	0,3188
10	4361,78	III	0,1952	0,1905	0,3167	0,2977
11	4616,22	III	0,2276	0,2128	0,2948	0,2648
12	3942,70	IV	0,1608	0,1649	0,3188	0,3555
13	5887,90	I	0,4516	0,2044	0,1953	0,1487
14	4167,29	IV	0,181	0,1909	0,2904	0,3378
15	5273,08	I	0,3627	0,2393	0,2181	0,1799
16	4437,96	IV	0,2205	0,2704	0,2268	0,2823
17	4531,83	II	0,2404	0,2898	0,2176	0,2522
18	4436,49	II	0,23	0,2817	0,2216	0,2667
19	4612,89	II	0,2458	0,3082	0,2065	0,2395
20	4986,11	III	0,2713	0,2094	0,2982	0,2211
21	4603,72	III	0,2058	0,1745	0,373	0,2466
22	4665,25	III	0,2375	0,2328	0,2683	0,2615
23	4236,85	IV	0,1913	0,2127	0,2643	0,3318
24	4902,04	I	0,2763	0,2634	0,2342	0,2261
25	4173,96	II	0,202	0,3111	0,1961	0,2908
26	3849,81	IV	0,1557	0,1695	0,2794	0,3954
27	5305,77	I	0,3524	0,3187	0,1665	0,1625
28	4764,07	III	0,2363	0,2094	0,3027	0,2515
29	5390,18	I	0,3835	0,2418	0,204	0,1707
30	4393,84	IV	0,2135	0,2741	0,2213	0,2911
31	3841,13	IV	0,1753	0,2142	0,2363	0,3742
32	4706,57	III	0,2441	0,2419	0,2583	0,2557
33	4324,99	IV	0,2121	0,2525	0,2372	0,2982
34	5761,00	I	0,4572	0,2681	0,1432	0,1315
35	4899,61	I	0,2972	0,2922	0,2062	0,2044
36	4536,75	III	0,2277	0,2177	0,2869	0,2676
37	4612,83	I	0,2946	0,2921	0,2071	0,2062
38	4673,71	II	0,2581	0,2931	0,2149	0,2339
39	4220,59	III	0,2001	0,1989	0,3025	0,2985
40	4290,27	IV	0,2185	0,2448	0,2481	0,2886
41	4787,15	II	0,2701	0,2719	0,2284	0,2295
42	4807,05	I	0,2899	0,2592	0,234	0,2169
43	4604,11	II	0,2441	0,2573	0,2428	0,2558
44	3860,21	IV	0,1808	0,2659	0,2018	0,3515
45	3821,41	IV	0,1854	0,2723	0,2029	0,3394
46	4573,75	II	0,2497	0,3392	0,1898	0,2213
47	5175,85	I	0,3385	0,2345	0,236	0,191
48	4766,07	II	0,2817	0,2866	0,2148	0,2169
49	5188,78	I	0,3315	0,2586	0,2174	0,1924

Classe I = Adaptabilidade geral (++) ; Classe II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-) ;
Classe III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+) ; Classe IV = Pouco adaptado (-).

TABELA 7 – Relação das famílias de meios-irmãos oriundas das duas populações de milho (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas às condições contrastantes quanto a disponibilidade de água e nitrogênio indicando sua classificação pelo método centróide em relação à característica produtividade grãos

UFVM 100		UFVM 200	
Genótipos	Grupo	Genótipos	Grupo
1	III	1	III
2	III	2	III
3	IV	3	IV
4	III	4	IV
5	IV	5	III
6	III	6	I
7	III	7	I
8	III	8	IV
9	II	9	IV
10	II	10	III
11	IV	11	III
12	I	12	IV
13	II	13	I
14	II	14	IV
15	III	15	I
16	III	16	IV
17	IV	17	II
18	IV	18	II
19	II	19	II
20	I	20	III
21	IV	21	III
22	IV	22	III
23	III	23	IV
24	IV	24	I
25	III	25	II
26	III	26	IV
27	III	27	I
28	IV	28	III
29	I	29	I
30	II	30	IV
31	IV	31	IV
32	III	32	III
33	III	33	IV
34	I	34	I
35	II	35	I
36	IV	36	III
37	IV	37	I
38	II	38	II
39	IV	39	III
40	IV	40	IV
41	III	41	II
42	II	42	I
43	III	43	II
44	IV	44	IV
45	IV	45	IV
46	IV	46	II
47	IV	47	I
48	IV	48	II
49	I	49	I

FIGURAS

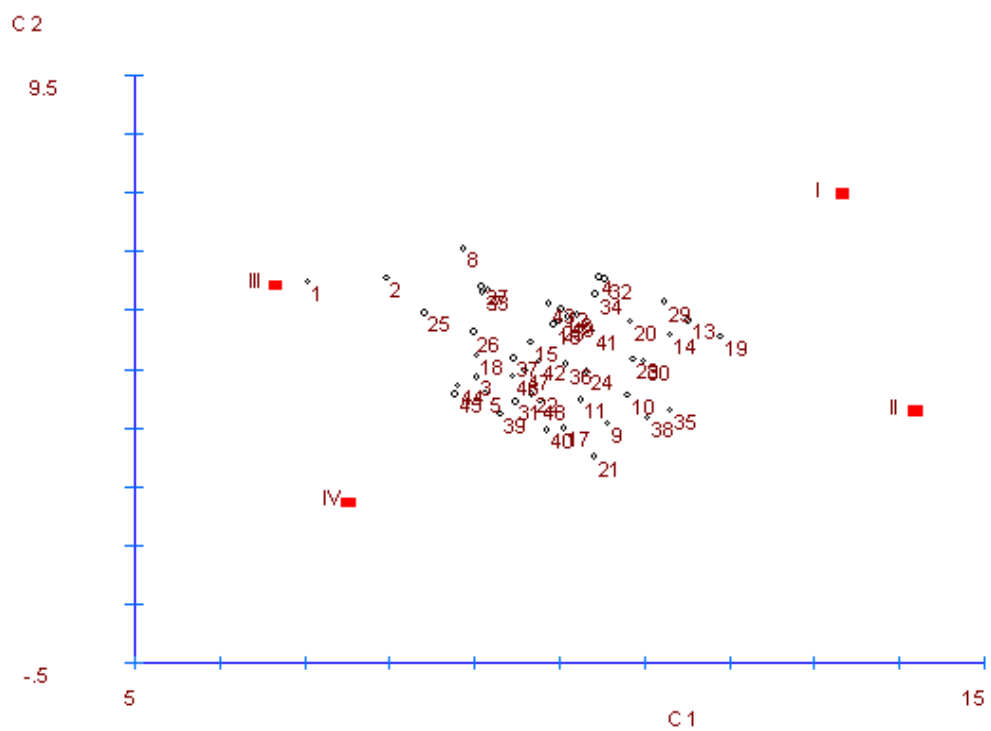


FIGURA 1 - Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais de 49 genótipos da resposta da variável produtividade de grãos das FMI da população UFVM 100 em quatro ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides: I – adaptabilidade geral, II – adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, III – adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, IV – baixa adaptabilidade.

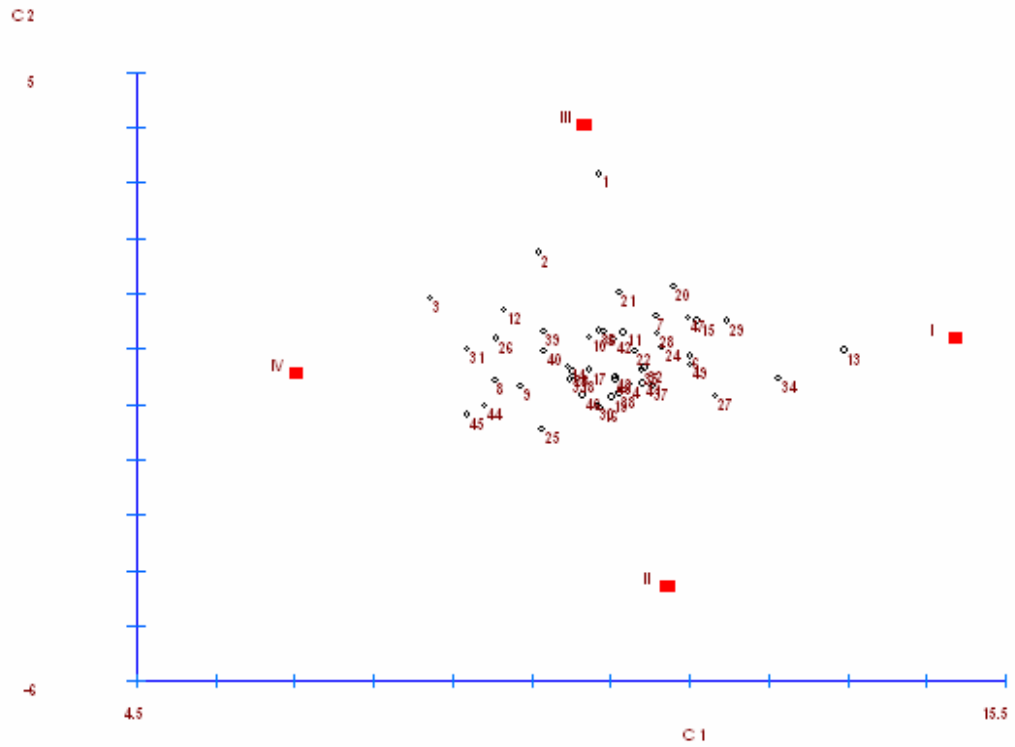


FIGURA 2 - Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais de 49 genótipos da resposta da variável produtividade de grãos das FMI da população UFVM 200 em quatro ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides: I – adaptabilidade geral, II – adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, III – adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, IV – baixa adaptabilidade.

CONCLUSÕES GERAIS

O primeiro trabalho mostrou que a população UFVM 100 conta com variabilidade genética para produtividade de grãos a ser explorada pela seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, no entanto, a baixa concordância entre o desempenho das famílias em baixa e alta disponibilidade de N indicou a necessidade de condução de programa de melhoramento específico para obter material adaptado a condições de estresse de nitrogênio.

No segundo trabalho as duas populações UFVM 100 e UFVM 200 não apresentaram variabilidade genética para ser explorada pela seleção, baseada em famílias de meio-irmãos, em condições de déficit hídrico, porém, existe baixo grau de concordância entre o desempenho das famílias em irrigação normal e déficit hídrico indicando a necessidade de condução de programa de melhoramento específico quando para obter material adaptado a condições de déficit hídrico.

O terceiro trabalho a população UFVM 100 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio) e a população UFVM 200 apresentou duas famílias de meio-irmãos com adaptabilidade geral, uma com

adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e uma com baixa adaptação. Nas duas populações a maioria das famílias de meio-irmãos apresentou comportamento invariante nos quatro ambientes.