

LEANDRO VAGNO DE SOUZA

**MELHORAMENTO DE MILHO PARA EFICIÊNCIA NO USO 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
2007

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S729m
2007

Souza, Leandro Vagno de, 1977-

Melhoramento de milho para eficiência no uso de nitrogênio / Leandro Vagno de Souza. – Viçosa, MG, 2007. x, 53f.: il. ; 29cm.

Orientador: Glauco Vieira Miranda.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 50-53.

1. Milho - Melhoramento genético. 2. Milho - Seleção.
3. Nitrogênio - Efeito do uso. 4. Nitrogênio - Efeito do estresse. 5. *Zea mays* L. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 633.153

LEANDRO VAGNO DE SOUZA

MELHORAMENTO DE MILHO PARA EFICIÊNCIA NO USO 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*.

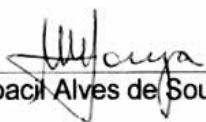
APROVADA: 18 de dezembro de 2007.



Jose Eustáquio de Souza Carneiro



Ronaldo Rodrigues Coimbra



Moacir Alves de Souza



Rogério Faria Vieira



Glauco Vieira Miranda
orientador

“Dedico,

A Sebastião Paulino de Souza, homem que eu admiro tanto, com todas as suas virtudes e também com seus limites. Homem com olhar sereno, sempre pronto e atento, mostrando-me o caminho da vida, que está pela frente, sem nunca deixar de lembrar os poucos tropeços e as várias conquistas da vida!

Este homem alegre e brincalhão, mas também, às vezes, silencioso e pensativo, homem de fé e grande luta, sensível e generoso.

Obrigado, pai, meu velho, meu grande amigo, conselheiro e leal amigo. Obrigado por orientar o meu caminho, feito de lutas e incertezas, mas também de muitas esperanças e sonhos. Sempre presente em todos os momentos de minha vida.

Pai, diante de tantas lutas e vitórias, uma certeza absoluta, o doutor de verdade é o senhor, assim, a ti dedico mais essa conquista!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pelas oportunidades.

Ao Sr. Sebastião Paulino de Souza, pela amizade e pelo apoio, dando condições para que alcance meus objetivos.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES e CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pela amizade, confiança e orientação e, principalmente, pela oportunidade do crescimento acadêmico e profissional.

A Hebréia Oliveira Almeida, por ser a pessoa certa e na hora certa para dar rumo a minha vida.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela amizade, exemplo de ética e serenidade, pelos ensinamentos e pelas sugestões na elaboração deste trabalho.

A minha mãe Aparecida, meus irmãos Edgar e Nane, pela confiança e apoio.

A toda minha família, representados pelos meus padrinhos José Paulino de Souza (*in memoriam*) e Teresa Carolina de Souza e à minha avó Maria Gonçalves, por tudo.

Aos professores do departamento de fitotecnia e do curso de pós – graduação em genética e melhoramento, em especial a José Eustáquio,

Moacil, Múcio, Carlos Sedyama, Tuneo e Cosme pelos exemplos de competência e dedicação.

Aos amigos do Programa Milho® UFV, de todas as gerações. Em especial: Lauro, Aurélio, Julien, Lucimar, Fernando, Rodrigo Lima, Rodrigo Coimbra, José Roberto, Marcelo, Eder, Tiago, Ju Fuscaldi, Jéferson, Helder, Gustavo, William, Priscila e Manoel por todos os momentos compartilhados e, principalmente, pela oportunidade única de conviver com todos.

Aos amigos de infância, representados por Cassiana, Luciano, Adão da Mata e Anderson, pela sincera amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial, a Mara Rodrigues e ao Vicente Madaleno, pela competência e sinceridade de sempre.

As secretárias do curso de pós – graduação em genética e melhoramento, Rita, Conceição e Rose por sempre ter sido muito bem atendido em todos os momentos que precisei.

Aos colegas de curso, em especial aos fundadores do Grupo de Estudos em Genética e Melhoramento da UFV (GenMelhor): Leonarda, Tatiana, Gustavo, Leandro Barbosa, Milene, Carol, Cláudia Fogaça, Odilon, Márcia Costa, Fábio Medeiros e Rodrigo Barros.

Aos amigos de todas horas e não só das farras como muitos pensavam: Rodrigo Lima, Eugênio, Zé Eduardo, Geraldo, Jânio, Mantovani, Fernando, Lucimar, Jeferson, Priscila, Kelly, Carol Jardim, Mariana, Patrícia Schunck , Camila Lopes e Gustavo Guimarães.

Em especial, aos amigos Aurélio Vaz de Melo, Ronaldo Rodrigues Coimbra, Lauro José Moreira Guimarães, Fernando Roberto Eckert, Rodrigo Oliveira Lima, Odilon Lemos Mello Filho e Leonarda Grillo Neves, exemplos de companheirismo, nunca esquecendo que companheiro é companheiro ...

Finalmente, não menos importante, aos funcionários da Fazenda Experimental Getúlio Vargas, EPAMIG – Uberaba, MG, pelo acolhimento e recepção, em especial a Roberto Zito, José Mauro e Rafael Gomes.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho e na minha formação, o meu reconhecimento e a minha gratidão.

BIOGRAFIA

LEANDRO VAGNO DE SOUZA, filho de Sebastião Paulino de Souza e Aparecida de Lourdes Jeremias, nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo, em 25 de Julho de 1977.

Em 2001, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em 2002, iniciou o Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor Glauco Vieira Miranda, defendendo tese em março de 2003.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Doutorado em Genética e Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa. Durante o período de abril de 1999 a setembro de 2007 foi membro da equipe do programa de melhoramento de milho da Universidade Federal de Viçosa, Programa Milho® UFV.

Em setembro de 2007 foi contratado como melhorista de plantas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG, para atuar no Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. CAPÍTULO I: CONTROLE GENÉTICO DA EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO EM MILHO EM AMBIENTES COM E SEM ESTRESSE DE N	4
2.1. INTRODUÇÃO.....	4
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
2.4. CONCLUSÕES.....	18
3. CAPÍTULO II: INTER-RELAÇÕES NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E NA SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO	19
3.1. INTRODUÇÃO.....	19
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.4. CONCLUSÕES.....	35
4. CAPÍTULO III: SELEÇÃO ENTRE FAMILIAS DE MEIO-IRMÃOS NA POPULAÇÃO DE MILHO UFRV 8 EM AMBIENTES COM E SEM ESTRESSES DE NITROGÊNIO	36
4.1. INTRODUÇÃO.....	36
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.4. CONCLUSÕES.....	48
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

RESUMO

SOUZA, Leandro Vagno de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2007. **Melhoramento de milho para eficiência no uso de nitrogênio**. Orientador: Glauco Vieira Miranda. Co-orientadores: João Carlos Cardoso Galvão e Carlos Siqueyuki Sedyama.

Os objetivos foram determinar o controle genético da eficiência no uso de nitrogênio em ambientes com e sem estresses de nitrogênio; avaliar os efeitos do estresse de nitrogênio nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação; identificar o controle genético de características agronômicas de cultivares de milho em ambientes contrastantes quanto à aplicação de nitrogênio e fósforo; predizer os ganhos esperados com um ciclo de seleção entre famílias de meio irmãos da população de milho UFV 8 em ambientes com e sem estresse de nitrogênio. Para isso, foram avaliados, nas safras de 2003/04 e 2004/05, combinações híbridas entre oito cultivares de milho e um ciclo de seleção entre famílias de meio irmãos da população de milho UFV 8, respectivamente. Os ensaios foram conduzidos na Estação Experimental de Coimbra, MG. Na safra de 2003/04, foram instalados dois ensaios, o primeiro com alto ou baixo nitrogênio e o segundo com combinações de altos e baixos nitrogênio e fósforo. Em 2004/05, o ciclo de seleção foi realizado com e sem estresse de nitrogênio. No primeiro ensaio de 2003/04, para a produtividade de grãos, (PG) na ausência de estresse, foram verificadas significâncias para capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Em estresse, não houve efeito significativo. Quanto à eficiência de absorção de nitrogênio (EA_bN), no ambiente sem estresse verificou-se efeitos significativos tanto para CGC quanto para a CEC e em estresse apenas para a CGC. Para a eficiência de utilização de nitrogênio (EU_tN), em ambos ambientes, a CGC e CEC não apresentaram significância. Para eficiência no uso de nitrogênio (EUN),

verificou significância para CGC e CEC apenas na ausência de estresse. No segundo ensaio 2003/04, verificou-se que o sinal da correlação genética das características secundárias com a PG, não diferiu entre os ambientes de alto e baixo N considerando baixo P. No entanto, as correlações tiveram alteração no sinal entre os ambientes de alto e baixo P. Em alto P, a CGC foi significativa para PG apenas em alto N, mostrando que para essa característica os efeitos genéticos aditivos foram diferenciados entre os ambientes com e sem estresse de nitrogênio, comportamento distinto do ocorrido em baixo P, onde a CGC apresentou significância tanto em alto quanto em baixo N. Na safra de 2004/05, verificou-se que as correlações genéticas das características estande final, prolificidade e peso volumétrico com a produtividade de grãos tiveram sinais opostos entre os ambientes. As herdabilidades para produtividade de grãos, estande final, alturas de planta e espiga sofreram reduções em baixo N. A variabilidade genética entre as famílias de meio-irmãos da população UFV 8 foi menor no ambiente em estresse. Os ganhos preditos com a seleção de 10% das melhores famílias de meio-irmãos foram diferenciados entre os ambientes. O efeito do estresse de nitrogênio nas famílias selecionadas em alto N foi maior em relação ao efeito do estresse nas famílias selecionadas em baixo N. Conclui-se que o controle genético da eficiência no uso de nitrogênio varia com a disponibilidade de nitrogênio; as inter-relações entre nitrogênio e fósforo influenciam no controle genético da produtividade de grãos e as correlações genéticas das características secundárias com a PG; as estimativas de ganhos preditos, parâmetros genéticos e a variabilidade genotípica são influenciados pelo estresse de nitrogênio e o ganho esperado é menor em ambientes com estresse de nitrogênio.

ABSTRACT

SOUZA, Leandro Vagno de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa. December of 2007. **Maize breeding for nitrogen efficiency use.** Adviser: Glauco Vieira Miranda. Co - advisers: João Carlos Cardoso Galvão e Carlos Sigueyuki Sedyama.

The objectives were to determine the genetic control of nitrogen use efficiency (NUE) in environments with and without stress of nitrogen; evaluate the effects of the stress of nitrogen in the estimates of general ability (GCA) and specific ability (SCA) combining; identify the genetic control of agronomic characteristics of cultivars of maize in contrasting environments as to the application of nitrogen and phosphorus; predict the expected gains with a cycle of selection half-sib families of the population of maize UFV 8 in environments with and without stress of nitrogen. For that, were evaluated, in 2003/04 and 2004/05, hybrid combinations between eight cultivars of maize in a cycle of selection among half-sib families of the population of maize UFV 8, respectively. The tests were conducted in the Experimental Station of Coimbra, MG. In the 2003/04 season, were installed two tests, the first with high or low nitrogen and second with combinations of high and low nitrogen and phosphorus. In 2004/05, the cycle of selection was performed with and without stress of nitrogen. In the first test of 2003/04, for yield, (PG) in the absence of stress, were verified significances to GCA and (SCA). In stress, there was no significant effect. As for the efficiency of absorption of nitrogen (EAbN), the environment without stress there has been significant effects both for CGC and for the SCA and stress only for GCA. For the efficiency of the utilization of nitrogen (EUtN), in both environments, the CGC and SCA showed no significance. For (NUE) was significance to CGC and SCA only in the absence of stress. In the second test 2003/04, it was found that the sign

of the genetic correlation of the secondary characteristics with PG, did not differ between the environments of high and low N recital low P. However, the correlations were change in the signal between the environments of high and low P. In high P, the GCA was significant only for PG at high N, showing that for this feature the additive genetic effects were differentiated between environments with and without stress of nitrogen, separate from the behavior occurred in low P, where GCA presented significance both In high as below N. In the 2004/05 harvest, it was found that the genetic correlations of the characteristics final stand, prolificacy and volumetric weight to the productivity of grain had signs opposing between environments. The heritability for grain yield, stand, plant height and spike suffered cuts below N. The genetic variability between households, half-sib families of the population UFV 8 was less stress on the environment. Gains predicted with the selection of 10% of the best families of half-sib families were differentiated between environments. The effect of nitrogen stress in families selected in the high N was higher in relation to the effect of stress on families selected in the low N. It is concluded that the genetic control of efficiency in the use of nitrogen varies with the availability of nitrogen, and the inter-relationship between nitrogen and phosphorus influence the genetic control of yield and the genetic correlations of secondary characteristics with PG; estimates of earned predicted, genetic parameters and genotypic variability are influenced by the stress of nitrogen and the expected gain is less stress in environments with nitrogen.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do milho, no entanto, a capacidade de fornecimento deste nutriente da maioria dos solos brasileiros é muito limitada (Guimarães, 2006).

Atualmente, os grandes investimentos em melhoramento de milho são feitos por empresas do setor privado, onde o processo de seleção, isto é, o desenvolvimento de linhagens endogâmicas para a síntese de híbridos de milho, é realizado em condições sem restrições de nitrogênio (Andrea et al 2006). Desta forma, a maioria dos cultivares disponíveis para o comércio de sementes necessitam de altas doses de nitrogênio para expressar o potencial produtivo. Este fato, aliado a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros podem ser considerados com os principais fatores responsáveis pela baixa média brasileira de produtividade de grãos em milho.

Cultivares de diferentes bases genéticas estão disponíveis para o comércio de sementes, sendo que de maneira geral, as variedades de polinização aberta são mais indicadas para ambientes com baixa/média tecnologia e os híbridos para agricultura de alta tecnologia. Monneveux et al (2005) avaliaram em ambientes com e sem estresse de nitrogênio, cultivares de milho de diferentes bases genéticas. Os ensaios foram conduzidos por quatro safras de cultivos, de 1999 a 2002. Foram avaliados 24 variedades de polinização aberta, 30 linhagens e 25 híbridos de milho. Cada grupo foi avaliado em experimentos separados. Nos ambientes com e sem estresse de nitrogênio foi utilizada a densidade de 5,3 plantas m². Nos ambientes sem estresse de nitrogênio, foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio e no ambiente com estresse de nitrogênio não foi aplicado o referido nutriente. A

média de redução na produtividade de grãos, em estresse de nitrogênio, foi de 65,3% para as variedades de polinização aberta e de 67,4% para os híbridos. Para as linhagens, a redução foi ainda mais severa.

Os resultados apresentados por Monneveux et al (2005) mostraram que independente da base genética, os cultivares de milho foram sensíveis aos estresses de nitrogênio, diferente do esperado que seria uma maior tolerância das variedades de polinização aberta em relação aos híbridos.

O sucesso de um programa de melhoramento é dependente da superioridade dos novos cultivares em relação aos antigos, ou seja, do progresso genético. Duvick (1992) determinou a regressão de híbridos de milho para produtividade de grãos durante o período de 1930 a 1980. Os parâmetros de regressão mostraram que os cultivares modernos foram superiores aos cultivares antigos tanto em ambientes com altos insumos quanto em baixos.

No entanto, os resultados encontrados por O'Neill et al (2004) foram distintos. Ao avaliarem híbridos de milho de diferentes épocas em ambientes com e sem estresses de nitrogênio, os autores observaram que houve tendência de progresso genético entre os híbridos das diferentes épocas para a produtividade de grãos. Mas, nos ambientes com estresses não foi possível visualizar o progresso devido ao melhoramento genético e ainda verificou – se que os híbridos das épocas mais recentes sofreram maiores efeitos dos estresses.

Foram estimadas as eficiências no uso de nitrogênio em regimes com e sem estresse de nitrogênio. A média de eficiência no uso de nitrogênio não sofreu incremento no ambiente sem estresse, ou seja, não acompanhou o progresso genético para produtividade de grãos. Os resultados obtidos por O'Neill et al 2004, mostraram principalmente que os híbridos das épocas mais recentes tenderam a ser mais produtivo apenas em ambientes sem estresses, isso possivelmente devido às condições ambientais favoráveis em que foram submetidos durante o processo de melhoramento, sendo submetidos a altas doses de nitrogênio. Desta forma, fica claro a necessidade de se desenvolver cultivares com maior eficiência no uso de nitrogênio, visando manter as médias de produtividades com menores doses aplicadas. Diversas definições podem ser encontradas na literatura para a

eficiência de uso de nitrogênio, mas de maneira geral, pode ser simplificada pela relação entre a produtividade de grãos obtida e a quantidade disponível de nitrogênio (Fageria, 1998).

Um dos fatores que influenciam a absorção de nitrogênio, segundo Novais & Smith (1999) é a disponibilidade de fósforo. A concentração de fósforo na solução do solo, na maioria das regiões produtoras de milho em especial na região do cerrado, está abaixo do teor considerado crítico para as plantas, além disso, apenas em torno de 10% do fósforo proveniente da adubação pode ser recuperado pelas plantas (Ciarelli, et al., 1998). No entanto, não há relatos na literatura atual a respeito da influência da disponibilidade de fósforo na seleção de genitores com potencial como fonte de germoplasma para aumento da eficiência no uso de nitrogênio.

A identificação de genitores apropriados constitui a primeira fase para o melhoramento genético visando à obtenção de cultivares de milho com maior tolerância à deficiência de nitrogênio (Guimarães, 2006). Com o uso de cruzamentos dialélicos, estimando os efeitos de capacidade de combinação é possível identificar a natureza do controle genético da eficiência no uso de nitrogênio e por meio da aplicação da seleção recorrente é possível aumentar a frequência de alelos favoráveis para as características em ambientes com estresses de nitrogênio.

Assim, os objetivos deste trabalho foram: determinar o controle genético da eficiência no uso de nitrogênio em ambientes com e sem estresses de nitrogênio; avaliar a capacidade de combinação de cultivares de milho bem como os efeitos do estresse de nitrogênio nas estimativas de capacidade geral e específica de combinação; identificar o controle genético de características agronômicas de cultivares de milho em ambientes contrastantes quanto à aplicação de nitrogênio e fósforo; prever os ganhos esperados com um ciclo de seleção entre famílias de meio irmãos da população de milho UFV 8 em ambientes com e sem estresse de nitrogênio; avaliar a influência do estresse de nitrogênio na estimação de parâmetros genéticos estatísticos na população de milho UFV 8.

2. CAPÍTULO I

CONTROLE GENÉTICO DA EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO EM MILHO EM AMBIENTES COM E SEM ESTRESSE DE N

2.1 INTRODUÇÃO

A produção do milho (*Zea mays* L.), nas áreas aptas à cultura, não será suficiente para atender à demanda nas próximas décadas (Banziger et al 2004). Conseqüentemente, há risco para a segurança alimentar mundial, uma vez que este cereal é o mais plantado e utilizado diretamente nas alimentações humana e animal.

No mundo, cerca de 100 milhões de hectares são plantados com milho, sendo que em torno de 50% dessa área o cultivo é realizado em países em desenvolvimento, com predominância de condições edafo-climáticas tropicais. Nessas regiões tropicais, geralmente o cultivo é feito com baixo nitrogênio devido a diversos fatores, com destaque para a baixa fertilidade natural dos solos, baixo investimento em fertilizantes nitrogenados e a ocorrência de estresse de seca (Monneveux et al, 2005).

Dados de 2003 (USDA-NASS, 2003) mostraram que para a cultura do milho nos EUA são necessários mais de cinco milhões de toneladas de nitrogênio aplicados anualmente, o que equivale a mais de 2,5 vezes o necessário para a cultura do trigo. Isso equivale a investimento de mais de 15,9 bilhões de dólares ano, além dos impactos ambientais provocados pelas altas doses de nitrogênio. Isso faz com os cultivares desenvolvidos sejam altamente produtivos e responsivos as aplicações de nitrogênio, no entanto, apresentem baixa eficiência no uso de nitrogênio (O'Neill et al

2004). O desenvolvimento de cultivares de milho com maior eficiência no uso de nitrogênio é relatado por Presterl et al (2002), como grande contribuição do melhoramento vegetal para agricultura sustentável.

Moll et al (1982) definiram eficiência no uso de nitrogênio como a massa de grãos dividida pela massa de nitrogênio aplicado. Definiram ainda dois componentes primários desta eficiência, que são chamados de eficiência na absorção e eficiência de utilização. A eficiência na absorção de nitrogênio é obtida pela quantidade de nitrogênio total na planta na maturidade dividida pelo nitrogênio aplicado no solo. Já a eficiência na utilização de nitrogênio é dada pela razão entre a massa de grãos e a quantidade de nitrogênio total na planta na maturidade. Desta forma, a eficiência no uso de nitrogênio é obtida pelo produto entre a eficiência na absorção e a eficiência de utilização de nitrogênio.

Em trabalhos realizados por Gallais & Hirel (2004), avaliando a eficiência no uso de nitrogênio em ambientes com e sem estresse de nitrogênio, foi verificado que os alelos responsáveis pelo controle genético da eficiência no uso de nitrogênio, foram expressos de acordo com o nível de suprimento de nutriente.

Em milho, existem vários relatos na literatura atual da aplicação de dialelos para a elucidação do controle genético e determinação de grupos heteróticos (Miranda et al 2007, Pswarayi & Vivek 2007, Lee et al 2005, Melani & Carena 2005). Por meio das análises dialélicas torna – se possível a determinação da importância dos efeitos aditivos e não aditivos no controle das características em questão. De acordo com Sprague & Tatum (1942), os efeitos aditivos estão relacionados com a capacidade geral de combinação e os não aditivos com a capacidade específica de combinação. A capacidade geral de combinação (CGC) é definida como sendo o desempenho médio de um genitor em combinações híbridas. Já a capacidade específica de combinação (CEC) é quanto o comportamento de certas combinações híbridas mostram-se superiores ou inferiores ao que seria esperado, com base no comportamento médio dos genitores envolvidos.

O entendimento dos processos associados com a eficiência no uso de nitrogênio, especialmente quanto aos componentes primários, estão entre os fatores mais importantes para a determinação das estratégias de manejo e

desenvolvimento de cultivares em programas de melhoramento, com o intuito de melhorar o uso de nitrogênio (Uribe-larrea et al 2007). Desta forma, com o objetivo de identificar o controle genético da eficiência no uso de nitrogênio e de seus componentes primários na cultura de milho em ambientes com e sem estresse de nitrogênio foi realizado este trabalho.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

No primeiro semestre de 2003 foi realizado o dialelo completo entre oito cultivares comerciais de milho, oriundos de diferentes instituições e descritos no Tabela 1.

Tabela 1: Características dos cultivares utilizados no dialelo

Cultivar	Obtentor	Nível Tecnológico	Tipo ¹	Ciclo	Co ²	Tipo de grão
AG 1051	Monsanto/Agrocere	Médio/alto	HD	Semiprecoce	AM	dentado
AG 122	Monsanto/Agrocere	Médio	HD	Precoce	AM/ AL	Semi-dentado
BR 106	Embrapa	Baixo/médio	V	Semiprecoce	AM	Semi-dentado
DKB 747	Monsanto/Dekalb	Alto	HD	Precoce	AL	Duro
DKB- 901	Monsanto/Dekalb	Alto	HS	Superprecoce	AM	Dentado
DKB-333B	Monsanto/Dekalb	Alto	HS	Semi precoce	AM/ ÃL	Semi – duro
P 3041	Pioneer	Médio/alto	HT	Precoce	AL	Duro
XB 7012	Semeali	Médio/alto	HT	Precoce	LR	Duro

¹HD=híbrido duplo, HS=híbrido simples, HT=híbrido triplo e V=variedade;
²AM=amarelo, AM/AL=amarelo alaranjado, LR=laranja.

Os ensaios de avaliação foram instalados em novembro de 2003, na Estação Experimental de Coimbra, MG (latitude sul de 20° 50' 30" e longitude oeste de 42° 48' 30", com altitude de 720 metros). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com duas repetições. A parcela experimental foi constituída de duas linhas de cinco metros de

comprimento espaçadas em 0,80 metro, perfazendo área útil de 8 m². As combinações híbridas e testemunhas foram avaliadas em dois ambientes contrastantes quanto à dose de nitrogênio aplicado. Foi utilizado o sistema convencional de preparo solo.

No ambiente sem estresse nitrogênio, a recomendação de N foi de acordo com produtividade de grãos esperada superior a 8.000 kg ha⁻¹. No ambiente com estresse de nitrogênio, utilizou – se dose de N indicada para a menor faixa esperada de produtividade de grãos, segundo a recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (Ribeiro et al, 1999). Dessa forma, as doses fornecidas no ambiente com adubação de nitrogênio adequada e em estresse foram de 150 e 30 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (Galvão & Miranda, 2004).

A produtividade de grãos foi corrigida para 13% de umidade e expressa em kg ha⁻¹. Foram calculadas a eficiência no uso de nitrogênio (EUN) e seus componentes primários, eficiência de utilização (EU_tN) e absorção (EA_bN), de acordo com o índice proposto por Moll et al (1982). Assim, eficiências foram obtidas da seguinte maneira:

$$EA_bN = \text{Quantidade de N na planta} / \text{N aplicado}, (\text{kg kg}^{-1});$$

$$EU_tN = \text{Produtividade de grãos} / \text{Quantidade de N na planta}, (\text{kg kg}^{-1}), (\text{kg de grãos/kg de nitrogênio extraído});$$

$$EUN = EA_bN \times EU_tN, (\text{kg kg}^{-1}).$$

Para estimar as eficiências, inicialmente foi necessário quantificar os teores e conteúdo de nitrogênio, sendo necessário estimar a matéria seca da parte aérea e massa de grãos. Para isso, após a maturidade fisiológica, cinco plantas por parcela foram coletadas, separou – se o grão da parte aérea (caule + folhas + palha + sabugo), em seguida, efetuou –se a pesagem da parte aérea. Após foi retirada amostra de 1000 gramas, que foi submetida a secagem em estufa a 70°C até que a mesma atingisse massa constante, obtendo a massa da parte aérea seca (MSPA). O mesmo procedimento foi adotado para a massa de grãos. Após a determinação dos teores de N, estimaram - se os conteúdos de N total absorvido por meio da multiplicação dos teores de N pela MSPA e massa de grãos, permitindo

desta forma calcular a EUN e seus componentes primários. As análises foram realizadas no laboratório de nutrição de plantas do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

O procedimento para comparação múltipla empregado foi o teste de

$$DMS = t_{(v, \alpha/2)} \sqrt{\hat{V}(D)} = t_{(v, \alpha/2)} \sqrt{\frac{QME}{r}}$$
t, em que a DMS é dada por:

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por GRIFFING (1956), método 4, utilizando apenas as combinações híbridas, Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente, utilizando o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que:

μ = efeito da média geral;

G_i e G_j = efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), associados ao i e j -ésimo genitor; e

S_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores i e j ; Neste modelo Y_{ij} e $\bar{\epsilon}_{ij}$ são, respectivamente, a média experimental e o erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem ij .

Todas as análises genéticas estatísticas foram realizadas utilizando o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – Programa Genes versão Windows (CRUZ, 2005).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a produtividade de grãos, no ambiente sem estresse de nitrogênio, a média de produtividade de grãos foi de 10121 kg ha⁻¹ e em estresse foi de 7766 kg ha⁻¹ (Tabela 2). A redução de 23,2% na média de produtividade de grãos observada no ambiente com estresse em relação à obtida na ausência do estresse ficou na faixa proposta por Bolamos & Edmeades (1996) para caracterizar o estresse. Os autores sugeriram que a média obtida em estresse abiótico esteja entre 20 e 30% inferior à alcançada pelo mesmo conjunto genético no ambiente sem estresses abióticos, considerando os ensaios em um mesmo ano e local. Apesar da redução de 23,2% provocada pelo estresse de nitrogênio, foram obtidas altas médias de produtividade de grãos em ambos os ambientes, o que evidencia o potencial produtivo e adaptação das combinações híbridas e testemunhas, possibilitando a identificação e seleção de genótipos superiores.

Entre as testemunhas, o híbrido triplo P 3041 foi a de maior destaque, com média de produtividade de grãos de 15466 kg ha⁻¹ no ambiente sem estresse, não diferenciando apenas da combinação híbrida AG 1051 x DKB 901 e em estresse não diferenciou das combinações híbridas que produziram acima de 7616 kg ha⁻¹, valor não alcançado pelas demais testemunhas (Tabela 2). Miranda et al (2005a), ao avaliarem cultivares de milho na região da Zona da Mata de Minas Gerais, obtiveram resultados semelhantes para o híbrido P 3041, entre os 15 cultivares de ciclo precoce avaliados em dois anos e três locais, apenas o P 3041 superou as médias de rendimento de grãos de todos os ensaios, mostrando a estabilidade deste híbrido.

Tabela 2 – Médias de produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), eficiência de absorção de nitrogênio (EA_bN), eficiência de utilização de nitrogênio (EU_tN) e eficiência no uso de nitrogênio (EUN) nos ambientes com e sem estresse de nitrogênio

Tratamento	Sem estresse de Nitrogênio				Com estresse de nitrogênio			
	PG	EA _b N	EU _t N	EUN	PG	EA _b N	EU _t N	EUN
AG 1051 x DKB 901	13316	2,00	45	89	8544	6,33	45	285
AG 1051 x XB 7012	9999	1,74	42	67	8355	5,97	45	279
AG 1051 x DKB 333	8894	2,02	30	59	6549	5,17	43	218
AG 1051 x P 3041	8335	1,93	30	56	8217	6,79	40	274
AG 1051 x BR 106	9937	1,82	39	66	7626	5,61	46	255
AG 1051 x DKB 747	10852	1,89	39	73	8034	4,77	57	268
AG 1051 x AG 122	11908	2,16	37	79	8046	7,83	35	268
DKB 901 x XB 7012	5912	1,37	29	40	5727	4,01	48	191
DKB 901 x DKB 333	10027	2,07	33	67	8373	7,39	39	280
DKB 901 x P 3041	9649	1,98	35	65	7096	5,59	42	237
DKB 901 x BR 106	8437	1,44	41	56	5786	4,37	45	193
DKB 901 x DKB 747	8675	1,72	34	58	7462	5,19	48	249
DKB 901 x AG 122	5934	1,10	37	40	7618	5,92	45	254
XB 7012 x DKB 333	9458	2,27	28	63	10912	9,58	41	364
XB 7012 x P 3041	10984	1,98	38	73	8359	6,37	44	279
XB 7012 x BR 106	10505	1,89	38	70	7278	6,06	41	243
XB 7012 x DKB 747	10326	2,15	32	69	6029	4,82	42	201
XB 7012 x AG 122	10723	2,03	36	72	6797	5,86	40	227
DKB 333 x P 3041	12184	4,14	20	81	10435	8,42	41	348
DKB 333 x BR 106	9178	2,98	21	61	5668	7,43	26	189
DKB 333 x DKB 747	10140	2,09	34	68	7581	5,69	45	253
DKB 333 x AG 122	10112	2,30	30	68	8426	6,23	46	281
P 3041 x BR 106	10193	1,88	37	68	9667	7,08	47	323
P 3041 x DKB 747	10584	2,05	35	71	6986	5,80	41	233
P 3041 x AG 122	11537	2,33	33	77	8217	6,02	48	274
BR 106 x DKB 747	10579	2,17	33	71	7789	5,99	44	260
BR 106 x AG 122	8380	2,30	25	56	6606	5,84	37	220
DKB 747 x AG 122	11527	3,05	27	77	7543	5,81	43	252
DKB 747	9987	1,66	42	67	7321	5,26	47	244
DKB 333	10034	1,73	40	67	6797	5,76	39	227
P 3041	15466	2,30	46	103	10903	9,88	38	364
Média	10121	2,08	34	67	7766	6,22	43	259
DMS-t _(5%)	2496	0,84	17	17	3296	2,91	14	110
CV%	12	20	25	12	21	23	16	21

Para EUN, no ambiente sem estresse, a média geral foi de 67, variando de 39,5 a 103 kg kg⁻¹ (kg de grãos/kg de nitrogênio aplicado) com CV de 12%. Em estresse, a média foi 259, oscilando de 189 a 364 kg kg⁻¹ e CV de 21%.

Na ausência de estresse de nitrogênio, o híbrido triplo P 3041 superou estatisticamente todos os tratamentos exceto a combinação híbrida AG 1051 x DKB 901. No entanto, em estresse, não diferiu das combinações híbridas com média de EUN superior a 254 kg kg⁻¹ (tabela 2).

As médias de EU_tN, na ausência e em estresse de nitrogênio foram de 34 e 43 kg kg⁻¹ (kg de grãos/kg de nitrogênio na planta), respectivamente. Na ausência de estresse, os tratamentos com média superior a 29 (kg de grãos/kg de nitrogênio na planta) não diferiram estatisticamente pelo teste t, ao nível de 5% de significância, do tratamento de melhor desempenho, não existindo diferenças entre as testemunhas e apenas cinco combinações híbridas foram superadas pelas testemunhas (tabela 2). Em estresse, os tratamentos que tiveram média de EU_tN acima de 43 kg kg⁻¹ não diferiram estatisticamente, esse grupo foi formado por 16 combinações híbridas e pelo híbrido duplo DKB 747.

Para a EA_bN, na ausência de estresse a média foi de 2,08 kg kg⁻¹. Neste ambiente, a combinação híbrida DKB 333 x P 3041, com média de 4,14 kg kg⁻¹, superou estatisticamente os demais tratamentos e no ambiente em estresse também ficou entre os tratamentos que não diferiram do tratamento de maior média. Em estresse, a média foi 6,22 kg kg⁻¹, variando de 4,01 a 9,88 kg kg⁻¹, nesse ambiente o híbrido P 3041 foi o que obteve maior média, não diferindo estatisticamente dos tratamentos com média superior a 6,97 kg kg⁻¹.

Para a eficiência no uso de nitrogênio (EUN) e seus componentes, eficiência de utilização (EU_tN) e absorção (EA_bN) de nitrogênio, verificou – se que as médias foram superiores em estresses. Os resultados obtidos foram semelhantes aos obtidos por Uribelarrea et al 2007, que ao avaliarem híbridos de milho em seis doses de nitrogênio verificaram que a EUN, EU_tN e EA_bN foram negativamente relacionadas com o disponibilidade de nitrogênio.

Observou – se que a média de EUN em estresse de nitrogênio foi aproximadamente quatro vezes superior à obtida na ausência de estresse. Essa diferença pode ser explicada pela diferença dos componentes primários da EUN entre os ambientes. Para a EU_tN , verificou – se um aumento de 26,5% em estresse em relação a média obtida na ausência de estresse. Já para a $EAbN$, o acréscimo em estresse foi de 199 %, mostrando que este componente da EUN foi o de maior importância para incremento na EUN em estresse.

Para a produtividade de grãos, na ausência de estresse, foram verificadas significâncias para a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, já em estresse, não foram observados efeitos significativos (Tabela 3).

Tabela 3 – Quadrados médios de produtividade de grãos (PG), eficiência de absorção de nitrogênio ($EAbN$), eficiência de utilização de nitrogênio (EU_tN) e eficiência no uso de nitrogênio (EUN) em ambientes com e sem estresse de nitrogênio

Fonte de Variação ^{1/}	GL	Sem estresse de nitrogênio			
		PG	$EAbN$	EU_tN	EUN
Combinações Híbridas	27	5369182**	0,6329**	66,79 ^{ns}	237,08**
CGC	20	5011415**	1,1986**	126,95 ^{ns}	216,64*
CEC	7	5494400**	0,4348**	45,73 ^{ns}	244,23**
Erro	30	1493614	0,1696	70,21	67,83
Com estresse de nitrogênio					
		PG	$EAbN$	EU_tN	EUN
Combinações Híbridas	27	3257215 ^{ns}	2,8869 ^{ns}	57,31 ^{ns}	3624 ^{ns}
CGC	20	3524572 ^{ns}	4,7698*	62,95 ^{ns}	3914 ^{ns}
CEC	7	3163639 ^{ns}	2,2278 ^{ns}	55,34 ^{ns}	3522 ^{ns}
Erro	30	2604678	2,0392	44,06	2892

^{1/} CGC = capacidade geral de combinação e CEC = capacidade específica de combinação
^{ns} não significativo. **, * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Quanto a EA_bN , no ambiente sem estresse verificou – se efeitos significativos tanto para CGC quanto para a CEC e em estresse apenas para a CGC.

Para a EU_tN , em ambos ambientes, a CGC e CEC não apresentaram significância, mostrando que não houve variabilidade genética para essa característica. Isso pode ser explicado pelo fato de os cultivares modernos de milho serem selecionados de acordo com a média de produtividade de grãos, onde são fornecidas altas doses de nitrogênio, condição que segundo Uribelarrea et al 2007 pode levar a falta de variabilidade genética para a utilização de nitrogênio e ou remobilização para os grãos.

Para EUN, semelhante ao obtido para a produtividade de grãos, na ausência de estresse, verificou – se significâncias para CGC e CEC (tabela 3). Esses resultados evidenciaram que os efeitos genéticos aditivos e não aditivos foram responsáveis pelo controle genético da PG, EA_bN e EUN no ambiente sem estresse de nitrogênio. Portanto, diferentes métodos de obtenção de novos cultivares podem ser explorados para a seleção a partir dos genitores, visando o desenvolvimento de genótipos com maior eficiência de uso de nitrogênio para ambientes sem estresses de nitrogênio.

Para ambientes com estresse, a alternativa de seleção e desenvolvimento de cultivares, seria explorar os genes relacionados com a CGC para a EA_bN . Apesar da não significância dos efeitos genéticos aditivos e não aditivos para PG e EUN, com a seleção para incremento na EA_bN , espera – se aumentar também as médias de PG e EUN neste ambiente, isso devido a correlação genética entre EA_bN e PG (0,95) e EA_bN e EUN (1,00). Os resultados obtidos de correlação entre EA_bN e PG foram semelhantes às encontradas por Presterl et al 2002 que ao avaliarem linhagens e híbridos de milho em três disponibilidades de nitrogênio verificaram que em estresse, a EA_bN apresentou correlação fenotípica positiva e significativa com a produtividade de grãos.

Na ausência de estresse, os cultivares DKB 333, P 3041, DKB 747 e AG 122 apresentaram estimativas positivas de CGC para PG, EA_bN e EUN e o híbrido duplo AG 1051 obteve estimativa positiva de CGC para PG e EUN (tabela 4).

Tabela 4 – Estimativas de capacidade de combinação para produtividade de grãos (PG), eficiência de absorção de nitrogênio (EA_bN) e eficiência no uso de nitrogênio (EUN) obtidas no ambientes sem estresse de nitrogênio

Genitor	PG	EA _b N	EUN
AG 1051	611,69	-0,19	4,04
DKB 901	-1270,15	-0,50	-8,29
XB 7012	-277,48	-0,21	-1,88
DKB 333	70,27	0,53	0,46
P 3041	649,19	0,26	4,29
BR 106	-393,81	-0,04	-2,63
DKB 747	518,69	0,07	3,46
AG 122	91,60	0,09	0,54

Na figura 1 podem ser observadas as estimativas de CGC para EA_bN obtidas na ausência e em estresse de nitrogênio. No eixo X, foram plotados os valores de CGC para EA_bN obtidas no ambiente sem estresse e no eixo Y as estimativas de CGC encontradas em estresse. No quadrante 1, observa – se que os cultivares AG 122, P 3041 e DKB 333 apresentaram estimativas positivas de CGC em ambos ambientes, ou seja, com potencial para serem utilizados como fonte de germoplasma tanto para estresse como para ambiente sem estresse de nitrogênio. Já o híbrido DKB 747 apresentou estimativa positiva apenas na ausência de estresse. Os demais cultivares tiveram estimativas negativas em ambos ambientes, portanto não apresentaram potencial como genitores para aumentar a frequência de alelos favoráveis para EA_bN.

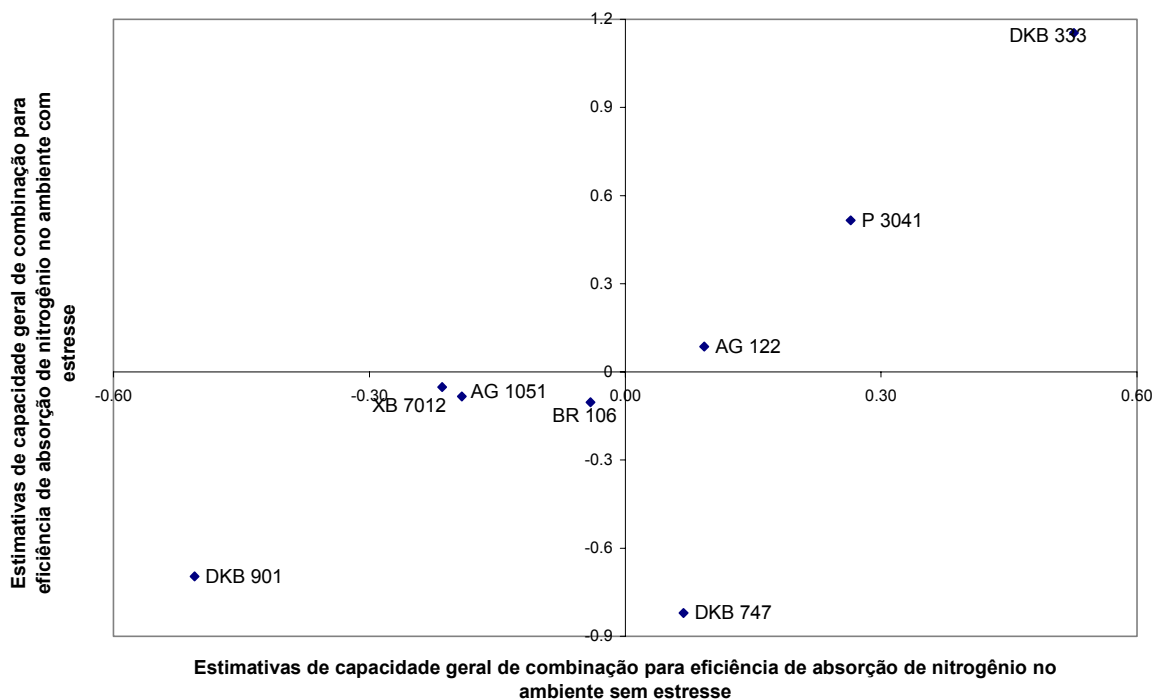


Figura 1: Estimativa de capacidade geral de combinação para eficiência de absorção de nitrogênio nos ambiente sem e com estresse de nitrogênio.

Na ausência de estresse, foram identificadas 13, 14 e 15 combinações híbridas com estimativa de CEC positiva para EAbN, PG e EUN, respectivamente (Tabelas 5 e 6).

As combinações híbridas AG 1051 x AG 122, AG 1051 x DKB 901, BR 106 x DKB 747, DKB 333 x P 3041, DKB 747 x AG 122, DKB 901 x P 3041, XB 7012 x AG 122, XB 7012 x BR 106 e XB 7012 x DKB 747 apresentaram simultaneamente estimativas de CEC positiva para PG, EAbN e EUN.

Assim, foram identificados nove grupos de cruzamentos complementares para essas características, sendo esperado obter ganho simultâneo a partir de cruzamentos de linhagens oriundas dos genitores. Também observou – se que todos os cultivares utilizados no dialelo apresentaram potencial como fonte de germoplasma para ambientes sem estresse de nitrogênio, visando a aplicação de métodos de melhoramentos que explorem os efeitos genéticos não aditivos.

Tabela 5 – Estimativa de capacidade específica de combinação para produtividade de grãos (acima diagonal) e para eficiência de absorção de nitrogênio (abaixo diagonal) obtidas no ambiente sem estresse de nitrogênio

	AG 1051	DKB 901	XB 7012	DKB 333	P 3041	BR 106	DKB 747	AG 122
AG 1051		4035,98	-273,69	-1726,94	-2864,36	-219,86	-216,86	1265,73
DKB 901	0,60		-2479,36	1288,39	331,48	161,98	-512,02	-2826,44
XB 7012	0,05	-0,01		-273,77	673,31	1237,31	145,81	970,39
DKB 333	-0,42	-0,05	-0,14		1525,56	-436,94	-387,44	11,14
P 3041	-0,24	0,12	-0,17	1,25		-0,86	-522,86	857,73
BR 106	-0,05	-0,12	0,04	0,39	-0,45		515,14	-1256,77
DKB 747	-0,09	0,06	0,19	-0,60	-0,38	0,04		978,23
AG 122	0,16	-0,59	0,05	-0,42	-0,13	0,14	0,79	

Tabela 6 – Estimativas de capacidades específicas de combinação para eficiência no uso de nitrogênio obtida no ambiente sem estresse de nitrogênio

	AG 1051	DKB 901	XB 7012	DKB 33	P 3041	BR 106	DKB 747	AG 122
AG 1051		27,07	-1,85	-11,68	-19,01	-1,60	-1,18	8,24
DKB 901			-16,51	8,65	2,32	0,74	-3,35	-18,93
XB 7012				-1,76	4,40	8,32	0,74	6,65
DKB 333					10,07	-3,01	-2,60	0,32
P 3041						0,15	-3,43	5,49
BR 106							3,49	-8,10
DKB 747								6,32
AG 122								

2.4 CONCLUSÕES

Os efeitos genéticos aditivos e não aditivos são responsáveis pelo controle genético da eficiência no uso de nitrogênio e produtividade de grãos apenas na ausência de estresse de N.

A eficiência de absorção de nitrogênio tem controle genético aditivo em ambiente com e sem estresse de nitrogênio.

Os cultivares DKB 333, P 3041 e AG 122 apresentam potencial como genitores para EA_bN para ambientes com e sem estresse de nitrogênio.

Os cultivares DKB 333, P 3041, DKB 747 e AG 122, em ambiente sem estresses, apresentam alelos favoráveis para PG, EA_bN e EUN.

3. CAPITULO II

INTER-RELAÇÕES NITROGÊNIO E FÓSFORO NA CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E NA SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO

3.1 INTRODUÇÃO

Uma das principais etapas do melhoramento de plantas é a seleção de genitores e a utilização de dialelos é um dos principais métodos para a identificação de genitores em melhoramento de milho. Na análise de dialelos é definido o efeito de capacidade geral de combinação (CGC), relacionado aos efeitos genéticos aditivos e à frequência de genes favoráveis dos genitores e a capacidade específica de combinação (CEC), que estão associados à dominância, à epistasia e aos desvios do que seria esperado em relação à capacidade geral de combinação de dois genitores em combinações híbridas específicas (Sprague e Tatum, 1942).

A baixa fertilidade natural dos solos de cerrado do Brasil, em especial a fósforo e nitrogênio, é a principal limitação, do ponto de vista nutricional, para o aumento na produção agrícola. A deficiência de fósforo (P) faz com este seja o nutriente mais usado em adubação, no entanto, o nitrogênio (N) é quantitativamente o nutriente mineral mais importante para o crescimento das plantas (Presterl, 2002).

Deficiência de P, reduzindo a absorção de N, tem sido observada na literatura (Novais & Smyth, 1999). Novais et al (1985) trabalhando com milho, observaram sintomas de deficiência de nitrogênio em um dos lados

da folha, em relação à nervura central, de plantas de milho tratadas com 200 mg kg⁻¹ de P apenas em um dos dois vasos entre os quais as raízes foram submetidas.

Alves (1994) observou expressiva redução nos teores de N total nas folhas de milho, cultivadas em solução nutritiva, quando submetidas à omissão de P, embora a solução nutritiva contivesse concentrações satisfatórias de nitrogênio. Portanto, esses resultados evidenciam a importância de se considerar conjuntamente a eficiência nutricional para N e P, nos critérios de avaliação e seleção em um programa de melhoramento de milho.

Trabalhos realizados em milho tropical evidenciaram ser possível o melhoramento para condições de estresses nitrogênio (Banziger et al, 1997). A capacidade específica de combinação de linhagens endogâmicas de milho em trabalho realizado por Betran et al (2003), avaliada em condições de estresses de nitrogênio, foi negativa para híbridos envolvendo linhagens endogâmicas originadas do mesmo germoplasma e positiva e elevada para linhagens oriundas de fontes diferentes, evidenciando a importância da adoção de critérios que permitam a discriminação dos genitores, formando grupos divergentes para a extração de linhagens.

O melhoramento de milho para ambientes em estresses, onde a herdabilidade para produtividade de grãos é baixa, é recomendável utilizar características secundárias na seleção (Banziger & Lafitte, 1997). No entanto, o uso destas características em programas aplicados de melhoramento de plantas é limitado pelo alto número de genótipos avaliados periodicamente (Presterl et al 2002). Porém, a importância da característica secundária é em função da correlação genética com as características de interesse econômico, na maioria das vezes a produtividade de grãos.

Com isso, o objetivo foi identificar o controle genético de características agrônomicas de cultivares de milho em ambientes contrastantes quanto à aplicação nitrogênio e fósforo e avaliar os efeitos das inter relações de N e P na capacidade de combinação e seleção de genitores de milho.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

No primeiro semestre de 2003 foi realizado o dialelo completo entre oito cultivares comerciais de milho, oriundos de diferentes instituições e descritos no Tabela 1. Foram usados quatro genitores do tipo duro ou semi – duro e outros quatro do tipo dentado ou semidentado.

Tabela 1: Características agronômicas dos genitores

Cultivar	Obtendor	Nível		Ciclo	Co ²	Tipo de grão
		Tecnológico	Tipo ¹			
AG 1051	Monsanto/ Agrocerec	Médio/alto	HD	Semiprecoce	AM	dentado
AG 122	Monsanto/ Agrocerec	Médio	HD	Precoce	AM/ AL	Semi- dentado
BR 106	Embrapa	Baixo/médio	V	Semiprecoce	AM	Semi- dentado
DKB 747	Monsanto/ Dekalb	Alto	HD	Precoce	AL	Duro
DKB- 901	Monsanto/ Dekalb	Alto	HS	Superprecoce	AM	Dentado
DKB-333B	Monsanto/ Dekalb	Alto	HS	Semi precoce	AM/ ÃL	Semi – duro
P 3041	Pioneer	Médio/alto	HT	Precoce	AL	Duro
XB 7012	Semeali	Médio/alto	HT	Precoce	LR	Duro

¹HD=híbrido duplo, HS=híbrido simples, HT=híbrido triplo e V=variedade;
²AM=amarelo, AM/AL=amarelo alaranjado, LR=laranja.

Os ensaios de avaliação foram instalados em novembro de 2004, na Estação Experimental de Coimbra, MG (latitude sul de 20° 50' 30" e longitude oeste de 42° 48' 30", com altitude de 720 metros). O delineamento

experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com duas repetições. A parcela experimental foi constituída de duas linhas de 5 metros de comprimento espaçadas em 0,80 metro, perfazendo área útil de 8 m². As combinações híbridas e testemunhas foram avaliadas em quatro ambientes, em combinações de altos e baixos N e P. A diferença entre os ambientes foi devida à combinações de doses (alto e baixo) de nitrogênio e fósforo.

Nos ambientes de alto nitrogênio e fósforo, as doses utilizadas foram as recomendadas para a cultura do milho com produtividade de grãos esperada superior a 8.000,00 kg ha⁻¹, segundo a recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5^a Aproximação (1999). De acordo com os resultados da análise química do solo, o solo foi classificado como de muito baixa e média disponibilidade de fósforo e potássio, respectivamente. Dessa forma, as doses fornecidas em altos N e P, foram de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nos ambientes de baixos N e P aplicaram – se 30 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅. A adubação utilizada no ambiente de baixos N e P, foi inferior a recomendada para a menor faixa esperada de produtividade de grãos, segundo a 5^a Aproximação (1999). A recomendação de potássio não variou entre os ambientes, sendo aplicados 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Os demais tratos culturais foram realizados sempre que necessários, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (Galvão & Miranda, 2004).

Avaliou –se a produtividade de grãos em Kg ha⁻¹ corrigido para 13% de umidade. A altura da planta (AP) foi medida em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em 5 plantas competitivas na parcela. A altura da espiga também medida em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da espiga superior, nas mesmas 5 plantas por parcela. A prolificidade obtida pelo número médio de espigas por planta. O peso volumétrico expresso em kg m⁻³ de grãos, corrigido para 13% de umidade. O peso de 100 grãos expresso em gramas corrigido para 13% de umidade. Para estimar a matéria seca da parte aérea (MSPA), após a maturidade fisiológica, cinco plantas por parcela foram coletadas, separou – se o grão da parte aérea (caule + folhas + palha + sabugo), em seguida efetuou –se a pesagem da parte aérea. Após foi retirada uma alíquota de 1000 gramas, que foi

submetida a secagem em estufa a 70°C até que a mesma atingisse peso constante, assim, com as devidas transformações de unidades a MSPA foi expressa em t ha⁻¹. O índice de colheita foi estimado pela razão entre a produtividade de grãos e MSPA e expresso em percentagem.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – Programa Genes versão Windows (CRUZ, 2005).

O procedimento para comparação múltipla empregado foi o teste de

t, em que a DMS é dada por:

$$DMS = t_{(v, \alpha/2)} \sqrt{\hat{V}(D)} = t_{(v, \alpha/2)} \sqrt{\frac{QME}{r}}$$

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por GRIFFING (1956), método 4, utilizando apenas as combinações híbridas, Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente, utilizando o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

em que:

μ = efeito da média geral;

G_i e G_j = efeitos da capacidade geral de combinação (C,G,C) associados ao i e j-ésimo genitor; e

S_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação (C,E,C) entre os genitores i e j; Neste modelo Y_{ij} e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ são, respectivamente, a média experimental e o erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem ij,

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho agrônômico dos genitores e combinações híbridas

Os tratamentos, constituídos pelas combinações híbridas e testemunhas, apresentaram altas médias de produtividades em todos os ambientes de avaliação (tabela 2).

Em baixo P e com alto N a média de produtividade de grãos foi de 8470 kg ha⁻¹ e em baixo N igual a 6249 kg ha⁻¹. No ambiente com altos P e N a média foi de 10121 kg ha⁻¹ e em alto P e baixo N igual a 7766 kg ha⁻¹ (Tabela 2). As médias obtidas nos quatro ambientes evidenciaram o potencial produtivo dos tratamentos, que mesmo no ambiente de baixos N e P, alcançou média superior a 6000 kg ha⁻¹, utilizando adubação recomendada para produtividade de grãos esperada de até 4.000,00 kg ha⁻¹. Esses resultados mostraram que o efeito do estresse de nitrogênio na média de produtividade de grãos foi superior em baixo P (-26,22 %) em relação a alto P (23,27%).

Em baixo P e com alto N, a média de produtividade de grãos variou de 5196 a 11976 kg ha⁻¹, sendo que a testemunha P 3041 alcançou a maior média, mas sem diferenciar estatisticamente, pela DMS-t_{5%}, dos tratamentos que obtiveram produtividade de grãos superior a 9073 kg ha⁻¹. Desta forma, além do P 3041 destacaram a testemunha DKB 333 (9618 kg ha⁻¹), as combinações híbridas AG 1051 x DKB 901 (11749 kg ha⁻¹), AG 1051 x P3041 (10630 kg ha⁻¹), DKB 901 x AG 122 (10326 kg ha⁻¹), DKB 333 X P 3041 (10143 kg ha⁻¹), XB 7012 x AG 122 (9601 kg ha⁻¹), AG 1051 x AG 122 (9520 kg ha⁻¹) e P 3041 X BR 106 (9260 kg ha⁻¹), AG 1051 X XB 7012 (9023 kg ha⁻¹) e DKB X 901 X DKB 333 (9047 kg ha⁻¹).

Tabela 2: Média de Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) obtida nos ambiente com e sem estresse de nitrogênio em altos e baixos P

Tratamento	Baixo P		Alto P	
	Alto N	Baixo N	Alto N	Baixo N
AG 1051 x DKB 901	11749	9435	13316	8544
AG 1051 x XB 7012	9023	6008	9999	8355
AG 1051 x DKB 333	8389	6761	8894	6549
AG 1051 x P 3041	10630	9696	8335	8217
AG 1051 x BR 106	8690	6120	9937	7626
AG 1051 x DKB 747	8049	7556	10852	8034
AG 1051 x AG 122	9520	5888	11908	8046
DKB 901 x XB 7012	8584	5838	5912	5727
DKB 901 x DKB 333	9047	6253	10027	8373
DKB 901 x P 3041	7805	6288	9649	7096
DKB 901 x BR 106	8570	7010	8437	5786
DKB 901 x DKB 747	7301	5853	8675	7462
DKB 901 x AG 122	10326	6714	5934	7618
XB 7012 x DKB 333	7014	4592	9458	10912
XB 7012 x P 3041	7800	5570	10984	8359
XB 7012 x BR 106	5939	4737	10505	7278
XB 7012 x DKB 747	6958	4780	10326	6029
XB 7012 x AG 122	9601	6762	10723	6797
DKB 333 x P 3041	10143	6980	12184	10435
DKB 333 x BR 106	8299	4419	9178	5668
DKB 333 x DKB 747	6487	5414	10140	7581
DKB 333 x AG 122	6610	4276	10112	8426
P 3041 x BR 106	9260	5220	10193	9667
P 3041 x DKB 747	7993	5697	10584	6986
P 3041 x AG 122	8489	6296	11537	8217
BR 106 x DKB 747	5196	5551	10579	7789
BR 106 x AG 122	7237	5355	8380	6606
DKB 747 x AG 122	7731	6042	11527	7543
DKB 747	8538	6910	9987	7321
DKB 333	9618	5507	10034	6797
P 3041	11976	10184	15466	10903
Média	8470	6249	10121	7766
DMS-t _{5%}	3066	2932	2495	3296
CV%	17,7	22,9	12,0	20,7

Em baixos P e N, a média de PG foi de 6249, oscilando de 4276 a 10184 kg ha⁻¹. Novamente o híbrido triplo P 3041 foi o que alcançou a maior média de PG, 10184, não diferenciando estatisticamente dos tratamentos com produtividade acima de 7252 kg ha⁻¹. As combinações híbridas que não diferenciaram do P 3041, foram AG 1051 x P 3041 (9696 kg ha⁻¹), AG 1051 x DKB 901 (9435 kg ha⁻¹) e AG 1051 x DKB 747 (7556 kg ha⁻¹).

Em alto P e baixo N, os tratamentos com produtividade de grãos acima de 7607 não diferiram estatisticamente da testemunha de melhor desempenho, o híbrido comercial P 3041 (10903 kg ha⁻¹). Além do P 3041, quinze combinações híbridas alcançaram produtividade de grãos superior a essa média.

No ambiente sem estresses, altos P e N, o tratamento P 3041 com produtividade de grãos de 15466 kg ha⁻¹ foi o que obteve a maior média, não diferenciando estatisticamente apenas da combinação híbrida AG 1051 x DKB 901 (13316 kg ha⁻¹), já essa não diferenciou dos tratamentos que produziram acima de 10821 kg ha⁻¹, sendo esses tratamentos formado apenas por combinações híbridas (Tabela 2).

Esses resultados evidenciaram o potencial produtivo dos tratamentos, em especial das combinações híbridas que em todos os ambientes superaram a maioria dos cultivares comerciais, independente da estrutura genética. Destacou – se o desempenho do híbrido triplo P 3041, uma vez que este obteve altas médias de produtividade de grãos em todos os ambientes, evidenciando adaptação ampla, concordando com os resultados encontrados por Miranda et al 2005, que ao avaliarem 15 cultivares de milho de ciclo precoce em dois anos e três locais no estado de Minas Gerais, verificaram que apenas o P 3041 superou as médias de produtividade de grãos em todos os experimentos.

Características secundárias e correlações genéticas

Pela significância do teste F em todos os ambientes para as características altura de planta, altura de espiga e índice de colheita verificou – se que existiu diferença significativa entre as médias dos tratamentos, independente da disponibilidade de fósforo ou nitrogênio. Quanto a prolificidade, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos em algum dos ambientes. Para peso volumétrico, apenas em baixo P com baixo N, foi detectada efeitos significativos. Já para peso de cem grãos, apenas em alto P com baixo N, detectaram – se diferenças entre os tratamentos. Para índice de colheita, em baixo P, verificou – se houve diferenças significativas entre os tratamentos, independente da

disponibilidade de nitrogênio, no entanto em alto P, o efeito significativo encontrado em baixo N não foi observado em alto N (tabela 3).

Ao submeter os tratamentos a algum tipo de estresse, nitrogênio ou fósforo, verificou – se para uma mesma característica, que de maneira geral a estimativa do coeficiente de variação experimental foi superior no estresse, no entanto, os valores encontrados para todas as características estão dentro dos valores considerados baixos ou médios em experimentação com a cultura de milho (Scapim 1995).

As médias gerais para as características secundárias podem ser observadas na tabela 3. Para altura de planta, altura de espiga, prolificidade e peso volumétrico observaram – se maior incremento na média ao acrescentar fósforo ao invés de nitrogênio e ao contrário para peso de cem grãos e índice de colheita.

Tabela 3: Média (m), valor da estatística F (F), coeficiente de variação experimental (CV%) e correlações genéticas (r_g) entre produtividade de grãos com as características altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), prolificidade (PRL, número médio de espiga planta⁻¹), peso volumétrico (PV, kg m⁻³), peso de cem grãos (P100, gramas) e índice de colheita (IC, %) obtidas em alto N (AN) e baixo N (BN) sob baixo e alto P

Característica	Baixo P							
	AN	BN	NA	BN	AN	BN	AN	BN
	F		CV%		m		r_g	
AP	3,10**	2,96**	3,8	5,0	243	229	-0,55	-0,91
AE	2,43**	2,67**	7,2	8,9	133	125	-0,49	-0,67
PRL	1,68 ^{ns}	0,61 ^{ns}	14,9	20,5	0,84	0,89	0,86	0,00
PV	1,74 ^{ns}	2,04*	4,8	3,8	696	687	-0,97	-0,85
P100	1,73 ^{ns}	1,74 ^{ns}	6,8	5,9	33	31	1,00	0,69
IC	3,80**	2,51**	14,1	21,0	41	34	0,83	0,90

Característica	Alto P							
	AN	BN	NA	BN	AN	BN	AN	BN
	F		CV (%)		m		r_g	
AP	4,11**	2,41**	2,6	3,7	256	250	0,40	0,81
AE	4,91**	3,05**	5,4	6,3	146	139	0,48	0,56
PRL	0,78 ^{ns}	0,95 ^{ns}	20,7	15,3	0,85	0,89	0,00	0,00
PV	1,62 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,5	6,2	739	708	-0,07	1,00
P100	0,94 ^{ns}	2,23*	6,5	5,7	32	30	0,00	-0,39
IC	1,71 ^{ns}	3,09**	14,6	13,6	43	39	-0,13	-0,27

*, **significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo

As correlações genéticas de todas características secundárias com a produtividade de grãos foram afetadas pelo ambiente (tabela 3). Observou – se que o sinal da correlação, positivo ou negativo, não diferiu entre os ambientes de alto e baixo N considerando baixo P. Em alto P, as correlações genéticas entre peso volumétrico e produtividade de grãos e de peso de cem grãos e produtividade de grãos, tiveram as natureza e ou magnitude afetada pelo estresse de nitrogênio.

No entanto, as correlações tiveram alteração no sinal entre os ambientes de alto e baixo P. As características altura de planta, altura de espiga, peso volumétrico e matéria seca da parte aérea correlacionaram positivamente com a produtividade de grãos em alto P e negativamente em baixo P tanto em alto como em baixo N. As características prolificidade, peso de cem grãos e índice de colheita tiveram correlações nulas ou negativas em alto P e nulas ou positivas em baixo P. Desta forma, para a utilização dessas características como auxílio no processo seletivo em ambientes com e sem estresse de nitrogênio torna – se necessário determinar a disponibilidade de fósforo, uma vez que essa altera a natureza e magnitude da correlação genética das características secundárias com a produtividade de grãos.

Efeitos dos estresses de N e P na capacidade de combinação

Os resultados obtidos com a realização da análise dialélica mostraram que as inter relações entre fósforo e nitrogênio afetaram na detecção de efeitos significativos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) entre os ambientes, evidenciando que para a maioria das características o controle genético é diferenciado entre os ambientes de altos e baixos N e P.

Em alto P, a CGC foi significativa para PG apenas em alto N, mostrando que para essa característica os efeitos genéticos aditivos foram diferenciados entre os ambientes com e sem estresse de nitrogênio, comportamento distinto do ocorrido em baixo P, onde a CGC apresentou significância tanto em alto quanto em baixo N. Em baixo P, a CGC foi significativa para todas as características secundárias em alto e baixo N, com exceção da não significância verificada para PRL em baixo N. Já em

alto P, a CGC foi significativa para AP, AE e IC nos dois níveis de nitrogênio (tabela 4).

Em baixo P, a CEC foi não significativa para todas as características tanto em alto quanto em baixo N, exceto para IC e P100 em baixo N. Em alto P, a CEC não apresentou significância, independente do nível de N, para AP, AE, PRL, IC e PV. No entanto, foi significativa para PG em alto N e para P100 e IC em baixo N. Os resultados encontrados evidenciam que os efeitos genéticos não aditivos, relacionados com a CEC, foram afetados pelos estresses de N e P (tabela 4).

Tabela 4: Quadrados médios dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para as características produtividade de grãos (PG), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), peso de 100 grãos (P100) e índice de colheita (IC), obtidas em alto N e baixo N sob baixo e alto P

Característica	Baixo P				Alto P			
	Alto N		Baixo N		Alto N		Baixo N	
	CGC	CEC	CGC	CEC	CGC	CEC	CGC	CEC
PG	10391998**	2189602 ^{ns}	11934021**	2404902 ^{ns}	5011415**	5494400**	3524572 ^{ns}	3163639 ^{ns}
AP	913,44**	53,81 ^{ns}	1987,49**	144,70 ^{ns}	514,76**	81,12 ^{ns}	570,90**	108,58 ^{ns}
AE	592,80**	53,05 ^{ns}	1438,49**	198,10 ^{ns}	726,33**	109,00 ^{ns}	676,76**	79,57 ^{ns}
PRL	0,0424*	0,2024 ^{ns}	0,0480 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,0171 ^{ns}	0,0218 ^{ns}	0,0191 ^{ns}	0,0174 ^{ns}
PV	3621,23*	1645,54 ^{ns}	5324,38**	924,81 ^{ns}	3,7630 ^{ns}	0,7176 ^{ns}	3079,66 ^{ns}	2054,18 ^{ns}
P100	16,23**	5,24 ^{ns}	12,63**	8,57*	5,8273 ^{ns}	3,76 ^{ns}	5,00 ^{ns}	7,03*
IC	375,97**	62,28 ^{ns}	349,32**	117,85*	122,66*	42,00 ^{ns}	109,75**	89,75 ^{ns}

*,** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} não significativo

Para o ambiente de baixo P, os genitores que obtiveram estimativas positivas de CGC para produtividade de grãos nos dois níveis de N foram AG 1051, DKB 901 e P 3041 (Tabela 5). Considerando apenas a CGC em alto N também seria selecionado o híbrido duplo AG 122.

Tabela 5: Estimativas de capacidade geral de combinação para as características produtividade de grãos (PG), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), peso de 100 grãos (P100) e índice de colheita (IC) obtidas em alto N e baixo N sob baixo e alto P

Ambiente/ característica	AG 1051	DKB 901	XB 7012	DKB 333	P 3041	BR 106	DKB 747	AG 122	
Baixo P	Alto N								
	PG	1323,40	878,56	-531,85	-353,52	668,31	-819,77	-1399,10	233,98
	AP	-2,40	-17,06	-5,23	4,10	3,02	8,77	-1,40	10,19
	AE	0,83	-11,42	-3,17	0,75	3,50	7,42	-7,17	9,25
	PRL	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	0,14	-0,05	-0,08	0,02
	PV	-27,94	-9,85	18,40	11,48	-0,69	15,40	12,48	-19,27
	P100	1,21	1,88	-0,79	-1,54	-0,63	0,21	-0,88	0,54
IC	2,64	9,81	-4,15	-1,39	0,88	-3,34	-8,45	4,00	
Baixo N	PG	1447,69	768,94	-748,40	-680,48	494,85	-727,40	-314,23	-240,98
	AP	0,06	-19,19	-8,10	2,40	1,48	13,06	-2,19	12,48
	AE	4,77	-15,40	-6,90	-0,15	3,35	12,19	-5,65	7,77
	PV	-26,35	-11,44	6,90	9,40	20,56	3,98	16,73	-19,77
	P100	1,23	1,35	-0,50	-0,57	-0,71	0,05	-0,59	-0,26
	IC	4,89	7,96	-2,08	-5,26	-0,19	-4,03	-1,09	-0,20
	Alto P	Alto N							
PG		611,69	-1270,15	-277,48	70,27	649,19	-393,81	518,69	91,60
AP		4,08	-11,83	-5,50	-0,08	0,00	8,50	-1,42	6,25
AE		9,79	-10,13	-4,71	-5,21	-0,54	11,21	-5,21	4,79
PV		-27,19	-1,19	7,31	1,56	7,90	20,40	2,56	-11,35
IC		3,55	2,85	0,73	-6,76	0,38	-0,66	0,89	-0,99
Baixo N		AP	5,83	-9,33	-8,00	2,25	1,75	11,08	-4,08
AE	8,67	-9,92	-7,00	-2,42	1,17	12,00	-4,25	1,75	
IC	-0,59	5,49	-0,76	-3,74	1,97	-3,76	0,31	1,07	

O híbrido triplo P 3041 destacou - se pelo fato de aliar altas estimativas de CGC e altas médias de produtividade de grãos nos dois níveis de N. O híbrido DKB 901, acumula a vantagem de apresentar estimativas negativas para AP e AE favorecendo a redução nas alturas de plantas e espigas.

Em alto P, sob alto N, os genitores que apresentaram as maiores estimativas positivas de CGC foram AG 1051, P 3041, DKB 747, AG 122 e DKB 333.

Como a CGC não apresentou efeito significativo em alto P, sob baixo N, a estratégia que poderia ser recomendada para a seleção de genitores para esse ambiente é fazer a seleção baseada em características secundárias, considerando a correlação genética entre essas e a produtividade de grãos. A altura de planta, altura de espiga e o índice de colheita apresentaram efeito de CGC significativo. A altura de planta foi a característica que apresentou maior correlação genética com a produtividade de grãos nesse ambiente, e os genitores que apresentaram CGC positiva para AP foram AG 1051, P 3041, BR 106 e AG 122.

Com base na CGC em todos os ambientes, os cultivares AG 1051 e P 3041 seriam os únicos selecionados, desta forma, verificou – se que ao fazer a seleção para ambientes específicos foi possível explorar melhor e ampliar a variabilidade genética do germoplasma do programa de melhoramento.

Para produtividade de grãos, a CEC foi significativa apenas no ambiente de alto P sob alto N e as estimativas podem ser observadas na tabela 6. A combinação híbrida AG 1051 x DKB 901 foi a que obteve a maior estimativa positiva de CEC para PG. Também alcançou a maior média de produtividade de grãos, não diferenciando das combinações híbridas AG 1051 x DKB 901, AG 1051 x AG 122, XB 7012 x P 3041, DKB 333 x P 3041, P 3041 x AG 122 e DKB 747 x AG 122. Estas combinações híbridas foram selecionadas por aliarem estimativas de CEC positivas, pelo menos um genitor com alta CGC e alta média de produtividade de grãos.

Para a seleção das melhores combinações híbridas e por consequência da identificação dos genitores com maior potencial para a extração de linhagens para os demais ambientes, onde não foram verificados efeitos significativos de CEC para produtividade de grãos, uma alternativa viável para auxiliar no processo de seleção seria a utilização das características secundárias que apresentaram CEC significativa e que tenha correlação genética com a produtividade de grãos. Como a CEC não foi

significativa para alguma característica no ambiente com baixo P e alto N, não foi possível explorar a CEC dos cultivares para esse ambiente.

Tabela 6 - Estimativas de capacidade específica de combinação para as características índice de colheita (IC), peso de cem grãos (P100) e produtividade de grãos (PG), obtidas nos ambientes de baixos P e N, alto P e baixo N e altos P e N

Combinação Híbrida	Baixo P		Alto P	
	Baixo N		Baixo N	Alto N
	IC	P100	P100	PG
AG 1051 x DKB 901	-2,08	-0,57	-1,85	4035,98
AG 1051 x XB 7012	-3,50	0,35	-0,68	-273,69
AG 1051 x DKB 333	0,17	-0,15	-0,01	-1726,94
AG 1051 x P 3041	11,25	0,51	1,07	-2864,36
AG 1051 x BR 106	-1,08	-0,15	0,24	-219,86
AG 1051 x DKB 747	1,50	1,93	3,90	-216,86
AG 1051 x AG 122	-6,25	-1,90	-2,68	1265,73
DKB 901 x XB 7012	0,75	-0,32	1,24	-2479,36
DKB 901 x DKB 333	0,92	-2,32	-1,10	1288,39
DKB 901 x P 3041	-15,50	0,35	-2,01	331,48
DKB 901 x BR 106	3,17	0,18	1,65	161,98
DKB 901 x DKB 747	0,75	-1,74	-1,68	-512,02
DKB 901 x AG 122	12,00	4,43	3,74	-2826,44
XB 7012 x DKB 333	0,00	0,60	1,57	-273,77
XB 7012 x P 3041	-0,92	0,26	-0,85	673,31
XB 7012 x BR 106	-0,25	-0,40	-2,18	1237,31
XB 7012 x DKB 747	0,33	-0,32	0,49	145,81
XB 7012 x AG 122	3,58	-0,15	0,40	970,39
DKB 333 x P 3041	9,25	1,26	1,32	1525,56
DKB 333 x BR 106	-2,08	1,60	-0,51	-436,94
DKB 333 x DKB 747	0,00	0,68	-0,35	-387,44
DKB 333 x AG 122	-8,25	-1,65	-0,93	11,14
P 3041 x BR 106	0,50	0,76	0,07	-0,86
P 3041 x DKB 747	-4,92	-2,15	-0,26	-522,86
P 3041 x AG 122	0,33	-0,99	0,65	857,73
BR 106 x DKB 747	1,75	-0,32	-0,10	515,14
BR 106 x AG 122	-2,00	-1,65	0,82	-1256,77
DKB 747 x AG 122	0,58	1,93	-2,01	978,23

Em alto P sob baixo N, a característica que apresentou CEC significativa foi o peso de cem grãos e as combinações híbridas que aliaram estimativas positivas de CEC e obtiveram altas médias de produtividade de grãos foram AG 1051 X P 3041, AG 1051 X BR 106, AG 1051 X DKB 747, DKB 901 X AG 122, XB 7012 X DKB 333, XB 7012 X P 3041, DKB 333 X P 3041, P 3041 X BR 106, P 3041 X BR 106 e BR 106 X AG 122.

No ambiente de baixos P e N, a CEC foi significativa para peso de 100 grãos e índice de colheita (IC). Devido a maior correlação genética positiva entre IC e produtividade de grãos, essa característica apresentou – se como a mais promissora para auxiliar na seleção, visando o aumento da média de produtividade. As combinações híbridas AG 1051 x P 3041 e AG 1051 x DKB 747 foram as únicas que simultaneamente tiveram estimativas positivas de CEC para IC e produtividade de grãos estatisticamente igual ao tratamento de melhor rendimento neste ambiente.

3.4 CONCLUSÕES

A capacidade geral e específica de combinação, e por conseqüência, os efeitos aditivos e não aditivos são afetados pelos estresses de nitrogênio e fósforo;

As correlações genéticas entre características secundárias são mais afetadas pelos estresses de fósforo do que pelo nitrogênio;

Características secundárias são importantes para auxílio na seleção para ambientes com estresses de nitrogênio e fósforo.

Os híbridos P 3041 e AG 1051 são os mais promissores como fonte de germoplasma para ambientes com e sem estresse de nitrogênio e fósforo.

4. CAPÍTULO III

SELEÇÃO ENTRE FAMILIAS DE MEIO-IRMÃOS NA POPULAÇÃO DE MILHO UFV 8 EM AMBIENTES COM E SEM ESTRESSE DE NITROGÊNIO

4.1 INTRODUÇÃO

Os cultivares de milho respondem diferentemente a fertilização nitrogenada, com isso, a identificação e seleção de genótipos adaptados a condições de baixo suprimento de nitrogênio é de grande importância, tanto sob o aspecto econômico quanto por razões ambientais (Chun et al, 2005). Desta forma, a seleção de cultivares adaptados às condições de estresse nitrogenado apresenta-se como uma opção economicamente viável e ecologicamente sustentável para garantir maior produtividade em sistemas agrícolas com baixa utilização de insumos (Muruli & Pausen, 1981; Denbinsky et al 1991). Trabalhos realizados em milho tropical (Miranda et al, 2005), (Banziger et al, 1997), (Laffite & Edmeades, 1994) evidenciaram ser possível o melhoramento para estresses de nitrogênio.

A estimação parâmetros genéticos de uma população é de fundamental importância para a avaliação de seu potencial para o melhoramento e para auxiliar na escolha do método de seleção a ser utilizado. Conhecimentos acerca desses parâmetros propiciam ao melhorista condições para estimar herdabilidade e predizer o ganho genético com a seleção, o que permite avaliar as potencialidades da população, bem como a eficiência relativa dos métodos de melhoramento (Hallauer e Miranda Filho, 1981).

Dentre os vários métodos utilizados no melhoramento intra populacional em milho, o método de seleção entre famílias de meios-irmãos é um dos que tem mostrado melhores resultados (Coimbra, 2000). Esse método promove o aumento da frequência dos genes favoráveis, sem elevar a altas taxas a endogamia, aumenta a precisão de seleção intrapopulacional, não requer polinizações manuais, sendo de execução fácil e pouco dispendiosa (Lonnquist, 1964).

A predição de ganhos de seleção constitui importante contribuição para programas de melhoramento genético. As informações obtidas permitem escolher a técnica mais eficaz para o programa. Com os índices de seleção cria-se um valor numérico, que funciona como caráter adicional, teórico, resultante da combinação de determinados caracteres escolhidos pelo melhorista, sobre os quais se deseja exercer a seleção simultânea (Cruz & Regazzi, 1994)[

Normalmente, os estudos dos parâmetros genéticos são realizados em ambientes favoráveis ou sem a ocorrência de estresses, onde são obtidos maiores valores para a herdabilidade em relação aos ambientes sob estresses. Resultados obtidos por Hohls (2001) mostraram que a correlação genética para produtividade, entre ambientes contrastantes quanto a intensidade de estresses, foi altamente negativa, evidenciando que para o sucesso do melhoramento é necessário que os estudos genéticos sejam realizados em ambientes específicos.

Diante do exposto, os objetivos foram estimar parâmetros genéticos e prever os ganhos esperados com um ciclo de seleção entre famílias de meio irmãos da população de milho UFV 8 em ambientes com e sem estresse de nitrogênio.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A população de milho UFV8 foi desenvolvida pelo programa de melhoramento de milho da Universidade Federal de Viçosa, Programa Milho® UFV.

No inverno de 2002, foram realizados cruzamentos compostos entre cultivares comerciais de milho. As sementes geradas nos cruzamentos foram misturadas em igual quantidade. A mistura das sementes foi plantada no verão de 2002, em campo isolado, propiciando acasalamento ao acaso sem risco de cruzamentos com outros cultivares, desta forma foi gerado o ciclo zero (UFV8 Co). As espigas da UFV8 Co foram colhidas e selecionadas para tipo de grão duro. As espigas selecionadas foram debulhadas e em igual proporção de sementes foram misturadas. No inverno de 2003 foi semeada, novamente em área isolada, e antes do florescimento, foram efetuadas seleções para cor de estilo estigma e pendão com antocianina. Após a colheita, foi realizada seleção para tipo de grão duro e igual processo foi novamente efetuado no verão de 2003. Todas essas etapas foram realizadas no Campo Experimental Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

No inverno de 2004, foi instalado na Estação Experimental do Aeroporto, um campo para obtenção de famílias de meio – irmãos da população UFV8. As famílias foram obtidas em estresses de nitrogênio. Foram colhidas 300 espigas e após seleção para tipo de grão duro foram selecionadas 121 famílias de meio – irmãos para compor os ensaios de avaliação.

Os ensaios de avaliação foram instalados em novembro de 2004, na Estação Experimental de Coimbra, MG (latitude sul de 20° 50' 30" e longitude oeste de 42° 48' 30", com altitude de 720 metros).

Foram instalados dois ensaios, diferenciados pela adubação com nitrogênio, sendo um com adubação adequada (Alto N) e outro em estresse (Baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 11x11, com duas repetições. A parcela foi constituída de uma linha de três metros, espaçadas em 0,80 metro.

Em alto N, a recomendação de N foi de acordo com produtividade de grãos esperada superior a 8.000,00 kg ha⁻¹. No ambiente com estresse de nitrogênio, utilizou – se a dose de N indicada para a menor faixa esperada de produtividade de grãos, segundo a recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (1999). Dessa forma, as doses fornecidas no ambiente com adubação de nitrogênio adequada e em estresse foram de 150 e 30 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Os demais tratos culturais foram de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (Galvão & Miranda, 2004).

Avaliou-se a produtividade de grãos em Kg ha⁻¹ corrigido para 13% de umidade. A altura da planta (AP) foi medida em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em 5 plantas competitivas na parcela. A altura da espiga também medida em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da espiga superior, nas mesmas cinco plantas por parcela. A prolificidade obtida pelo número médio de espigas por planta. O peso volumétrico expresso em kg m⁻³ de grãos, corrigido para 13% de umidade. E o número total de plantas por parcelas.

Em cada ambiente, foram realizadas análises de variância, segundo o modelo em látice, com tratamentos ajustados de acordo com o modelo linear proposto por COCHRAN e COX (1992).

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijl} = \mu + t_i + r_j + (b/j)_{jl} + e_{ijl}, \text{ em que}$$

Y_{ijl} = total ou média da família i ($i=1,2,\dots,v$), no bloco l ($l=1,2,\dots,k$) da repetição j ($j=1,\dots,r$);

μ = constante comum a todas as observações;

t_i = efeito aleatório da família de meios-irmãos i ;

r_j = efeito aleatório da repetição j ;

$(b/r)_{jl}$ = efeito aleatório do bloco l , dentro da repetição j ;

e_{ijl} = erro associado à observação Y_{ijl}

O teste de interesse na análise de variância é o da hipótese:

$$H_0: \sigma_g^2 = 0 \text{ vs}$$

$$H_1: \sigma_g^2 > 0.$$

A estatística apropriada para o teste em questão é:

$$F = \frac{QMTrat (aj)}{QME},$$

Em cada ambiente foram estimadas as correlações genéticas entre as características.

Foi realizada a predição de ganhos para a próxima geração da população UFV 8. As estimativas de ganhos foram obtidas segundo o estimador:

$$GS_x = h^2 DS_x = h^2 (\bar{X}_s - \bar{X}_0), \text{ em que:}$$

GS_x = Ganho direto predito na variável X.

h^2 = herdabilidade da variável X.

DS_x = Diferencial de seleção da variável X.

\bar{X}_s = Média da população selecionada para a variável X.

\bar{X}_0 = Média da população inicial para a variável X.

O ganho percentual de seleção foi obtido segundo a seguinte expressão:

$$GS_x \% = (GS_x * 100) / \bar{X}_0.$$

Para a seleção das melhores famílias, em cada ambiente, foi utilizado o Índice de Seleção de Pesek & Baker (1969). Para isso, foi adotada intensidade de seleção de 10% das melhores famílias e adotado como ganho desejado o desvio padrão genético de cada característica. Por meio da Dispersão das distâncias de Mahalanobis para as características avaliadas, em cada ambiente, foi feito estudo da variabilidade genética da população UFV 8.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância, verificou – se que a população de milho UFV 8 apresentou variabilidade genética para todas as características em alto e baixo N (tabela 1), mostrando que a população têm potencial para melhoramento tanto para ambientes com adequada adubação nitrogenada quanto para ambientes com estresses.

Segundo Federer (1955) quando a eficiência do látice for superior a 110%, é justificável a análise dos dados, considerando esse delineamento. Para ambos ambientes foi verificado que a análise em látice foi a mais adequada, já que apresentou alta eficiência em relação a análise em blocos para todas as características, com exceção apenas para estande final em baixo N. Para a mesma característica, exceto para peso volumétrico, foram encontradas maiores eficiências do látices em alto N. Desta forma, os coeficientes de variação experimental (CV%), foram menores no ambiente sem estresses para todas as características (tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Godoy (2003) ao avaliar famílias S₁ de milho em ambientes com e sem estresse de nitrogênio. Em estresse, o CV % para produtividade de grãos foi de 33,4 e no ambiente com adubação de cobertura o valor encontrado foi de 19,4%. Porém, de acordo com a classificação proposta por Scapim et al (1995), os coeficientes de variação experimentais obtidos para produtividade de grãos em alto N (11,6%) e em baixo N (19,14) são considerados médios e os experimentos com precisão experimental aceitável.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para produtividade de grãos (PG), estande final (EF), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) entre as 121 progênies de meios-irmãos da população de milho UFV8 avaliadas em alto N e baixo N

Alto N							
FV	GL	Quadrados Médios					
		PG	EF	PRL	PV	AP	AE
Repetições	1	4195514	8,37	0,310	818	295	134
Blocos/repetições (aj.)	20	10286732	14,39	0,058	859	935	534
Progênies (aj.)	120	6076771**	10,04**	0,032**	878**	367**	225**
Erro efetivo	100	669628	2,27	0,022	409	62	37
CV (%)		11,6	12,0	12,6	2,8	4,3	6,8
Eficiência do Látice		328	179	120	111	322	313

Baixo N							
FV	GL	Quadrados Médios					
		PG	EF	PRL	PV	AP	AE
Repetições	1	23862744	120,83	0,002	5842	17782	6235
Blocos/repetições (aj.)	20	6410544	7,36	0,043	2592	757	433
Progênies (aj.)	120	3016535**	7,81**	0,033**	1840**	282**	162**
Erro efetivo	100	831416	4,64	0,020	362	79	59
CV (%)		19,1	18,0	15,6	2,8	5,1	9,5
Eficiência do Látice		201	104	111	192	233	196

*, ^{ns} significativo e não-significativo, respectivamente, a 1% de probabilidade pelo teste F.

A média de produtividade de grãos (PG) obtidas pelas famílias de meio-irmãos no ambiente de alto N foi de 7050 kg ha⁻¹ e de 4764 kg ha⁻¹ em baixo N. Desta forma foi verificado redução na média de 32,4% devido ao estresse de nitrogênio. Os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados por Presterl et al 2003, que compararam dados de 21 experimentos com milhos conduzidos entre 1989 a 1999. Os autores constataram que a média de redução na produtividade de grãos devido ao estresse de nitrogênio foi de 36,9%. Para estande final (EF) não houve diferença na média entre os ambientes. Quanto a prolificidade, a média em baixo N foi 0,85% inferior em relação à obtida em alto N. As alturas de planta e espiga, tiveram reduções de 5,52 e 10,11%, respectivamente (tabela 2).

Tabela 2 – Médias de produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹), estande final (EF, plantas parcela⁻¹), prolificidade (PRL, espiga planta⁻¹), peso volumétrico (PV, kg m⁻³), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm) obtidas pelas 121 progênies de meio-irmãos da população de milho UFV8 avaliadas em alto e baixo N e o efeito do estresse em cada característica (ES, %)

Característica	Ambiente		ES (%)
	Alto N	Baixo N	
PG, kg ha ⁻¹	7050	4764	-32,43
EF, plantas parcela ⁻¹	12	12	-0,00
PRL, espiga planta ⁻¹	1,17	1,16	-0,85
PV, kg m ⁻³	707	678	-4,10
AP, cm	181	171	-5,52
AE, cm	89	80	-10,11

Esses resultados mostraram que as características secundárias foram menos influenciadas pelo estresse. Devido a menor influência do estresse nestas, em ambientes com estresses é recomendável fazer uso destas para auxílio no processo seletivo. Para isso, é necessário que essas não sejam correlacionadas com baixas produtividades de grãos em condições ótimas, sejam de fácil mensuração e que não tenham associação com baixas produtividades em ambientes sem estresses (Durães et al 2004; Betran et al 2003b; Bruce et al, 2002, Edmeades et al 2001).

Na tabela 3 podem ser observadas as correlações genéticas entre as características. As correlações genéticas das características estande final, prolificidade e peso volumétrico com a produtividade de grãos tiveram sinais opostos com a entre os ambientes, desta forma, para uso destas na seleção indireta, visando o aumento na média de produtividade, apenas pode ser sugerido para o ambiente específico.

As alturas de planta e espiga foram positivamente correlacionadas com a produtividade de grãos em ambos ambientes, desta forma, espera – se que com a seleção para aumento da altura de planta ocorra incremento na média de produtividade de grãos, independente do ambiente. Resultados semelhantes foram obtidos por Betran et al (2003b) que ao avaliaram 136 híbridos e 17 linhagens de milho, em ambientes com e sem estresses,

verificaram que as alturas de planta e espigas correlacionaram positivamente com a produtividade de grãos nos ambientes com e sem estresses.

A correlação genética entre produtividade de grãos e peso volumétrico foi a que sofreu a maior influência do estresse, sendo de 0,40 em alto N e de -0,39 em baixo N.

Tabela 3 - Correlações genéticas entre as características produtividade de grãos (PG), estande final (EF), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) entre as 121 progênies de meio-irmãos da população de milho Ufv8 avaliado em alto (acima da diagonal) e baixo N (abaixo da diagonal)

	PG	NP	PRL	PV	AP	AE
PG		0,75	-0,73	0,40	0,78	0,64
EF	-0,21		-0,63	0,50	0,25	-0,13
PRL	0,09	-0,09		0,13	-0,12	0,08
PV	-0,39	0,41	-0,59		0,46	0,24
AP	0,70	0,07	0,22	0,14		0,85
AE	0,72	0,38	-0,02	0,09	0,95	

Verificou – se que o estresse de nitrogênio também afetou as estimativas de herdabilidade. As herdabilidades para produtividade de grãos, estande final, alturas de planta e espiga sofreram reduções em baixo N. Já as características prolificidade e peso volumétrico tiveram suas estimativas incrementadas em 21,19 e 50,42%, respectivamente, em baixo N. A altura de planta, uma das características com correlação genética positiva em altos e baixos N, foi a que sofreu menor redução na herdabilidade em função do estresse.

No entanto, a produtividade de grãos, apresentou valores mais altos de herdabilidades tanto em alto como em baixo N em relação às outras características, com exceção a obtida em baixo N para peso volumétrico e ainda foi a característica que apresentou menor redução na estimativa de herdabilidade em baixo N, com exceção para altura de planta (tabela 4).

Tabela 4 – Estimativas de herdabilidade (h^2 , %) e o efeito do estresse na h^2 (ESh) para de produtividade de grãos (PG, kg ha^{-1}), estande final (EF, plantas parcela $^{-1}$), prolificidade (PRL, espiga planta $^{-1}$), peso volumétrico (PV, kg m^{-3}), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm) obtidas pelas 121 progênies de meio-irmãos da população de milho UFV8 avaliadas em alto e baixo N

Característica	Ambiente		ESh (%)
	Alto N	Baixo N	
PG, kg ha^{-1}	88,98	72,44	-18,59
EF, plantas parcela $^{-1}$	77,41	40,57	-47,59
PRL, espiga planta $^{-1}$	31,99	38,77	21,19
PV, kg m^{-3}	53,41	80,34	50,42
AP, cm	83,00	72,09	-13,14
AE, cm	83,59	63,81	-23,66

Com a estimação dos ganhos preditos com a seleção de 10% das melhores famílias de meio-irmãos em cada ambientes, verificou – se que o ganho genético esperado foi diferenciado entre os ambientes. Com a utilização do Índice de Seleção de Pesek & Baker, 1969, esperam – se ganhos de 32,93 e 20,13% para produtividade de grãos em alto N e baixo N respectivamente, (tabela 5).

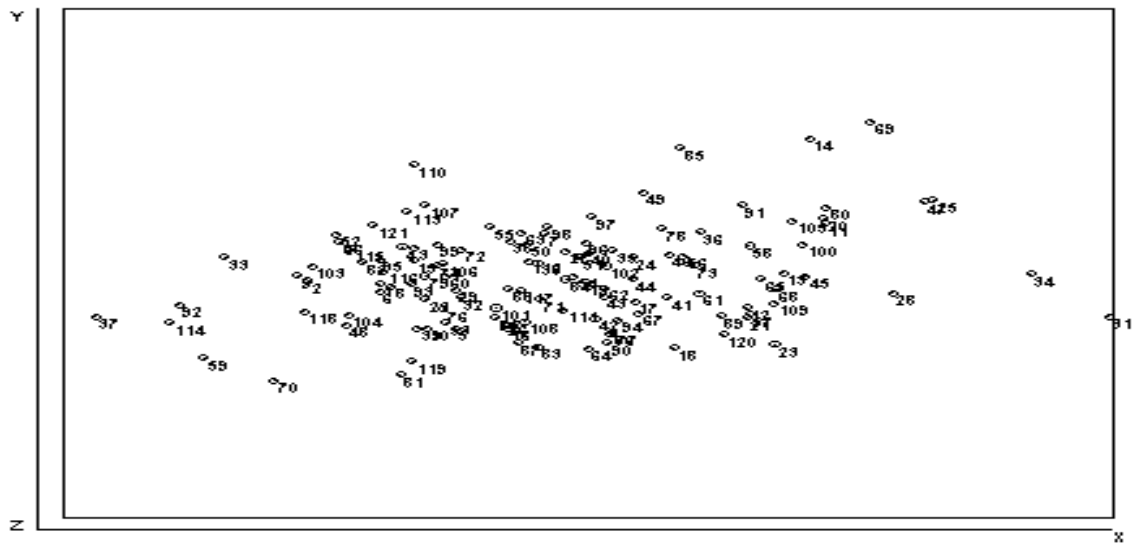
Tabela 5 - Ganhos preditos por meio do Índice Baseado nos Ganhos Desejados (Pesek & Baker, 1969) para as características produtividade de grãos (PG), estande final (EF), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) entre as 121 progênies de meio-irmãos da população de milho UFV8 avaliadas em alto e baixo N

Ambiente	Xo	Xs	h^2 %	DS	GS	GS %	
Alto N	PG	7050	9659	88,98	2609,0	2321,5	32,93
	EF	12,49	14,62	77,41	2,12	1,64	13,16
	PRL	1,17	1,11	31,99	-0,06	-0,02	-1,69
	PV	706,50	718,68	53,41	12,18	6,51	0,92
	AP	181,29	201,74	83,00	20,46	16,98	9,37
	AE	89,42	102,65	83,59	13,23	11,06	12,36
Baixo N	PG	4764	6088	72,44	1324	959	20,13
	EF	11,95	10,93	40,57	-1,02	-0,41	-3,45
	PRL	0,91	0,89	38,77	-0,02	-0,01	-0,78
	PV	677,74	656,26	80,34	-21,49	-17,26	-2,55
	AP	170,97	179,62	72,09	8,65	6,24	3,65
	AE	80,14	88,59	63,81	8,45	5,39	6,72

Um dos principais fatores para o sucesso com a seleção, é que exista variabilidade genética. Apesar de ter sido verificada a presença de variabilidade em alto e baixo nitrogênio, verificou – se pela dispersão das

distâncias de Mahalanobis, que a variabilidade entre as famílias de meio irmãos da população UFV 8 foi menor no ambiente em estresse (Figura 1).

(A)



(B)

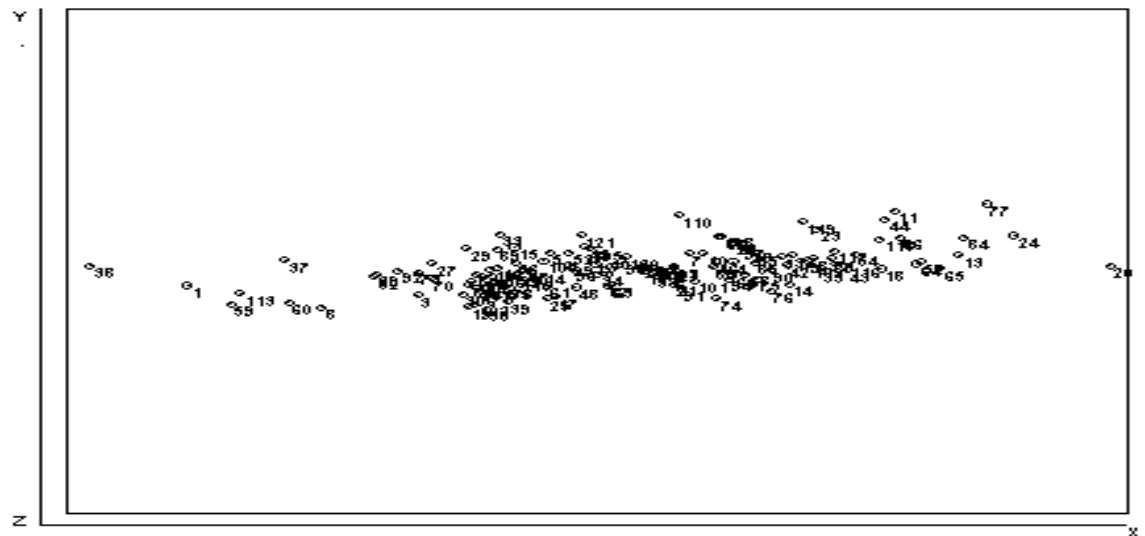


Figura 1: Dispersão das distâncias de Mahalanobis para as características produtividade de grãos (PG), número de plantas (NP), prolificidade (PRL), peso volumétrico (PV), alturas de planta (AP) e espiga (AE), obtidas na avaliação da população UFVM8 em alto (A) e baixo N (B).

Com o uso do índice de seleção de Pesek & Baker, foram selecionadas 12 famílias de meio irmãos em cada ambiente (Tabela 6). Verificou se que apenas 1/3 destas foram selecionadas nos dois ambientes, caracterizando desta forma a presença da interação famílias x ambientes.

Esses resultados foram distintos dos obtidos por Silva Filho et al (2001) que avaliaram três populações de milho em ambientes contrastantes em adubação de cobertura de nitrogênio e verificaram que interação famílias x níveis de nitrogênio não foi significativa.

Tabela 6 - Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) obtidas pelas famílias de meio irmãos selecionadas na população de milho UFV 8 e efeito do estresse de nitrogênio (ES, %) nos ambientes de alto e baixo N

Família*	Alto N	Baixo N	ES, %	Família**	Alto N	Baixo N	ES, %
9	7924	3757	52,59	1	8537	6975	18,30
33	9447	6143	34,97	3	8235	5604	31,95
37	10866	6373	41,35	38	7653	5825	23,89
59	10723	7746	27,76	59	10723	7746	27,76
70	10619	5953	43,94	60	8508	6255	26,48
81	9800	6101	37,74	61	5624	5898	-4,87
83	7746	3797	50,98	69	3208	5271	-64,31
92	10137	5999	40,82	70	10619	5953	43,94
103	9623	3980	58,64	92	10137	5999	40,82
104	9219	6670	27,65	111	7906	5602	29,14
114	10799	5639	47,78	113	7659	6285	17,94
118	9010	3103	65,56	114	10799	5639	47,78

* famílias selecionadas em alto N. ** famílias selecionadas em baixo N

Foi observado que o efeito do estresse de nitrogênio nas famílias selecionadas em alto N foi maior em relação ao efeito do estresse nas famílias selecionadas em baixo N (Tabela 6). Esses resultados são semelhantes aos encontrados na literatura, onde na maioria dos trabalhos, verifica – se que germoplasma selecionado em ambientes sem estresse, não são adequados para ambientes com estresses, sendo uma das possíveis causas das baixas médias de produtividade em áreas submetidas a estresses.

4.4 CONCLUSÕES

A população de milho UFV 8 apresenta potencial produtivo e para melhoramento para ambientes com e sem estresse de nitrogênio;

Características secundárias são menos afetadas pelo estresse de nitrogênio;

O estresse de nitrogênio reduz a herdabilidade para produtividade de grãos e a variabilidade genética, fazendo que os ganhos genéticos esperados com o ciclo de seleção sejam menores em ambientes com estresses.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Cultivares comerciais não apresentam potencial como fonte de germoplasma para ambientes com intenso estresse para aumento da eficiência no uso de nitrogênio e produtividade de grãos;

O controle genético da eficiência no uso de nitrogênio é diferenciado para ambientes contrastantes quanto a disponibilidade de nitrogênio;

As inter-relações entre nitrogênio e fósforo afetam o controle genético da produtividade de grãos, as correlações genéticas entre características com a produtividade de grãos;

As estimativas de ganhos preditos, parâmetros genéticos e a variabilidade genotípica são afetados pelo estresse de nitrogênio;

Os ganhos esperados são menores em ambientes com estresses de nitrogênio;

A população de milho UFV 8 apresenta potencial para melhoramento para ambientes com e sem estresse de nitrogênio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V.M.C. Frações de fósforo, de açúcares solúveis e de nitrogênio em quatro híbridos de milho submetidos à omissão e ao ressuprimento de fósforo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 106p. (**Tese de Doutorado**).
- ANDREA, K.E.D.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. e EYHÉRABIDE, G. (2006) Genotypic variability in morphological and physiological traits among maize inbred lines - nitrogen responses. **Crop Sci.** 46, 1266-1276.
- BANZIGER, M., SETIMELA, P. S., HODSON, D., VIVEK, B., (2004) Breeding for improved drought tolerance in maize adapted to southern Africa . *in* "**New directions for a diverse planet**". **Proceedings of the 4th International Crop Science Congress**, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site www.cropscience.org.au
- BANZIGER, M., F. J.; BEARN, L. LAFFITTE, H. R. (1997). Efficiency of high nitrogen selection environments for improving maize for low nitrogen target environments. **Crop Sci.** 37, 1103—1109.
- BETRAN, F. J. BECK, D., BANZIGER, M., EDMEADES, G. O. (2003) Genetic Analysis of Inbred and Hybrid Grain Yield under Stress and Nonstress Environments in Tropical Maize. **Crop Sci.** 43:807–817.
- BETRAN, F.J., BECK, D., BANZIGER, M., EDMEADES, G.O. (2003b) Secondary traits in parental inbreds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. **Field Crops Research** 83 51–65
- BOLAÑOS, J & EDMEADES G. O. (1996) The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, 48 65-80
- BRUCE, W. B.; EDMEADES, G. O.; BARKER, C. T.; (2002) Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, vol. 53, nº 366, p.13-25.

- CHUN, L.; MI, G.; LI, J.; CHEN, F.; ZHANG, F. (2005) Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. **Plant and Soil**. 276:369–382.
- CIARELLI, D.M.; FURLANI, A.M.C.; DECHEN, A.R.; LIMA, M. 1998. Genetic variation among maize genotypes for phosphorus use nutrient solution. **Journal of Plant Nutrition**. V. 21. n 10, p.2219- 2229.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. 1992. **Experimental Designs**. New Cork: John Wiley & Sons,. 611p.
- COIMBRA, R, R. 2000. Seleção entre famílias de meios – irmãos da população DFT1 – Ribeirão de Milho – Pipoca. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.
- CRUZ, C.D. 2005. Programa Genes-versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. 1994. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa : UFV. 390p.
- DENBINSKI, E., RAFALSKI, A. & WISNIEWSKA, I. 1991. Effect of long-term selection for high and low protein content on the metabolism of aminoacids and carbohydrate in maize kernel. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 29, p.549-557.
- DURÃES, F. O., GAMA, E. E. G., SANTOS, F.G., GUIMARÃES, C.M., RIBEIRO JUNIOR, W. Q., TRINDADE, M.G., GOMIDE, R. L., ALBUQUERQUE, P.E. (2004) Fenotipagem para tolerância a seca: protocolos e características específicas visando o melhoramento genético de cereais. **Circular Técnica 54. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG**.
- DUVICK, D.N., 1992. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. **Maydica**. 37, 69–79.
- EDMEADES, G.O.; COOPER, M.; LAFFITE, R.; ZINSELMEIER, C.; RIBAUT, J.M.; HABBEN, J.E.; LOFFLER, C.; BANZIGER, M. 2001. Abiotic Stresses and Staple Crops. **Proceedings of the Third International Crop Science Congress**, Hamburg, Germany, August 18-23, 2000.
- FAGERIA, N. K. 1998. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.6-16,
- FEDERER, W.T. **Experimental designs**. New York: MacMillan, 1955. 544p

- GALLAIS, A. & HIREL, B. (2004) An approach to the genetics of nitrogen of use efficiency in maize. **Journal of Experimental Botany**, v. 55. n° 396: 295-306.
- GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G.V. (2004) **Tecnologias de Produção de Milho**. UFV, 336p.
- GODOY, C. L. 2003. Melhoramento de milho para estresse de nitrogênio. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.
- GRIFFING, B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v.9 p.463-493
- GUIMARÃES, L. J. M. 2006. Caracterização de genótipos de milho desenvolvidos sob estresse de nitrogênio e herança da eficiência de uso deste nutriente. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- HALLAUER, A. R., MIRANDA FILHO, J.B. 1981. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, , 468p.
- HOHLS, T. 2001. Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability, should be used to improved yield across a range of contrasting environments. *Euphytica* 120: 235-245,
- LAFFITTE, H. R., G. O. EDMEADES. (1994). Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II. Grain yield, biomass production, and N accumulation. *Field Crop Res.* 39, 15—25.
- LEE, E. A.; AHMADZADEH, A. e TOLLENAAR, M. (2005) Quantitative genetic analysis of the physiological processes underlying maize grain yield. **Crop Sci.** 45, 981-987.
- LONNQUIST, J.H. (1964). A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize population. **Crop Sci.** v.4, n.2, p. 227-228
- MELANI, M.D. & CARENA, M.J. (2005). Alternative maize heterotic patterns for the Northern Corn Belt. **Crop Sci.** 45, 2186-2194.
- MIRANDA, G.V.; SOUZA, L.V.; GALVÃO, J.C.C; GUIMARÃES, L.J.M.; VAZ DE MELO, A. e SANTOS, I.C. (2007). Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. **Euphytica**. DOI 10.1007/s10681-007-9598-9.

MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; COIMBRA, R. R.; GALVÃO, J.C.C.; VAZ DE MELO, A; GUIMARÃES, L.J.M.; VILELA, F. O. 2005a. Comportamento de cultivares de milho em Minas Gerais Safras 1998-1999 e 199-2000. **Revista CERES**, Viçosa, MG, v. 52, n. 301, p. 401-419,.

MIRANDA, G. V; GODOY, C.L.; GALVÃO, J.C.C.; SANTOS, I.C.; ECKERT, F.R.; SOUZA, L.V. (2005) Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by chlorophyll meter. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. v. 5, n.4

MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.L.; JACKSON, A. (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74. 562-564.

MONNEVEUX, P. ZAIDI, P.H., SANCHES, C. (2005) Population Density and Low Nitrogen affects yield – Associated traits in tropical Maize. **Crop Science**. Vol 45:535-545.

MONTEMURRO, F., MAIORANA, M., FERRI, D., CONVERTINI, G., 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. **Fields Crops Research**. 99, 114-124.

MURULI, B.I. & PAULSEN, G.M. 1981. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. *Maydica*, v. 26, p.63-73.

NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P., NEVES, J.C.L, BARROS, N.F. 1985. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto à fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Bras.**, 20:749-754,

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T. J. 1999. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV.,. 399 p.

O'NEILL, P.M., SHANAHAN, J.F., SCHEPERS, J.S., CALDWELL, B. (2004) Agronomic Responses of Corn Hybrids from Different Eras to Deficit and Adequate Levels of Water and Nitrogen. **Agronomy Journal**, vol. 96.1660-1667.

PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v. 49, n. 6, p. 803-804, 1969

- PRESTERL, T., SEITZ, G., LANDBECK, M., THIEMT, E.M., SCHMIDT, W., GEIGER, H.H., 2003. Improving nitrogen-use efficiency in European maize: estimation of quantitative genetic parameters. **Crop Sci.** 43, 1259–1265.
- PRESTERL, T.; GROH, S.; LANDBECK, M.; SEITZ, G.; SCHMIDT, W.; GEIGER, H.H. 2002. Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input. **Plant Breeding**, v.121, p. 480-486.
- PSWARAYI, A. & VIVEK, B.S. (2007) Combining ability among CIMMYT's early maturing maize (*Zea mays* L.) germoplasm under stress and non stress conditions and identification of testers. **Euphytica**. DOI. 10.1007/S10681-007-9525-0.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. 1999. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. 1995. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.683-86.
- SILVA FILHO, J.L.; CARVALHO, S. P.; RAMALHO, M.A.P. 2001. Comportamento de famílias endógamas de três populações de milho ao nitrogênio em cobertura. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.25, n.1, p.14-22, .
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. 1942. General and specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, v. 34, p. 923-932,.
- URIBELARREA, M.; MOOSE, S.P.; BELOW, F.E. (2007) Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. **Fields Crops Research**. 100, 82-90.
- USDA National Agricultural Statistics Service. 2003. Statistics of fertilizers 601-626. Available at www.usda.gov/nass/pubs/agrO3/03_ch14.pdf. USDA-NASS, Washington, DC.